



فصلنامه سرامیک ایران

نشریه خبری تحلیلی، آموزشی، پژوهشی و صنعتی
انجمن سرامیک ایران

سال چهارم، شماره شانزده و هفده

زمستان ۸۷ و بهار ۸۸

ISSN: ۱۷۳۵-۲۳۵۱

« با درجه علمی ترویجی »

صاحب امتیاز:

انجمن سرامیک ایران

مدیر مسئول:

دکتر واهاک کاسپاری مارقوسیان

سر دبیر:

دکتر حسین سرپولکی

مدیر اجرایی:

سعیده علیشاهی

گردآوری مطالب و سرپرست گروه مترجمین:

مهندس نسترن عقیقی

نشانی:

تهران، نارمک، دانشگاه علم و صنعت ایران، دانشکده

مهندسی مواد و متالورژی، دفتر انجمن سرامیک

ایران

صندوق پستی: تهران، ۱۱۱-۱۶۸۴۵

تلفن:

۷۷۸۹۹۳۹۹

دورنگار:

۷۷۸۹۹۳۹۹

پست الکترونیکی: info@ICerS.org

نشانی سایت اینترنتی: www.ICerS.org

طراحی، گرافیک، صفحه آرایایی و نظارت بر

چاپ:

تمام طرح ۷۷۲۰۹۲۲۸

هیأت تحریریه

دکتر بیژن افتخاری یکتا

دکتر علیرضا آقایی

دکتر سعید باغشاهی

دکتر محمد علی بهره ور

دکتر علی بیت الهی

مهندس علیرضا سوری

دکتر مهران صولتی

دکتر احسان طاهری نساج

دکتر محمد علی فقهی ثانی

مهندس حسین قصابی

دکتر عباس کیانوش

دکتر فرهاد گلستانی فرد

دکتر فتح ا... مضطرزاده

دکتر علیرضا میرحبیبی

دکتر زیارتعلی نعمتی

دکتر رحیم نقی زاده

دکتر علی محمد هادیان

دکتر عباس یوسفی

دانشگاه علم و صنعت ایران

پژوهشگاه مواد و انرژی

دانشگاه بین الملل امام خمینی

پژوهشگاه مواد و انرژی

دانشگاه علم و صنعت ایران

دانشگاه ملایر

دانشگاه صنعتی امیرکبیر

دانشگاه تربیت مدرس

دانشگاه صنعتی شریف

دانشگاه علم و صنعت ایران

دانشگاه تبریز

دانشگاه علم و صنعت ایران

دانشگاه صنعتی امیرکبیر

دانشگاه علم و صنعت ایران

دانشگاه صنعتی شریف

دانشگاه علم و صنعت ایران

دانشگاه تهران

مرکز تحقیقات پرتاووس

گروه مشاوران

مهندس جلیل آربین پور

مهندس سیروس ارجمند نیا

دکتر علی اصغر بهنام قادر

دکتر جعفر جواد پور

مهندس نادر خلیلی

دکتر حمید رضا رضایی

مهندس سیروس روشنفکر فلاح

مهندس میر حسام الدین داعی نیایکی

مهندس محمود سالاربه

دکتر آرمان صدقی

دکتر احمد صفری

دکتر اسماعیل صلاحی

دکتر تورج عبادزاده

مهندس حسین عزیزیان

دکتر پروین علیزاده

مهندس مهران غفاری

دکتر عباس فاضلی

دکتر کاووس فلامکی

مهندس عباسعلی قصابی

دکتر کاظم قنبری

دکتر مهرداد کشمیری

دکتر علیرضا گنجی

مهندس یحیی ماله میرچگینی

دکتر امیر عباس نوربخش

مجله ایران سرام

شرکت بازرگانی گیتا

پژوهشگاه مواد و انرژی

دانشگاه علم و صنعت ایران

شرکت نسوز مهر

دانشگاه علم و صنعت ایران

شرکت تجهیز مواد پیشگام

شرکت گل سرخ گستر آمل

شرکت آرمیتاز

دانشگاه بین الملل امام خمینی

دانشگاه ایالتی نیوجرسی

پژوهشگاه مواد و انرژی

پژوهشگاه مواد و انرژی

صنعت سیمان

دانشگاه تربیت مدرس

صنعت چینی مطروف

سازمان زمین شناسی کشور

پژوهشگاه مواد و انرژی

شرکت چینی زرین ایران

دانشگاه شفیلد انگلستان

دانشگاه بریتیش کلمبیا

شرکت معدنی و صنعتی

سوراوجین عقیق

شرکت سینا کاشی

سرامیک نوین سپاهان

فهرست مطالب:

۱	سرمقاله
۳	افبار و تازه‌های سرامیک
۱۱	گزارش علمی
۲۲	گزارش هفتمین کنگره سرامیک ایران
۳۱	مشاهیر سرامیک، پیتز شولتز
۱۴	اثر تغییر ترکیب بر ریزسافتار و خواص دی الکتریکی شیشه - سرامیک فروالکتریکی در سیستم $PbO-BaO-TiO_2-B_2O_3-SiO_2$
۵	مروری بر ترکیبات و روش‌های مختلف سافت شیشه فتو کرومیک
۶۳	مصاحبه (آقای دکتر رفیعی‌تبار)
۶۸	معرفی پایان‌نامه‌های تمصیلات تکمیلی
۷۳	تازه‌های نشر
۷۷	تقویم همایش‌ها
۸	لیست اعضای مقوقه انجمن سرامیک
۸۴	راهنمای تهیه مقاله

اصلاح و خلاصه کردن مطالب با نظر مترجمان و نویسندگان انجام می‌شود. مسئولیت محتوای مقالات به عهده نویسندگان و مترجمان است. مطالب ارسالی برگردانده نمی‌شود.

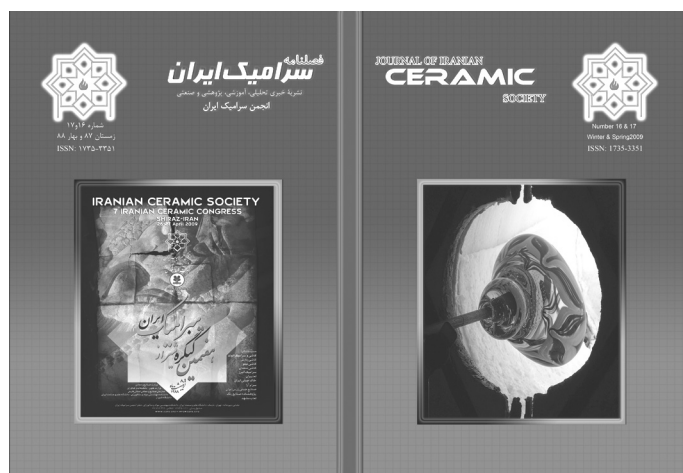
با همکاری:

آقای محمد هادی آقایی، خانم

نگین سلامی

همکار ویژه: خانم مهندس سمیه

احمدی



توضیح عکس روی جلد:

هفتمین کنگره سرامیک ایران

توضیح عکس پشت جلد:

ذوب شیشه در دمای $1300^{\circ}C$

بسمه تعالی

سرمقاله:

نقشه راه انجمن سرامیک ایران ضرورت امروز نیاز فردا

انسان در آستانه سال جدید بی اختیار به گذشته می‌نگرد، تلاش می‌کند تا با نیم‌نگاهی فعالیت‌های یک‌ساله گذشته خود را، هرچند شتابزده ارزیابی کرده، در خصوص کارهای انجام شده و تناسب آن با زمان صرف شده بدست آورد. از طرف دیگر با فرارسیدن سال ۸۸ یکی دیگر از تلاش‌های موثر انجمن سرامیک ایران یعنی کنگره هفتم به ثمر نشسته است. در ماه‌های فروردین و اردیبهشت اوج جنب و جوش برای برگزاری هرچه با شکوه‌تر این مهم در جریان بود. هر دو این مناسبت‌ها اندیشه را بیشتر به حرکت در می‌آورد که چه کرده‌ایم و چه باید کرد.

اولین فعالیت‌ها بمنظور تاسیس انجمن سرامیک ایران از سال ۱۳۷۲ و به منظور گسترش و پیشبرد علم و فن آوری سرامیک، توسعه کمی و کیفی نیروهای متخصص و بهبود آموزش و پژوهش آغاز گردید در حالی که دو سالی پیش از این نیز ضرورت تشکیل چنین انجمنی احساس می‌گردید. در آغاز دهه هفتاد، اولین نسل کارشناسان فارغ التحصیل برنامه آموزشی مهندسی سرامیک، بتدریج موقعیت‌های خالی را پر کرده و بانی و ساریان یکه و تنهای آموزشی سرامیک ایران، دکتر مارقوسیان، که همکارانی جدید نیز یافته بود، بتدریج بخشی از نتایج کار خود را می‌دید و یاران هم‌زبان خود را می‌یافت. مهر، عطوفت، عشق به مردم، ایران و آینده آن و هر آنچه که به زبان نمی‌آید، و دیگر مواردی که تنها کسانی که در کلاس ایشان حضور داشتند حس می‌کنند، خمیر مایه حرکتی بزرگ شد که ثمره‌اش همین دستاوردهای چند ساله گذشته است. بگونه‌ای که در کنگره پنجم مجری برنامه که از گویندگان صدا و سیما بود و در بسیاری از مراسم از این دست حضور داشته، نیز طی چند ساعت همنشینی با این جماعت سرامیکی با تعجب از نوعی حس همدلی در این محفل سخن گفت.

از سال ۷۱ تا کنون بیش از هفده سال می‌گذرد. هفت کنگره، دوره‌های آموزشی، نمایشگاه‌ها و گردهمایی‌های متعددی برگزار شده است. انتشار کتب و فصلنامه، مشارکت در راه اندازی معتبرترین مجله مواد به زبان انگلیسی، انجام پروژه‌های تحقیقاتی و صنعتی و ده‌ها فعالیت دیگر نشان می‌دهد که نقش و جایگاه سرامیک در ایران چه در بخش صنعت و چه در پژوهش و آموزش عالی کاملاً تثبیت شده است. مهندسی سرامیک مرزهای تقریباً مشخصی با هنر ارزشمند سرامیک یافته و گرچه جای تلاش بسیاری برای توسعه این علم و صنعت ارزشمند وجود دارد اما دوران تثبیت و آرامش نسبی فرا رسیده است. در هر دوره‌ای از مدیریت انجمن در سال‌های پس از تاسیس، شاهد تلاش خالصانه منتخبین و بدنبال آن، توسعه و پیشرفت انجمن در بیشتر اهداف تعریف شده، بوده‌ایم.

یکی از موضوعاتی که بویژه در کشورهای در حال توسعه برای جبران عقب افتادگی‌ها و اجرای برنامه‌های پیشرفت کشور مطرح است تدوین دقیق "نقشه راه" برای رسیدن به اهداف بر اساس زمان بندی‌های تبیین شده است. در حقیقت ترسیم نقشه راه برای هر فرایندی ضروری است تا از این رهگذر با تعیین اهداف حرکت، شناسایی موانع احتمالی پیش رو، روش‌های مقابله با موانع، شناخت رقیبان و نهایتاً نیل به هدف با کمترین هزینه‌ها انجام پذیرد.

سالیانی پیش، روزگاری که بیشترین امید برای ایجاد یک ارتباط تعریف شده و پایا بین نهادهای مرتبط با بخش صنعت و انجمن‌های علمی وجود داشت، مدیران انجمن سرامیک ایران تلاش نمودند تا پروژه‌ای را برای "تدوین نقشه راه سرامیک ایران" از طریق تعامل مشترک و سازنده با بخش کانی‌های معدنی وزارت صنایع وقت را از کسوت یک پیشنهاد به صحنه عمل بکشاند که امروز نبود اثری از این تلاش، حکایت از عدم تحقق آن است.

بررسی دلایل موضوع خود بحث مفصلی را می‌طلبد که از حوصله این مقاله بیرون است. آنچه در این میان مغفول مانده است ایجاد توانمندی اجرای چنین مهمی در صورت آمادگی تحقق آن در انجمن است.

بنظر می‌رسد تنوع و گستردگی سرامیک و ضرورت رسیدگی به کلیه این بخش‌ها نیازمند ساز و کار ویژه‌ایست که تناسبی با تشکیلات و سازماندهی فعلی انجمن ندارد. اما رئیس آن بوضوح در اساسنامه و اقدامات مدیریت انجمن در سنوات گذشته وجود دارد. آنچه از خاطرات به مدد می‌آید در برهه‌ای نه چندان دور، انجمن سرامیک اقدام به تعریف جایگاه‌های کمیته‌های تخصصی نموده بود و هر کمیته با تشکیل جلسات نسبت به مدیریت بخش خود اقدام نموده بودند. سفارش انتشار کتاب در حوزه‌های متنوع سرامیک‌ها از یکطرف و تقسیم بندی اعضا برای حضور در یکی از این کمیته‌ها، آغازی واقع بینانه برای تخصصی کردن موضوعات سرامیک به شمار می‌رفت.

گروه‌های تخصصی انجمن سرامیک ایران بشرح زیر تعریف شده بودند:

- مواد اولیه
- کاشی
- سیمان
- شیشه و شیشه - سرامیک
- چینی
- لعاب و رنگ
- دیرگداز
- مدیریت راهبردی در صنعت سرامیک
- نانو سرامیک
- استاندارد، مدیریت کیفیت و تجارت جهانی
- کامپوزیت
- فرآیند و کنترل کیفیت
- سرامیک‌های اکسیدی و غیر اکسیدی
- بیو سرامیک
- الکترو سرامیک
- بهینه سازی مصرف انرژی

آنچه امروز بعنوان یک ضرورت برای ارتقاء کیفی فعالیت‌های انجمن سرامیک ایران به ذهن می‌رسد، پیگیری همین موضوع است. بخش‌های مختلف سرامیک ایران نیازمند توجه هستند و مشکلات هر بخش نیز خاص خود آن موضوع است که ممکن است در دیگر بخش‌ها به هیچ وجه اهمیت نداشته باشد. کم توجهی به برخی موضوعات سرامیک عده‌ای را بر آن می‌دارد تا با تاسیس انجمن جدیدی، زوایای تاریک آنها را روشن‌تر کنند اما گرچه ممکن است وجود یک انجمن علمی جدید مرتبط با یکی از شاخه‌های سرامیک به معنای تعمیق و توسعه سرامیک در ایران موجب خشنودی باشد اما در چنین حالتی بیشتر موازی کاری و دوباره کاری به ذهن متبادر می‌شود.

تجربه انجمن سرامیک آمریکا که در سال ۱۹۰۸ تاسیس شده است با پوشش بیشتر شاخه‌های صنعت سرامیک و ایجاد بخش‌های جدید متناسب با نیازهای روز مثل بایوسرامیک و نانو تکنولوژی می‌تواند الگوی مناسبی برای برنامه ریزی و فعالیت‌های پیش روی انجمن سرامیک ایران و نهایتاً تلاش برای ترسیم نقشه راه سرامیک مورد استفاده قرار گیرد. با گذشت بیش از صد سال از تاسیس انجمن سرامیک آمریکا هنوز تشکیلات موازی دیگری مثلاً انجمن شیشه آمریکا تشکیل نشده است. یکی از اصلی‌ترین دلایل کفایت تلاش‌های انجمن سرامیک در خصوص شیشه و شیشه سرامیک است که نیاز تشکیل نهاد مستقل دیگری در این زمینه را پدید نیاورده است.

اگر نگران موازی کاری و تعدد سازمان‌های مستقل و انجمن‌های علمی در موضوعات مشابه هستیم بایستی نیازهای علمی و صنعتی در این زمینه‌ها توسط انجمن‌های موجود بخوبی پوشش داده شود. شاید بجای توسعه کمی و ایجاد دفاتر انجمن در شهرستان‌ها، سازماندهی متخصصین سرامیک در کمیته‌های تخصصی در تعمیق فعالیت‌های انجمن تاثیر گذارتر بوده و افراد بیشتری را درگیر برنامه پیشبرد اهداف این سازمان ارزشمند غیر دولتی کند.

دیگر نکته‌ای که در صفحه عمل مقفود مانده است توجه ویژه به نقش هدایت دانشجویان به عنوان یکی از محورهای فعالیت انجمن‌های علمی است. به نظر می‌رسد در مرحله کنونی لازم است تا کمیته دانشجویی انجمن سرامیک ایران با مشارکت نمایندگان دانشجویان تمام دانشگاه‌هایی که این رشته را دارند تاسیس شود تا بدنه دانشجویی انجمن موتور محرکه فعالیت‌های علمی و همچنین منبع پرورش نیروهای زبده گردد.

با عنایت به انجام انتخابات جدید انجمن سرامیک پیشنهاد می‌شود ضمن تشکر از مشارکت فعال همه اعضا در این واقعه، مطالبات خود را بعنوان اعضا انجمن از انتخاب شوندگان در قالب احیاء و پیگیری، توسعه و اجرایی کردن بخش‌ها و شاخه‌های تخصصی سرامیک و کمیته دانشجویی مطرح کنیم. بطور قطع نتایج ارزشمند چنین پیگیری‌هایی در کوتاه مدت، مثلاً در یک دوره مدیریت پیش روی انجمن، منجر به ایجاد زیرساخت‌های مورد لزوم و در بلند مدت نیز منجر به ظرفیت‌سازی برای آمادگی تبیین "نقشه راه سرامیک ایران" در انجمن و در نهایت در صنعت سرامیک ایران خواهد شد.

بلندگوهای نانوکربنی، نسل بعدی اشیاء فوق نازک

بولتن Acers؛ دسامبر ۲۰۰۸

محققین چینی کشف کردند که با عبور جریان فرکانس صوتی با سرعت زیاد از درون لایه‌های نازک نانولوله‌های کربنی، این لایه‌ها می‌توانند به یک بلندگو با کارایی بالا با قابلیت‌های انتشار صدا در محدوده فرکانس وسیع، عبور نور، انحنای کشیده شدن و کار کردن بدون آهن رباها و یا قطعات مکانیکی متحرک تبدیل شوند.

علاوه بر این به گفته کاشفان این پدیده، بلندگوی CNT می‌تواند به اشکال متعددی خم شده و بر روی سطوح سخت، قابل نعطاف و سطوح عایق (شامل لباس‌ها) نصب شود و همچنین به علت این که این بلندگوها نمی‌لرزند حتی می‌توانند هنگامی که پاره شده، پوشیده شود یا به صورت جزئی آسیب ببینند نیز کار کنند.

جزئیات بلندگوهای CNT در تاریخ ۲۹ اکتبر ۲۰۰۸ در مجله Nano letters نسخه آن لاین، نشر شده توسط انجمن شیمی آمریکا به وسیله Shoshan Fan, Kaili Jiang (پروفسورهای دانشگاه Tsinghua در Beijing) و همکاران ایشان در دانشگاه Beijing Normal گزارش شده است.

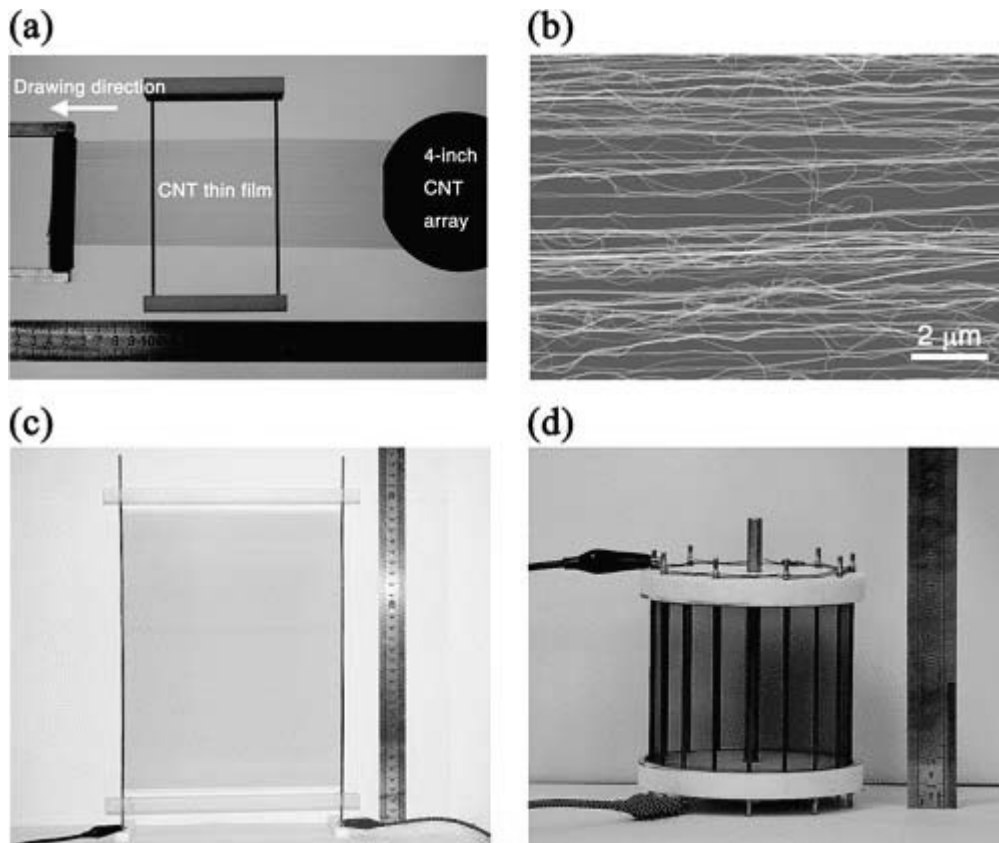
محققین شرح دادند که چگونه از لایه‌های منظم CNT لایه نازکی را بیرون کشیده‌اند و خواص صوتی (آکوستیک) آن را مورد آزمایش قرار داده‌اند. زمانی که محققین دریافتند این اسپیکرها صدا را نشر می‌کنند، به نظر آنها رسید که آیا به همان روش مشابه بلندگوهای معمولی تولید صدا می‌کنند. آنها با انجام تست لرزه نگاری لیزری متوجه شدند که این لایه‌های نازک نمی‌لرزند و در نتیجه مشابه بلندگوهای معمولی کار نمی‌کنند.

ترموآکوستیک

Jiang در دوم نوامبر در مصاحبه با Nano Work (رسانه خبری نانو تکنولوژی آنلاین) گفت: "ما این پدیده را به اثر ترمو آکوستیک نسبت می‌دهیم". وی همچنین گفت: "در اثر اعمال دوره‌ای جریان متناوب به لایه‌های نازک CNT که باعث حرارت‌دهی آنها می‌شود، این لایه‌ها دچار نوسانات حرارتی می‌شوند. نوسانات حرارتی، نوسانات فشار هوای اطراف را باعث شده و در نتیجه تولید صدا را خواهیم داشت".

این موضوع به تفصیل در Newscientist. Com توسط Shoshan Fan تشریح شده‌است که هنگامی که تیم محققین جریان متناوبی را از طریق بلندگوی لایه نازک CNT عبور دادند، این نوارهای نازک بین دمای اتاق و 80°C تغییر دما می‌دادند. این تغییرات سریع دما باعث تغییر فشار در هوای اطراف نوار نازک می‌شود. Fan گزارش داد که تیم محققین نوسانات گرمایی که باعث تغییرات در فشار می‌شوند را باعث انتشار صدا از این گونه بلندگو می‌دانند.





شکل ۱- بلندگوهای تولیدی از لایه‌های نازک نانولوله‌های کربنی (a) لایه نازک CNT که از یک مجموعه فوق منظم CNT رشد داده شده که روی یک ورق نازک ۴ اینچی سیلیکونی کشیده شده روی قاب دو الکتروود برای تولید بلندگو قرار گرفته است. (b) تصویر میکروسکوپ تک الکترون از لایه های نازک CNT که نانولوله های کربنی در جهت خاصی قرار دارند. (c) بلندگوی لایه نازک CNT در سایز یک صفحه A4، (d) بلندگوهای نازک CNT که به شکل قفس تولید شده و می‌تواند صدا را در تمام جهات منتشر کنند (قطر ۹ سانتی متر و ارتفاع ۸/۵ سانتی متر).

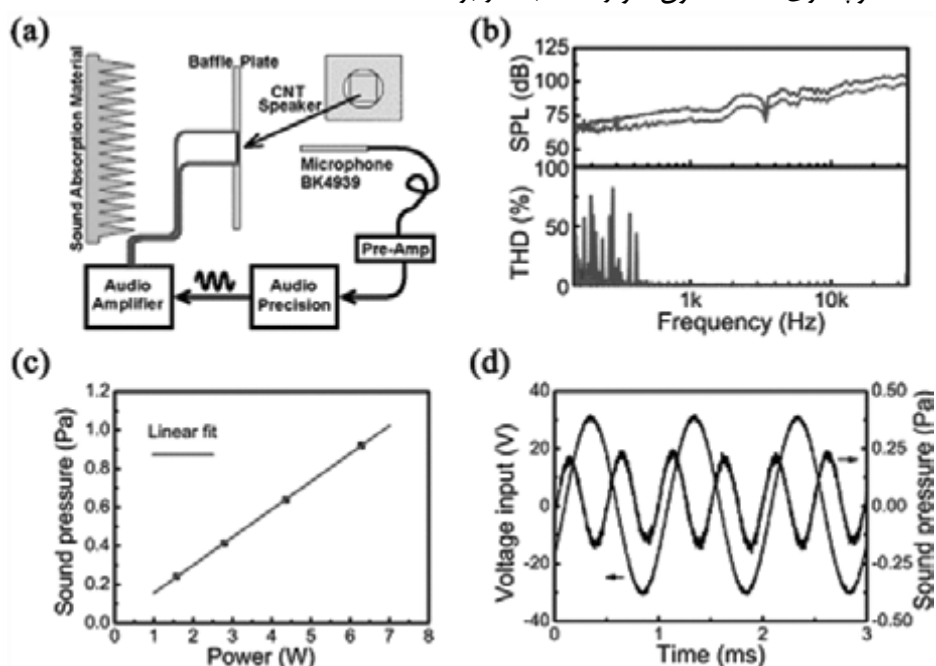
وی اشاره کرد که با توجه به این موضوع که هنگامی که این لایه‌ها کاملاً کشیده شوند، قابلیت عبور نور را از خود دارند، می‌توان آنها را به جای بلندگوهای معمولی روی صفحات LCD نصب کرد. به گفته وی یکی دیگر از کاربردهای ایده‌آل و جالب این بلندگوها امکان دوخته شدن این لایه‌ها به لباس و تولید نوعی لباس‌هایی که می‌خوانند و صحبت می‌کنند، می‌باشد.

Jiang می‌گوید: "علی‌رغم تمامی این مزایا، فرکانس خروجی بلندگوهای CNT دو برابر فرکانس ورودی آنهاست که این یک عیب محسوب می‌شود (مراجعه شود به شکل ۲). وی در Nano letters بیان کرد: "این باعث می‌شود که صدای انسان، هنگامی که از یک آمپلی فایر (تقویت کننده صدا) در دو قطبی تجاری برای بلندگوی CNT استفاده شود، عجیب به نظر برسد". وی توضیح داده است که می‌توان با یک روش نسبتاً ساده که اضافه کردن جریان مستقیم اریب IO به جریان متناوب می‌باشد، این مشکل را مرتفع ساخت.

بدون شک چالش بعدی، راهی جهت صنعتی کردن این روش می‌باشد. در حال حاضر تلاش محققین بر روی بررسی توسعه محصول واقعی از این بلندگوهای لایه نازک CNT متمرکز شده است.

به نظر می‌رسد نویسندگان نشان داده‌اند تولید این محصول می‌تواند نسبتاً آسان و کم هزینه باشد. به گفته نویسندگان "یک مجموعه CNT فوق منظم رشد داده شده روی یک صفحه نازک ۴ اینچی سیلیکونی می‌تواند به صورت کامل به یک لایه نازک پیوسته CNT به عرض ۱۰ سانتی‌متر و طول ۶۰ متر تبدیل شود که با این نوار تولیدی می‌توان تقریباً ۵۰۰ بلندگو با سایز ۱۰×۱۰ (سانتی‌مترمربع) ساخت. این بلندگوها به شکل‌های مختلفی می‌توانند دوخته شوند و بر روی سطوح عایق گوناگونی از جمله دیوار اتاق‌ها، سقف‌ها،

ستون‌ها، پنجره‌ها، پرچم‌ها و لباس‌ها بدون محدودیت در مساحت نصب شوند. علاوه بر این می‌توان آنها را در قطعات کوچکتری مانند هدفون‌ها و زنگ‌ها به کار برد.



شکل ۲- تست کارایی آکوستیک بلندگوهای لایه نازک CNT، (a) نمایش شماتیک مراحل تجربی نصب، (b) نمودار سطح فشار صدا (dB) و انحراف بلندگوهای لایه نازک CNT، یک لایه و چهار لایه برای فاصله ۵ سانتی متری بین میکروفون و بلندگو (توان ورودی برای بلندگوهای یک لایه و چهار لایه به ترتیب ۳ و ۱۲ وات)، (c) فشار صدای تولید شده توسط بلندگوی CNT چهار لایه برحسب توان ورودی که رفتار خطی را نشان می‌دهد. مربع‌های سیاه نتایج تجربی را نشان می‌دهند و خط بر این داده‌ها فیت شده است، (d) سیگنال‌های همزمان ولتاژ ورودی بلندگوی لایه نازک CNT چهار لایه و فشار صدای خروجی از میکروفون، نشان می‌دهد که فشار صدای خروجی دوبرابر ولتاژ ورودی است. اختلاف فاز بین ولتاژ ورودی و سیگنال فشار صدای خروجی به علت انتشار صدا از لایه نازک CNT به میکروفون است.

صرفه جویی در مصرف مواد اولیه و انرژی با استفاده از غلتک‌های سرامیکی

Ceramic industry

بخش سرامیک‌های ظریف Yixing Haldenwanger، وابسته به واحد سرامیک‌های صنعتی Morgan، غلتک‌هایی سرامیکی تولید کرده و آن‌ها را با موفقیت در اولین کوره پخت کاشی‌های نازک سرامیکی در چین نصب نموده است. این غلتک‌ها امکان تولید کاشی‌هایی با ۱۵٪ ضخامت کم‌تر و یک سوم وزن کاشی‌های مشابه را ممکن می‌سازد که این امر منجر به صرفه‌جویی در مصرف سوخت و مواد اولیه می‌شود. جنس این غلتک‌ها آلومینا سیلیکات (Sillimantin) است که به دلیل خواص حرارتی بسیار مطلوبی که دارند، مورد توجه قرار گرفته‌اند. غلتک‌های سرامیکی SM90 دارای ۳۰ mm قطر و در بیشترین مقدار، ۲۹۰۰ mm طول هستند و توانایی تولید کاشی تا ابعاد ۱۸۰۰×۹۰۰ mm و ضخامت بین ۳/۵ و ۵ mm را دارند. کوره‌ای که غلتک‌های مذکور در آن قرار می‌گیرند، توسط شرکت صنعتی Keda - بزرگ‌ترین تأمین‌کننده تجهیزات سرامیک در چین - در Guangdong Monalisa در اکتبر ۲۰۰۷ تولید شده است. به گفته‌ی Jeffrey Zhang مدیر اجرایی Yixing Haldenwanger، برای تولید کاشی‌های نازک تقاضاهای صنعتی وجود دارد که هم‌اکنون تولیدکنندگان با استفاده از این غلتک‌های سرامیکی می‌توانند مطابق با آیین‌نامه‌ی خط مشی تولیدات سرامیکی، تنظیم شده توسط دولت چین، محصولات مورد نظر خود را تولید کنند. غلتک‌های سرامیکی که توسط این شرکت در آلمان تولید می‌شوند، در سراسر دنیا مورد استفاده قرار می‌گیرند و به دلیل طول عمر

مفید بالایشان در طیف گسترده‌ای از کاربردهای تخصصی شناخته شده هستند. علاوه بر غلتک‌های Sillimantin که در کوره‌های گردان برای پخت کاشی‌های دیوار و کف به کار می‌رود، این شرکت غلتک‌های fused silica را نیز برای استفاده در کوره‌های temper برای تولید شیشه‌های تخت ساختمانی تولید کرده است.

یاری سرامیک‌ها برای تولید ترکیبات فلزی

Ceramic industry

واحد سرامیک‌های پیشرفته Morgan، سرامیک جدیدی تولید کرده که در ساخت آلیاژهای فلزی کاربرد دارد. برخلاف شکل‌های سنتی آلیاژهای پیشرفته، با استفاده از سرامیکی که بر پایه‌ی کامپوزیت اکسید کروم/ آلومینا یا اکسید کروم/ سیلیکا قرار دارد، می‌توان ترکیباتی تا ابعاد $1/5m$ در طول، بدون شکاف و ترک خوردگی و با خطای مجاز $\pm 0.1\%$ تولید کرد. این سرامیک علاوه بر انعطاف پذیری بیشتر در طراحی، هدایت حرارتی بالا و پایداری ظاهری بیشتری نسبت به دیگر آلیاژهای پیشرفته از خود نشان می‌دهد. همچنین امکان جدایش قطعه بدون استفاده بیش از حد از عوامل جداساز قطعه از قالب و حداقل آسیب به پرداخت سطحی قطعه، به معنی کاهش ۵۰ درصدی در هزینه‌های تولید می‌باشد. به گفته‌ی Simon Jones مهندس ارشد فروش در سرامیک‌های پیشرفته Morgan تولیدکنندگان همه‌ی صنایع مرتبط برای کاهش هزینه‌ها و افزایش میزان تولید تحت فشار بوده که این سرامیک دستیابی به این هدف را ممکن می‌سازد. این ماده به دلیل ویژگی‌های برترش در صنایع هوایی نظامی، اتومبیل، فرایندهای شیمیایی و ریخته‌گری مذاب شناخته شده و به کار گرفته می‌شود.

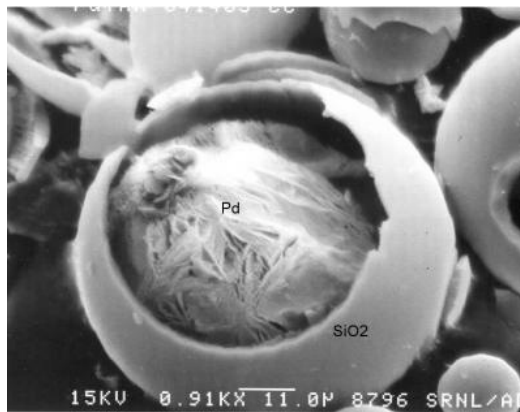
ماکروگویی‌هایی جهت حمل هیدروژن، رساندن دارو، تصفیه گازها و تشخیص گسترش مواد

هسته‌ای

Ceramic industry

محققان SRNL برای این که نشان دهند چگونه پالادیم به راحتی از منافذگویی عبور کرده و با یک نانوساختار جدید هماهنگ شده است، قسمت بالایی ماکروگویی شیشه‌ای را برداشته‌اند.

آنچه که می‌تواند مانند یک تخم بارور و مثل آب سیال روان باشد، یا انباشته از کاتالیست‌ها و نانوساختارهای خارجی شود و یا منجر به توانایی رقابت وسایل حمل و نقل بنزینی با خودروهای آینده سوخت هیدروژنی گردد و همچنین در



عرصه‌هایی نظیر تکثیر اتمی و گرم شدن کره زمین شرکت کند، چیست؟ پاسخ در شماره ماه June بولتن انجمن سرامیک آمریکا آمده است که اولین اخبار مربوط به گروهی از مواد را که تاکنون شناخته نشده‌اند و نیز تکنولوژی اجرا شده توسط دانشمندان آزمایشگاه ملی Savannah River را نقل می‌کند. این مواد منحصر به فرد، ماکروگویی‌های شیشه‌ای متخلخل با دیواره‌های توخالی (PW-HGM)، شامل ماکروبالن‌های متخلخل شیشه‌ای است که قطر آن‌ها کمتر از موی انسان است. ویژگی حائز اهمیت این گویی‌های ۱۰۰-۲ میکرونی، خلل و فرج‌های به هم پیوسته‌ای است که در دیواره‌های نازک خارجی آن‌ها قرار دارند و اندازه آن‌ها بین ۱۰۰ تا ۳۰۰۰ انگستروم می‌باشد. G.G. Wicks، L.K. Heung و R.F. Schumacher محققان SRNL موفق شدند با استفاده از این کانال‌های باز، ماکروبالن‌ها را مملو از جاذب‌های گاز و مواد دیگر کنند. در نتیجه هیدروژن و یا سایر گازهای واکنش پذیر می‌توانند از طریق تخلخل‌ها وارد ماکروگویی‌ها شده و یک سیستم

ذخیره حالت جامد و نسبتاً ایمن را ایجاد کنند. تصاویر این کامپوزیت‌های شیشه‌ای جاذب هم نشان می‌دهند که خلل و فرج‌های موجود در دیواره، نانوساختاری کاملاً جدید را ایجاد می‌کند. Wicks، Heung و Schumacher متوجه شدند از دیواره‌های تراوی PW-HGM می‌توان برای مقاصد غیر کامپوزیتی نیز استفاده نمود. برای مثال جهت تصفیه جریان‌های مخلوط گازها توسط گوی‌ها، در یک سیستم، منافذ دیواره‌ها می‌توانند از طرق مختلف تغییر یافته و یا کنترل شوند. یکی دیگر از مزایای ماکروبالن‌ها قابلیت تغییر خواص مکانیکی آن‌ها و در نتیجه داشتن سیالیتی نظیر آب است. بدین ترتیب می‌توان از آن‌ها به عنوان یک شبکه مویرگی برای انتقال، ذخیره و توزیع مایعاتی نظیر بنزین استفاده کرد. این ویژگی، PW-HGM ها را برای بازیافت و استفاده مجدد مناسب می‌سازد. گروه تحقیقاتی SRNL بیش از شش پروژه بر روی PW-HGM ها جهت کاربردهایی نظیر ذخیره هیدروژن در خودروها (تویوتا)، خالص سازی و جداسازی گازها و حتی کاربردهای متمایزی مانند کاهش اثرات گرم شدن کره زمین، افزایش عملکرد باتری‌های اسید-سرب، جلوگیری از تکثیر اتمی و اجرای مکانیزم‌های جدید نقل و انتقال دارو در بدن ارائه داده است.

تحقیق مهندسان MIT بر روی باطری‌ها با ابعاد سلولی

Ceramic industry

باطری‌های ۹ ولتی، AA، AAA و یا D را فراموش کنید: انرژی لازم برای ابزارهای الکتریکی کوچک در آینده توسط میکروباطری‌های بسیار کوچک به اندازه نصف سلول انسان و ساخته شده از ویروس‌ها تأمین می‌شود. مهندسان MIT روشی را برای ساخت و نصب همزمان این میکروباطری‌ها - که در آینده انرژی بخشی از ابزار الکتریکی از جمله حسگرهای پزشکی قابل کاشت در بدن را

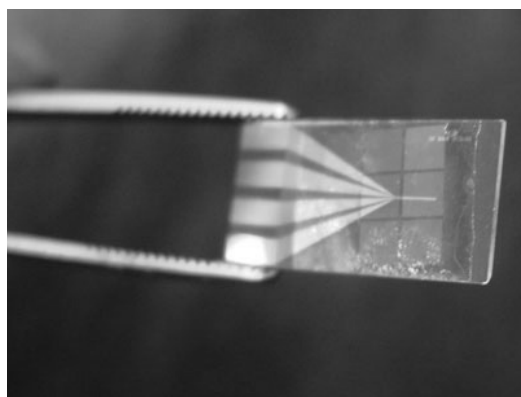
تأمین می‌کنند- از طریق نصب آن‌ها روی سطوح مختلف، ارائه دادند.

در مجموعه مقالات آکادمی ملی علوم (PNAS) در ۱۸ آگوست، تیم تحقیقاتی نحوه‌ی مونتاژ و

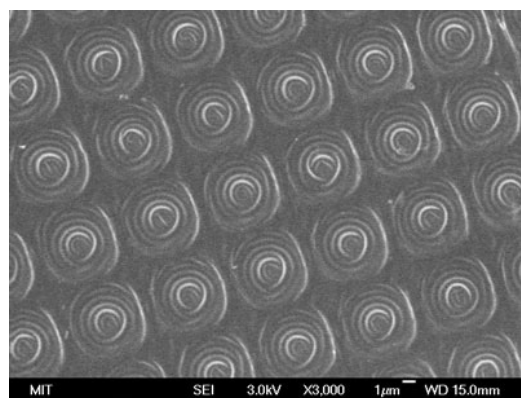
آزمایش دو جز از سه جزء اصلی باطری را شرح داده‌اند. بدین ترتیب باطری کامل نیز در راه است. Paula T. Hammond, Angela

M. Belcher, Yet-Ming Chiang پروفیسورهای MIT و همکارانشان اظهار کرده‌اند که این اولین نمونه‌ای است که در آن از میکرواتصال‌ها برای ساخت و نصب الکترودها استفاده می‌شود و اولین باری است که مونتاژ بر پایه‌ی ویروس صورت می‌گیرد به گفته Becher، پروفیسور علم و مهندسی

مواد بیولوژی این روش به تجهیزات پرهزینه نیاز ندارد و انجام آن در دمای اتاق امکان پذیر است. باطری‌ها از دو الکتروده مخالف (کاتد و آند) و



شکل ۱- انبرک‌ها وسیله‌ای که برای آزمایش اجزای جدید میکروباطری‌ها در MIT استفاده می‌شود را نگه داشته‌اند. (باطری‌ها در این تصویر مشخص نیستند).



شکل ۲- آرایشی از الکترودهای میکروباطری‌ها. قطر هرکدام در حدود ۴ میکرومتر است.



الکترولیت تشکیل می‌شوند و از طریق محلول الکترولیت، از هم جدا می‌گردند. در این تیم MIT، آند و الکترولیت را تهیه کرد. به این ترتیب که ابتدا با استفاده از روش معمول لیتوگرافی نرم (soft lithography) روی یک ماده صاف لاستیکی حفره‌های استوانه‌ای با قطر چهار یا هشت میکرون ایجاد کرد، سپس چند لایه از دو پلیمر را که با هم به عنوان الکترولیت جامد عمل می‌کنند در این حفره‌ها ته‌نشین کردند. در مرحله بعد ویروس‌ها در مواضع ترجیحی خود روی لایه‌های پلیمری قرار می‌گیرند که آند تشکیل می‌شود. Hammond، Belcher، Chiang و همکارانشان نحوه انجام موارد فوق را توضیح داده‌اند. آن‌ها به ویژه ژن‌های ویروس مورد استفاده را اصلاح کرده و به این ترتیب ویروس پوشش‌های پروتئینی ایجاد می‌کند که با جمع‌آوری مولکول‌های اکسید کبالت سیم‌های بسیار نازکی را شکل می‌دهد (آند). نتیجه نهایی، حفره‌هایی استوانه‌ای شکل است که در یک ماده لاستیکی با لایه‌هایی از الکترولیت و آند اکسید کبالت پوشیده شده‌اند. محققان سپس صفحه لاستیکی را برگردانده و الکترولیت و آند را به یک ساختار پلاتینی منتقل می‌کنند. از این مجموعه به همراه یک ورق لیتومی برای آزمایش استفاده می‌گردد. گروه تحقیقاتی MIT در مقاله PNAS خود نتیجه می‌گیرند که آرایش‌های نهایی الکتروکاتالیزور را ارائه می‌دهند. آن‌ها در کنار ساخت سومین قسمت باتری - کاتد - به وسیله تکنیک چیدمان ویروسی، به دنبال یافتن استمپی برای سطوح منحنی نیز هستند.

کنترل فشار خون با مبدل پیزوالکتریک

Ceramic industry

محصول جدید الکتروسرامیک‌های Morgan یک مبدل پیزوالکتریک فشرده، قوی و مناسب برای استفاده در تجهیزات پزشکی به عنوان نمایشگر فشارخون، با دقت بالا و صرفه اقتصادی مناسب است. تولید کنندگان تجهیزات پزشکی به علت دقت بالاتر و کارایی طولانی مدت حسگرهای الکترونیکی در نمایش فشارخون، متوجه فواید و مزایای این ابزار نسبت به ابزارهای مکانیکی شدند. سهولت در نمایش طولانی مدت فشارخون با استفاده از ابزار فوق، تحلیل نوسانات فشارخون بیمار را طی یک زمان مشخص ممکن می‌سازد. APT جدید به دلیل کاربردهای گسترده و آسان نظیر استفاده در دستگاه فشارخون مچی، مورد توجه قرار گرفته است. همچنین به علت کارایی طولانی مدت می‌توان از آن در دستگاه‌های موجود در داروخانه‌ها و مکان‌های دیگر نیز استفاده کرد. حسگر APT دارای فرکانس تشدید شده $1/8\text{MHz}$ ، ظرفیت 200pF و خروجی 3V/N می‌باشد. بدنه آن از استیل ضدزنگ با مقاومت شیمیایی خوب ساخته شده و بنابراین می‌تواند برای مدت طولانی و بدون نیاز به پوشش خاصی به طور مستقیم روی پوست انسان قرار گیرد.

کاهش طول زمان بستری در بیمارستان با استفاده از پیزوسرامیک

Ceramic industry

ماده پیزوسرامیک با حساسیت و ثابت دی‌الکتریک بالا، از طریق اندازه‌گیری زمان برخورد و انعکاس موج فراصوت، حجم جریان خون در گردش برای نشان دادن حالت همودینامیک را اندازه‌گیری می‌کند. بخش الکتروسرامیک‌های Morgan در ساخت میله‌های پتانسیل داپلر حلقی که در نمایش حالت همودینامیک Cardioq استفاده می‌شوند با Deltex Medical همکاری کرده است. میله پتانسیل فراصوت جهت اندازه‌گیری حجم خون در گردش بدن بیماران در طول جراحی مورد استفاده قرار می‌گیرد. تکنولوژی داپلر حلقی زمان بستری در بیمارستان را در خصوص تعدادی از اعمال جراحی ۲۵ تا ۴۰٪ کاهش می‌دهد.

West Sussex-based Deltex Medical بیش از بیست سال دستگاه‌های مراقبت ویژه را ساخته و به دنبال شریکی برای طراحی و تولید حسگر پیزوسرامیکی بوده که برای میله پتانسیل فراصوت Cardioq به عنوان فرستنده و گیرنده عمل کند. Morgan، شرکتی معتبر در زمینه ساخت دستگاه‌های پزشکی می‌باشد و اطلاعات گسترده‌ای در خصوص سرامیک‌ها دارد. بنابراین این دو شرکت برای یافتن مناسب‌ترین ماده برای



کاربرد فوق با هم همکاری کردند. Morgan ماده پیزوسرامیک PZT5H را به دلیل خواص مکانیکی و الکتریکی مطلوب، به ویژه حساسیت و ثابت دی الکتریک بالای آن پیشنهاد داد. این حسگر از طریق محاسبه زمان برخورد و انعکاس موج فراصوت، حجم جریان خون در گردش را برای نشان دادن حالت همودینامیک اندازه‌گیری می‌کند.

ماده سرامیکی در انتهای یک میله پتانسیل با قطر حدود ۵ میلی‌متر نصب شده است و در داخل یک لاستیک سیلیکونی غیرسمی و بدون لاتکس قرار گرفته است و از راه دهان یا بینی وارد مری بیمار شده و در محلی قرار می‌گیرد که سیگنال فراصوت فرستاده شده به قسمت نزولی آئورت به آن جا می‌رسد. سیگنال به وسیله یک سرامیک پیزوالکتریک دیگر که امواج فراصوت را به سیگنال الکتریکی تبدیل می‌کند، دریافت می‌شود. برای آن که تعداد ابزار استفاده شده به حداقل برسد، ترکیب فرستنده-گیرنده از یک قطعه پیزوسرامیک که توسط الکترودها پوشیده شده است ساخته شده، در نهایت سیگنال دریافت شده دیجیتالی شده و به شکل موج زمانی روی نمایشگر Cardioq نشان داده می‌شود. درحقیقت هر بیماری که تحت عمل جراحی قرار می‌گیرد در معرض کاهش حجم خون قرار دارد. این امر به علت گرسنگی پیش از عمل، داروهای بیهوشی و زخم ایجاد شده در طول جراحی صورت می‌گیرد. کاهش در حجم خون موجب می‌شود اکسیژن کافی به اعضای حیاتی بدن نرسد، در نتیجه احتمال آسیب جدی در آن‌ها وجود دارد. با استفاده از داروهای مناسبی که با کمک Cardioq تعیین می‌شود می‌توان حجم خون را کنترل کرده و عوارض پس از عمل را کاهش داد. در نتیجه بهبودی بیمار زودتر حاصل شده و طول زمان بستری در بیمارستان نیز کاهش می‌یابد. شایان ذکر است شرکت Morgan تولید سرامیک PZT و مونتاژ قطعات میله پتانسیل را در محل سفارش انجام می‌دهد. سایر کاربردهای سرامیک در ابزار پزشکی شامل تصویربرداری فراصوت و فرستنده‌های قوی برای ارسال امواج فرکانس بالا در جراحی‌هایی نظیر تخلیه آب مروارید چشم می‌باشد.

سرامیک‌ها در صنایع فضایی

Ceramic industry

صنایع فضایی و به ویژه شرکت‌هایی که هواپیماهای تجاری تولید می‌کنند، تا پیش از این هرگز تحت چنین فشاری برای کاهش هزینه‌ها و در عین حال رعایت کامل مقررات ایمنی و افزایش کارایی، بر مبنای تمرکز بر سود خالص قرار نگرفته بودند. این امر شامل بخش‌های دفاعی و اکتشاف فضایی نیز می‌شود. سرامیک‌های صنعتی نظیر آلومینا، سیلیکون نیتريد و آلومینا نیتريد نقش مهمی در دستگاه‌ها و سیستم‌های کنترل هواپیماها، نمایشگر وضعیت موتور، سیستم‌های کنترل موشک و تجهیزات موقعیت‌یابی ماهواره دارند. همچنین از آن‌ها در سیستم‌های احتراق، اطفای حریق و نیز برای محافظت موتورهای توربینی در برابر گازهای خورنده استفاده می‌شود. دلیل استفاده از این مواد در قطعات حساس هواپیما، ویژگی‌های فیزیکی ممتاز آن‌ها است. مواد فوق قابلیت حفظ ابعاد خود را در محدوده‌ای از دماهای بالا دارند و استحکام مکانیکی بالایی نیز از خود نشان می‌دهند؛ همچنین مقاومت شیمیایی بسیار مطلوب آنها موجب شده تولیدکنندگان با استفاده از این مواد نسبت به بهبود کیفیت و ایمنی هواپیماهای خود اطمینان بیش‌تری حاصل نمایند. مواد الکتروسرامیک (پیزوالکتریک و دی الکتریک) در مبدل‌های فضایی و حسگرها نظیر شتاب سنج‌ها (برای اندازه‌گیری لرزش)، ژيروسکوپ‌ها (برای اندازه‌گیری شتاب در هواپیما، موشک و ماهواره) و حسگرهای تعیین سطح (برای مثال در مخازن سوخت) استفاده می‌شوند. بوئینگ ۷۷۷، یکی از موفق‌ترین هواپیماهای تجاری، از مواد پیزوسرامیک در ۵۲ میله پتانسیل فراصوت واقع در مخزن سوخت استفاده کرده است. در هر مخزن سوخت، حسگرها در مکان‌های مختلفی نصب شده‌اند. یک میدان الکتریکی ضربه‌ای (به صورت منقطع) به ماده پیزوسرامیک اعمال شده و باعث نوسان آن می‌شود. این نوسان، یک موج صوتی را به مایع درون مخزن ارسال می‌کند که پس از برخورد با سطح مشترک مایع و هوا منعکس می‌شود. سیگنال صوتی منعکس شده



توسط سرامیک پیزوالکتریک جذب می‌شود و این ماده بر اساس اندازه‌گیری زمان رفت و برگشت موج، میزان دقیق سوخت را محاسبه می‌کند. به دلیل دقت بسیار بالای این حسگرها در تعیین میزان سوخت، از آن‌ها در هواپیماهای جنگی نیز استفاده می‌شود.

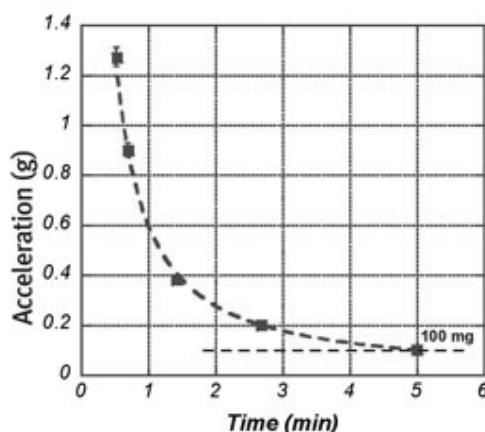
سازندگان صنایع فضایی از انواع آلیاژ برنج در ساخت و تعمیر موتورهای توربین گاز استفاده می‌کنند. به عنوان مثال استفاده از قطعات از پیش شکل داده و زینتر شده برنج در دمای بالا را می‌توان نام برد. هنگامی که دمای توربین به بیش از 1300°C می‌رسد و نیز وجود گازهای خورنده، موجب ایجاد فرسایش و سایش در قطعات می‌شود، قطعات از پیش شکل داده و زینتر شده مخلوطی از سوپرآلیاژ و برنج با دمای ذوب پایین را دربرمی‌گیرد که در محل مورد نظر با جوش موقت قرار گرفته و سپس لحیم می‌شوند. به علت توانایی این روش در تأمین ضخامت‌هایی نزدیک به ضخامت مطلوب قطعه، پس از لحیم کاری نیازی به ماشین کاری یا تراشکاری نبوده و عمر قطعات موتور تا ۳۰٪ افزایش می‌یابد. به همین دلیل این روش نسبت به جوشکاری معمولی بسیار مقرون به صرفه و مطمئن است. همچنین در فرایند تأیید شده OEM و DER، تعمیرات PSP به طور گسترده‌ای در موتور هواپیماهای کوچک‌تر که سایش به دلیل دفعات زیاد پرواز در مسیرهای کوتاه اتفاق می‌افتد، صورت می‌گیرد. مقرون به صرفه بودن سفرها از لحاظ اقتصادی تنها به پروازهای تجاری یا دفاعی محدود نمی‌شود. بلکه NASA و ESA همواره به دنبال یافتن تکنولوژی‌هایی برای کاهش هزینه‌های سفرهای فضایی هستند. بخش سرامیک‌های صنعتی Morgan در Erlangen آلمان، چند سال است که در برنامه توسعه فضانوردی اروپا جهت تحقیق در زمینه سیستم‌های نیروی محرکه یونی همکاری می‌نماید. در مقایسه با نیروی محرکه شیمیایی، موتورهای یونی، پتانسیل پرتاب فضاپیما را با ده برابر سرعت بیش‌تر و به مسافت‌های طولانی‌تر دارا هستند (به ازای هر کیلوگرم سوخت). تکنولوژی نیروی محرکه یونی از الکتربسیسته برای شارژ اتم‌های گازی سنگین استفاده می‌کند تا اتم‌ها با سرعت اولیه بسیار زیاد از فضاپیما شتاب گرفته و آن را به جلو برانند. در ابتدا مجراهای خروج اتم‌ها از جنس کوارتز بود و پس از آن آلومینا جایگزین کوارتز شد، زیرا به ماده‌ای با همان خواص دی‌الکتریکی ولی پایداری ساختاری بیش‌تر نیاز بود. آلومینا راحت‌تر ساخته می‌شود و مقاومت به شوک حرارتی بالایی دارد، بنابراین محفظه‌ای از این جنس دمای بسیار زیادی را که هنگام احتراق پلاسما ایجاد می‌شود، تحمل می‌کند. آلومینا نسبت به کوارتز سبک‌تر است و بدین ترتیب هزینه‌های هر سفر فضایی را کاهش می‌دهد. تاریخچه استفاده از سرامیک به صورت ارتن ور و سفال به بیش از ۱۰۰۰۰ سال پیش برمی‌گردد و امروز این ماده غیرآلی و غیرفلزی، انقلابی در تکنولوژی مواد می‌باشد. سرامیک‌های پیشرفته امروز دارای خواص فیزیکی، حرارتی و الکتریکی بسیار مطلوبی هستند و همین امر کاربرد گسترده آن‌ها را در صنایع مختلفی نظیر اتومبیل، پزشکی و ارتباطات ممکن می‌سازد.

گزارش علمی

سرامیک‌های پیشرفته: انرژی پاک با سرامیک‌ها ceramic industry

اخیراً پیشرفت‌های چشمگیری در تأمین توان دستگاه‌های الکترونیکی با استفاده از مواد پیزوالکتریک و بدون نیاز به باتری، در صنایع الکترونیک حاصل شده است و تکنولوژی چرخش الیاف سرامیکی برای تولید الیاف کامپوزیتی پیزوالکتریک ارزان در راستای فراهم ساختن توان کافی مورد نیاز شبکه‌های حسگر بیسیم و ابزار الکترونیکی، با استفاده از انرژی مکانیکی تلف شده، بهبود یافته است.

سرامیک‌های پیزوالکتریک وقتی تحت تنش مکانیکی قرار می‌گیرند، الکتریسیته تولید می‌کنند و با قرار گرفتن در معرض میدان الکتریکی تغییر شکل می‌دهند. الیاف پیزوالکتریک رفتار فوق را به طور کامل بروز می‌دهند و الیاف کامپوزیتی پیزوالکتریک در تولید انرژی بیشترین بازده را دارند. این الیاف سرامیکی انعطاف پذیر هستند و کامپوزیت آنها بسیار سخت است. کاربرد این الیاف در زمینه تأمین نیروی لازم جهت به کارانداختن حسگرهای بیسیم از ارتعاشات ضعیف محیطی به عنوان منبع تغذیه و همچنین شارژ یا حذف باتری‌ها از طریق کنترل از راه دور موفقیت آمیز بوده است. شکل ۱ ظرفیت تولید انرژی این دستگاه‌ها تحت ارتعاش را نشان می‌دهد. در شتاب ثقل پایین ($+/1g$)، جهت تأمین انرژی مورد نیاز یک حسگر بیسیم و دستگاه فرستنده، ۵ دقیقه کافی می‌باشد و در حدود $1g$ ، زمان شارژ به زیر ۱ دقیقه کاهش می‌یابد.



شکل ۱- شتاب ثقل ورودی در مقابل زمان لازم برای شارژ $5V$ در یک خازن $200\mu F$.

این تکنولوژی سازگار با محیط زیست با استفاده از منابع انرژی مکانیکی در دسترس، میزان قابل توجهی الکتریسیته تولید می‌کند و به این ترتیب نیاز به سیم‌کشی‌های پرهزینه یا نصب باتری‌های سنگین، گران و آلوده کننده، را برطرف می‌سازد. علاوه بر این، قیمت محصولات فوق با باتری‌های قابل شارژ نیز رقابت می‌کند.

حصول انرژی

حصول انرژی (EH- Energy Harvesting)، بر کاهش یا حذف نیاز به نیروی باطری تمرکز کرده است. روش‌های جدید EH تأمین انرژی از طریق انسان و منابع محیطی را امکان پذیر می‌سازد. با محدود کردن استفاده از باطری‌ها، EH رواج بیش‌تری پیدا می‌کند که مستلزم تلفیق هوشمندانه‌ای از تخصص‌ها جهت طبقه‌بندی اطلاعات در شاخه‌های مهندسی برق، مکانیک، مواد و فرایند است.

مفاهیم EH جدید نیستند؛ کافی است به رادیوهای دستی، چراغ قوه‌ها و ساعت‌هایی که با تکان دادن کار می‌کنند توجه کنید. آن چه که در خصوص EH جدید است، کاربرد آن در ابزارهای الکترونیکی است که با نیروی کم کار کرده و نیازی به بخش‌های متحرک ندارند. همگرایی فناوری تولید سرامیک‌های پیزوالکتریک با قابلیت شارژ بالا و الیاف کامپوزیتی امکان به کارگیری سیستم‌هایی که قادر به تأمین نیروی مورد نیازشان هستند را برای گروهی از ابزار الکترونیکی فراهم می‌سازد. در کنار مزیت‌های آشکاری که استفاده از انرژی مکانیکی رایگان در راه‌اندازی بسیاری از سیستم‌های گوناگون دارد، EH مشکلات مربوط به تعویض و دفع باطری‌ها را نیز برطرف می‌کند.

همسویی فناوری‌ها

دانش ابزار پیزوالکتریک در دنیای مهندسی کاملاً شناخته شده است ولی کاربردهای آن‌ها با توجه به امکانات بسیار، هنوز رشد نیافته است. ظهور الیاف سرامیکی پیزوالکتریک "ابر مبدل" که نیروی قابل توجهی تولید می‌کند در کنار ابزارهای الکترونیکی که قادر به اندازه‌گیری بازده‌های بسیار کم در حد نانوات باشند، امکان تولید محصولات جدیدی را فراهم می‌سازد.

نیاز به نیروی ثابت و یا طولانی مدت برای تعدادی از سیستم‌ها و ابزار الکترونیکی منجر به انجام تحقیقات و به دنبال آن، حصول نتایج ارزشمندی شد. الیاف سرامیکی پیزوالکتریک با ویژگی‌های منحصر به فرد از جمله انعطاف پذیری، سبکی وزن و ولتاژ خروجی بیش‌تر به ازای هر پوند از ماده، طیف وسیعی از سیستم‌های سرامیکی پیزوالکتریک را ایجاد می‌کنند که قادر به تأمین نیروی مورد نیاز خود هستند.

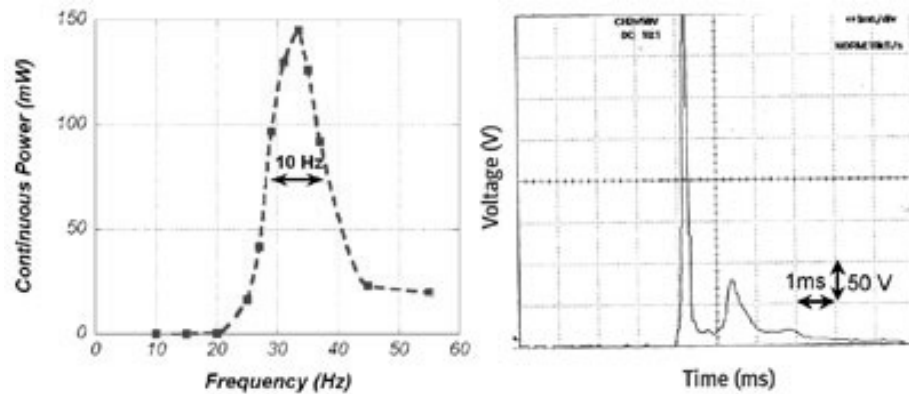
مواد سرامیکی پیزوالکتریک مرسوم، سخت، سنگین و بلوکی شکل هستند. یک فناوری ارزان و جدید که فرایند چرخش سوسپانسیون ویسکوز (VSSP) نامیده می‌شود، می‌تواند الیاف با قطر بین ۱۰ تا ۱۳۰۰ میکرون تولید کند. با این روش فیبرها به شکل کامپوزیت‌های موردنظر با خصوصیات مطلوب الکتریکی، حرارتی، شیمیایی بدون داشتن خواص نامطلوبی مانند تردی و سنگینی وزن تبدیل می‌شوند.

با فناوری VSSP فیبرهایی با سطح مقطع کوچک اما با ۳۰-۲۰٪ حساسیت بیش‌تر (ولتاژ خروجی بالاتر) نسبت به سرامیک‌های سنتی بالک تولید می‌شود. بازده تبدیل انرژی مکانیکی به الکتریکی ۷۰٪ می‌باشد که نسبت به بازده منابع انرژی خورشیدی ۱۵-۱۰٪، میزان قابل توجهی است. علاوه بر این، ارتعاشات مکانیکی در هر زمان و در هر مکانی ممکن می‌باشد.

تولید نیروی پیزوالکتریک

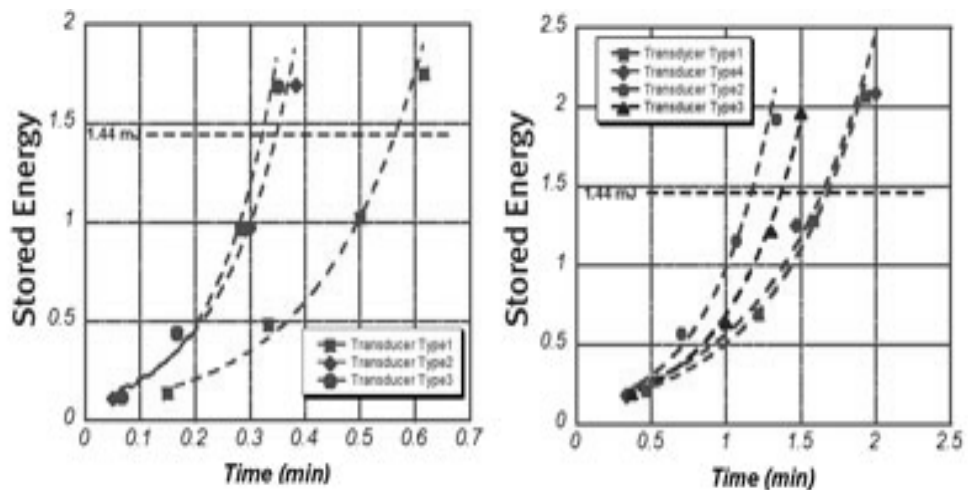
الیاف کامپوزیتی پیزوالکتریک باب جدیدی را در زمینه روش‌های بازیابی انرژی گشوده‌اند. الیاف قادر به بازیابی انرژی تلف شده از نیروهای مکانیکی نظیر حرکت، لرزش، فشار و یا کشش می‌باشند. نیروی پیزو به عنوان یک منبع تغذیه مستقل یا جایگزینی مستقیم برای باطری‌ها، می‌تواند از طریق مدارهای آنالوگ ساده و ارزان تبدیل، ذخیره و کنترل شود. یک نمونه PFC با استفاده از ارتعاشات مکانیکی، ولتاژی در حدود ۸۰Vp-p تولید می‌کند؛ در صورتی که یک نمونه PFCB ولتاژی در حدود ۵۰۰Vp-p و انواع دیگر آن‌ها ولتاژ خروجی ۴۰۰۰Vp-p دارند. انرژی تبدیل شده، در یک خازن ذخیره می‌شود تا نیروی مورد نیاز وسیله الکترونیکی را تأمین کند.

شکل ۲a وابستگی فرکانس به نیروی مورد نیاز را نشان می‌دهد. پهنای منحنی در نصف بیش‌ترین مقدار (FEHM) با تقریب نسبتاً خوبی، 10 Hz است و فرکانس می‌تواند به طور دلخواه تغییر کند. علاوه بر این، با افزایش فرکانس، FWHM به میزان قابل ملاحظه‌ای افزایش می‌یابد. کامپوزیت‌های پیزوالکتریک چندلایه‌ای (PMCs) می‌توانند نیروهای شدید و شتاب‌های ثقل تا چندین هزار برابر g را تحمل کنند. این نوع مبدل‌ها، حتی زمانی که با نیروی متوسطی معادل یک نیوتن تحت تأثیر قرار می‌گیرند، حسگر خوبی برای تولید ولتاژهای بالا می‌باشند (شکل ۲b).



شکل ۲- (a) سیگنال ولتاژ خروجی PFCB هنگامی که نیروی 4 N اعمال شده است. (b) حداکثر ولتاژ تولیدی الیاف کامپوزیتی ۱-۳ برای یک آتش زنه.

با استفاده از یک منبع لرزشی ثابت با فرکانسی که با رزونانس استاندارد PFCB در 30 Hz منطبق باشد، الیاف پیزو به صورت مداوم توانایی تأمین انرژی کافی با حداکثر بازده برای راه اندازی بسیاری از ابزارهای الکترونیکی به صورت پیوسته را خواهند داشت و انرژی مورد نیاز سیستم‌های بیسیم حسگر، نمایشگر، کنترل ابزار امنیتی، دستگاه‌های پزشکی، ساختمانی و سایر عناصر اساسی را تأمین می‌کنند.



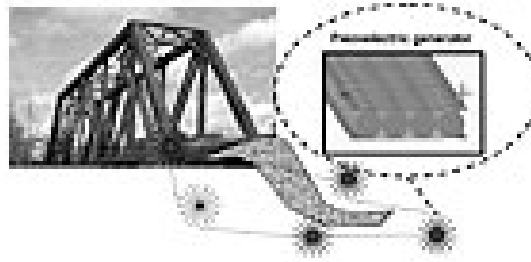
شکل ۳- نتایج اندازه‌گیری زمان ذخیره‌ی آستانه‌ی انرژی $1/44\text{ mJ}$ برای یک دستگاه فرستنده صوتی خودکار عوارض با استفاده از قرار دادن مبدل‌های الیاف پیزوالکتریکی در یک کامیون Dodge (a) و یک Honda Civic (b).

با توجه به نوع کاربرد، توان خروجی، با ترکیب دو یا چند عامل PFC به صورت سری یا موازی، قابل تنظیم است. الیاف کامپوزیتی قابلیت شکل‌دهی دارند و معمولاً در محلی نصب می‌شوند که منابع حرکت مکانیکی یا انرژی تلف شده وجود داشته باشد. شکل ۳ نتایج تست‌های جاده‌ای برای زمان شارژ دستگاه فرستنده خودکار صوتی عوارض را با استفاده از مبدل الیاف سرامیکی، نشان می‌دهد. زمان شارژ با توجه به میزان لرزشی که از جاده منتقل شده، متغیر است ولی در هر صورت توان کافی در زمان لازم تأمین شده است.

شبکه‌های مجهز به سنسورهای بی‌سیم^۱

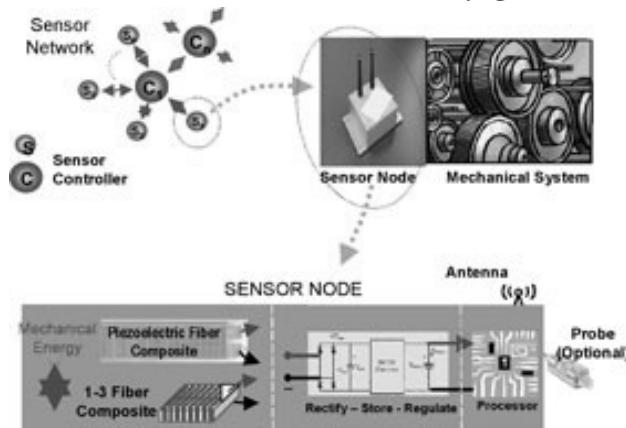
سنسورها ابزاری هستند که قابلیت اندازه‌گیری هر موردی از دمای فرایند گرفته تا فشار و ارتعاشات مکانیکی را برای سازه‌ها و محیط‌های صنعتی دارا هستند. اما باید اشاره شود که این سنسورها نیازمند سیم‌کشی و نیز باتری‌های گران قیمت‌اند و همچنین هزینه نگهداری آنها بالا می‌باشد. به همین دلیل با مطرح شدن استاندارد جدید ZigBee بر طبق IEEE 802.15.4 شبکه‌های بزرگ و ارزان قیمت مجهز به سنسورهای بی‌سیم پایه عرصه تکنولوژی نهاده‌اند.

با پیشرفت علم و تکنولوژی روز به روز شاهد ظهور سنسورها، کنترل‌گرها، گیرنده‌ها و فرستنده‌های Rf کوچکتر و مجتمع‌تر هستیم. به گونه‌ای که ترکیب شبکه‌های بی‌سیم، سنسورهای هوشمند و سیستم‌های تقسیم‌بندی شده محاسبات باعث شده تا نسل جدیدی از سیستم‌های کنترلی پا به عرصه وجود بگذارند. منابع انرژی ارزان قیمت و قابل جایگزین یکی از ملزومات گسترش WSN هاست و فیبرهای سرامیکی پیزوالکتریک جدید که دریافت‌کننده‌های انرژی نیز می‌باشند در برخی از موارد باعث حذف نیاز به باتری در WSNها شده است (شکل ۴). در دیگر موارد تکنولوژی بازیابی می‌تواند برای شارژ باتری‌ها جهت افزودن عمر قطعات به کار برده شود.



شکل ۴- پلی با سنسورهای گسترش یافته با استفاده از ژنراتورهای پیزوالکتریک

در این سیستم‌های جدید، انرژی از طریق ارتعاشات سیستم در حال کنترل تامین می‌شود. مزیت عمده محصولات الیاف پیزوالکتریکی این است که هزینه‌های نگهداری کمی دارند و به دلیل حساسیت به کوچکترین مقادیر فشار، سیستم‌هایی با ایمنی و کیفیت بالا را فراهم می‌کنند. در شکل ۵ نمونه‌ای از کاربرد الیاف پیزوالکتریک جهت تولید انرژی از ارتعاشات معمول سیستم برای یک سنسور بی‌سیم ZigBee مشاهده می‌شود.



شکل ۵- نمونه‌ای از فیبر بازیاب انرژی PZT برای سنسورهای بی‌سیم ZigBee

^۱ Wireless

انرژی تولید شده توسط این پیزوالکتریک‌ها بعد از تبدیل به جریان توانایی شارژ نیروی مورد نیاز جهت کار سنسور را داراست. در مثال ذکر شده انرژی تولیدی توسط ارتعاشات در یک ذخیره کننده جمع‌آوری شده تا اینکه به یک ولتاژ حدی برسد. زمانی که این ذخیره انرژی به مقدار حدی خود رسید، قسمت تنظیم کننده اجازه برقراری جریان را به یک میکروکنترلر برای ارسال داده‌ها می‌دهد.

دیگر کاربردها

PFCها می‌توانند مستقیماً انرژی مکانیکی را به انرژی نوری تبدیل کنند. با استفاده از PFCها و نیز ارتعاشات طبیعی محیط می‌توانیم نور مورد نیاز وسایل نقلیه، پایه‌های پل‌ها، شناورهای کوچک و برخی دیگر از موارد مشابه را تامین کنیم. لازم به ذکر است که از PFCهای می‌توان به عنوان وسایل فرستنده سیگنال نیز استفاده کرد. چرا که نور فلورنورسانس حاصله در محیط‌های مه آلوده و یا پر از دود قابل رویت است. همچنین PFCها را می‌توان به عنوان جاذب ارتعاش به کار برد. برای راه‌اندازی یک سیستم تنظیم شونده خودکار کافی است که ابتدا با استفاده از یک PFC تغییرات حرکتی سیستم ثبت شود. سپس با تبدیل این تغییرات حرکتی به سیگنال‌های الکتریکی و ارسال آنها به یک کنترل‌گر می‌توان میزان تغییرات حرکتی را ثبت نمود. جالب اینجاست که یک PFC به وزن ۲ گرم می‌تواند نیرویی معادل ۲۰lb تولید کند.

در مورد سیستم‌های RFID، باید گفت که در این سیستم‌ها شرایط به گونه‌ای است که تغییرات ناگهانی سیستم روی یک حافظه جانبی ذخیره شده و ارزیابی در زمان دیگری انجام می‌شود.

بنابراین امکان ثبت خسارات، نفوذ و دیگر پارامترها، بدون نیاز به منابع انرژی خارجی مهیا می‌گردد. علاوه بر این نوع خاصی از این تولید کننده‌های انرژی قابلیت استفاده در سیستم‌های ایمنی مثل سیستم‌های ایمنی خانه‌های مسکونی و حریم آنها را دارد. چرا که با نصب RFIDها در حریم ناحیه مسکونی مثل درختان و یا نرده‌ها می‌توان تغییرات حرکتی آنها را با استفاده از شبکه‌های مجهز به سنسورهای بیسیم در نظر گرفت. هواپیماهای بدون سرنشین نیز کاربردهای زیادی در سیستم‌های نظارتی دارند. اما مساله انرژی این وسایل همواره یک مشکل بزرگ محسوب می‌شود. باتری‌هایی که هم اکنون استفاده می‌شوند سنگین بوده و مشکل ساز می‌باشند. به همین منظور با استفاده از یک PFCB و تبدیل ارتعاشات مربوط به موتور هواپیما به انرژی الکتریکی می‌توان انرژی مورد نیاز جهت شارژ باتری‌ها یا زمینه حذف آنها را فراهم نمود.

انرژی در دستان پوست

این منابع انرژی منحصر به فرد با استفاده از انرژی‌های محیطی و الیاف کامپوزیتی پیزوالکتریک، دارای کاربردهای فراوانی هستند. شبکه‌های مجهز به سنسورهای بیسیم با بهره‌گیری از این تکنولوژی و استفاده از ارتعاشات ناشی از حرکت انسان‌ها و وسایل نقلیه، انرژی مورد نیاز اجزای خود را تامین می‌کنند.

نقش وزارت انرژی (DOE) در NNI

برگردان: علی نقره

www.er.doe.gov

افزایش سهم وزارت انرژی در NNI نسبت به سال مالی ۲۰۰۰، معادل ۳۶ میلیون دلار (۶۲٪) بوده است. DOE نقشی حیرت‌انگیز در تحقیقات و تسهیلات علمی دارد. قابلیت‌های تحقیقاتی آن در به تصویر کشیدن، طراحی و کنترل دنیای نانو - فاصله اتم‌ها و مولکول‌ها تا مواد انبوه - این وزارت را در جهان بی‌همتا ساخته است.

DOE در حال حاضر در این رشته دامنه گسترده‌ای از تحقیقات را به انجام رسانده است؛ مثلاً خواص بهبود یافته نانوبلورها برای کاتالیست‌های جدید، تابش و انتشار توأم نور، نانوکامپوزیت‌ها و ابرخازن‌ها، همگی

در این وزارتخانه بررسی شده است.

نانوبلورها و ساختارهای لایه‌ای، فرصت‌های بی‌همتایی را برای تلفیق خواص نوری، مغناطیسی، الکترومکانیکی و شیمیایی مواد، فراهم ساخته است؛ و محققین DOE ساختارهای لایه‌ای مصنوعی را برای مصارف الکترونیک، مغناطیس‌های جدید و سطوح با سختی بالا، ایجاد کرده‌اند.

پروژه‌های به اتمام رسیده DOE عبارتند از :

۱. افزایش نانوذرات اکسید آلومینیوم به آلومینیوم فلزی، که باعث تولید ماده‌ای با مقاومت فرسایش بهترین نوع فولاد یاتاقانی شده است.
 ۲. خواص نوری جدید نانوبلورهای نیمه‌رسانا، به منظور برچسب‌گذاری و رهگیری فرآیندهای مولکولی در سلولهای زنده.
 ۳. مواد لایه‌ای نانومتری که ۴ برابر مغناطیس‌های دائمی مرسوم، کارایی دارند.
 ۴. ساختمانهای چاه کوانتومی لایه‌ای برای تولید منابع نوری و سلولهای فتوولتایی بسیار کارا و کم‌مصرف.
 ۵. تأیید شدن خواص شیمیایی نانوبلورها به عنوان فتوکاتالیست‌ها برای شکستن سریعتر مولکولهای سمی پساب‌ها.
 ۶. میزبانهای معدنی نیمه‌متخلخل با تک‌لایه‌های آلی خود چیدمان، برای به دام‌انداختن و حذف فلزات سنگین از محیط زیست.
- تلاش‌های بزرگ جدید علوم و فناوری نانو در DOE، بخشی از برنامه علوم پایه انرژی (BES) است، که دارای اهداف گسترده زیر است:

۱. فهم علمی اصولی ساختمان‌ها و فعل و انفعالات مقیاس نانو، مخصوصاً پدیده‌های گروهی: واضح است که وقتی اندازه نمونه، اندازه دانه یا اندازه دامنه کار تا مقیاس نانومتر کوچک می‌شود، خواص فیزیکی به شدت تحت تأثیر قرار می‌گیرند، و ممکن است به نحو هیجان‌انگیزی با خواص متناظر در حالت توده، متفاوت باشند. هم‌اکنون تجربیات کمی در مورد وقایع مقیاس نانو وجود دارد. به همین دلیل، خواص فیزیکی و شیمیایی سیستم‌های نانو کاملاً درک نشده است؛ و لذا این رشته، یک موضوع جدید با مجموعه‌ای از اصول فیزیکی، توصیفات تئوری و تکنیک‌های تجربی می‌باشد. یکی از جالب‌ترین جنبه‌های نانومواد، خواص حاصل از پدیده‌های گروهی (Collective Phenomena) است - وقایعی که از برهم‌کنش‌ها و رفتار اجزای مواد حاصل شده، و بنابراین با رفتار اجزای منفردشان بسیار متفاوت است. در بعضی موارد، وقایع گروهی می‌تواند باعث ایجاد پاسخ بزرگی به یک تحریک کوچک شود. این وقایع همچنین هسته اسرار موادی مثل ابررساناهای در دمای بالا (یکی از مسائل اصلی در فیزیک مواد توده‌ای) می‌باشد.
۲. طراحی و سنتز مواد در سطح اتمی برای ایجاد خواص و عملکرد مطلوب: این هدف، در قلب علوم و فناوری این مقیاس قرار می‌گیرد. در آینده طراحی و سنتز مواد در سطح اتمی، تنها با یک ساختار الکترونیک از عناصر صورت خواهد گرفت. خواص این مواد جدید نه تنها تابعی از ترکیب، بلکه تابعی از شرایط سنتز نیز خواهد بود. شرایط سنتز جدید، ممکن است غیرتعادلی، فشار بالا، میدان مغناطیسی بالا و دانسیته انرژی بالا باشد؛ یا مدل‌های ساخت/نمایش به شدت موازی بکار رود. حوزه عملکرد این مواد عمل‌کننده، شامل طراحی بلوک‌های ساختمانی مولکولی، طراحی ساختارهای چندجزئی و طراحی ماشین‌های مولکولی خواهد بود.
۳. فهم بنیادی فرآیندهایی که به کمک آنها موجودات زنده، مواد و کمپلکس‌های عمل‌کننده را می‌سازند: علوم و فناوری نانو، به طرز غیرقابل بازگشتی علوم فیزیکی و زیستی را به هم مرتبط کرده است. طبیعت، اتم‌ها و مولکول‌ها را به نحو دقیقی به صورت اشیایی سه بعدی با پیچیدگی غیرعادی درمی‌آورد، تا خواص

نوری، مکانیکی، الکتریکی، کاتالیستی و اصطکاکی لازم را بدست آورد. طبیعت می‌داند چگونه مواد و ساختارها را برای ایجاد ماشین‌های در سطح مولکولی، با هم ترکیب کند. این ماشین‌ها به صورت پمپ (اشیای متحرک)، حرکت‌دهنده مولکول‌ها و حتی سلول‌ها، تنظیم‌کننده فرآیندها و حتی تولیدکننده و تبدیل‌کننده انرژی، عمل می‌کنند. مسأله اصلی در علوم فیزیکی، فهم نحوه ساخت این اشیا مرکب و ماشین‌های مولکولی است، به نحوی که ما قادر به ساخت ابزارهایی برای طراحی و ساخت مواد با کارایی موردنظر باشیم. (این مواد در طبیعت یافت نشده، ولی با کمک تکنیک‌های خودچیدمانی طبیعت، ساخته می‌شوند.) با فهم و بکارگیری این اصول در سیستم‌های مصنوعی، ما قادر به پیشرفت‌های حیرت‌انگیزی در زمینه‌های گوناگونی هستیم؛ مثل تبدیل انرژی، انتقال، پردازش و ذخیره‌سازی اطلاعات، مواد هوشمند و سازگار، سنسورهایی برای مصارف صنعتی، زیست‌محیطی و دفاعی، کاتالیست‌های جدید، داروهای بهتر و دفع پساب کارا تر.

۴. ارتقای ابزارهای تجربی برای توصیف و ابزارهای تئوری/مدلسازی/شبیه‌سازی:

تاریخ علم نشان می‌دهد که ابزارهای جدید مسبب انقلاب‌های علمی بوده‌اند. ابزارهای نو، امکان کشف پدیده‌های بی‌سابقه و بررسی سریعتر و ظریف‌تر پدیده‌های شناخته‌شده را فراهم می‌کند. برنامه BES در توسعه ابزارهای توصیف‌گر مقیاس نانو، پیش‌تاز بوده‌است. این ابزارهای جدید، الزاماً شامل بهبود تکنیک‌های مرسوم (میکروسکوپی پروب اسکن‌کننده، طیف‌نگارهای حالت یکنواخت و وابسته به زمان و امثال آن) است. با این حال توصیف‌گری (Characterization) به شدت وابسته به ابزارهای تجربی انقلابی، منجمله تکنیک‌هایی برای کنترل فعال رشد، تحلیل به شدت موازی، و تکنیک‌هایی برای حجم‌های نمونه کوچک است. توانایی‌هایی برای تحریک، منزوی یا فعال کردن مولکول‌های منفرد برای نشانه‌گیری چندین مولکول به‌طور هم‌زمان و انتقال یا برداشت انرژی از یک مولکول منفرد، لازم خواهد بود. بعلاوه به نسل جدیدی از ابزارهای تئوری و محاسباتی، احتیاج خواهد بود.

- وظایف عمده DOE در زمینه‌های علوم، انرژی، دفاع و محیط‌زیست به مقدار زیادی از توسعه این چهار هدف، سود خواهد برد. مثلاً روشهای سنتز و سوار کردن نانو، موجب پیشرفت‌های قابل ملاحظه‌ای است در:

- تبدیل انرژی خورشیدی
 - روشنایی با مصرف کم
 - مواد سبکتر و قویتر - که کارایی حمل‌ونقل را بهبود می‌دهند-
 - سنجش شیمیایی و زیستی پیشرفته‌تر
 - استفاده از مسیرهای شیمیایی کم‌انرژی برای تجزیه مواد سمی در درمان و ترمیم محیط‌زیست
 - سنسورها و کنترل‌کننده‌های بهتر برای افزایش راندمان تولید صنعتی
- شده است. برای ارتقای نانو تکنولوژی از همه موارد، اعم از محققین جوان، دانشجویان تحصیلات تکمیلی، همکاری‌های تحقیقاتی فوق‌دکتر و نیز کارمندان جوان در طرح‌های ملی یا دانشگاهی، پشتیبانی می‌شود. این مواد بسیار مختلف و شامل موارد زیر می‌شود:

- طراحی مولکولی
- سنتز
- سوار کردن (چیدمان)
- مدلسازی مولکولی
- بهبود دستگاهها
- تئوری و مدلسازی
- و مهندسی ابزارآلات و دستگاهها.



آزمایشگاه تحقیقاتی دیرگدازهای مونولیتیک

برگردان: الهه داوری

PRESIDENTIAL ADDRESS, The Journal of The Southern African Institute of Mining and Metallurgy

روند توسعه دیرگدازهای مونولیتیک از آغاز تا کنون

یکی از اصلی‌ترین نیازها به تولید دیرگدازهای بی شکل، مشکلات موجود در نصب دیرگدازهای شکل‌دار بوده است و پیشرفت سریع این مواد هم به افزایش پتانسیل و بازار فروش این محصولات باز می‌گردد. از سوی دیگر به دلیل استفاده فراوان این مواد در صنایع مختلف، نوآوری‌های منحصر به فردی در طراحی، نصب و تولید سایر محصولات وابسته مانند چسب‌ها، اگریگیت‌ها و افزودنی‌ها صورت گرفته است. انواع جرم‌های کوبیدنی^۱ و ریختنی^۲ در کنار دیرگدازهای مونولیتیک عمده‌ترین محصولات مصرفی در این دسته می‌باشند.

دیرگدازهای مونولیتیک برای اولین بار در سال ۱۹۱۴ در ایالات متحده به عنوان نوع متفاوتی از دیرگدازها ساخته شدند. در مراحل اولیه ساخت این مواد، ابتدا مخلوطی از دیرگدازهای پلاستیک شامل رس پلاستیک و رس کلسینه شده آماده و به صورت تر قالب گیری شدند سپس این مخلوط توسط کارگران به صورت قطعه قطعه شده با استفاده از چکش نصب شد. در اوایل دهه ۱۹۳۰ استفاده از ابزارهایی تحت عنوان کوبه‌های بادی^۳ جهت نصب مواد پلاستیک پیشنهاد شد. همچنین استفاده از انکرها برای نصب مواد دیرگداز پلاستیک در لاینینگ در مرحله آزمایشی قرار گرفت سپس بتن‌های دیرگدازی با استفاده از تفنگ پاشی مورد استفاده قرار گرفتند. با وجود این که sainte - claire deville از کشور فرانسه به عنوان کاشف خاصیت چسبندگی کلسیم آلومینات‌ها شناخته شده است، ولی در حقیقت این کمپانی Lafarge فرانسه بود که در سال ۱۹۱۸ یک محصول تجاری از کلسیم آلومینات‌ها که ترکیبی از بوکسیت و آهک بود را تولید کرد. در حوالی سال ۱۹۲۸ تولید تجربی بسته‌های حاوی مخلوطی از اگریگیت‌های دیرگدازی و سیمان آلومینوکلسیمی به عنوان دیرگدازهای مونولیتیک آغاز شد.

تا سال ۱۹۳۴ حدود ۲۵ گونه مختلف از این مخلوط‌ها تحت مالکیت اختصاصی در آمد که در بازار به جرم‌های ریختنی مشهور شدند. اولین نوع بتن، دیرگداز مخلوط ساده‌ای از سیمان‌های هیدرولیک و اگریگیت‌ها بودند.

تا سال ۱۹۴۰ دیرگدازهای مونولیتیک فقط دو تا سه درصد کل بازار دیرگدازها را به خود اختصاص می‌دادند. این محصولات را نوع ریختنی، دیرگدازهای پلاستیک و ملات‌ها تشکیل می‌دادند. در سال‌های ۱۹۴۰-۱۹۶۰ بیشتر پیشرفت‌ها به ساخت چسب‌ها اختصاص یافت. با معرفی سیمان‌های آلومینوکلسیم با خلوص بالا و متوسط با داشتن $CaO \cdot Al_2O_3$ به عنوان فاز آلومیناتی اصلی کلسیم بدون آب و همچنین ارائه باندهای فسفاتی این پیشرفت‌ها سرعت بیشتری به خود گرفت. در سال‌های وقوع جنگ یعنی ۱۹۳۵-۱۹۳۱ نیاز به استفاده از دیرگدازهای مونولیتیک به دلیل سرعت بالای نصب آن‌ها بیشتر شد. مواد پلاستیک گرافیتی هم برای اولین بار در سال ۱۹۴۱ معرفی شدند. اولین نوع تجاری جرم‌های پلاستیک باند - فسفاتی هم برای اولین بار در دهه ۱۹۵۰ به عنوان جرم‌های پاشیدنی گرم جهت مرمت وارد بازار شد.

تا سال ۱۹۶۰ استفاده از جرم ریختنی با سیمان آلومینوکلسیمی خالص و اگریگیت‌های تبولار آلومینا به طور نسبی معمول بود همچنین مخلوط‌های کوبیدنی حاوی بیش از ۹۰٪ آلومینا، در دماهای بالای ۱۸۷۱ درجه

1. gunning

2. castable

3. pneumatic ramming



سانتیگراد مورد استفاده قرار می‌گرفت. مخلوط‌های کوبیدنی پریکلاز کرومیتی در صنایع مس، جرم‌های آلومینا بالا و گرافیتی همچنین مخلوط‌های کوبیدنی با باندهای فسفات کرومی و هوا سخت^۱ نیز به طور معمول در دسترس بود. تا سال ۱۹۶۰ مونولیتیک‌ها حدود تقریبی ۳۰٪ میزان دیرگدازهای مصرفی در ایالات متحده را تشکیل می‌دادند، بنابراین محصولات مونولیتیک وارد مرحله رقابتی با قطعات از پیش پخت شده گشتند. در دهه ۱۹۷۰ انواع تقویت کننده‌های الیاف فولادی برای دیرگدازهای مونولیتیک معرفی شدند و دیرگدازهای پلاستیک و بیبراتوری ساخته شد. در اواخر دهه ۱۹۷۰ جرم‌های ریختنی کم سیمان و در اوایل دهه ۱۹۸۰ انواع دیرگدازهای پلاستیک از نوع پاشیدنی در ایالات متحده ساخته شد. در خلال سال‌های ۱۹۸۴-۱۹۶۰ روند کلی حاکم بر پیشرفت مواد مونولیتیکی بر پایه ابداعات صورت گرفته در زمینه دانه بندی مواد اولیه، میزان چسب مصرفی و نوع افزودنی‌ها و بهینه سازی روش‌های مخلوط سازی و نصب بوده است. در سال‌های ۱۹۸۰-۱۹۷۰ ارزش دیرگدازهای مونولیتیک مخصوصاً انواع ریختنی بیش از پیش بر همگان ثابت شد. در آن سال‌ها انواع قالب گیری شده و مخلوط‌های کوبیدنی، ریختنی، قطعات ریخته‌گری شده (precast)، مخلوط‌های پاشیدنی و انواع ارتعاشی دیرگدازهای مونولیتیک موجود بودند. ساخت انواع ریختنی‌های کم سیمان همچنین، جرم‌های فاقد سیمانی از پیشرفت‌های قابل توجه در آن سال‌ها محسوب می‌شدند.

جرم‌های ریختنی

از پیشرفت‌های قابل توجه در تکنولوژی دیرگدازهای بی شکل یا مونولیتیک، توسعه ساخت بتون‌های دیرگدازی یا جرم‌های ریختنی بر پایه چسب‌های آلومینا کلسیمی CACs بود. میزان CaO مصرفی به ترتیب از جرم‌های ریختنی سنتی دارای بیش از ۲/۵ درصد cao به انواع کم سیمان (LCC) با $1.0\% < \text{CaO} < 2.5\%$ و بسیار کم سیمان (ULCC) حاوی $1.0\% < \text{CaO} < 0.2\%$ و نوع بدون سیمان $\text{CaO} < 0.2\%$ در حال کاهش است. کاهش CaO مقاومت در برابر حرارت بالا را در ماده تقویت کرده و حداکثر دمای کاربرد این مواد را افزایش می‌دهد.

در انواع جرم‌های ریختنی سنتی از ۸ تا ۱۵ درصد آب استفاده می‌شود. آب اضافه شده توسط تخلخل ذرات جذب می‌شود که برای تشکیل باند هیدرولیک و جریان یابی بتن لازم است. در مقایسه با آجر مشابه که متشکل از مواد خام است، بتن دارای معایبی مانند بالا بودن درصد تخلخل، بالا بودن فلاکس‌های حاوی CaO ، Fe_2O_3 و کم بودن مقاومت حرارتی است. مواد زود ذوب مقاومت به خوردگی را تحت تأثیر قرار می‌دهند و موجب ایجاد اثرات منفی در مقاومت حرارتی می‌شوند. هم چنین تغییرات فازی ناشی از خروج آب منجر به کاهش استحکام مکانیکی در محدوده دمایی ۹۸۲-۵۳۸ درجه سانتیگراد می‌گردد. ساخت جرم‌های ریختنی کم سیمان که در آن بخشی از محتوی سیمان با ذرات ریزی با اندازه $1-10\ \mu\text{m}$ یا افزودنی‌ها جایگزین شد به یک پتنت فرانسوی در سال ۱۹۶۹ ارجاع داده می‌شود. این مواد باید در برابر هیدراتاسیون خنثی باشند به بیان دیگر، نباید در حضور آب تشکیل ژل دهند. این ذرات ریز موجب می‌شوند تا حفرات موجود میان دانه‌های درشت پر شود که در نتیجه آن میزان آب مصرفی و تخلخل‌ها کاهش پیدا کرده و در نهایت استحکام ماده نهایی افزایش می‌یابد. دوره‌های طولانی خشک کردن در نهایت نیازمند به قطعه‌هایی است که در طول این فرایندها دچار ترک و تورق نگردند. پودرهای زیر میکرون به طور معمول در کم سیمان‌ها LCC (حاوی ۸-۴٪ سیمان آلومیناکلسیمی) و در فوق کم سیمان‌ها ULCC (حاوی ۲-۱٪ سیمان آلومیناکلسیم)، و در انواع ریختنی حاوی میکروسیلیکا (که از بخارهای غنی از SiO_2 تولید شده از فروسیلیکون و فلز سیلیکون با قطر تقریبی $15\ \mu\text{m}$ در هر ذره ساخته می‌شود) استفاده می‌شوند.

¹. air setting

میکروسیلیکا نه تنها به عنوان یک فیلر عمل می‌کند، بلکه با فازهای آلومینوکلسیمی موجود در سیمان واکنش داده و به همراه آب موجود تشکیل فازهای زئولیتی (CASH (Zeolithe) را می‌دهد. خروج آب شیمیایی موجود در لایه‌ها به طور ناگهانی صورت نمی‌گیرد بلکه به طور تدریجی در یک بازه زمانی گسترده انجام می‌شود. مشکل اساسی موجود در جرم‌های ریختنی کم سیمان، واکنش سیلیکای راکتیو و سیمان آلومینوکلسیم است که موجب تشکیل فازهای زود ذوب آنورتیت^۱ ($\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$) و ژلنیت^۲ $2 \text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$ می‌شود که به دلیل تغییر میزان CaO در محدوده ۱ تا ۲/۵ درصد ایجاد می‌گردند. تشکیل مذاب‌های ویسکوز در ۱۴۰۰ درجه سانتیگراد نیز مربوط به کاهش مقاومت دیرگدازهای ریختنی در این دماست. از ایجاد این مشکل می‌توان با جایگزینی میکروسیلیکا با Cr_2O_3 بسیار ریز دانه یا آلومینای کلسینه شده ریز دانه جلوگیری کرد. البته استفاده اکسیدکرم هم اکنون در بسیاری از کشورها به دلایل مسائل زیست محیطی ممنوع شده است.

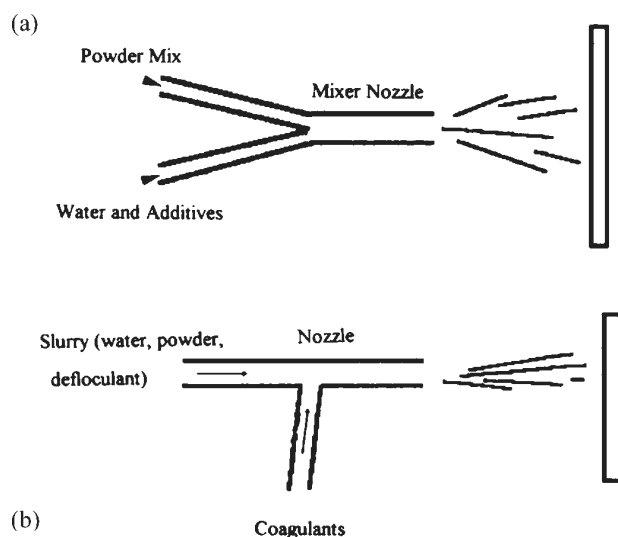
دیرگدازی ریختنی سنتی از طریق ریختن نصب می‌شوند. این در حالی است که جریان و تراکم LCC ها و ULCC، به طور معمول از طریق ویبراسیون‌های داخلی و خارجی انجام می‌شود زیرا این مواد که در طبیعت تیکسو تروپ هستند، استفاده از روش ویبراسیون موجب بروز مشکلاتی می‌گردد برای مثال ویبراسیون کوتاه موجب کاهش تراکم، استحکام و یکپارچگی می‌شود. در مقابل ویبراسیون طولانی موجب جدا سازی اجزا می‌گردد. برای حل این مشکل گروه جدیدی از LCC ها و ULCC ها در سال ۱۹۸۰ به نام ریختنی‌های خود جریان self-flow و یا سیلان آزاد (free-flow) ساخته شد (SFCS). این مواد دارای باندهای سل ژلی هستند که قابلیت پمپاژ دارند. این خواص بهینه به دلیل انتخاب شکل، اندازه و توزیع مناسب آگریگیت‌ها همچنین به دلیل انتخاب بهینه دفلوکوانت‌ها است.

سیلیکای کلوئیدی جز اصلی استفاده شده در تکنولوژی باندهای ژلی است. کلوئید ژلی حول ذرات دیرگداز را می‌پوشاند و پس از خشک شدن تشکیل یک بدنه ژلی را می‌دهد که استحکام دیرگداز را تأمین می‌کند. اسکلت ژلی بسیار واکنش پذیر است و در دماهای نسبتاً پائین به دلیل حضور آلومینای ریز دانه تشکیل مولایت می‌دهد. تشکیل باند ژلی در انواع دیرگدازهای ریختنی موجب می‌شوند که این مواد از نظر حرارتی پایدار باشند و مقاومت به شوک حرارتی بالایی داشته باشند و نسبت به ریختنی‌های حاوی سیمان HMOR و دیرگدازی بهتری داشته باشند. این مواد دیرگدازهای ریختنی هستند که پس از مخلوط شدن ثبات پیدا می‌کنند که این مهم به آنها امکان این را می‌دهد که بدون اعمال نیروی خارجی سیلان پیدا کنند. ساخت جرم‌های خود جریان SFC ها امکان استفاده نوع دیگری از روش نصب به نام wet gunning یا shortcreting (شکل ۱) را فراهم کرد. نتایج اولیه این آزمون در سال ۱۹۶۳ منتشر شد. ولی تنها در سال ۱۹۹۱ این روش به طور مؤثر اجرا شد.

سایر انواع دیرگدازهای ریختنی شامل ریختنی‌های عایق، که می‌توان آنها را به محل مورد نظر بار ریزی کرده و یا کوبید، ریختنی‌های سنتی که معمولاً برای تعمیرات استفاده می‌شوند، همچنین انواع ریختنی‌های آلومینا - اسپینلی و منیزیا - آلومینایی که امروزه صنعت فولاد موجب هدایت صنایع دیر گداز به سمت تولید این دیرگدازها شده است. اسپینل‌های استفاده شده در جرم‌های ریختنی هم از نوع استوکیومتری و هم از نوع آلومینا بالا هستند. در ترکیبات حاوی منیزیا بالا مشکلاتی مانند هیدراتاسیون منیزیا موجود است. در انواع اسپینلی تقویت شده و اسپینلی افزوده شده (که در آنها ذرات ریزی از اسپینل به زمینه اضافه می‌شود) و همچنین در ریختنی‌های اسپینلی حاصل از واکنش میان Al_2O_3 MgO به صورت درجا دارای دانه بندی مناسب مشاهده می‌شود.

¹ anorthite
² gehlenite





شکل ۶- تفاوت بین gunning و shotcreting

مخلوط‌های پاشیدنی

این مواد به راحتی نصب می‌شوند و در نتیجه در عملیات مرمت از آنها استفاده می‌شود. عملیات نصب حاوی انتقال مواد خشک و نیمه خشک توسط هوای کمپرس شده به همراه اضافه کردن آب در نازل است (شکل ۱). مخلوط کوبیدنی بر حسب شدت شرایط مرمت کاری می‌تواند از نوع سبک و یا چگال انتخاب شوند همچنین بر حسب نوع کاربرد بایندهای متفاوتی به کار می‌رود. این بایندها می‌توانند از نوع رس، سیلیکای کلوئیدی، فسفات‌های خشک، سیمان‌های آلومینا کلسیمی و ترکیبات آلی همچون ملاس، لیگنوفسفات‌ها و رزین‌های صنعتی می‌باشند.

جرم‌های خشک ارتعاشی (ویبره شونده)

این مواد در دهه‌های ۱۹۷۰ و ۱۹۸۰ ساخته شدند. بهترین ویژگی این مواد استفاده از آنها بلافاصله پس از نصب است. از آنجایی که در ترکیب آن‌ها آب به کار برده نمی‌شود می‌توان آنها را بدون در نظر گرفتن خطر ترک خوردن و به طور مداوم حرکت داد. مخلوط خشک از طریق ویبراسیون و یا کوبش در محل مورد نظر قرار می‌گیرد. به دلیل توزیع مناسب و دانه بندی می‌توان این مواد را بدون استفاده از مایعات به مقدار زیادی متراکم کرد. بنابراین توزیع اندازه دانه رمز دانسیته و استحکام خشک بالای این مواد است. دانه بندی باید در تقریب نزدیک به هم باشد تا موجب ایجاد یک واکنش جامد - جامد مؤثر شود.

تشکیل مقادیر کمی از ترکیبات زود ذوب در محدوده دمای ۴۰۰-۶۰۰ درجه سانتیگراد موجب ایجاد یک باند اولیه می‌شود. در حالی که در محدوده دمایی ۱۲۰۰-۱۳۰۰ درجه سانتیگراد یک باند سرامیکی تشکیل می‌شود. بنابراین فرمولاسیون باید به گونه‌ای باشد که فازهای زود ذوب در دمای بالا فازهای دیرگدازتری را تشکیل دهند. در جرم‌های ارتعاشی خشک ممکن است یک سری باندهای دائمی (افزودنی‌های آلی، عوامل زیتر کننده) وجود داشته باشد ولی در نهایت با بالا رفتن دما کلیه آن‌ها تشکیل باندهای سرامیکی را می‌دهند.

گزارش هفتمین کنگره سرامیک ایران

هفتمین کنگره سرامیک ایران با همکاری شرکت گلسار فارس در روزهای ۸ و ۹ اردیبهشت ۱۳۸۸ در مجتمع فرهنگی دانشگاه شیراز برگزار شد. بنابر تصمیم هیات مدیره انجمن سرامیک ایران، دریافت چکیده مقالات از تاریخ ۱۵ آبان ۱۳۸۷ آغاز گردید که در حدود ۳۸۵ چکیده مقاله دریافت شد که در زمینه‌های مختلف سرامیک زیر قرار گرفتند:

- اصول، مبانی و پایه‌ای
- سرامیک‌های مهندسی و پیشرفته
- نانوسرامیک‌ها و نانو تکنولوژی
- سرامیک‌های سنتی و دیرگداز
- بیومواد
- شیشه و شیشه-سرامیک
- کامپوزیت
- استاندارد و مدیریت

از این تعداد ۳۵۵ چکیده مقاله پس از بررسی در جلسه کمیته علمی مورد پذیرش قرار گرفت و از نویسندگان این مقالات درخواست گردید که اصل مقاله خود را تا تاریخ مورد نظر به دبیرخانه کنگره تحویل دهند. در مرحله تحویل کامل مقالات ۲۴۵ دریافت شد که این مقالات در چرخه داوری کمیته علمی قرار گرفت. در اینجا لازم است از همکاری و تلاش صادقانه اعضای کمیته علمی و دیگر داوران تشکر گردد که با توجه به تعداد زیاد مقالات دریافتی زحمت بسیاری را متحمل شدند. در نهایت بنا به نظر داوران ۶۶ مقاله جهت ارائه شفاهی و ۱۴۲ مقاله جهت ارائه پوستر در نظر گرفته شد.

به موازات انجام امور مربوط به داوری مقالات، ثبت نام شرکت در کنگره نیز صورت می‌گرفت به نحوی که در روز برگزاری کنگره حدود ۸۵۰ نفر شرکت کننده حضور داشتند.

به علت فاصله زیاد محل برگزاری کنگره تا دبیرخانه (شیراز-تهران)، رفت و آمدها با مشکلات فراوانی همراه بود. بنابر این در روز دوشنبه ۸۸/۲/۷، دبیرخانه کنگره به مجتمع فرهنگی دانشگاه شیراز انتقال یافت. گرچه عمده فعالیت‌های اجرایی از قبیل کارت‌های شرکت کنندگان، سخنرانان و مدعوین و نیز لوح‌های ارائه دهنده‌های مقاله و نیز شرکت‌های حاضر در نمایشگاه از پیش آماده شده بود. ضمناً با هماهنگی کادر اجرایی انجمن سرامیک ایران پوسترهای دریافت شده از افراد به شیراز ارسال شد و همزمان با برپایی دبیرخانه در شیراز غرفه‌های نمایشگاه نیز در حال آماده شدن بود. با تلاش فراوان تیم اجرایی انجمن سرامیک ایران و شرکت گلسار فارس سالن‌های برگزاری سخنرانی، غرفه‌های نمایشگاه، بخش پذیرش، سالن ارائه پوسترها و تمامی موارد دیگر تا صبح روز سه شنبه ۸۸/۲/۸ آماده پذیرایی از مهمانان گشت.

در روز سه شنبه ۸۸/۲/۸ از ساعت ۸:۳۰ شرکت کنندگان در کنگره با دریافت کارت ورود و هدیه حضور یافتند و در نهایت ساعت ۹:۳۰ مراسم افتتاحیه با تلاوت آیاتی چند از قرآن مجید و سرود جمهوری اسلامی ایران آغاز شد. مراسم با سخنرانی دکتر یوسفی (دبیر کنگره و رئیس هیات مدیره انجمن سرامیک ایران)،

دکتر گلستانی فرد (نایب رئیس هیات مدیره انجمن)، مهندس شایگان (مدیر عامل شرکت گلسار فارس) و مهندس خالدی (مدیر عامل شرکت سرمایه گذاری صدر تأمین) ادامه یافت.

پس از استراحتی کوتاه همراه با افتتاح نمایشگاه سخنرانی مهمانان خارجی آغاز گردید. در اولین جلسه علمی کنگره، خانم آلیدا بلوسی (Alida Bellosi) از کشور ایتالیا، سپس آقای کنت مکزی (Kenneth Mackenzie) از کشور نیوزلند و در نهایت آقای حسن مندل (Hasan Mandal) از کشور ترکیه سخنرانی نمودند که عناوین سخنرانی این افراد به شرح زیر است:

- Ultra-High Temperature Ceramics and Related Composites: Potentialities and Perspectives: Alida Bellosi.
- Inorganic Polymers (geopolymers) as Advanced Materials: Kenneth J.D. Mackenzie.
- Industrial PhD Programme in Ceramic Sector for the Sustainable University-Industry Relationship in Turkey: Hasan Mandal

بعد از ظهر روز سه شنبه و صبح روز چهارشنبه مقالات علمی انتخاب شده برای سخنرانی به صورت همزمان در سه سالن ارائه شدند. همزمان با برگزاری سخنرانی‌ها، شرکت کنندگان از پوسترها و نمایشگاه نیز بازدید می‌کردند. از اعضای حقوقی انجمن سرامیک ایران که در نمایشگاه حضور داشتند می‌توان به شرکت‌های گلسار فارس، کاشی نیلو، سرامیک البرز، سیماب رزین، فصلنامه الماس، لعاب مشهد و ... اشاره کرد. در همین حین در سالن اصلی نیز کارگاه‌هایی برگزار شد که عناوین آنها به شرح زیر است:

(۱)

- Mobile blocks
- Isostatic upper magnetic punches
- Isostatic head for SFS mould
- Isostatic punches
- Insulate moulds for 380V presses
- Extractable liners
- Extractable die box

ارائه دهندگان:

Agustin Poyatos Mora
Javier Adell Adell

(۲)

- Ceramic tile with bactericidal properties

ارائه دهنده:

F. J. Crespo Zamorano

(۳)

- Ceramic Decoration Solution
 - Inkjet: Cretaprinter, Cretaplotter
 - Rotary: Cretaroller, Sincro digital, Digital trim
 - Printing technologies: Digitalroller, Flexoroller

ارائه دهنده:

Pedro Blasco Perez

به منظور قدردانی از حضور شرکت‌های حاضر در نمایشگاه تخصصی هفتمین کنگره ضمن بازدید دکتر یوسفی، مهندس شایگان، دکتر جوادپور (دبیر علمی)، دکتر گلستانی فرد، مهندس نعمتی (مدیر اجرایی کنگره در شیراز) و خانم علیشاهی (مدیر اجرایی انجمن سرامیک ایران) لوح تقدیر کنگره به نمایندگان این شرکت‌ها تقدیم گردید.

در مراسم اختتامیه نیز دبیر کنگره آقای دکتر یوسفی ضمن تشکر از کلیه حاضرین در کنفرانس از عوامل اجرایی در شیراز و انجمن سرامیک تشکر نمودند در ادامه میزبان کنگره نماینده شرکت گلسار فارس آقای مهندس نعمتی نیز ضمن ارائه آماری از فعالیت‌های انجام شده از حاضرین تشکر نمودند. پس از آن دکتر گلستانی فرد و سپس دکتر حاتم، معاونت برنامه ریزی وزارت صنایع و معادن سخنرانی نمودند. در ادامه لوح



تقدیری از طرف انجمن به مهندس شایگان و مهندس نعمتی و خانم علیشاهی به جهت برگزاری هرچه باشکوه‌تر هفتمین کنگره سرامیک ایران تقدیم شد. در ضمن شرکت گلسار فارس نیز از زحمات دکتر ابوالقاسم دهقان (پیشکسوت این رشته در دانشگاه شیراز) و دکتر گلستانی فرد و دکتر عباس یوسفی به نمایندگی از انجمن سرامیک ایران تقدیر و قدردانی نمود.

در پایان این گزارش انجمن سرامیک ایران لازم می‌داند از وزارت صنایع و معادن، وزارت علوم تحقیقات و فناوری، سازمان صنایع و معادن استان فارس، دانشگاه صنعت و معدن، صنایع نوین، دانشگاه علم و صنعت ایران و دانشگاه شیراز که در برگزاری کنگره با انجمن همکاری صمیمانه‌ای نموده‌اند و همچنین از شرکت‌های کاشی و سرامیک الوند، صنایع چینی زرین ایران، پژوهشکده صنایع رنگ، لعاب مشهد، کاشی پارس، کاشی نیلو، کاشی سعدی، سرامیک البرز، لعابیران، خاک چینی ایران، سرام آرا و علی الخصوص شرکت گلسار فارس به عنوان حامیان انجمن سرامیک ایران در برگزاری هفتمین کنگره سرامیک ایران، خیل عظیم دانشجویان سرامیک و تمامی کسانی که با راهنمایی‌ها و کمک‌های بی دریغ خود ما را در برگزاری هرچه بهتر هفتمین کنگره سرامیک ایران یاری نمودند صمیمانه قدردانی نماید. همچنین انجمن سرامیک ایران از کادر اجرایی تهران مهندس سمیه احمدی و مهندس نسترن عقیقی، مهندس زهرا صالح‌پور، مهندس الهام ملک محمدی، مهندس مرضیه کرد، مهندس سحر ملازاده، مهندس سحر جعفری، دکتر صلاحی، مهندس علی اکبر مسیحیان پور و مهندس رضا عجمی و همچنین از کادر اجرایی شیراز به مدیریت مهندس نعمتی تشکر نموده و آرزوی توفیق روزافزون این عزیزان را از خداوند منان خواستاریم. در این مراسم به ۱۲ پوستر که از سوی داوران در ۲ روز کنگره به عنوان پوستر برگزیده انتخاب شده بودند، هدایایی تعلق گرفت که اسامی آنها به شرح زیر است:

پوسترهای برگزیده

- "اتصال سرامیک آلومینا به آلیاژ Fe-Ni-Co با استفاده از آلیاژ Ag-Cu-Ti به روش بریزینگ فعال"، رضا جعفری، ابوالقاسم دهقان بنارکی، سیروس جوادپور
- "سنتز و شناسایی زئولیت Na-Y از کائولن‌های ایران و مواد صنعتی داخلی"، مریم توسلی، مرتضی تمیزی فر، حسین کاظمیان، سعید باغشاهی
- "بررسی اثر ترکیب شیمیایی و زمان بر استحاله فازی در کاربرد کروم تهیه شده به روش آلیاژ سازی مکانیکی"، شیرین گماری، شهریار شرفی
- "تأثیر پارامتر زمان پیرسازی بر روی سنتز نانو ذرات هیدروکسی آپاتیت به روش هیدروترمال"، علی اکبر مسیحیان پور، علی نعمتی، جعفر جوادپور، کاوه ارزانی
- "تهیه رنگدانه سرامیکی بدنه قهوه‌ای با پایه Cr-Ti-W"، شهره هاشمی، ناهید صفائی
- "بررسی لایه نشانی هیدروکسی آپاتیت بر روی کامپوزیت کربن-کربن با استفاده از روش غوطه وری"، اسماعیل صلاحی، ایمان مباشرپور، شیرین طباطبائی، محمدمهدی ستوده نیا
- "بررسی خواص سرریز کائولین شوئی زنوز با هدف استفاده در لعاب کاشی کف"، مهدی حیات بخش، حنیفه زارع زاده، حسین قصابی، حمیدرضا رضایی
- "عوامل موثر بر پوشش الکتروولیت YSZ پیل سوختی اکسید جامد بر سطح کامپوزیت NiO-YSZ به روش لایه نشانی الکتروفوریتیک"، طاهره طالبی، امیر مقصودی پور، بابک رئیسی
- "خواص جذب امواج الکترومغناطیس در کامپوزیت زمینه پلیمری فریت نوع M با جابجینی کاتیون‌های Mn و Zr"، وحید مقنی اوجانی، فائزه مجتهدی، عباس کیان وش
- "ساخت مینای ویژه مس و بررسی خواص آن"، رامین طباطبائی اردکانی، حسین قصابی، حمیدرضا رضایی، حدیث بندگانی

- "تأثیر افزودن آهن بر روی خواص نوری و فوتوکاتالیستی لایه تیتانیا"، حسین سرپولکی، علی بیت اللهی، محمد مظلوم
- "بررسی اثر سیلیس کلونیدی نانوساختار بر خواص جرم‌های ریختنی منیزیتی"، نگار همدانی گلشن، حسین سرپولکی، علیرضا سوری

انتخابات هیات مدیره انجمن سرامیک ایران

در روز چهارشنبه مورخ ۱۳۸۸/۲/۹ انتخابات هیات مدیره انجمن سرامیک ایران به ریاست دکتر آقایی، دکتر جوادپور، دکتر نعمتی و دکتر بیت‌اللهی برگزار شد. بر طبق قانون کمیسیون انجمن‌های علمی وزارت علوم جلسه مجمع عمومی انجمن با حضور بیش از ۵۰ درصد اعضای پیوسته رسمیت می‌یابد که این حد نصاب با حضور ۷۰ نفر عضو پیوسته در جلسه مزبور بدست آمد و به تأیید ناظر کمیسیون که در جلسه حضور داشت رسید. پس از بررسی عضویت پیوسته تمامی حاضرین در جلسه و صحت معرفی نامه‌های نمایندگان اعضای حقوقی، کاندیدهای عضو هیات مدیره انجمن سرامیک ایران با پیشنهاد حاضرین و در صورت قبول خود فرد به جلسه معرفی شدند. در ادامه رأی‌گیری به صورت مخفی انجام شد و نتایج حاصل به ترتیب آراء به قرار ذیل بود:

آقایان مهندس حمیدرضا نعمتی (گلسار فارس)، دکتر حسین سرپولکی (دانشگاه علم و صنعت ایران)، دکتر امیر مقصودی پور (پژوهشگاه مواد و انرژی)، دکتر احسان مرزبان راد (پژوهشگاه مواد و انرژی)، دکتر رحیم نقی زاده (دانشگاه علم و صنعت ایران)، دکتر عباس یوسفی (لعاب مشهد)، دکتر محمدعلی فقیهی ثانی (دانشگاه صنعتی شریف) به عنوان اعضای اصلی هیات مدیره انتخاب شدند.

همچنین آقایان دکتر سیروس جوادپور (دانشگاه شیراز) و دکتر ابراهیم قاسمی (پژوهشکده صنایع رنگ) به عنوان اعضای علی البدل و خانم‌ها مهندس مریم صمدانی (دانشگاه علم و صنعت ایران) و مهندس فاطمه السادات ترک نیک (پژوهشگاه مواد و انرژی) به عنوان بازرس اصلی و آقای دکتر مهدی قاسمی کارودی (دانشگاه تبریز) به عنوان بازرس علی البدل انتخاب شدند.

نظرخواهی در خصوص کنگره هفتم

به منظور ارزیابی اولیه و اطلاع از نظرات شرکت کنندگان در هفتمین کنگره سرامیک ایران یک فرم نظرخواهی تهیه شد و برای تعدادی از شرکت کنندگان ارسال گردید. با توجه به اینکه این فرم در سایت انجمن قرار خواهد گرفت، فصلنامه سرامیک ایران نظرات تعدادی از اعضاء بزرگوار انجمن سرامیک ایران را به اطلاع خوانندگان محترم نشریه می‌رساند. امید است نقطه نظرات هیئت مدیره محترم در خصوص مشکلات برگزاری کنگره در شماره‌های بعدی به چاپ رسد.

نام پرسش شوندهگان	افرادی که پاسخ دادند	نام پرسش شوندهگان	افرادی که پاسخ دادند
دکتر ساسان اطرج		دکتر بابک رئیسی	✓
دکتر محمدعلی فقیهی ثانی	✓	دکتر ابوالقاسم عطایی	
دکتر محمدعلی هادیان	✓	دکتر اسماعیل صلاحی	✓
دکتر سیدمحمد ربیعی	✓	دکتر بیژن افتخاری یکتا	
مهندس محمد حسین زاده	✓	دکتر مهران صولتی	
دکتر علی نعمتی		دکتر علی بیت‌اللهی	✓
دکتر سعید باغشاهی	✓	دکتر علیرضا میرحبیبی	✓
دکتر حمیدرضا رضایی		مهندس مهران غفاری	✓
مهندس حسین قصابی		دکتر محمد باوند وندچالی	✓
دکتر محمدعلی بهره ور	✓	مهندس نادیا توللی	✓
دکتر عباس کیان وش		دکتر عباس نوربخش	✓
دکتر حمیدرضا صمیم بنی هاشم			

مطابق فرم نظرخواهی سؤالات زیر به ترتیب عبارتند از:

سؤال اول- برگزاری کنگره هفتم را در مقایسه با کنگره‌های قبلی چگونه ارزیابی می‌کنید؟

۱- اصلی ترین مزایای کنگره هفتم

پاسخ‌ها:

- تعداد شرکت کنندگان قابل توجه
- برگزاری در شهری غیر از تهران و گسترش دامنه فعالیت انجمن
- قرار گرفتن در شهر شیراز
- حضور کارخانجات مرتبط در نمایشگاه و امکان ارتباط با دانشگاهیان و صاحبان صنایع
- حضور گسترده و استقبال شرکت کنندگان
- سخنرانی میهمانان خارجی و نحوه برنامه ریزی آن
- دیدار دوستان و همکاران و دانشجویان
- برگزاری در دانشگاه شیراز و در شهر شیراز، در اردیبهشت ماه (خارج از تهران و حومه آن)
- تعداد زیاد مقالات پذیرفته شده، اهمیت بیشتر به بخش ارائه پوستر
- حضور سخنران‌های خارج از کشور، حضور مجری مجرب، تعداد زیاد پوسترها
- میزبانی بخش صنعت که خبر خوبی است از همکاری انجمن با صنعت، وجود مکانی برای صحبت‌های دوستانه همراه با پذیرایی ساده

۲- اصلی ترین انتقادات به کنگره هفتم

پاسخ‌ها:

- عدم توجه به اساتید و محققان داخل کشور جهت ارائه علمی به صورت مقاله مروری در حوزه‌های مختلف
- عدم استفاده از فرصت بازدیدهای علمی برای دانشجویان
- عدم تجربه میزبان و نبود فضای مناسب
- عدم جذابیت مقالات ارائه شده به دلیل کاربردی نبودن آنها و عدم ارائه مقالات صنعتی قابل استفاده صنایع
- بی توجهی به تمام زیرشاخه‌های رشته سرامیک نظیر نسوز، سیمان و یا حتی پلیمر عملاً منجر به عدم حمایت از این بخش‌ها شده است.
- مرتب نبودن سالن‌ها و همچنین عدم تناسب اتاق‌های سخنرانی با موضوعات سخنرانی
- عدم هماهنگی برای فضای مناسب سخنرانی‌ها، نداشتن زمان بندی، نظرات داوران در بسیاری از مقالات اعمال نشده بود.
- برگزاری در شیراز
- تعداد کم ارائه‌های شفاهی، در اختیار قرار دادن مسئولیت کامل اجرایی کنگره فقط به یک شرکت تولیدی
- ضعیف بودن کارگاه‌هایی مانند کارگاه لعاب ضد باکتری
- به نظر می‌رسید انتخاب برخی سخنرانی‌ها فقط مبنای علمی نداشته است.
- کمیته علمی بیشتر کمیته علمی-سیاسی بود.
- نگاه بیش از حد به کارهای صرفاً دانشجویی عدم مشارکت همگانی و جامع صنعت، بی تأثیر بودن دستاوردها و تجارب اهل صنعت در کنگره، حتی در این ارتباط برخی از دوستان صنعتی گله مند بودند.

- بعضی از مدعوین که با هزینه کنگره آمده بودند حتی به سالن برای یکبار هم تشریف نیاوردند که این گویای عدم ارتباط حضور آنها با این کنگره و زمینه سرامیک بود در حالیکه بسیاری از دانشجویان در ارتباط با بلیط سفر و اقامت در شهر مشکلات جدی داشتند.
- تاخیر در شروع برنامه افتتاحیه، پذیرایی با کیفیت پایین، اسکان دو نفری میهمانان هتل بدون حق انتخاب هم اطاقی
- عدم داوری مناسب مقالات ارسالی به گونه‌ای که سطح بسیاری از پوستره‌های ارائه شده بهتر از مقالات بود.
- مکانی نامناسب برای پوسترها (اگر پوسترها در راهروها باشند و نه در سالنی جداگانه بهتر دیده می‌شوند)
- کوچک بودن یکی از سالن‌های طبقه دوم
- عدم وجود سیستم صوتی در سالن‌های سخنرانی
- کم بودن مقالات صنعتی و کاربردی
- کمتر درگیر بودن بخش دانشجویی در کنگره
- فضای تبلیغاتی زیاد در کنگره که بر ماهیت آن تأثیر گذاشته بود.
- کم بودن تعداد مقالات در ارتباط با شیشه و سیمان (دقت کنیم که سهم ریالی این دو صنعت در بخش سرامیک بسیار زیاد است).

سؤال دوم- کیفیت علمی این کنگره را در مقایسه با کنگره‌های قبل چگونه ارزیابی می‌کنید؟

۱- مزایای کنگره هفتم از نظر کیفیت علمی

پاسخ‌ها:

- کمیت و تنوع مقالات زیاد بود.
- تعداد شرکت کننده زیاد
- متوسط، از نظر دانشجویی خوب بود.
- سطح و کیفیت علمی مقالات نسبتاً مناسب بود.
- از نظر علمی به ویژه توجه به سرامیک‌های مهندسی خوب بود.
- وجود کارگاه و نگاه بین المللی به کنگره برای اولین بار
- سطح علمی بالاتر، حضور مدعوین خارجی و ارائه سخنرانی‌هایی در سطح بین المللی
- تعداد زیاد مقاله ارائه شده چه پوستر و چه حضوری در خصوص نانو

۲- معایب کنگره هفتم از نظر کیفیت علمی

پاسخ‌ها:

- صرفاً این کنگره را می‌توان به عنوان سمینار دانشجویی تلقی کرد و بیشتر به سمت کارهای دانشجویی متمایل بود.
- عدم فضای مناسب جهت ارائه، عدم انتخاب مقالات برتر در قسمت ارائه و انتخاب مقالات ضعیف در قسمت پوستر به عنوان پوستر برتر
- عدم داوری مناسب به خصوص در بخش تخصصی بیوسرامیک‌ها به نحوی که مقاله‌ای که به قولی از دست ۳ داور متخصص عبور کرده است اصلاً ربطی به این مقوله نداشت. و بسیاری از پوستره‌های مربوطه به این تخصص در داخل تخصص‌های دیگر ارائه شده بود.
- عدم رعایت برنامه زمان بندی در ارائه مقالات
- بیشتر نمایش شخصی به نظر می‌رسید.



- بار علمی آن کم بود و از نظر اجرایی ضعیف تر از کنگره‌های قبل
- تعداد کم ارائه شفاهی، حضور کم رنگ تر صنایع
- نباید فراموش شود که صنعت ما، صنعت سرامیک‌های سنتی است بنابراین باید به مقالاتی که به سرامیک‌های سنتی می‌پردازد هم بها داده شود و تشویق شوند. در ضمن استقبال از طرف صنعت هم کمتر از کنگره قبل به چشم می‌آمد.
- بی نظمی و بی انضباطی دیده می‌شد. سالن‌های سخنرانی خیلی با هم تفاوت داشتند. مثلاً سالن ۱ و ۲ و ۳ از نظر ابعاد یکسان نبودند. فضای مجتمع برای برگزاری کنگره خیلی قدیمی و نامرتب بود.
- برخی از سخنرانی‌ها در سطح ارائه به صورت پوستر بودند و برعکس
- ضعیف بودن مقالات صنعتی به جز چند مورد
- کیفیت بسیار بد کارگاه چهارشنبه صبح (لزومی نداشت ابتدا به اسپانیایی ارائه شود و سپس به انگلیسی با لهجه بسیار بد و نهایتاً به فارسی دست و پا شکسته توسط کسی که به نظر می‌رسد اصلاً به موضوع آشنا نبود).

سؤال سوم- یک پیشنهاد مهم برای کنگره‌های بعدی ارائه دهید؟

پاسخ‌ها:

- (۱) دعوت از اساتید شاخص در حوزه‌های مختلف یک سال جلوتر از کنگره هشتم و حمایت کافی از آنان (معنوی و مادی) جهت ارائه مقالات مروری (حداقل ۶ تا ۸ نفر)، (۲) قراردادن محدودیت در ارائه دانشجویان به صورت ذیل: الف) ارشد ۱۰٪ مقالات، ب) دکترا ۳۰٪ مقالات، ج) اساتید ۶۰٪ مقالات
- دعوت از صاحب نظران در امور صنعتی جهت ارائه سخنرانی و راهکار برای صادرات صنایع سرامیک
- برگزاری یک کنفرانس بین المللی سرامیک در ایران با محوریت انجمن سرامیک ایران
- نام کنگره از کنگره سرامیک به کنگره مواد تغییر کند، زمان کنگره به ۴ روز افزایش یابد، هر روز مختص یک بخش قرار گیرد، شرایط برای حمایت از کنگره از طرف صنایع مختلف نظیر نسوز، شیشه، سیمان و... مهیا گردد.
- بهتر است در هر گروه (دیرگداز، سرامیک‌های مهندسی و ...) یکی از اساتید برجسته یا تیم ایشان روز اول در ارتباط با صنعت کلی آن شاخه سخنرانی داشته باشند.
- در رابطه با داوری‌ها دقت بیشتری شود و نسبت به حقوق مولف توجه ویژه مبذول گردد.
- کاهش تعداد مقالات و در نظر گرفتن فرصت بیشتر برای پرسش و پاسخ و استفاده از دانشجویان
- برگزاری کنگره به صورت سالیانه، با توجه به گسترش تحصیلات تکمیلی در دانشگاه‌ها در رشته‌های مرتبط با سرامیک و ارتقاء تحقیقات در صنایع
- اختصاص یک نصف روز به افتتاحیه کسل کننده است. به جای آن می‌شد یک برنامه تفریح ترتیب داد.
- نظارت بیشتر انجمن و افراد متخصص برای برگزاری کنگره
- پیشنهاد می‌گردد کارگاه‌ها و مقالات مرتبط با صنعت دعوت و پیگیری شود همچنین با توجه به تجربه و عملکرد برخی از اعضاء انجمن در دعوت از متخصصین خارجی پیشنهاد می‌گردد ارتباط با سایر مراکز و حضور محققین خارج از طریق ایشان در ایام آتی پیگیری گردد و از تجربه ایشان استفاده شود.
- انتخاب چند مقاله برجسته و چاپ آنها در فصلنامه سرامیک، توافق با یکی از نشریات پژوهشی داخلی به منظور اختصاص دادن یکی از شماره‌های نشریه به مقالات برجسته و داوری شده

- از آنجا که حلوی نانو، کام صنعت ما را شیرین نمی‌کند (حداقل در حال حاضر)، و اگر بدبینانه نگاه نکنیم که دانشجویان بیشتر به هوس پذیرش از دانشگاه‌های خارج به سراغ نانو می‌روند، باید تعادل بیشتری بین مقالات نانو و صنعتی ایجاد کرد. این کار با حمایت انجمن از پروژه‌های قابل اجرا در بخش صنعت امکان پذیر است و ضمناً توجه صنعت را بیشتر به سمت انجمن جلب می‌کند. ثمر آن هم مشابه این کنگره خواهد بود. که با تمام کاستی‌های احتمالی در هر حال هزینه هنگفتی توسط گلزار فارس پرداخت شد.
- به نظر می‌رسد جایگاه انجمن در بخش علمی سرمایه کشور محکم شده است و اکنون باید به صنعت کشور بقبولانیم که انجمن سرمایه جایی است که می‌تواند با آنها منافع مشترک داشته باشد. این به آن معنی نیست که هر مقاله نامناسی از بخش صنعت را بپذیریم بلکه به آن معنی است که در طی دو سال آینده به فکر آن باشیم که به بخش صنعت کمک کنیم مقالات قویتری تهیه کنند. مثلاً می‌توان مقالات رد شده را رهنمایی کرد تا با ارتقاء کیفیت به حد قابل قبول برسند. می‌توان از صنعت در خصوص اجرای پروژه‌های تحقیقاتی نظر خواست و در جهت انجام پروژه‌ها (در سطح کارشناسی و کارشناسی ارشد) با صنعت همکاری کرد.

سؤال چهارم - انتظارات شما از کنگره هشتم چیست؟

پاسخ‌ها:

- سازماندهی بهتر، اختصاص فضای مناسب جهت ارائه مقالات، استفاده از داوران متخصص
- کاربردی‌تر بودن مقالات که این مهم در کنگره هفتم در ارائه پوسترها تا حدی دیده شده بود.
- دعوت از اساتید و پژوهشگران خارجی و سخنرانی مقالات توسط اساتید دانشگاه و دانشجویان دکترا جهت افزایش سطح علمی کنگره
- دقت بیشتر در انتخاب مکان برگزاری کنگره
- ارتقاء علمی و کیفی بخش نمایشگاه
- استقلال مالی و ارتباط بیشتر با صنعت سرمایه
- هیات موثر علمی انجمن و ترسیم نقشه راه برای جهت گیری صحیح پژوهش
- ارتقاء کیفی و کمی سطح مقالات، حضور بیشتر سخنرانان کلیدی، درخواست از اساتید با تجربه دانشگاه‌ها جهت ارائه مقالات مروری در خصوص تخصص اصلی آنان
- قطعاً برگزاری گسترده تر و با دعوت از صاحبان صنایع و درخواست از آنها برای تعریف پروژه‌های صنعتی و همکاری بیش تر آنها با دانشگاهیان می‌تواند از مهمترین انتظارات باشد.
- کمیته‌های علمی، اجرایی، برگزار کنندگان با انتخاب دقیق انجام شود.
- حضور بین المللی قوی تر و جهت‌دارتر در کنگره هشتم و کارگاه‌های فعال تری برگزار شود.
- جهت اسکان شرکت کنندگان با یک یا دو هتل توافق گردد که به شرکت کنندگان در کنگره تخفیف داده شود و رزرو اطلاق و هزینه‌های آن توسط شرکت کنندگان پرداخت گردد. کنگره می‌تواند بخشی از هزینه اسکان مدعوین را تقبل نماید.
- بازدید از اماکن صنعتی بیشتر باشد و نه در روزی که مقالات ارائه می‌شود، میزبان شهرستانی باشد، زمان و مکان خاصی برای مقالات و صحبت‌های دوستانه وجود داشته باشد.
- نشریات چاپ شده توسط انجمن بیشتر معرفی شوند، نام اعضاء همراه با زمینه اصلی فعالیت در جداولی درج شده تا همگان از تعداد و اسامی اعضای انجمن مطلع شوند.
- تنوع بیشتری در مقالات از نظر بخش‌های مختلف صنعت سرمایه دیده شود، ان شاءالله به صورت منطقه‌ای برگزار شود.

در پایان خاطر نشان می‌گردد که نکات اعلام شده نظرات شخصی افراد بوده که فصلنامه سرامیک و انجمن سرامیک ایران جهت حفظ امانت اقدام به چاپ آنها نموده است. بدیهی است که این نشریه آمادگی دارد تا نقطه نظرات هیئت مدیره و یا برگزارکنندگان محترم را در شماره بعدی به چاپ برساند.



مشاهیر سرمایه‌یک

پیتر شولتز (Peter C. Schultz)

ACerS Bulletin



پیتر شولتز تأثیرات کار خود را در سفر به میلیون‌ها مایل از سراسر دنیا مشاهده کرده است. مشاهده اینکه چگونه عملکردش در شیشه‌های سیلیکای ذوبی و کاربردهایشان در فیبرهای نوری، نه تنها در سیستم‌های ارتباط از راه دور در سراسر دنیا بلکه در تکنولوژی ارتباطات که منتهی به اینترنت در طی دهه‌ها شده است، مؤثر بوده و موجبات رضایت و خشنودی شخصی و حرفه‌ای را برای او به همراه داشته است. به عنوان کمک مخترع شکافت فیبر در سال ۱۹۷۲، شولتز اعتقاد داشت که روش کار وی تأثیر مهمی بر روی ارتباطات از راه دور جهان داشته است. وی با وجود اینکه دریافت این روش، فرمولی استاندارد برای تمامی فیبرهای ارتباط از راه دور (که امروزه نیز استفاده می‌شوند) می‌باشد، اقدامی نکرد و به

این نتیجه رسید که دنیا می‌بایست به این کشف دست پیدا کند. وی بیان می‌کند: "ما پس از آن باید فعالیت خود را در جهت ساخت، توسعه، عملی کردن روش‌های تولید و ارتقای تکنولوژی متمرکز می‌کردیم. در حین کار بود که متوجه شدیم اگر نتیجه تلاش ما موفقیت آمیز باشد، انقلابی بالقوه در زمینه ارتباطات خواهد بود. ما همچنین دریافتیم که کارهای بسیار بیشتری را باید انجام دهیم چرا که ایده‌ای با چنین تأثیر عظیمی برای عملی شدن به زمان زیادی نیاز دارد."

شولتز این نظریات را برای ترانزیستورها و تلویزیون نیز شبیه سازی کرد. او می‌گوید: "این ایده‌ها می‌توانستند برای یک تکنولوژی کاربردی توسعه داده شده و به کار گرفته شوند که این امر سال‌ها به طول می‌انجامد اما اکنون می‌بینید که این تکنولوژی به کجا رسیده است." شولتز توضیح می‌دهد: ایجاد سیستم کاملی که برای مثال با لیزرهای پیشرفته، سیستم‌های تقویت کننده نوری و تکنولوژی‌های کامل و... کار کند مشوق اصلی وی در کشف فیبر نوری بود. همچنین وی تأکید کرد که تاکنون کسی نتوانسته است تأثیر فیبرهای نوری را بر تکنولوژی پیش‌بینی کند و در حال حاضر تمامی این موارد تعجب وی را برانگیخته است. "عجیب‌ترین مورد برای آنها این است که تصور نمی‌کردند اینترنت یکی از بزرگترین نیروهای محرکه متقاضی پهنای باند بیشتر شود."

به علت ارتباط کاری نزدیک شولتز با دانشمندانی از جمله Robert D. Maure و Donald B. Keck در شرکت Corning این اکتشاف نسبت به دیگر فعالیت‌های شولتز سریعتر صورت گرفت. وی کار برجسته خود را که شامل ابداع روشی که هنوز به طور گسترده برای ساخت وسایل موج بر مسطح برای کاربردهای فوتونی استفاده می‌شود، دنبال کرد و همچنین تحقیقات خود را در زمینه خواص نوری سیلیکای ذوبی ادامه داد. این اطلاعات تحقیقاتی هنوز هم جهت مشخص کردن و رفع مشکلات آلودگی در ساخت فیبرها استفاده می‌شود. شولتز ۲۶ پنتت و در حدود ۳۰ مقاله تحقیقی دارد. وی هدایت و ریاست دانشمندان محقق را از سال ۱۹۶۷ به عهده گرفت که در حدود ۲۰ سال از آن را با شرکت Corning کار کرده است. در سال ۱۹۸۸ به ریاست شرکت Heraeus Amersil، یک سازنده شیشه تکنیکال در آتلانتا منصوب شد که به بازارهای فیبرهای نوری و نیمه هادی‌ها خدمات ارائه می‌داد. در سال ۱۹۹۳ عضو هیئت مدیره شرکت Geltech شد، که تا قبل از پایان سال به سمت نائب رئیسی هیئت مدیره منسوب بود. Geltech در Orlando Fla که سازنده ترکیبات نوری پیشرفته بود قرار داشت.

وی عضو رسمی انجمن سرامیک آمریکا (ACerS)، انجمن نوری آمریکا، Keramos (انجمن فرهیختگان سرامیک)، Tau Beta Pi (انجمن فرهیختگان مهندسی) و Sigma Xi می‌باشد. افتخارات شولتز بسیار زیاد می‌باشد، او کاندیدای مدال ملی تکنولوژی کیوتو در آکادمی ملی مهندسی در سال ۲۰۰۰ بود. در سال ۱۹۹۹، جایزه مک‌لارن را از موسسه سرامیک نیوجرسی دریافت نمود. و در سال ۱۹۹۵ به عنوان اولین دریافت کننده جایزه مبتکر آمریکا از دپارتمان آمریکایی Commerc شناخته شد. همچنین در سال ۱۹۹۳ شولتز مبتکر ملی Hall of Fame شناخته شد. وی در سال ۱۹۸۶ جایزه Scholes را از دانشگاه Alfred و در سال ۱۹۸۳ جایزه Outstanding Alumnus را از دانشگاه Rutgers دریافت نمود. دیگر جوایز او شامل جایزه دستاوردهای مهندسی مواد انجمن آمریکا در سال ۱۹۸۳، جایزه دستاوردهای تکنولوژی انجمن مهندسی صنعت عکس در سال ۱۹۸۱ و اولین دریافت کننده جایزه بین المللی Weyl علم شیشه در سال ۱۹۷۷ می‌باشد.

با چنین پیشرفت‌هایی و چنین اعتباری چگونه می‌توان تصور نمود زمانیکه او در سال اول دبیرستان بود یکی از مشاوران به وی پیشنهاد کرده بود که مدرسه مواد را رها کرده و برای حضور در مدرسه حرفه‌ای برنامه‌ریزی کند.

گذراندن دوره رشد در بروکلین

پیتر در سوم دسامبر ۱۹۴۲ متولد شد. پدرش آرتور و مادرش انجس بود و او اولین فرزند خانواده بود. شولتز سال‌های اولیه کودکی خود را در بروکلین به یاد می‌آورد. در حالی که سطح خانوادگی آنها نسبتاً پایین‌تر از متوسط بود، او و خواهرش در عالم تخیل زندگی بسیار زیبایی داشتند. شولتز می‌گوید: "مانند سایر خانواده‌های نظامی آن زمان (جنگ جهانی دوم) ما هم موقتاً در منازل نظامی که دو خانواده با هم در آن زندگی می‌کردند، ساکن بودیم." پدرش به علت صدمه در ناحیه پشت به خارج از کشور نرفت و پیتر در آن زمان به جنگ رفت و به عنوان نیروی مقاومت در Ganarise در بروکلین با دشمن می‌جنگید. وی خانواده‌ای به هم پیوسته و صمیمی داشت. او گردش‌های مکررش در نیویورک را با خانواده به خاطر می‌آورد. وی می‌گوید: "من خانواده منحصر به فرد و دوران کودکی به خاصی داشتم تا جایی که تمامی کارها را با هم و با پول کمی که داشتیم، انجام می‌دادیم." پدر وی در شرکت بیمه Chubb حسابدار بود و مادر وی نیز منشی حقوقی بود.

تغییر مسیر زندگی شولتز

از نظر تحصیلات آکادمیکی شولتز تا اواخر سال سوم دبیرستان پیشرفت خوبی نداشت. چنانچه می‌گوید: "من

به تنبلی عادت کرده بودم و در درس جبر دچار افت تحصیلی شدم. من بچه نبودم ولی یک فرد خونسرد با ظاهری شبیه الویس بودم."

معلم جبر دبیرستان او شخصی بود که شولتز را به سال اول دبیرستان بازگرداند تا با ایجاد حس رقابت در او تغییر ایجاد کند. پیتز می گوید: "او به من می گفت استعداد بالایی دارم و می توانم پیشرفت کنم. اما اگر راهی را که در پیش گرفته ام، ادامه دهم از آنچه که استحقاق آن را دارم فاصله می گیرم. من هم با جدیت کار کردم و تحصیلاتم را با موفقیت به پایان رساندم. مادرم در دنیای پیشاهنگی به عنوان یک پیش آهنگ و پس از آن به عنوان یک پوینده بسیار به من کمک کرد و مرا هدایت نمود. به گونه ای که مرا در مسیر متفاوتی از زندگی قرار داد. او به راستی نگران من بود. در سال دهم تحصیل من مسیر زندگی خود را یافته و بقیه راه را به سرعت پیمودم."

شولتز در فعالیت های مدرسه مانند نواختن ترومپت، فوتبال (به عنوان کاپیتان تیم) و دیگر فعالیت ها شرکت داشت و این عوامل وضعیت جسمی و ظاهری خوب را برای وی به همراه داشت. وی می گوید: "اکنون من از پسری خونسرد به فردی متعادل تبدیل شده بودم." وی شیفته علم به ویژه شیمی و فیزیک شده بود، سخت مطالعه می کرد و کاملاً جدی به حضور در کالج فکر می کرد. او می گوید که والدینش برای قرار گرفتن در این مسیر او را بسیار تشویق می کردند. چرا که هیچ کس در خانواده او تا به حال به کالج نرفته بود. شولتز بیان می کند: "در آن زمان من هیچ الگویی نداشتم ولی در سال سوم، پدرم مرا به ملاقات با یکی از همسایگانمان که پروفیسور بود تشویق نمود. یک مهندس وستینگ هاوس، که در این ملاقات او اندکی از خود و اینکه چگونه فردی بوده با من صحبت کرد و مرا تشویق به ادامه تحصیل نمود."

ورود به کالج

در سال آخر دبیرستان اهمیت کالج برای او بیشتر روشن شد. شولتز امتحان ورودی کالج SAT را با موفقیت پشت سر گذاشت به طوری که خود او نیز از عملکردش به شگفتی آمد. او برای چند کالج دیگر از جمله دانشگاه Rutgers در نیوجرسی و کالج مهندسی Lehigh که یک مدرسه خصوصی در Bethlehem بود نیز درخواست پذیرش نمود. هر دو کالج به شولتز پذیرش دادند در حالی که او واقعاً نمی دانست شهریه و هزینه زندگی خود را چگونه تامین کند.

وی همچنین از بنیاد Chubb از ایالت نیوجرسی، شرکتی که پدر وی در آن کار می کرد نیز بورسیه تحصیلی گرفت که این بورسیه یک ساله بود در حالی که دانشگاه های دیگر برای تمام چهار سال وی را بورسیه کرده بودند.

پیتز با کمک هزینه تحصیلی که ۷۵٪ از شهریه او را تحت پوشش قرار می داد و کمک هایی که توسط والدینش به او می شد و همچنین کارهایی که در فصل تابستان انجام می داد قادر به اداره مسائل مالی دانشگاهی خود شد.

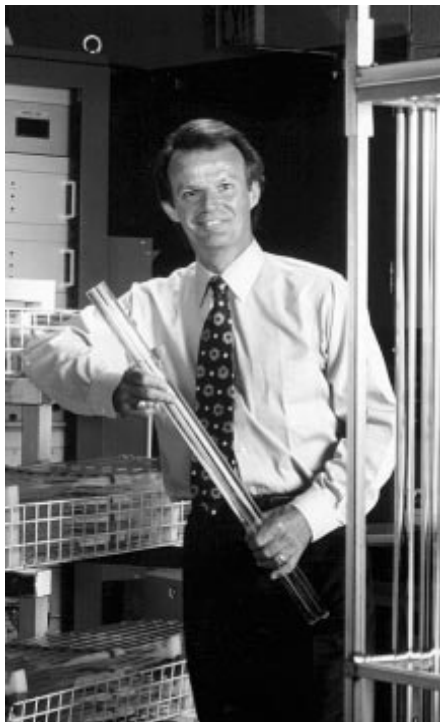
دریافت مدرک مهندسی از دانشگاه راتگرز

شولتز تصمیم گرفت به Rutgers برود. او کالج را شروع کرد و گفت: "من با برنامه ریزی رشته مهندسی را انتخاب کردم، مرد همسایه مرا تشویق کرد و در نتیجه مهندسی به یک رشته جذاب برای من مبدل شد. "مرد جوانی که در دوران دبیرستان فردی خونسرد بود اکنون بزرگ شده بود. در سال اول کالج بود که شولتز با خود می گفت: "اگر به اطراف خود بنگرم، خواهم دید که تعداد کمی از افرادی که با من وارد کالج شده بودند در آخر نیم سال تحصیلی در آنجا حضور داشتند. من در میان سه هم اتفاقی خود تنها فرد باقیمانده بودم چراکه واقعاً مطالعه می کردم." او به یاد می آورد که ترس از اخراج از کالج باعث شد که او اهمیت آنچه که انجام می دهد را بهتر درک نماید. او می گوید: "من می ترسیدم و گمان نمی کردم که بتوانم از عهده آن برآیم

چرا که خود را فرد چندان باهوشی نمی‌دانستم." در همان زمان به او ثابت شد که پیش داوری درستی درباره خود نکرده است و تلاش و پشتکار بهترین روش برای رسیدن به هدف می‌باشد.

اتفاق دیگری که محرک شولتز برای دستیابی به موفقیت شد، فوت ناگهانی مادرش در سن ۴۸ سالگی بود که قبل از کریسمس اولین سال تحصیلی او در راتگرز رخ داد. پیتز می‌گوید: "مادرم در اثر سکته فوت کرد ولی او به من به خاطر ادامه تحصیل بسیار افتخار می‌کرد و این انگیزه بیشتری را در من ایجاد کرد."

در اولین سال کالج پیتز به رشته مهندسی خاصی گرایش نداشت. در پایان آن سال پس از مصاحبت با مهندسين از رشته‌های علمی مختلف، شولتز متوجه شد که در این میان مهندسی سرمایه‌های رشته مورد علاقه او می‌باشد. این رشته تنها شامل سرمایه‌های سنتی و ظروف سفالین نبود بلکه مواردی مانند توسعه مواد دما بالا را که در کلاهک مخروط موشک کاربرد خواهند داشت را نیز شامل می‌شد. پیتز بیان می‌کند: "این همان چیزی بود که من به آن علاقمند شده‌بودم، دنیای جدیدی که من هیچ چیز در مورد آن نمی‌دانستم و در حقیقت شروع کار من بود."



لوله شیشه‌ای سیلیکاتی سنتزی در دست شولتز که به عنوان روکش برای فیبرهای نوری ارتباطات استفاده می‌شود.

در دانشگاه یک پروفیسور سرمایه‌های به نام C.J. Philips، فردی که تکنولوژی شیشه را به شولتز آموخت، او را بسیار تشویق می‌کرد. وی می‌گوید: "آنچه را که او به من می‌آموخت، همیشه برایم جالب بود. او یکی از افرادی بود که مرا به ادامه تحصیل تشویق می‌کرد."

شولتز در تابستان ماقبل از سال آخرش در دانشگاه راتگرز به علت همکاری در آزمایشگاه حقوق دریافت می‌کرد. این مسئله باعث شد فرصتی برای هدایت کار در برخی از دپارتمان‌های آزمایشگاهی داشته باشد. این کار نه تنها به وضعیت مالی شولتز کمک می‌کرد بلکه به او فرصت می‌داد تا خواصی از شیشه‌ها مانند مقاومت الکتریکی، انتقال حرارت، خواص حرارتی و غیره را مورد آزمایش و اندازه‌گیری قرار دهد. این تابستان نقطه تحولی در کار شولتز به شمار می‌رفت.

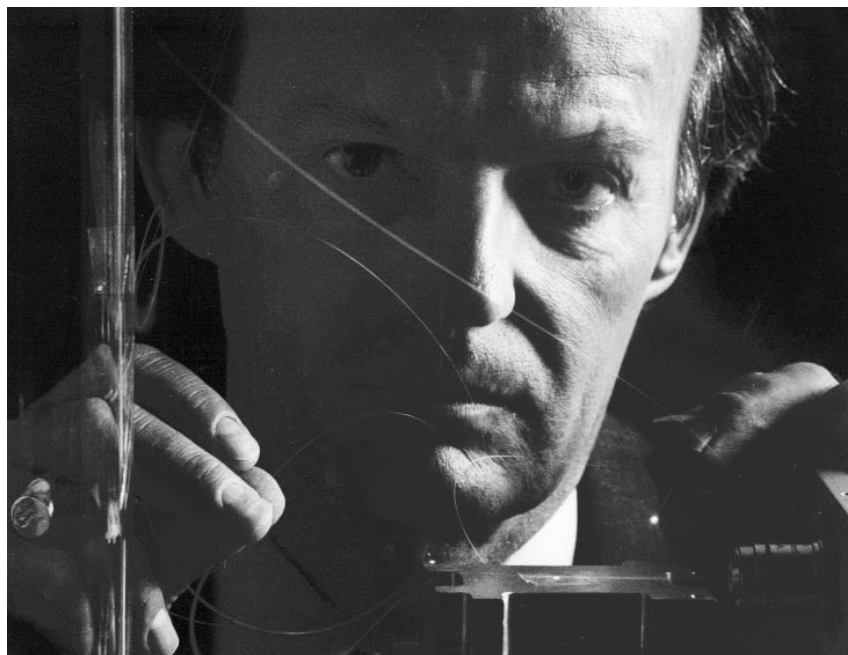
در همان زمان ارتش در ویتنام مورد حمله قرار گرفت. شولتز به عنوان یکی از اعضای ROTC به محض فارغ التحصیل شدن از کالج در برنامه آموزشی هلیکوپتر ارتش ثبت نام نمود. البته سرنوشت بار دیگر زندگی او را متحول نمود چراکه مشخص شد که شولتز دارای فشارخون بالا است و به همین دلیل مجبور به انصراف

شد. بدین ترتیب برنامه‌های مطالعاتی او که به دلیل خدمت به ارتش دو سال به تاخیر افتاده بود مجدداً شولتز را در راتگرز پایبند نمود. در سال ۱۹۶۴ شولتز در رشته مهندسی سرامیک مدرک خود را دریافت نمود و وارد مرحله دیگری از زندگی شد. وی می‌گوید: "من به آزمایشگاهی در راتگرز رفتم و همان جا ماندم. چراکه مایل به انجام کارهای آزمایشگاهی Phillips و انجام تحقیقات بیشتر بودم."

حمایت‌های Koenig

علاوه بر Phillips، شولتز مربی دیگری به نام John Koenig داشت که رئیس دپارتمان سرامیک‌ها در راتگرز بود. Koenig به شولتز در دریافت کمک هزینه موسسه علوم ملی جهت ادامه مطالعاتش در راتگرز کمک نمود و این امر باعث شد که او تا مرحله Ph.D پیش رود.

از نظر شولتز این واقعه یک فرصت فوق‌العاده بود چراکه این امر منجر شد که یکباره و بدون گذراندن مرحله فوق لیسانس وارد دوره Ph.D گردد. وی می‌گوید: "من واقعاً خوشحال بودم زیرا در سال‌های اولیه دانشگاه فردی با اعتماد به نفس پایین بودم و اینک بدون گذراندن دوره کارشناسی ارشد، به دوره دکترا راه یافتیم."



شولتز یکی از فیبرهای نوری ساخته شده در لابراتوارش در Corning، در اوایل دهه ۱۹۷۰ را نشان می‌دهد.

رئیس جمهور John F. Kennedy با اهدای کمک هزینه تحصیلی به شولتز از او قدردانی کرد. او می‌گوید: "JFK نقش به‌سزایی در آینده من داشت زیرا او باعث شد که موسسه علوم ملی، مهندسين و دانشمندان بیشتری را در ایالت متحده بپذیرد."

تأثیر Kreidl در زندگی شولتز

فرد دیگری که در زندگی شولتز تأثیرگذار بود Norbert Kreidl بود، فردی که همراه با Phillips به عنوان اساتید مشاور پروژه شولتز بودند. در سال ۱۹۶۵ شولتز با Kreidl ارتباط پیدا نمود. Kreidl او را فردی مستعد یافت و به او کمک کرد تا استعدادهایش به بهترین نحو شکوفا گردد. شولتز بیان می‌کند: "او مرا زیر بال و پر خود گرفت، تحت آموزش قرار داد و تشویق نمود. او با دادن یک نقش مدیریتی به من بزرگترین تحول را در زندگی من ایجاد کرد و به من آموخت که نیازی نیست همین حالا در حد یک دانشمند تراز اول عمل کنم، بلکه برای خوب بودن زمان دارم."

مهندسی سرامیک همیشه ایده‌آل‌ترین گزینه شولتز در کالج بود که این علاقه با کار آزمایشگاهی در زمینه تکنولوژی شیشه شکل گرفت. در واقع شولتز اولین پنتت خود را از تحقیقاتی که در زمینه تزش انجام می‌داد

به دست آورد که منجر به کشف یک فرمول شیشه مورد استفاده در توسعه شیشه-سرامیک‌های سازنده فریت‌های کریستالین شد.

در آن زمان (قبل از کشف ترانزیستورهای تلویزیونی) فریت‌ها در هسته‌های حافظه‌های مغناطیسی مورد استفاده قرار می‌گرفتند. فعالیت‌های شولتز باعث توسعه شیشه‌ای شد که منجر به شکل‌دهی حلقه‌های سرامیکی فریت از حالت مذاب گردید. کشف او راهکاری برای جایگزینی روش‌های سخت و پرهزینه ارائه نمود زیرا در آن روش‌ها هر نمونه می‌بایست به تنهایی پرس و ماشین‌کاری شود. این در حالی است که کشف او نیز با ظهور مدارات یکپارچه منسوخ گردید. او می‌گوید: "بنابراین اولین پتنت من هرگز به عرصه تولید نرسید." در سال ۱۹۶۸، در سن ۲۴ سالگی شولتز از دانشگاه Rutgers در مقطع Ph.D در علم سرامیک فارغ التحصیل شد.

نقش Kreidl در ورود شولتز به Corning

Kreidl شولتز را به کسب تجربه در یک آزمایشگاه تحقیقاتی-صنعتی تشویق کرد و از او خواست که پس از آن دوباره به تحصیل در هریک از بخش‌های دیگر مورد علاقه‌اش ادامه دهد.

شولتز اشاره می‌کند: "او مخصوصاً مرا برای رفتن به Corning تشویق کرد و گفت این بهترین مکان در دنیا برای انجام این نوع تحقیق است." در نتیجه شولتز به طور همزمان درخواست ورود به Corning و GTE را داد و از سوی هر دوی آنها پیشنهاد کاری دریافت نمود.

در حالی که GTE پیشنهاد سالانه ۱۷,۰۰۰ دلار حقوق را داد و Corning ۱۴,۰۰۰ دلار، شولتز پیشنهاد کار Corning را پذیرفت، زیرا او فکر می‌کرد به این طریق فرصت‌های تحقیقاتی بهتری در زمینه شیشه خواهد داشت. پس از ازدواج، وی کارش را به عنوان دانشمند ارشد در دپارتمان شیمی شیشه شروع نمود.

اولین پروژه او در آن زمان، تحقیق و پژوهش در زمینه فرآیند ساخت شیشه سیلیکای ذوبی با روش هیدرولیز شعله‌ای بود، روشی غیرمتداول که در اوایل دهه ۱۹۴۰ توسط Frank Hyde - فردی که کاشف سیلیکون بوده است- توسعه یافته بود. شولتز توضیح داد که این روش در Corning، برای ساخت قطعات بزرگ شیشه سیلیکای ذوبی که به عنوان آینه در تلسکوپ‌های فضایی و خطوط نوری استفاده می‌شدند، به کار رفت. این دو تنها کاربردهای این روش در آن زمان در Corning بودند. وظیفه

شولتز یافتن کاربردها و موارد دیگر استفاده این روش بود. شولتز اشاره می‌کند: "وظیفه من تحقیق در این زمینه بود که آیا انواع دیگر شیشه‌ها را نیز می‌توان با این تکنولوژی ساخت."



Norbert Kreidl مشاور، دوست و مربی شولتز، اکتساب جایزه مخترع ملی Hall of Fame را به شولتز تبریک می‌گوید.

پیوستن به تیم تحقیقاتی Maurer

سال بعد، شولتز شیشه‌های دیگری را که این روش در آنها به کار رفته بود، از طریق اضافه کردن افزودنی‌های مختلف به بخارها و بررسی روش‌های جدید مورد آزمایش قرار داد. مدت کوتاهی پس از آن، شولتز با Bob Maurer، که موقعیتی بالاتر از دانشمند ارشد در Corning داشت، ارتباط پیدا نمود تا تحقیقات فراتری را به عنوان یک تیم تحقیقاتی انجام دهند. Maurer در زمینه فیبرهای نوری مورد استفاده در شیشه‌ها تحقیق می‌کرد. شولتز اشاره می‌کند: "او از من تقاضا کرد که آیا تمایل به همکاری با او دارم. و من



در صورتی که قادر به کشف روش ساخت فیبرهای نوری مورد استفاده در پروژه می‌بودم، با او همکاری می‌کردم. بنابراین همزمان با فعالیت اکتشافی‌ام در زمینه شیشه جدید، در این پروژه خاص نیز شروع به کار نمودم."

شولتز با یک فیزیکدان به نام Don Keck که تحت نظر Maurer بود همکاری نمود. Keck طراحی نوری مورد نیاز فیبرها، دیمانسیون فیزیکی هسته، روکش فلزی و سایر خواص نوری را بررسی می‌کرد. شولتز بیان می‌کند: "پس از آن، من برای فرموله کردن شیشه‌ای که این ویژگی‌ها را داشت تلاش کردم و آنها را در یک فیبر اعمال نمودم. با وجود اینکه تلفات نوری بالایی داشتیم هدف ما رسیدن به 20 dB/KM بود. بعد از دو سال تلاش مداوم ما در نهایت اولین فیبر با میزان اتلاف 20 dB/KM را تولید کردیم. اکتشاف ما حقیقتاً نشان داد که شیشه‌های فیبر نوری می‌توانند تلفات به اندازه کافی پایینی را جهت استفاده در سیستم‌های ارتباط تلفنی داشته باشند. تا آن زمان، تنها یک دانشمند به نام Charles Koa در ITT، فرضیه‌ای را در این رابطه ارائه نموده بود. ولی ما نشان دادیم که این کار عملی است."

دست یافتن به شیشه‌های فیبر نوری

در اوایل سال ۱۹۷۰ تئوری شولتز در رابطه با ساخت فیبرهای سخت به اثبات رسید. رفتار حرارتی خاصی برای رسیدن به تلفات نوری پایین مورد نیاز بود ولی این رفتارهای حرارتی اساساً باعث تحلیل رفتن فیبر می‌شد. او به تحقیق ادامه داد و در ژوئن ۱۹۷۲، فیبری با اتلاف نوری کم در حدود 4 dB/KM ساخته شد که نیاز به رفتار حرارتی خاصی نداشت. این فیبر روی سیلیکای دوپ شده با ژرمانیوم سوار شده بود و این همان موضوع تحقیقات شولتز و Maurer و Keck بود.



اهدای اولین جایزه مخترعین آمریکا به تیم Maurer از طرف دپارتمان تجاری ایالت متحده در اکتبر ۱۹۹۵

شولتز می‌گوید: "این کشف، تصادفی رخ نداد. من با در نظر گرفتن اصول و قواعد به دنبال شیشه‌های بهتری با کارایی نوری بالاتر بودم. ما فرمول‌های مختلفی را مورد آزمایش قرار داده و دریافتیم که این بهترین حالت ممکن می‌باشد."

وی همچنین بیان می‌کند که هرگز این کشف را فراموش نمی‌کند، نه به خاطر تأثیری که در دنیای ارتباطات داشت بلکه به این دلیل که همزمان با گردباد Anger در شمال ایالت نیویورک بود. او ادامه می‌دهد: "تمام شهر متوقف شده بود و ما به جای اینکه در آزمایشگاه فعالیت کنیم به همراه دیگر افراد جامعه مشغول تمیز کردن شهر بودیم."

در دهه‌های بعدی، تکنولوژی فرآیند ساخت سیلیکای دوپ شده ذوبی برای فیبرهای نوری ارائه شد و بدین ترتیب فرآیند ساخت فیبرهای موج بر نوری ثبت شد، فیبری که اطلاعات را در حد ۶۵.۰۰۰ برابر بیشتر از سیم‌های مسی رایج از خود عبور می‌دهد. در اکتبر ۱۹۹۹، Maurer یکی از برندگان مشترک (برای کار تیمی) جایزه Engineerings Draper از آکادمی ملی بود.

در دهه بعد، شولتز به مطالعه در بخش‌های اکتشافی دیگری در Corning پرداخت. در سال ۱۹۸۳ شرکت او را به مدرسه تجاری Sloan در آموزشگاه تکنولوژی ماساچوست جهت کسب تجارب تجاری فرستاد. در همان سال، شولتز و همسر اولش Shirley Glenn که در آخرین سال تحصیل با او ازدواج کرده بود از هم جدا شدند. آنها دو فرزند به نام‌های David و Melissa داشتند.

شولتز اشاره می‌کند، اکنون در سن ۴۲ سالگی این اولین باری است که خارج از محیط آزمایشگاهی و به دور از Corning بوده است. این مسئله باعث شد دیدگاه او برای انجام امور امکان پذیر دیگر باز شود و همچنین تجربیات وی درهای دیگری را برای او باز کرد.

او در سال ۱۹۸۴، Corning را به منظور پذیرش سمت نائب رئیسی تکنولوژی در شرکت SpecTran ترک کرد. شرکتی که سازنده فیبرهای نوری بود. به عقیده او، این حرکت یک ریسک بزرگ بود و تنها به تغییر موقعیت نیاز نداشت بلکه مسئولیت‌های زیادی را به عنوان یک پدر تنها، می‌بایست بر عهده می‌گرفت. پسر او، David که تنها ۱۳ سال داشت قصد داشت با او همراه شود. شولتز بیان می‌کند: "من نهایت تلاش خود را برای برقراری تعادل در ارتباط با کار و نیز در گذراندن وقت با پسرم به کار می‌گرفتم."

در سال ۱۹۸۸، او به ریاست شرکت Heraneus Amersil U.S در آتلانتا منصوب شد. این شرکت سازنده سیلیکای ذوبی (ماده‌ای که شولتز به عنوان یکی از رشته‌های تخصصی خود بیان کرد) بود. به گفته وی: "این رشته‌ای بود که من به آن تسلط کامل داشتم و اکنون مقداری تجربه کاری نیز کسب کرده بودم، بنابراین می‌توانستم رهبری شعب سازمان را به خوبی در دست بگیرم و برای کار در یک مجموعه بین‌المللی توانا بودم."

در سال ۱۹۹۰، شولتز با Mary Anne که دو پسر به نام‌های Alexander و Eli داشت، ازدواج کرد. تمام فرزندان آنها در دهه چهارم از زندگی شان بودند و Melissa نیز برای آنها دو نوه به دنیا آورده بود. در سن ۵۸ سالگی آینده شولتز همچنان روشن بود. او تمایل داشت چند سال آینده را بازنشسته شود ولی کار و محیط تحقیقاتی را ترک نکند. او با تفریحاتی مانند کشتیرانی در دریای کاراییب زمانی را به بودن با خانواده‌اش اختصاص می‌داد. علاوه بر این، شولتز با یک گروه دانشمند روسی که در زمینه پیشرفت سنسورهای فیبر نوری فعالیت می‌کردند، همکاری می‌نمود. این سنسورها میزان قند خون را برای افراد دیابتی بدون نیاز به دادن خون اندازه گیری می‌کند. وی علاقه داشت که در این زمینه بیشتر همکاری کند و بیشتر از این به پژوهش بپردازد.

شولتز و همسرش هر ساله تعطیلات را در شمال ایالت نیویورک و به کوهنوردی در قله‌های Adirondacks می‌گذرانند. در آنجا ۴۶ قله با ارتفاع بیش از ۴۰۰۰ft وجود دارد و شولتز تا به حال به ۳۵ قله صعود کرده است. هدف وی صعود به تمامی ۴۶ قله پیش از ۶۰ سالگی است.

خلاصه‌ای از سوابق

دریافت مهندسی سرمایه‌گذاری از دانشگاه Rutgers	۱۹۶۴
استخدام در Corning به عنوان دانشمند ارشد	۱۹۶۷
دریافت Ph.D علم سرمایه‌گذاری از دانشگاه Rutgers	۱۹۶۸
کمک مخترع موج بر های نوری سیلیکای ذوبی دوپ شده و فرآیند IVD	۱۹۷۰
کشف اینکه سیلیکای ذوبی دوپ شده با ژرمانیوم از طریق فرآیند OVD قابل ساخت است	۱۹۷۲



کمک مخترع روش هیدرولیز شعله‌ای جهت ساخت موج بر نوری شیشه سیلیکا	۱۹۷۴
اولین دریافت کننده Weyl، جایزه بین المللی علم شیشه در کنگره بین المللی شیشه	۱۹۷۷
جایزه پیشرفت تکنولوژی از جامعه مهندسين صنعتی عکس	۱۹۸۱
جایزه پیشرفت در مهندسی مواد از انجمن فلز آمریکا	۱۹۸۳
جایزه فارغ التحصیل نمونه از دانشگاه Rutgers	۱۹۸۳
نایب رئیس تکنولوژی در شرکت SpecTran	۱۹۸۴
جایزه Scholes از دانشگاه Alfred	۱۹۸۶
نایب رئیس تکنولوژی شرکت اپتیک‌های الکتریکی Galileo	۱۹۸۶
رئیس شرکت Herabus Amersil	۱۹۸۸
مخترع ملی Hall of Fame	۱۹۹۳
مدیر شرکت Geltech	۱۹۹۳
اولین دریافت کننده جایزه مخترعین آمریکا از دپارتمان Commerce	۱۹۹۵
جایزه مک لورن از انجمن سرامیک نیوجرسی	۱۹۹۹
رئیس شرکت نوری Heraeus	۲۰۰۰
رئیس شرکت بیوسنسور	۲۰۰۰
نایب رئیس شرکت Geltech	۲۰۰۰

جناب آقای دکتر صلاحی

درگذشت مادر گرامیتان را تسلیت گفته از خداوند منان برای ایشان علو درجات و برای جنابعالی و خانواده محترمتان صبر جمیل خواستاریم.

فصلنامه سرامیک ایران - انجمن سرامیک ایران



اثر تغییر ترکیب بر ریزساختار و خواص دی الکتریکی

شیشه - سرامیک فروالکتریکی در سیستم

PbO-BaO-TiO₂-B₂O₃-SiO₂

سمیرا گل زردی، واهاک کاسپاری مارقوسیان، سید محمد میر کاظمی، علی بیت اللهی

دانشگاه علم و صنعت ایران - گروه سرامیک

S_Golezardi@yahoo.com

چکیده: در این تحقیق اثر افزایش BaO بر ریزساختار و خواص دی الکتریکی شیشه - سرامیک های فروالکتریکی PbTiO₃ (PT) در سیستم PbO-BaO-TiO₂-SiO₂-B₂O₃ مورد بررسی قرار گرفته است. اکسید باریم با مقدار ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد مولی به شیشه پایه افزوده شد. نمونه های شیشه - سرامیک تحت عملیات حرارتی کنترل شده ساخته شد و ریزساختار و خواص دی الکتریکی آنها مورد بررسی قرار گرفت. برای بررسی رفتار تبلور، ریزساختار و خواص دی الکتریکی از تکنیک های XRD¹، DTA²، ICP، SEM³ و LCRmeter استفاده شد. طبق نتایج XRD فازهای محلول جامد PT و فازهای غیر فروالکتریکی Pb₂SiO₄ و BaTi(BO₃)₂ در تمام نمونه های عملیات حرارتی شده حاوی اکسید باریم تشکیل شده است. نتایج XRD نشان می دهد که با افزایش میزان اکسید باریم در سیستم، بر میزان تبلور فاز BaTi(BO₃)₂ افزوده می شود و همچنین در اثر تشکیل محلول جامد PT و Ba تراگونالیتی کاهش یافته که سبب کاهش پلاریزاسیون و کاهش ضریب نفوذپذیری دی الکتریکی می گردد.

۱- مقدمه

شیشه - سرامیک یک جامد پلی کریستال یا چند بلوری است که از طریق تبلور کنترل شده شیشه حاصل می شود. این گروه از مواد، پیوند دهنده خواص سرامیک های زینتر شده با خواص منحصر به فرد شیشه هستند که بیان کننده خصوصیات مختلف و جالب توجه در یک ماده می باشند. ساده بودن پروسه تهیه، تنوع ترکیبات و قابلیت کنترل دقیق ریزساختار و ایجاد ریزساختارهای مخصوص از مزیت های قابل توجه در طراحی و ساخت شیشه سرامیک ها می باشد که نقش مهمی در دستیابی به خواص مطلوب در محصول نهایی ایفا می کند [۱ و ۲]. با آگاهی از مزیت های قابل توجه شیشه - سرامیک ها تحقیقات و استفاده از روش ساخت دی - الکتریک ها بر پایه تکنولوژی شیشه - سرامیک مورد توجه قرار گرفته است. خازن های سرامیکی بخش مهمی از این قطعات هستند که مصرف سالانه آنها بیش از ۳۰۰ میلیارد قطعه است. با کشف خاصیت فروالکتریسیته در تیتانات باریم و تیتانات سرب در دهه ۱۹۴۰، به ثوابت دی الکتریکی بزرگتر در خازن ها دست یافتند. در مواد فروالکتریک، وجود دو قطبی های الکتریکی ذاتی ناشی از عدم تقارن مراکز بارهای مثبت و منفی در سلول واحد باعث قطبش خود به خودی در ساختار آنها می گردد. مناطق با قطبش خود به خودی و یک جهت قطبیدگی الکتریکی خاص، سامان نامیده می شود. در مواد چند بلوری، یک سری از این نواحی میکروسکوپی (سامان های فروالکتریکی) وجود دارند که در درون هر کدام از آنها، دو قطبی ها در جهات بلوری خاصی جهت گیری کرده اند. بنابراین در مواد چند بلوری، قطبش برابر صفر است [۳]. در خانواده تیتانات باریم و تیتانات سرب، ساختمان بلوری یک ساختار پروسکایت است. قطبش ذاتی می تواند

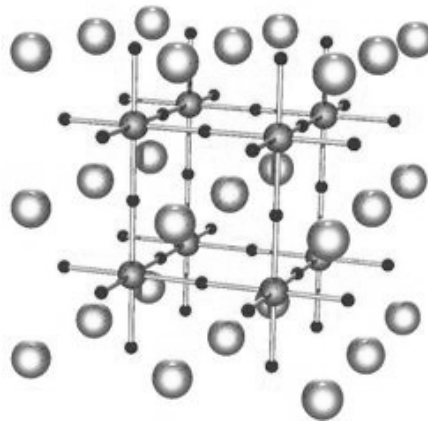
¹ X-Ray Diffraction analysis

² Differential Thermal Analysis

³ Scanning Electron Microscope



در هر کدام از سلول واحدهای این ساختار وجود داشته باشد. ساختار سامان‌های فروالکتریکی سرامیک‌های تیتاناتی نسبتاً پیچیده می‌باشد. بررسی‌هایی که بر روی ریزساختار زینتر شده تیتانات باریم انجام شده حاکی از وقوع تغییرات ابعادی در ساختار سلول واحد این ماده در حوالی دمای کوری ($T_c = 123^\circ\text{C}$) می‌باشد. در سال ۱۹۵۰ تیتانات سرب (PbTiO_3) با ساختاری شبیه به BaTiO_3 به عنوان ماده فروالکتریکی معرفی شد که دمای کوری آن ۴۹۳ درجه سانتیگراد است. در بالای دمای کوری ساختار پروسکایت مکعبی پارالکتریک را داراست و وقتی به زیر دمای کوری می‌رسد به فاز تتراگونال فروالکتریک تبدیل می‌شود. اعوجاج در شبکه، شبیه به تیتانات باریم اما بیشتر از آن است. بسیاری از اکسیدها با فرمول ABO_3 دارای ساختار پروسکایت می‌باشند که این گونه مواد اکسیدی پتانسیل مناسبی جهت کاربردهای تکنیکی مانند فروالکتریک‌ها، کاتالیست‌ها، سنسورها و ابررساناها دارند. ساختار کلی پروسکایت به صورت یک مکعب اولیه است که کاتیون A در مرکز این مکعب و کاتیون‌های B در گوشه‌های مکعب و آنیون که اغلب اکسیژن است در مرکز وجوه مکعب قرار گرفته است. ساختار با داشتن عدد همسایگی ۶ برای کاتیون B و عدد همسایگی ۱۲ برای کاتیون A پایدار می‌باشد. شکل ۱ شماتیکی از ساختار پروسکایت را نشان می‌دهد. هنگامی که نسبت شعاع‌های یونی ساختار اختلاف شدیدی داشته باشد، اغلب در شبکه اعوجاج ایجاد می‌شود که در این وضعیت، هشت وجهی BO_6 برای تعدیل اختلاف شعاع‌های یونی دچار پیچش می‌شود [۴].



شکل ۱- ساختار پروسکایت، قرمز: اتم‌های اکسیژن، آبی: اتم‌های کاتیون کوچک (B)، سبز: اتم‌های کاتیون بزرگتر (A) [۴].

سامان‌های فروالکتریکی همچنین می‌توانند توسط یک میدان الکتریکی خارجی، جهت دهی شوند. اعمال میدان خارجی سبب افزایش مولفه‌های قطبش در جهت میدان می‌شود. در دمای کوری قطبش ذاتی ناپدید می‌شود. اما با تاثیر میدان خارجی روی نفوذپذیری الکتریکی، می‌توان قطبش را تا ۵۰ درجه سانتیگراد بالاتر از دمای کوری داشت [۳].

با افزایش میدان اعمالی، ثابت دی الکتریک ($\delta P / \delta E$) در ابتدا افزایش می‌یابد، پس از آن با افزایش سهم دو قطبی‌ها، کاهش یافته و در نهایت به حالت اشباع می‌رسد. افزایش فرکانس همچنین باعث کاهش ثابت دی الکتریک می‌گردد. در این صورت، برانگیخته شدن دو قطبی‌های الکتریکی، با افزایش فرکانس به تاخیر می‌افتد [۵]. در قطعات الکترونیکی، رسیدن به تراکم سریع و کامل بسیار حائز اهمیت است و امروزه یکی از مهمترین دلایل به کار بردن روش‌های شیشه - سرامیک در تولید این قطعات، رسیدن به تراکم مطلوب می‌باشد [۶]. از آنجا که یون Pb^{2+} دارای قابلیت قطبش پذیری الکترونی بالایی است، نقش مهمی را در بسیاری از مواد فروالکتریک تجاری مانند $\text{Pb}(\text{Zr}_{1/2}\text{Ti}_{1/2})\text{O}_3$ و PbTiO_3 و PbNb_2O_6 و $\text{Pb}_5\text{Ge}_3\text{O}_{11}$ دارا می‌باشد که دارای کاربردهایی نظیر حسگرهای پایروالکتریک و حافظه‌های غیر فرار می‌باشند [۷]. یک گروه جدید از

مواد با نام شیشه - سرامیک‌های فروالکتریک شفاف^۱ (TFGCs) مورد تولید و تحقیق قرار گرفته‌اند که می‌توانند به آسانی شکل داده شده و یا به صورت الیاف کشیده شوند و به دلیل اثرات غیر خطی در برابر نور، کاربردهای الکتروپتیکی یافته‌اند. خواص دی‌الکتریکی و خواص نوری این شیشه-سرامیک‌ها متفاوت از خواص فازهای فروالکتریکی آنها به صورت بالک بوده و تابعی از اندازه کریستالیست‌ها در زمینه شیشه می‌باشد [۹و۸]. کنترل تبلور تیتانات سرب پروسکایتی (PbTiO₃) اولین بار توسط هرزاگ^۲ و استوکی^۳ [۱] در سال ۱۹۶۰ در سیستم SiO₂-Al₂O₃-TiO₂-PbO گزارش شد. به سبب داشتن ثابت دی‌الکتریک بالا، این شیشه-سرامیک‌ها جهت کاربردهای مواد دی‌الکتریک در خازن پیشنهاد شدند. در سال ۱۹۶۵ فرایند تبلور PbTiO₃ در شیشه‌ها توسط راشل^۴ و برگرون^۵ [۱] مورد مطالعه قرار گرفت. آنها به ایجاد جوانه زنی از طریق جدایش فاز شیشه-شیشه پی بردند. کوکوبو^۶ و همکارانش در سال ۱۹۶۹ بر روی تشکیل شیشه و سپس کنترل تبلور، در سیستم SiO₂-Al₂O₃-TiO₂-PbO تحقیقاتی انجام دادند. آنها کنترل خواص دی‌الکتریکی شیشه-سرامیک‌های PbTiO₃ را مورد بررسی قرار داده و موفق به ساخت شیشه-سرامیک‌هایی با مقدار فاز بلوری PbTiO₃ بالا با ثابت دی‌الکتریک بالا شدند. بیشترین ثابت دی‌الکتریک ۴۰۰-۵۰۰ برای اندازه‌های بلوری ۰/۱۵μm تا ۰/۲۵μm بدست آمد. این دستاورد برای ساخت شیشه-سرامیک‌های شفاف با خواص الکتروپتیکی نویدبخش بود [۱۰و۱]. گراسمن و ایزارد^۷ مقالاتی پیرامون شیشه-سرامیک‌های فروالکتریکی در سیستم PbO-BaO-TiO₂-B₂O₃-SiO₂ به چاپ رسانده بودند و در تحقیقات خود حضور فاز خالص تتراگونال تیتانات سرب را به عنوان فاز اصلی شیشه-سرامیک گزارش کردند در حالیکه حضور فاز محلول جامد (Pb, Ba)TiO₃ در سیستم انتظار می‌رفت ولی دلیل قاطعی برای تصدیق حضور PbTiO₃ خالص و یا محلول جامد (Pb, Ba)TiO₃ وجود نداشت [۱۱و۱۲].

هدف از انجام این تحقیق تشکیل فازهای فروالکتریکی مطلوب به روش شیشه-سرامیک و بررسی اثر تغییر ترکیب بر رفتار تبلور و خواص دی‌الکتریکی شیشه-سرامیک‌های فروالکتریکی در سیستم PbO-BaO-TiO₂-B₂O₃-SiO₂ می‌باشد. نمونه‌های شیشه-سرامیک با ترکیبات مختلف تحت عملیات حرارتی کنترل شده در سیستم مذکور، ساخته شده و رفتار تبلور و خواص دی‌الکتریکی آنها مورد بررسی قرار گرفته است.

۲- فعالیت‌های تجربی

انتخاب مواد اولیه مناسب با توجه به فازهای فروالکتریکی مطلوب یعنی تیتانات سرب و تیتانات سرب و باریم و اکسید شیشه ساز صورت گرفت. از میان اکسیدهای شیشه ساز، اکسید بور و سیلیس برای این سیستم انتخاب شد. همه مواد اولیه دارای خلوص بالای ۹۹.۵ درصد می‌باشند. مواد اولیه عبارتند از: اکسید تیتانیوم (TiO₂, Merck 1.00808)، هیدروکسید بور (H₃BO₃, Merck 1.00162)، اکسید سرب (Pb₃O₄, Merck 6080)، کربنات باریم (BaCO₃, Merck 1714) و سیلیس ستبران با خلوص بالای ۹۹ درصد.

مواد اولیه مورد نیاز با دقت ۰/۰۱ گرم توزین شده و در هاون چینی مخلوط شدند. پس از دستیابی به یک مخلوط یکنواخت، مواد فوق در بوتله آلومینایی ریخته شده و همراه درپوش آلومینایی در کوره الکتریکی قرار

¹ Transparent Ferroelectric Glass-Ceramics

² Herczog

³ Stooky

⁴ Russell

⁵ Bergeron

⁶ Kokubo

⁷ Grossman, Isard

داده شدند. نمونه ها در دمای بین ۱۳۶۰ تا ۱۳۸۰ درجه سانتیگراد ذوب شده و در این دما به مدت ۲۰ دقیقه نگه داشته شدند. سپس مذاب های حاصل در قالبی مستطیل شکل از جنس فولاد نسوز سرد شدند. نمونه های شیشه ای بعد از خروج از قالب به مدت ۱ ساعت در دمای ۴۰۰ درجه سانتیگراد آیل شدند. قطعه هایی از شیشه های به دست آمده توسط هاون چینی آسیاب شده و از الک های مش ۳۵-۳۰ و مش ۲۷۰ عبور داده شده و دو دانه بندی ریز (زیر ۵۳ میکرون) و درشت (۰/۶ - ۰/۵ mm) از شیشه های فوق تهیه شد. برای بررسی رفتار حرارتی ترکیبات مختلف شیشه، تعیین دمای انتقال شیشه (Tg)، تعیین دمای نرم شونده گی (Ts) و تعیین دمای تبلور شیشه (Tc) از دستگاه آنالیز حرارتی STA 1400 polymer laboratories استفاده شد. ماده مرجع مورد استفاده آلفا - Al_2O_3 و جنس بوته ها از پلاتین بود. سرعت گرمایش نمونه ها ۱۰ درجه سانتیگراد بر دقیقه انتخاب شد. طبق نتایج حاصل از آنالیز حرارتی، عملیات حرارتی بر روی نمونه های فوق توسط کوره الکتریکی و با اتمسفر هوا انجام شد. نمونه ها به شکل بالک و به صورت یک یا دو مرحله ای عملیات حرارتی شدند. در عملیات حرارتی دو مرحله ای دمای وسط Tg و Ts به عنوان دمای جوانه زنی در نظر گرفته شد.

برای بررسی آمرف بودن شیشه ها و همچنین آنالیز فازهای تبلور یافته بعد از عملیات حرارتی از دستگاه پراش سنخ اشعه x (JEOL - JDX - 8030) با لامپ مس ($\lambda_{k\alpha Cu} = 1.5405$) و فیلتر نیکل استفاده شد. جهت بررسی جدایش فازی شیشه ها و مرفولوژی فازهای بلورین در شیشه های عملیات حرارتی شده و به طور کلی بررسی ریزساختاری ترکیبات مختلف شیشه قبل و بعد از عملیات حرارتی از دستگاه میکروسکوپ الکترونی روبشی PHILIPS - XL30 مجهز به EDS استفاده شد. نمونه های بالک ابتدا توسط رزین اپوکسی مانع سرد شده و سپس با سنباده های ۶۰۰-۱۲۰۰ سنباده زده شده و نهایتاً کاملاً پولیش خورده تا سطحی صاف و صیقلی برای نمونه ها حاصل شود. نمونه ها با مخلوط HF با غلظت ۵% و HNO_3 با غلظت ۵% به مدت ۵۰ ثانیه اچ شدند و سپس توسط لایه نازکی از طلا پوشش داده شدند. با استفاده از تکنیک ICP میزان تبخیر سرب و بور در شیشه ساخته شده به دست آمد. جهت تعیین مقدار ضریب نفوذ پذیری دی الکتریکی ϵ_r و تلفات دی الکتریکی $\tan \delta$ از دستگاه LCR METER LCR - 800 SERIES (GW InsTek[®]) استفاده شد. نمونه ها به شکل مستطیل و به ضخامت ۳.۵ تا ۴.۵ میلی متر برش خورده و دو سطح نمونه کاملاً پولیش شده و سطحی دایره ای با قطر ۰/۵ سانتی متر بر روی سطح نمونه ها توسط یک لایه نازک طلا و خمیر نقره کنتاکت گذاری شدند. ϵ_r و $\tan \delta$ در شیشه پایه و نمونه های عملیات حرارتی شده در دمای محیط و در فرکانس 100 KHz و 1KHz تحت ولتاژ ۱ ولت اندازه گیری شد.

۳- نتایج و بحث

اولین قدم آزمایشگاهی در تهیه شیشه - سرامیک ها، ساخت شیشه پایه مناسب می باشد. انتخاب ترکیب اولیه با توجه به فازهای فروالکتریکی مطلوب و اکسید شیشه ساز صورت می گیرد. درصد و نوع اکسیدهای شیشه ساز با توجه به نقش هر یک از اکسیدهای موجود در سیستم مذکور در شبکه شیشه با هدف دستیابی به شیشه پایه مناسب انتخاب گردیده است. حضور اکسید شیشه ساز برای دستیابی به شبکه شیشه ای ضروری بوده اما مقادیر بالای آنها در سیستم های فروالکتریکی می تواند باعث ترغیب تبلور فازهای نامطلوب و در نتیجه تضعیف خواص نهایی گردد. به این منظور، ترکیب C₁ (جدول ۱) که در آن، نسبت مولی PbO: TiO₂ برابر ۱:۱ می باشد، به عنوان ترکیب اولیه تعریف شد. مشاهده شد که مذاب حاصل پس از سرد شدن متبلور شده و حالت شیشه ای ندارد. پس برای به دست آوردن بالک شیشه ای نیاز به تغییر ترکیب بوده و نسبت مولی PbO/TiO₂ در ترکیب C₁ به ۱/۲۵، ۱/۵، ۱/۷۵ و ۲ تغییر داده شد. نتایج به دست آمده از ذوب های

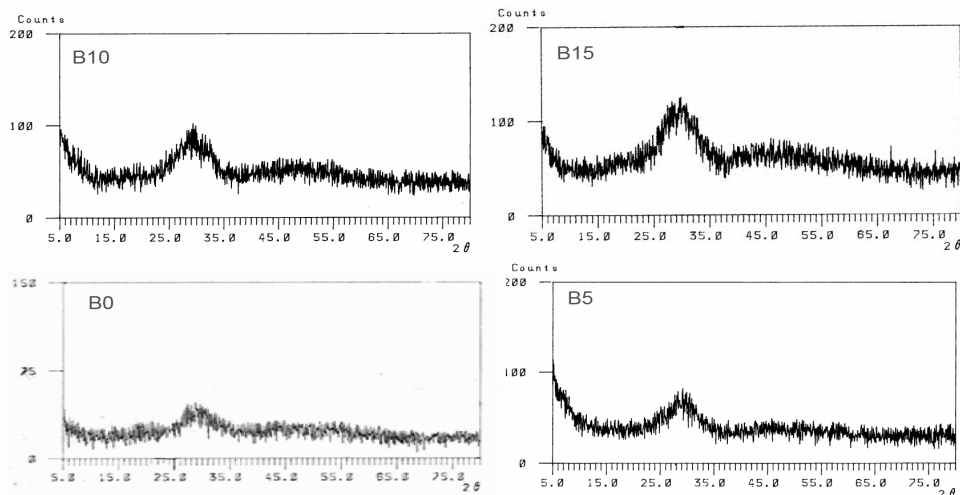
مربوط به این ترکیبات مختلف حاکی از آن بود که برای نسبت‌های PbO/TiO_2 کمتر از ۲، بدنه تهیه شده حالت شیشه‌ای نداشته و اثراتی از تبلور در بدنه‌ها به چشم می‌خورد تا جایی که برای نسبت PbO/TiO_2 برابر با ۲، مذاب مربوط به این ترکیب (ترکیب C5 در جدول ۱) پس از سرد شدن، به شیشه یکنواخت زرد رنگ و آمرف (در حد دقت XRD) تبدیل شد. در شیشه‌های حاوی سرب و تیتانیوم، افزایش تمایل به شیشه‌سازی با حضور سرب در کنار سیلیس از طرفی با افزایش قابلیت جوانه زنی و تبلور با حضور Ti از طرف دیگر به رقابت می‌پردازد. با توجه به اثر تبخیر شدید اکسید سرب، با کاهش نسبت PbO/TiO_2 (به کمتر از ۲)، حضور اکسید سرب در کنار سیلیس و ایجاد اثر القایی پیوند Si-O-Pb کاهش یافته و در نتیجه تمایل به شیشه‌سازی کاهش می‌یابد. از طرفی در شیشه‌هایی که دارای ترکیب اسیدی بوده یعنی عناصر قلیایی و قلیایی خاکی به عنوان دهنده‌های اکسیژن به مقدار کافی در سیستم وجود ندارند، Si، B و Ti در بدست آوردن اکسیژن به رقابت می‌پردازند و چون قدرت میدان یونی Ti کمتر می‌باشد، TiO_2 مغلوب شده و اغلب به صورت روتایل و آناز متبلور می‌گردد [۱۳]. بنابراین ترکیب C5 به عنوان شیشه پایه در نظر گرفته شد و کد B0 برای آن انتخاب گردید. مطابق جدول ۲، با افزودن BaO به ترکیب شیشه پایه، شیشه‌های مختلف ساخته شدند.

جدول ۱- ترکیبات مختلف مورد آزمایش برای انتخاب ترکیب شیمیایی شیشه پایه

شیشه	ترکیب شیمیایی (درصد مولی)					نسبت PbO/TiO_2
	BaO	PbO	TiO_2	B_2O_3	SiO_2	
C ₁	۰	۳۵	۳۵	۲۰	۱۰	۱
C ₂	۰	۳۸.۸۹	۳۱.۱۱	۲۰	۱۰	۱.۲۵
C ₃	۰	۴۲	۲۸	۲۰	۱۰	۱.۵
C ₄	۰	۴۴.۵۵	۲۵.۴۵	۲۰	۱۰	۱.۷۵
C ₅	۰	۴۶.۶۷	۲۳.۳۳	۲۰	۱۰	۲

جدول ۲- ترکیب شیمیایی شیشه‌های حاوی اکسید باریم

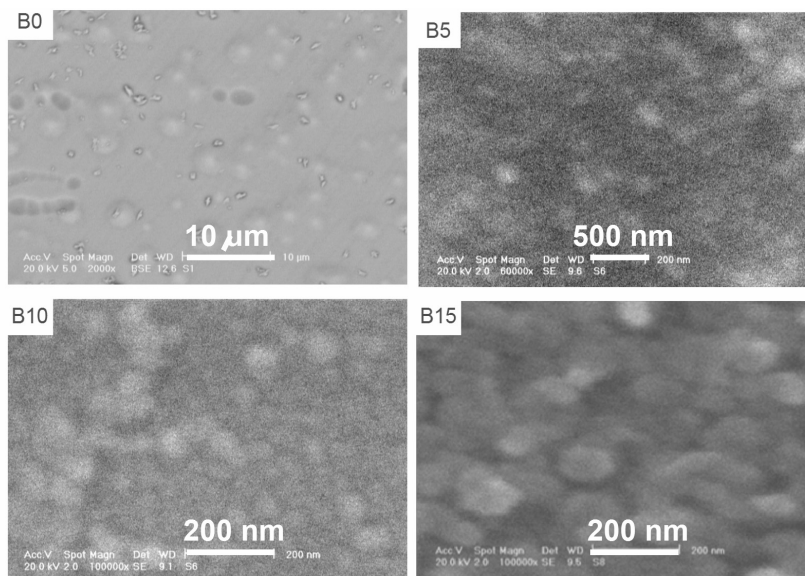
شیشه	ترکیب شیمیایی (درصد مولی)				
	BaO	PbO	TiO_2	B_2O_3	SiO_2
شیشه پایه B ₀	۰	۴۶.۶۷	۲۳.۳۳	۲۰	۱۰
B5	۵	۴۵	۲۰	۲۰	۱۰
B10	۱۰	۴۲.۰۹	۱۷.۹۱	۲۰	۱۰
B15	۱۵	۳۹.۰۵	۱۵.۹۵	۲۰	۱۰



شکل ۲- الگوهای XRD شیشه پایه و شیشه‌های حاوی ۵٪ (B5)، ۱۰٪ (B10) و ۱۵٪ (B15) اکسید باریم.

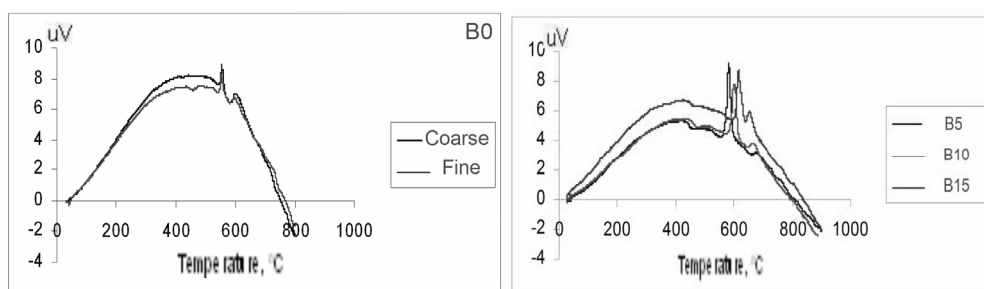
در شکل ۲ نمودار XRD مربوط به شیشه پایه و شیشه‌های حاوی اکسید باریم آورده شده است. مشاهده می‌شود که شیشه‌های حاصل در حد دقت XRD آمرف می‌باشند.

مقدار تبخیر اکسید سرب و اکسید بور با استفاده از تکنیک ICP به ترتیب برابر ۴۳٪ و ۱۹.۳۱٪ به دست آمد. بنابراین در واقع اثر تبخیر شدید سرب، با افزایش نسبت $PbO: TiO_2$ در ترکیب جبران شده است. شکل ۳ تصویر ریزساختار شیشه پایه و شیشه‌های حاوی اکسید باریم را نشان می‌دهد. با توجه به بزرگنمایی‌های تصاویر SEM مشاهده می‌شود که در شیشه پایه جدایش فازی به شکل کروی اتفاق افتاده و این جدایش فازی شدید و در مقیاسی نسبتاً بزرگ ایجاد شده است. با توجه به تصویر ریز ساختار شیشه B5، مشاهده می‌شود که در این شیشه، جدایش فازی به صورت کروی (جوانه زنی و شد) و در مقیاسه با شیشه پایه در مقیاس بسیار ریز اتفاق افتاده است. قدرت میدان یونی (Z/a^2) در مورد یون Ba^{2+} نسبت به دیگر یون‌های موجود در سیستم کمتر است. یون‌های Si^{4+} و B^{3+} و Ti^{4+} و همچنین Pb^{2+} برای تشکیل چهار وجهی‌های پایدار نیاز به اکسیژن دارند و این کاتیون‌ها، اکسیژن‌های لازم را از BaO دریافت می‌کنند. در حضور BaO عنوان اهدا کننده‌ی اکسیژن، عمدتاً چهاروجهی‌های SiO_4 و BO_4 و بعد از آن TiO_4 و PbO_4 تشکیل خواهد شد [۱۳]. بدین ترتیب BaO از طریق یاری رساندن به کاتیون‌های با قدرت میدان یونی بالاتر برای کسب عدد همسایگی مطلوب ۴ به انسجام شبکه شیشه کمک کرده و موجب تعدیل جدایش فازی می‌شود. اما با افزایش میزان BaO در سیستم به ۱۰٪ مولی، جدایش فازی شدیدتر شده و نواحی جدایش یافته نسبت به شیشه B5 واضح تر و دارای ابعاد بزرگتر شده‌اند. در شیشه B15، جدایش فازی به صورت کروی و با ابعاد بزرگتر به طور مشخص در درون شیشه دیده می‌شود. بنابراین با مطالعات ریزساختاری انجام شده در مورد شیشه‌های حاوی BaO، چنین نتیجه‌گیری شد که افزایش BaO در سیستم در ابتدا باعث کاهش جدایش فازی و افزایش یکنواختی شیشه شده اما با افزایش مقدار BaO در سیستم به حدود ۱۰٪ مولی و بیشتر، مواجه با افزایش جدایش فازی و تشدید آن در سیستم خواهیم بود. در این سیستم Ba^{2+} به عنوان دگرگون ساز شبکه عمل کرده و قدرت میدان یونی $Z/(R+R_0)^2$ که در آن z بار کاتیون و R و R_0 به ترتیب شعاع کاتیون و شعاع اکسیژن می‌باشد. برای یون Ba^{2+} از قدرت میدان یونی دیگر کاتیون‌های موجود در شبکه شیشه بیشتر بوده و این به معنی افزایش توان رقابتی Ba^{2+} در مقابل سیلیسیم و بور برای دستیابی به همسایه‌های بیشتر اکسیژنی و در نتیجه افزایش تمایل به جدایش فازی است.



شکل ۳- تصاویر SEM از ریزساختار شیشه B0 (بزرگنمایی ۲۰۰۰)، B5 (بزرگنمایی ۶۰۰۰۰)، B10 (بزرگنمایی ۱۰۰۰۰۰) و B15 (بزرگنمایی ۱۰۰۰۰۰).

نتایج آنالیز حرارتی (DTA) شیشه پایه و شیشه های B5, B10, B15 در شکل ۴ آورده شده است. نتیجه آزمایش های DTA برای شیشه پایه بیان کننده تمایل شدید سیستم به تبلور حجمی است. (اختلاف دمای پیک تبلور برای نمونه های پودر دانه ریز و دانه درشت تقریباً صفر می باشد).



شکل ۴- نمودارهای DTA شیشه پایه (B0) با دانه بندی درشت (0.5-0.6 mm) و ریز (زیر ۵۳ میکرون) و شیشه های B5, B10, B15 با دانه بندی درشت.

در جدول ۳ مشخصات دمایی این شیشه ها آورده شده است. همان طور که مشاهده می شود منحنی های DTA مربوط به این شیشه ها دارای یک پیک گرماگیر مربوط به ناحیه انتقال به شیشه و دو ماکزیمم گرمازا (که نشان دهنده وقوع پدیده تبلور در درون فاز شیشه ای هستند) می باشند. در برخی تحقیقات، دومین پیک گرمازا، به تبدیل فازهای غیر فروالکتریکی تشکیل شده مانند پیروکلر یا PT شبه مکعبی به فازهای فروالکتریکی تیتانات پروسکایتی نسبت داده شده است [۱۴ و ۱۵].

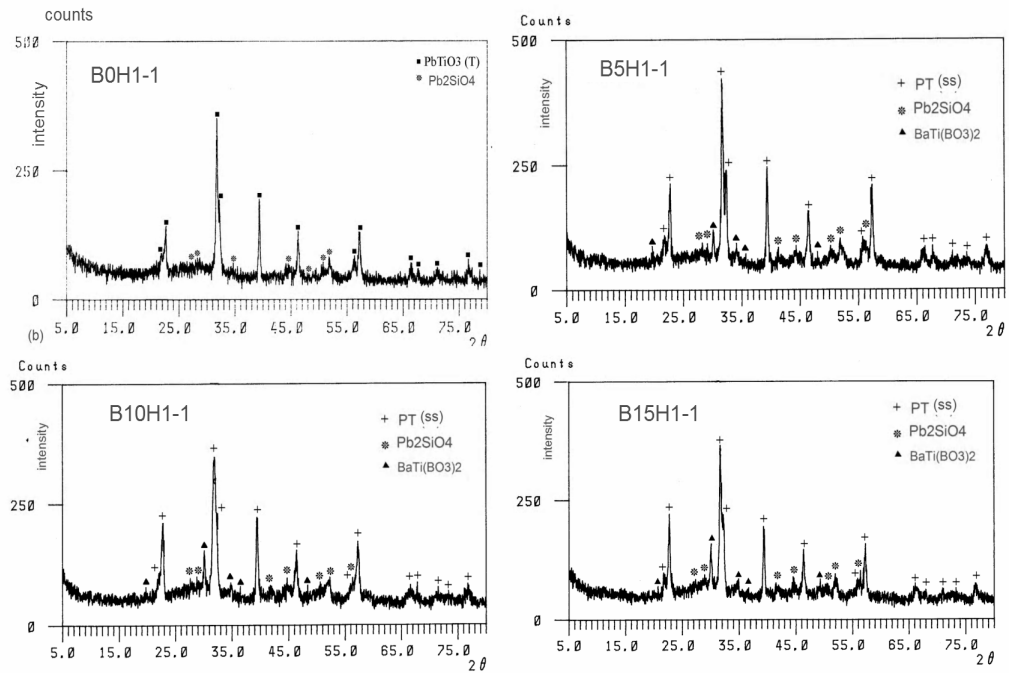
جدول ۳- مشخصات دمایی شیشه پایه و شیشه های حاوی اکسید باریم (حاصل از منحنی های DTA)

نمونه	T _g (°C)	T _s (°C)	TC1 (°C)	TC2 (°C)
B ₀ (پایه)	۴۴۵	۴۷۰	۵۵۷	۶۱۷
B5	۴۴۸	۴۶۹	۵۸۳	۶۸۴
B10	۴۶۶	۴۸۴	۶۰۸	۶۷۶
B15	۴۵۴	۴۷۷	۶۱۹	۶۶۰

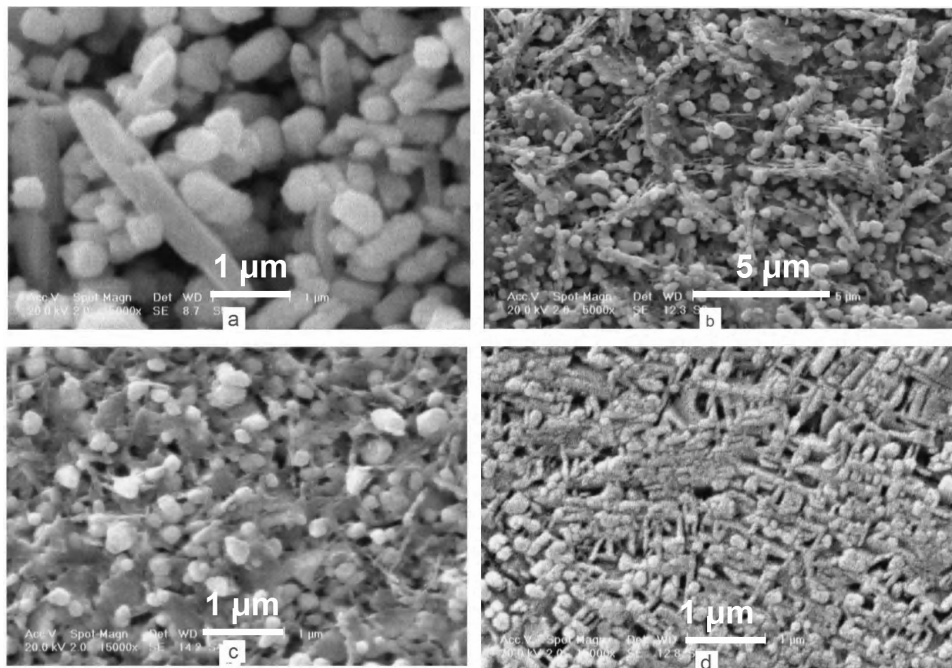
در شیشه های حاوی BaO، دماهای T_g، T_s بالاتر بوده که احتمالاً به دلیل افزایش ویسکوزیته شیشه در اثر کاهش مقدار اکسید سرب در ترکیب، می باشد. با افزایش میزان BaO در سیستم، پیک های تبلور نیز در دماهای بالاتر ظاهر شده اند. در مرحله بعدی، بر طبق نتایج DTA، نمونه های شیشه ای عملیات حرارتی شدند. میانگین دمای انتقال به شیشه (T_g) و دمای نرم شوندگی (T_s) به عنوان دمای جوانه زنی (برای شیشه های B5، B10 و B15 به ترتیب برابر با ۴۵۸ و ۴۷۵ و ۴۶۶ می باشد). انتخاب شد و دمای پیک تبلور به عنوان دمای رشد انتخاب گردید. در شکل ۵ نتایج آنالیز XRD برای نمونه های عملیات حرارتی شده، آورده شده است. نمونه ها با کد BaHb_c در شکل مشخص شده اند. a درصد مولی BaO، H نماد عملیات حرارتی و b نماد زمان نگهداری نمونه در دمای جوانه زنی و c نماد زمان نگهداری نمونه در دمای رشد بر حسب ساعت می باشد.

در نمونه B0H1-1 فاز PbTiO₃ تتراگونال به عنوان فاز اصلی تبلور یافته و فاز غیر فروالکتریکی Pb₂SiO₄ که حضورش چندان مطلوب نیست، با شدت نسبتاً کم ظاهر شده است. با حضور BaO در سیستم محلول جامد تیتانات سرب و باریم تشکیل شده و همچنین تبلور فاز BaTi(BO₃)₂ اتفاق افتاده است. فاز Pb₂SiO₄ در همه این نمونه ها تقریباً به یک میزان تبلور یافته است. با افزایش میزان اکسید باریم در سیستم بر شدت پیک های فاز BaTi(BO₃)₂ افزوده شده است. این فاز غیر فروالکتریک بوده و حضور بیش از حد این فازهای

اضافی در سیستم نا مطلوب بوده و به ضرر خواص دی الکتریکی می باشد. در شکل ۵ تصاویر ریزساختاری شیشه-سرامیک های ساخته شده آورده شده است.



شکل ۵- نتایج آنالیز XRD نمونه های شیشه-سرامیک های ساخته شده با مقادیر ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد مولی BaO که به مدت ۱ ساعت در دمای جوانه زنی و ۱ ساعت در دمای رشد نگهداری شده اند.



شکل ۶- تصاویر SEM از ریزساختار شیشه-سرامیک های (a) B0H1-1، (b) B5H1-1، (c) B10H1-1، (d) B15H1-1.

با حضور BaO در سیستم ریزساختار ریزتر شده است. در این نمونه ها صفحات به هم پیوسته ای در بین ذرات توده ای شکل متبلور شده اند. این ذرات توده ای احتمالاً PT بوده که در نمونه B0H1-1 در بعضی مناطق دچار رشد افراطی شده اند. جالب توجه است که با افزایش میزان BaO، تبلور فازهای صفحه ای $(BaTi(BO_3)_2)$ در سیستم افزایش می یابد (همانطور که نتایج XRD نیز پیش از این، این مطلب را تایید کرده بود). ϵ_r شیشه

پایه توسط دستگاه LCRmeter برابر با ۹۰ به دست آمد. در جدول ۴ خواص دی الکتریکی برای نمونه های شیشه-سرامیک در فرکانس 100 KHz و دمای اتاق نشان داده شده است. از آنجا که BaTiO_3 و PbTiO_3 هر دو فاز فروالکتریکی می باشند، هدف از افزایش BaO به سیستم، ساخت نمونه های شیشه-سرامیکی حاوی فازهای فروالکتریکی تیتاناتهای پروسکایتی سرب و محلول جامد سرب و باریم و بررسی اثر تغییر ترکیب بر رفتار تبلور و خواص دی الکتریکی این شیشه - سرامیک ها می باشد.

جدول ۴ - خواص دی الکتریک برای نمونه های حاوی اکسید باریم در فرکانس 100KHz و دمای اتاق.

نمونه	ϵ_r	$\tan \delta$
B0H0-1, B0H1-1	۲۵۳/۸, ۲۵۶/۱	۰/۲۱, ۰/۲۴
B5H0-1, B5H7-1	۲۰۱/۹۳, ۲۳۸/۲۰	۰/۴۳, ۰/۶۵
B10H0-1, B10H1-1	۱۶۶/۲۲, ۱۵۳/۵۴	۰/۹۲, ۰/۶۳
B15H0-1, B15H1-1	۱۴۹/۰۱, ۱۳۰/۷۸	۰/۰۳, ۰/۰۴

مشاهده می شود که با افزایش مقدار BaO در سیستم، ضریب نفوذپذیری دی الکتریکی کاهش یافته است. یون Ba^{+2} می تواند جایگزین یون Pb^{+2} در ساختار PbTiO_3 شود. با توجه به شعاع کوچکتر یون Ba^{+2} و پلاریزاسیون کمتر آن نسبت به یون Pb^{+2} تراگونالیته (نسبت c/a) در ساختار شبکه کاهش پیدا کرده و این خود باعث کاهش پلاریزاسیون در ماده در حضور میدان الکتریکی و در نتیجه کاهش ϵ_r می گردد. از طرف دیگر با افزایش میزان BaO در سیستم، بر میزان تبلور فاز غیر فروالکتریکی $\text{BaTi}(\text{BO}_3)_2$ افزوده شده که نقش مؤثری در کاهش ϵ_r خواهد داشت. علاوه بر آن درصد حجمی فاز شیشه باقیمانده و میزان تنش وارده از طرف آن بر بلورهای فروالکتریک نیز بر مقدار ϵ_r اثر می گذارد. برای تخمین اندازه کریستالیت ها در نمونه های عملیات حرارتی شده، بر اساس الگوهای XRD نمونه ها، از رابطه شرر استفاده گردید. تعیین پارامترهای شبکه با استفاده از الگوی پراش اشعه x انجام می شود. برای محاسبه پارامترهای شبکه تراگونال از رابطه $\sin^2 \theta_{hkl} = (\lambda^2/4a^2)(h^2+k^2) + (\lambda^2/4c^2)l^2$ استفاده می شود.

θ زاویه پراش مربوط به صفحات hkl بر حسب درجه و λ طول موج اشعه تابانده شده بر حسب آنگستروم می باشد [۱۶]. در جدول ۵ پارامترهای شبکه محاسبه شده (a , c) برای بلور تراگونال محلول جامد Ba و PT در نمونه های شیشه-سرامیک حاوی اکسید باریم آورده شده است.

جدول ۵ - پارامترهای شبکه محاسبه شده و اندازه کریستالیت ها برای بلور تراگونال محلول جامد Ba و PT در نمونه های شیشه-سرامیک.

نمونه	اندازه کریستالیت ها (nm)	a (Å)	c (Å)	c/a (تراگونالیته)
B0H1-1	۳۵-۴۰	۳/۸۸۰	۳/۹۹۹	۱/۰۳۱
B5H1-1	۲۱-۲۵	۳/۸۸۰	۳/۹۹۷	۱/۰۳۰
B10H1-1	۲۲-۲۶	۳/۸۷۸	۳/۹۵۹	۱/۰۲۱
B15H1-1	۲۱-۲۴	۳/۸۸۲	۳/۹۶۶	۱/۰۲۲

ملاحظه می شود که اندازه کریستالیت های محاسبه شده براساس الگوی XRD در نمونه های حاوی اکسید باریم تغییر نکرده است. اما با افزایش میزان BaO در سیستم، تراگونالیته کاهش پیدا کرده و ثوابت شبکه تراگونال PT دستخوش تغییر شده اند که احتمالاً به دلیل ایجاد محلول جامد Ba و PT می باشد. جایگزینی یون Ba^{+2} به جای یون Pb^{+2} سبب کوچکتر شدن شبکه و کاهش تراگونالیته می شود. علاوه بر آن پلاریزاسیون Ba نسبت به Pb کمتر بوده که می تواند عامل دیگری برای کاهش تراگونالیته و به تبع آن کاهش ϵ_r گردد.

۴- نتیجه گیری

ترکیب مناسب برای شیشه پایه B0 به صورت $46.67 \text{ PbO} - 23.33 \text{ TiO}_2 - 20 \text{ B}_2\text{O}_3 - 10 \text{ SiO}_2$ (٪مولی) به دست آمد.

فاز فروالکتریکی PbTiO_3 پروسکایتی به عنوان فاز اصلی در سیستم متبلور می شود. افزایش BaO در سیستم سبب کاهش اندازه کریستالیت ها شده و همچنین با ایجاد محلول جامد PT و Ba ، سبب کاهش تراگونیالیتی و کاهش پلاریزاسیون و در نتیجه کاهش ضریب نفوذپذیری دی الکتریکی می گردد. افزایش BaO سبب تبلور فاز غیر فروالکتریکی $\text{BaTi}(\text{BO}_3)_2$ شده و حضور این فاز به ضرر خواص دی الکتریکی شیشه-سرامیک نهایی می باشد.

مراجع

1. W. Holand and G. Beall, "Glass-ceramic technology", Westerville, American Ceramic Society, 2002.
2. واهاک مارقوسیان، "شیشه، ساختار، خواص و کاربرد"، دانشگاه علم و صنعت ایران، (۱۳۸۱). [2]
3. A. J. Moulson, J. M. Herbert, "Electro ceramics", second edition, England, Wiley, 2003.
4. L. M. Levinson, "Electronic Ceramics, properties, devises & applications", New york, Marcel Dekker, 1988.
5. R. C. Buchanan, "Ceramic Material for Electronics", third edition, university of Cincinnati, Ohio, U.S.A, Marcel Dekker, INC, new york, Basel, 2004.
6. علی بیت اللهی، شیرین ناجی آذر، "تکنولوژی مدارات هایبرید"، تهران، روناس، ۱۳۸۰.
7. K. Pengpat, D. Holland, "Ferroelectric glass-ceramics from the $\text{PbO}-\text{GeO}_2-\text{Nb}_2\text{O}_5$ system", Journal of the European Ceramic Society, Vol. 24, pp: 2951-2958, 2004.
8. P. Gupta, H. Jain, D. B. Williams, "Observation of ferroelectricity in a confined crystallite using electron-backscattered diffraction and piezoresponse force microscopy", Applied Physics Letters, Vol 87, 2005.
9. N. F. Borrelli and M. M. Layton, "Dielectric and optical properties of transparent ferroelectric glass-ceramic systems", Journal of Non-Crystalline Solids Vol. 6, pp: 197-212, 1971.
10. T. Kokubo and M. Tashiro, "Dielectric properties of fine-grained PbTiO_3 crystals precipitated in a glass", Journal of Non-Crystalline Solids, Vol. 13, pp: 328-340, 1974.
11. D. G. Grossman and J.O. Isard, "Lead Titanate Glass-Ceramics," J. Am. Cer. Soc, Vol 52, pp: 230-31 1969.
12. D. G. Grossman and L.O. Isard, "Crystal Clamping in PbTiO_3 , Glass-Ceramics", J. M ater. Sci, Vol. 4, pp: 1059-63, 1969.
13. M. B. Volf, " CHEMICAL APPROACH TO GLASS", Amsterdam, ELSEVIER, 1984.
14. T. Kokubo, M. Tashiro, "Thin-film capacitors made from glass-ceramic containing PbO and TiO_2 ", J. Cer Soc Jap, Vol. 78, pp: 58-63, 1970.
15. S. W. Lee, K.B. Shim, K.H. Auh and P. Knott, "Activation energy of crystal growth in PbTiO_3 glass using diferential thermal analysis", Journal of Non-Crystalline Solids, Vol 248, pp: 127-136, 1999.
16. B. D. Cullity, " Elements of X-Ray Diffraction", Addition - Wesley Inc. Second Eddition, 1977.

مروری بر ترکیبات و روش‌های مختلف ساخت شیشه فتوکرومیک

احمد صبوری

دانشگاه علم و صنعت ایران

sabourya@metaleng.iust.ac.ir

چکیده: در این پژوهش تلاش شده است با معرفی انواع شناخته شده و پر کاربرد ترکیبات و روش‌های مختلف ساخت شیشه‌های فتوکرومیک بعنوان دسته‌ای مهم از محصولات صنایع شیشه اپتیک که امروزه طیف وسیعی از انواع شیشه‌ها را در بر می‌گیرد، گامی در جهت شناساندن هر چه بیشتر شیشه‌های فتوکرومیک برداشته شود. چراکه نه تنها ساخت و استفاده از این محصولات در کشور ما هنوز جایگاه ویژه اقتصادی و صنعتی خود را پیدا نکرده است، بلکه حتی شناخت کافی در مورد این محصولات، نحوه عملکرد و انواع شرایط ساخت و کاربرد آنها نیز وجود ندارد. در این مقاله سعی گردیده است تا خلاصه‌ای از روش‌های تولید صنعتی و تحقیقاتی شیشه‌های فتوکروم (با ترکیبات متداول آلومینوبوروسیلیکاتی و ترکیبات جدیدتر) مطرح و در مورد مزایا و معایب هر روش به طور مقایسه‌ای بحث گردد.

کلمات کلیدی: شیشه؛ فتوکرومیک؛ ترکیب‌ها؛ روش‌های ساخت

۱- مقدمه

شیشه اپتیک حاصل شناخت علمی انسان از ماهیت شیشه است و تاریخ واقعی آن بعنوان یک صنعت مستقل و در عین حال علمی از اواسط قرن بیستم آغاز شده است. اگر چه شیشه به خودی خود یک وسیله نوری است، ولی در تعاریف صنعتی شیشه اپتیک به شیشه‌ای گفته می‌شود که هنگام برخورد نور با آن یک تغییر یا تحول جهت دار در نور یا در شیشه صورت گیرد. این تغییر می‌تواند انتقال، انعکاس، جذب یا تجزیه انتخابی نور و یا جمع‌آوری، تبدیل و تقویت نور، یا تغییر قانونمند ساختار میکروسکوپی شیشه باشد [۱].

۱-۱- شیشه‌های فتوکرومیک

دسته‌ای از عناصر هستند که در شیشه بصورت کلوئیدی در آمده و ایجاد رنگ می‌کنند مثل طلا و نقره و مس. این شیشه‌ها پس از ذوب و عملیات حرارتی بی‌رنگ هستند ولی پس از تنش زدایی و با انجام عملیات حرارتی مخصوص، ذرات یا جوانه‌های بلوری هالیدها در آنها بوجود می‌آیند که ویژگی‌هایی از قبیل ضریب جذب شیشه را تغییر می‌دهند. این شیشه‌ها به شیشه‌های حساس به نور معروفند. شیشه‌هایی که با تابش نور دارای ذرات کلوئیدی شده و این ذرات کلوئیدی با قطع تابش نور، دوباره به حالت اولیه برگشته و شفاف می‌شوند، شیشه‌های فتوکرومیک نامیده می‌شوند [۱].

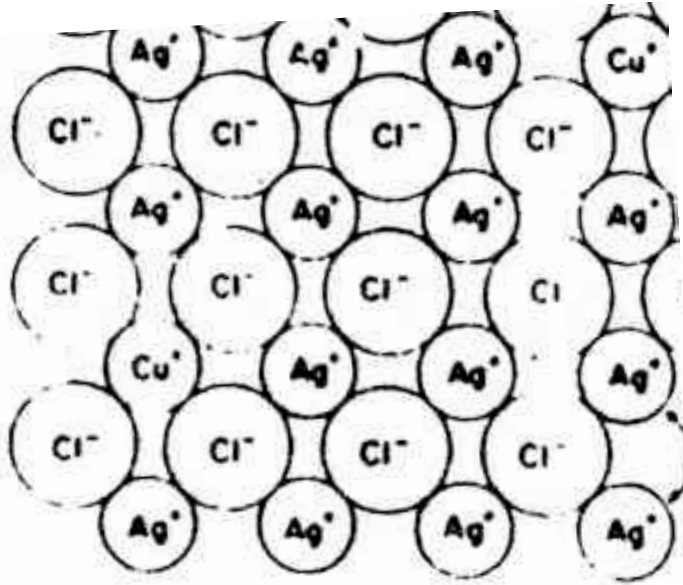
در حقیقت شیشه‌های فتوکرومیک شیشه‌هایی هستند که در صورت قرار گرفتن در معرض تابش امواج الکترومغناطیس در محدوده‌های خاص (معمولاً بنفش و فرا بنفش) میزان انتقال نور آنها در محدوده نور مرئی به شدت افت کرده و در صورت قطع این تابش میزان انتقال نور با سرعتی قابل توجه به حالت اولیه بر می‌گردد. علت این پدیده بوجود آمدن تعداد زیادی مراکز رنگی در شیشه‌ها در اثر تابش امواج الکترومغناطیسی با طول موج کوتاه واز بین رفتن مجدد آنها پس از قطع تابش است [۲].



۱-۲- سازوکار تیره و روشن شدن شیشه های فتوکرومیک

تیره و روشن شدن شیشه های فتوکروم را می توان با فتولیز شدن بلورک های هالید نقره که در زمینه شیشه خنثی غوطه ور است توصیف نمود. این بلورک ها بخاطر آنکه اندازه بسیار کوچکی دارند آنچنان موجب تفرق نور نمی شوند بنا بر این شیشه کاملاً شفاف به نظر می رسد.

شکل ۱ نمایش دو بعدی از چگونگی آرایش و چیده شدن تناوبی یونهای مثبت نقره و منفی کلر (یا برم) در بلور هالید نقره شیشه های فتوکروم را نشان می دهد. در این شکل حضور یون های یک ظرفیتی مس در برخی از مواضع مثبت یونی را نیز می توان مشاهده کرد [۳].



شکل ۱- بلورهای هالید نقره قبل از تیره شدن [۳]

در یک بلور کامل چنین ناخالصی وجود نداشته و یون های نقره تمامی مواضع کاتیونی را اشغال می کنند. اگر نوری با انرژی کافی (UV یا آبی) بر روی بلور بتابد مطابق با روابط زیر یک الکترون می تواند از یون کلر به یون نقره منتقل شود:



چون تمام مواضع کاتیونی در داخل بلور معادل هستند، انرژی سیستم با حرکت الکترون از یک موضع نقره به موضع دیگر تغییر نمی کند. این حرکت الکترون به طور موثری اتم نقره را از اتم کلر مجزا می سازد. اگر الکترون به اتم نقره ای برسد که با اتم های نقره مواضع داخلی شبکه معادل نباشد، در آنجا به تله می افتد. [۳] پس می توان گفت در پی تابش نور، الکترون ها و یون های نقره لکه های نقره را در شیشه فتوکروم موجب می شوند.

باید توجه داشت که بر خلاف رابطه ۱ هیچگونه Cl^{0} ایجاد نمی شود زیرا تمام یونهای کلرید در داخل بلورک هالید نقره مواضع معادلی را اشغال می کنند، انرژی سیستم وقتی که Cl^{0} یک الکترون از یون کلرید همسایه قرض بگیرد تغییر نمی کند و Cl^{0} از موضع اولیه شبکه به موضع همسایه حرکت می کند. وقتی که حفره به موضعی مجاور یون مس یک ظرفیتی می رسد، در موضعی خواهد بود که با مواضع آنیون های دیگر معادل نیست و بنابر این حفره در آنجا به تله می افتد. در حقیقت یون مس یک ظرفیتی مطابق با رابطه ۳ یک الکترون به Cl^{0} همسایه می دهد و دو ظرفیتی می شود:



تحرك حفره اگر به تله نیافتد خیلی زیاد خواهد بود و فرایند ۴ آنقدر سریع خواهد بود که هیچ ذره کلوئیدی تشکیل نشده و شیشه تیره نخواهد شد:



در این اثر یک جای خالی و یک یون مس دو ظرفیتی برای هر یون نقره که یک الکترون به تصرف در می‌آورد و در رشد لکه نقره مشارکت می‌کند تشکیل می‌شود. نتیجه کلی روابط ۱ و ۲ و ۳ و بوسیله رابطه ۵ بیان می‌شود:



که در اینجا Ag^0 یکی از اتم‌های موجود در لکه نقره است. بنابر این در شکل قبلی، Cu^{2+} بجای Cl^0 ظاهر می‌شود. جاهای خالی بخاطر آن ظاهر می‌شوند که یون‌های نقره ای که قبلاً در آن مواضع ساکن بودند اکنون قسمتی از ذرات کلوئیدی می‌باشند. با ضعیف شدن تابش نور شیشه فتوکروم به حالت روشن اولیه خودش باز می‌گردد. پس در این حالت تیره شدن برگشت پذیر می‌باشد [۳].

۱-۳- نقش شیشه میزبان در شکل‌گیری سیستم ناهمگن

محدوده شیشه‌های فتوکروم ناهمگن بسیار وسیع است زیرا تعداد زیادی بلورهای حساس به نور وجود دارد. با این حال، تامین میزبان مناسبی که بلورها بتوانند در آن رسوب کنند مشکل می‌باشد. در اولین اختراعات و مقالات مربوط به شیشه‌های فتوکروم اشاره می‌شود که هالیدهای نقره در هر نوع شیشه‌ای قابل رسوب دادن می‌باشد و انتخاب شیشه میزبان از نوع سدیم-آلومینیم-بورسیلیکات صرفاً به دلایل فنی می‌باشد [۴]. این در حالی است که می‌توان شیشه‌های فتوکروم شفاف حاوی فاز هالید نقره را با زمینه‌های شیشه‌ای بسیار متنوعی همچون شیشه‌های بوراتی، شیشه‌های فسفاتی، شیشه‌های تلوریتی و غیره تهیه کرد. با این وجود هنوز میزبان‌هایی وجود دارند که فتوکروم کردن آن‌ها با هالیدهای نقره و مس موفقیت آمیز نبوده است (بعنوان مثال میزبان‌های شیشه‌ای مانند Na_2O-SiO_2 یا $Na_2O-CaO-SiO_2$) [۵]. این واقعیت را که میزبان شیشه‌ای در حالت مذاب باید قابلیت حلالیت بالایی برای ترکیبات هالید داشته باشد را می‌توان بعنوان شرط تحقق خاصیت فتوکروم وضع نمود. این حلالیت باید به شدت و بصورت ناپیوسته با کاهش دما کاهش یابد. یکی از دلایل کاهش حلالیت هالیدها به هنگام سرد کردن می‌تواند جدایش مایع-مایع نیمه پایدار باشد [۶].

تمایل به جدایش فازی نیمه پایدار برای شیشه میزبان کافی نمی‌باشد. با توجه به نتایج کسب شده می‌دانیم با وجود آنکه سیستم شیشه سدیم-سیلیکاتی دارای یک ناحیه وسیع جدایش فازی نیمه پایدار می‌باشد با این حال امکان رسوب بلورهای حساس به نور هالید نقره در این سیستم تا بحال با شکست روبرو بوده است. بنابر این به نظر می‌رسد جدایش فازی نیمه پایدار تنها عامل کاهش ناپیوسته حلالیت هالید با کاهش دما نمی‌باشد.

عامل دیگر نزول ناگهانی حلالیت می‌تواند به تغییر عدد همسایگی اتم‌های بور و آلومینیم مربوط باشد [۷]. رابطه نسبت بور سه وجهی و چهار وجهی با دما متغیر است و میزان تغییر می‌تواند بالغ بر ۱۵ الی ۲۰٪ باشد. هر چه دما بالاتر باشد، مقدار بور سه وجهی بیشتر است [۸].

بنابر این می‌توان نتیجه‌گیری کرد که، در شیشه‌های بوراتی و بوروسیلیکاتی، هم تغییر در میزان جدایش فازی و هم تغییر در عدد همسایگی بور می‌تواند موجب فوق اشباع شدن هالید و در نهایت رسوب فاز بلوری شود. این مکانیزم‌ها هر دو می‌توانند با هم و یا مستقلاً در ایجاد فاز بلورین دخالت کنند. بعنوان مثال اخیراً

نشان داده شده است که در شیشه بوروسیلیکاتی حساس به نور، ناشی از رسوب میکروکریستال‌های هالید مس، هیچگونه جدایش فازی صورت نگرفته است. [۹]

حلالیت هالیدهای نقره و مس در مذاب شیشه نقش مهمی در رسوب فاز حساس به نور دارند. یون‌های نقره در شیشه‌های فسفاتی بیش از دیگر شیشه‌ها در برابر احیا شدن مقاومت می‌کنند و می‌توان غلظت اولیه آنها را تا ۱۰ درصد جرمی در شیشه بالا برد. [۱۰]

۱-۴- انواع ترکیب‌های پر کاربرد و نقش افزودنی‌های معمول

الف- کلرید نقره

اما تا کنون توجه زیادی به شیشه‌های فتوکروم حاوی کلرید نقره معطوف شده است. این موضوع بدلیل پایداری حرارتی بیشتر کلرید در بین دیگر هالوژن‌های نقره می‌باشد. نقطه جوش $AgCl$ بدون اینکه تجزیه شود ۱۵۵۰ درجه سانتیگراد می‌باشد، در صورتی که $AgBr$ در دمای ۷۰۰ درجه سانتیگراد و AgI در دمای ۵۵۲ درجه سانتیگراد تجزیه می‌شوند. از طرفی دیگر مشاهده شده است که کاهش Ag / Cl افزایش سرعت بی‌رنگ شدن را به همراه دارد در صورتی که سرعت تیره شونده‌گی که خود تابعی از سرعت رنگ باختن می‌باشد توسط تابع پیچیده‌تری تعیین می‌شود. [۱۱]

ب- برمید نقره

برای حل بسیاری از مشکلات عملی که به هنگام استفاده از شیشه‌های فتوکروم با آن مواجه هستیم نیاز به انتقال لبه حساسیت به سمت طول موج‌های بلند می‌باشد. بررسی‌ها نشان داده است که شیشه‌های فتوکروم حاوی برم تا طول موج ۵۰۰ نانومتر (۲/۵ev) حساسیت دارند در صورتی که حساسیت شیشه‌های حاوی ید حتی تا ۶۰۰ (۲/۱ev) نانومتر است. [۱۱]

اختراعات ثبت شده در مورد شیشه‌های فتوکروم هتروژن ترکیبات زیادی را برای شیشه‌های فتوکروم مختلف معرفی می‌کند. در این اختراعات در حله اول شیشه‌های حاوی $AgCl(Br)$ و تعداد بیشتری از آنها شیشه‌های حاوی $AgCl$ را مورد بحث قرار داده‌اند. از طرف دیگر شیشه‌های حاوی $AgBr$ و شیشه‌های حاوی ید یا در بایگانی ثبت اختراعات وجود ندارد و یا توسط ترکیبات دوتایی معرفی شده‌اند. همچنین می‌توان گفت که تفاوت عمده‌ای بین شیشه‌های حاوی $AgCl$ و آنهایی که حاوی برم هستند وجود ندارد. [۱۱] ویژگی‌های بخصوصی نیز در فن ساخت شیشه‌های حاوی $AgBr$ وجود ندارد. دمای بالاتر و مدت زمان طولانی‌تر عملیات حرارتی را برای شیشه‌های حاوی $AgBr$ می‌توان ذکر کرد. به همین شکل جایگزینی برمید به جای کلرید منجر به افزایش اتلاف نقره بخاطر احیا شدن نقره، افزایش حساسیت نوری در طول موج‌های بلند طیف و کاهش حساسیت نوری کلی می‌شود. [۱۲]

پ- افزودنی مس

از طرفی دیگر نوع افزودنی در شیشه میزبان نیز تاثیر زیادی بر خواص فتوشیمیایی شیشه دارد. می‌دانیم که بلورهای خالص و کم عیب برمید و کلرید نقره فقط از طریق سطح‌شان نسبت به نور حساس هستند. اما در مورد بلورهای $AgCl$ و $AgBr$ که بدون تماس با هوا رشد کرده‌اند یا به عبارتی سطح آن‌ها عاری از ناخالصی Ag_2O می‌باشد، نه در سطح و نه در توده آنها نسبت به نور حساسیت نمی‌باشد. [۵]

حساسیت نوری شیشه‌های فتوکروم را می‌توان با اضافه کردن اجزایی که احیاء جزئی نقره را باعث می‌شوند افزایش داد. برای این منظور به شیشه‌های فتوکروم عواملی که در دمای پایین احیا کننده می‌باشند اضافه می‌شود.

در کلیه کارهای مربوط به شیشه‌های فتوکروم هالوژن نقره، یون‌های مس نقش مهمی در ایجاد حساسیت نوری بازی می‌کنند. مس به مقدار بسیار محدودی اضافه می‌شود. خواص فتوکروم را در شیشه‌های فاقد مس

نیز می‌توان مشاهده نمود، گر چه در این حالت اندازه ریز بلورهای هالید نقره می‌بایست متجاوز از ۲۰-۳۰ نانومتر باشند. چنین شیشه‌هایی به مقدار زیادی اپال هستند. افزودنی مس اجازه می‌دهد که شیشه‌هایی شفاف با ریز بلورهای زیر ۵ نانومتر بدست آید. اضافه کردن مس به چنین شیشه‌هایی نه فقط لبه جذب شیشه اولیه (عملیات حرارتی نشده) را بلکه لبه جذب شیشه‌هایی که فاز حساس به نور قبلاً در آنها رسوب کرده است را نیز جابجا می‌کند.

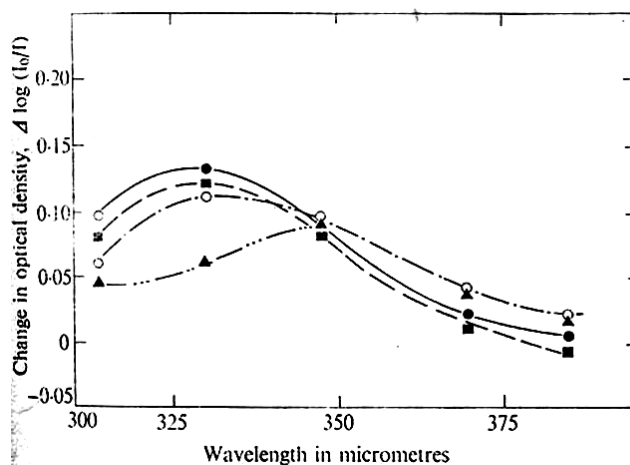
با مقایسه وابستگی غلظت جای خالی کاتیونی و خواص فتوکرومیک شیشه‌ها به مقدار مس در شیشه، نقش مس در ایجاد حساسیت نوری ریز بلورهای هالوژن نقره را در شیشه می‌توان مشخص نمود. افزودنی مس نه تنها باعث افزایش حساسیت نوری می‌شود بلکه کاهش غلظت جای خالی کاتیونی را نیز به همراه دارد. [۱۳]

ت- ترکیب‌های جدیدتر

محاسبات کینتیکی نشان داده است که اگر چه شیشه‌های سیلیکاتی که تحت اتمسفر احیایی و در بوت‌های گرافیتی ذوب شده‌اند می‌توانند شرایط مناسب فتوکرومیک را از لحاظ سرعت تیره و روشن شدن از خود نشان دهند [۱۴]، اما متأسفانه ضعف شیشه‌های مذکور پدیده خستگی^۱ نوری در آنهاست که پس از گذشت مدتی بر سرعت تیره و روشن شدن (قابلیت فتوکرومیک) این شیشه‌ها تأثیرات منفی می‌گذارد. بنابر این سعی شده است که شیشه‌های فاقد هالید نقره مورد مطالعه قرار گیرند تا شاید بتوان خواص فتوکرومیک را بدون حضور این عیب بدست آورد. بدین منظور و برای انتخاب شیشه مینا و بدلیل تنوع بسیار زیاد سیستم‌های شیشه‌ای، انجام آزمایش بسیار سخت و تقریباً غیر ممکن است. اما از آنجایی که برخی گزارش‌های قبلی حکایت از تغییر خواص نوری شیشه‌های سیستم کادمیوم بورو سیلیکاتی داشت، این شیشه به عنوان یکی از

کاندیداهای مناسب جهت بررسی شرایط ساخت شیشه فتوکرومیک مطرح شده است. [۱۵ و ۱۶] آزمایش‌های متعدد وجود رفتار فتوکرومیک در این شیشه‌ها را تایید کرد و ثابت شد که به منظور دستیابی به شرایط فتوکروم معمولاً شرایط آنیلی با مدت زمان‌های بالای ۴۲/۵ ساعت و دماهای ۷۰۰-۵۵۰ درجه سانتیگراد مورد نیاز است.

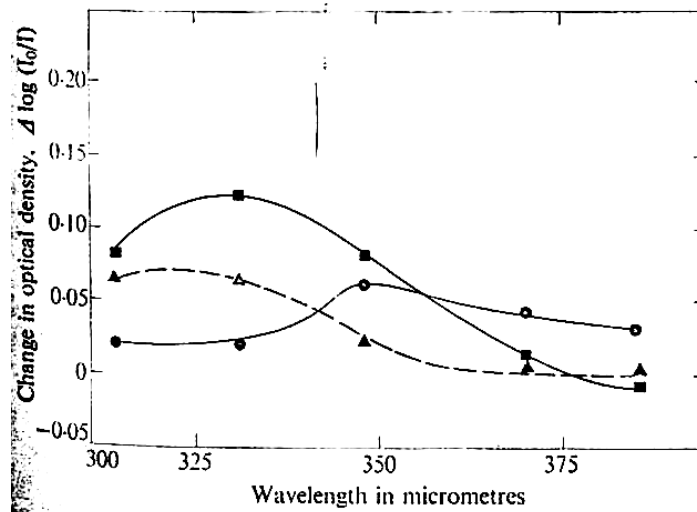
لازم به ذکر است که در این شیشه‌ها احتمالاً رنگ بسیار کم‌رنگ مایل به زردی مشاهده خواهد شد که ممکن است ناشی از احیاء جزئی کادمیوم بخاطر دماهای ذوب بالا (۱۴۰۰-۱۵۰۰ درجه سانتیگراد) باشد.



شکل ۲- طول موج بر حسب ترکیب [۱۵]

▲ ۱۰ ○ ۱۵ ■ ۲۰ ● ۲۵ : B₂O₃(%)

¹ Fatigue



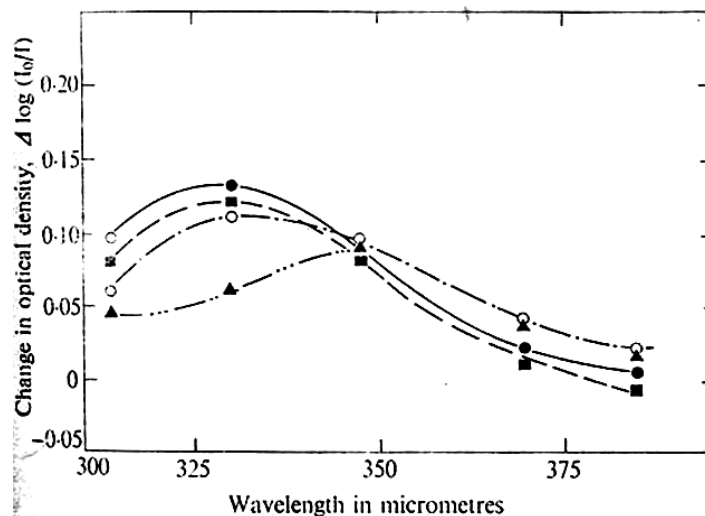
شکل ۳- شکل ۳ طول موج بر حسب ترکیب با نسبت $\text{SiO}_2/\text{B}_2\text{O}_3$ برابر ۱ [۱۵]

CdO(%) : ● ۶۵ ■ ۶۰ ▲ ۵۵

پس از انجام آزمایش‌های نوری بر روی شیشه‌های سیستم کادمیوم بورو سیلیکاتی مشخص شد که تیره و روشن شدن این شیشه‌ها به شدت وابسته به ترکیب اولیه است. این نتایج به صورت خلاصه در اشکال ۲ و ۳ آورده شده است.

با توجه به اشکال مشاهده می‌شود که در یک نسبت ثابت $\text{SiO}_2 / \text{B}_2\text{O}_3$ تغییر دانسیته نوری به شدت وابسته به ترکیب است. در حالی که در یک درصد ثابت اکسید کادمیوم دانسیته نوری خیلی به ترکیب وابسته نیست. به علاوه با توجه به نتایج بدست آمده از آزمایش‌های نوری مشاهده شد که شیشه با ترکیب $60\text{CdO}-25\text{B}_2\text{O}_3-15\text{SiO}_2$ قویترین خواص فتوکرومیک را به نمایش گذاشته است [۱۵].

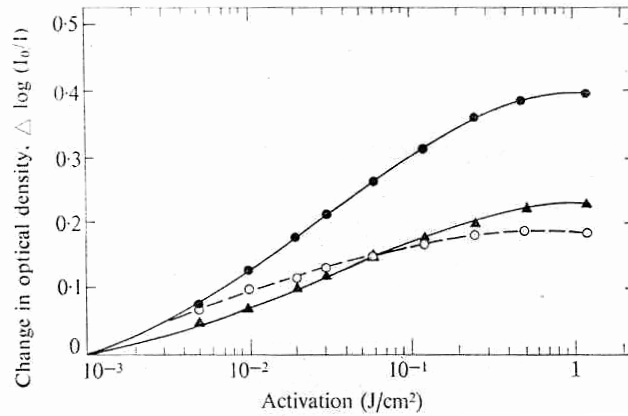
علاوه بر این تاثیر برخی از افزودنی‌ها هم بر روی این شیشه‌ها مورد بررسی قرار گرفته که نتایج با کمک اشکال ۴ و ۵ بیان شده است. طبق این نتایج دیده می‌شود که افزودن مس سبب تیره شدن بیشتر این شیشه‌ها می‌شود.



شکل ۴- طول موج بر حسب ترکیب [۱۵]

▲ ۱۰ ○ ۱۵ ■ ۲۰ ● ۲۵ : $\text{B}_2\text{O}_3(\%)$

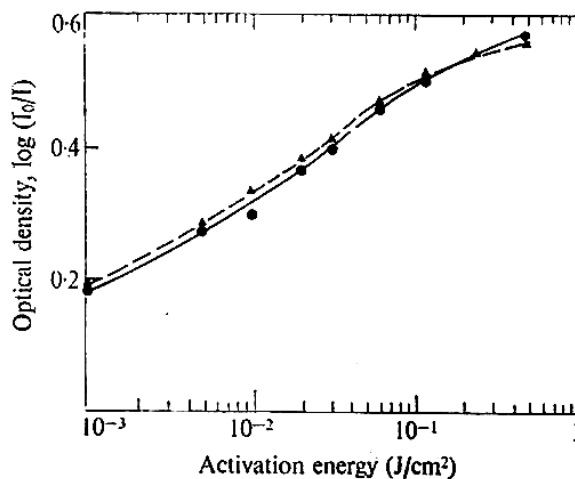




شکل ۵- شکل ۵ تاثیر افزایش مس [۱۵]

Cu(%) : ● 0.01 ▲ 0.05 ○ nil

در نهایت مزیت بسیار مهم شیشه‌های فتوکرومیک ساخته شده از ترکیبات سیستم کادمیوم بورو سیلیکاتی مربوط به عدم مشاهده آثار خستگی نوری در آنهاست که این مطلب در شکل ۶ نشان داده شده است.



شکل ۶- بررسی خستگی نوری در شیشه‌های کادمیوم بوروسیلیکات [۱۵]

همانطور که مشاهده می‌شود حتی بعد از ۱۲۵۰ سیکل هیچ تغییری در خواص تیره شدن این شیشه بوجود نیامده است.

۱-۵- روش‌های مختلف ساخت شیشه فتوکروم

الف- روش مرسوم و سنتی

روش‌های مرسوم و سنتی ساخت شیشه‌های فتوکرومیک به اختصار اغلب شامل مراحل ذوب، شکل دهی و عملیات حرارتی بوده‌اند که به این ترتیب شیشه‌هایی معمولاً به صورت بالک و با ابعاد کوچک بدست می‌آید. بطور کلی در محصولات فتوکروم بعد از اینکه شیشه در دمای بالای ۱۴۰۰ درجه سانتیگراد ذوب شد و سپس شکل گرفت، به منظور تبلور میکرو کریستال‌های هالید نقره از شیشه همگن، آنیل کردن در دماهای ۵۰۰-۷۰۰ درجه سانتیگراد مورد استفاده قرار می‌گیرد. بنابر این ساخت شیشه‌های بزرگ و تخت اقتصادی، سخت می‌باشد. این مطلب باعث محدود شدن استفاده از شیشه‌های فتوکرومیک شده است. به همین دلیل

¹ Flat

امروزه محققان به دنبال روش‌های جدیدتری برای ساخت شیشه‌های فتوکرومیک هستند تا علاوه بر حفظ خواص فتوکرومیک، مشکلات مطرح در روش‌های سنتی نیز برطرف شده باشد.

ب - پوشش‌های فتوکروم

از جمله روش‌های جدیدتر ساخت شیشه‌های فتوکروم ایجاد پوشش‌های فتوکروم شامل کریستال‌های هالید نقره روی پایه‌های شیشه‌ای بوسیله روش سل-ژل می‌باشد.

استفاده از روش سل-ژل برای تهیه شیشه‌ها و سرامیک‌ها در دماهای پایین‌تر نسبت به روش‌های مرسوم ذوب و زینتر، شرایط مناسب‌تری را برای ساخت لایه‌های آلی یا غیرآلی فراهم می‌سازد. تا کنون روش‌های مختلفی برای تهیه پوشش‌های فتوکرومیک از روش سل-ژل مطرح شده است، اما مشکل اصلی این پوشش‌ها نیز این است که برای روشن شدن نیاز به عملیات حرارتی دارند و به طور کلی روشن شدن واکنش‌ها در دمای اتاق انجام نمی‌شود. اما بعدها مشخص شد که می‌توان با افزودن یون‌های مس به پوشش، حتی در دمای اتاق هم این لایه قادر به محو کردن واکنش خواهد بود [۱۷].

به عنوان یک مثال روش جدیدتر ساخت شیشه‌های فتوکرومیک با استفاده از پوشش دهی را می‌توان چنین تشریح کرد که در این روش ابتدا یک لایه محافظ سیلیکاتی^۱ به روش پوشش دهی چرخشی^۲ روی پایه شیشه‌ای ایجاد می‌شود. به این ترتیب این پوشش با ضخامت در حدود ۸۰nm مانع از مهاجرت یون‌های Ag^+ به درون پایه شیشه‌ای می‌شود. در این ارتباط هنوز شیشه‌های سیلیکاتی به عنوان مناسب‌ترین گزینه در مورد پایه شیشه‌ای مطرح هستند.

لازم به ذکر است که روش پوشش دهی چرخشی روشی بسیار دقیق برای اعمال پوشش با اب عادی کاملاً کنترل شده می‌باشد. در مرحله بعد مجموعه شامل قطعه و پوشش پخت می‌گردند [۱۸].

در ادامه نوبت به پوشش دهی لایه‌ای حساس به نور^۳ روی این لایه محافظ است. این لایه حساس به نور معمولاً ضخامتی در حدود $1/0 \mu m$ دارد [۱۹].

اما از جمله نکات بسیار مهم در مورد این لایه دمای پخت آن است. پوشش‌های پخت شده در بالای ۳۰۰ درجه سانتیگراد شفاف و حساس به نور می‌شوند که این مطلب بدلیل رسوب میکروکریستال‌های $AgCl$ در پوشش در این دماست. مقدار میانگین سایز کریستال‌های $AgCl$ محاسبه شده از اندازه گیری‌های XRD در ۳۰۰ درجه سانتیگراد حدود ۲۰nm است که با افزایش دمای پخت به ۴۵۰ درجه سانتیگراد تا حدود ۱۶nm کاهش یافته است [۱۷].

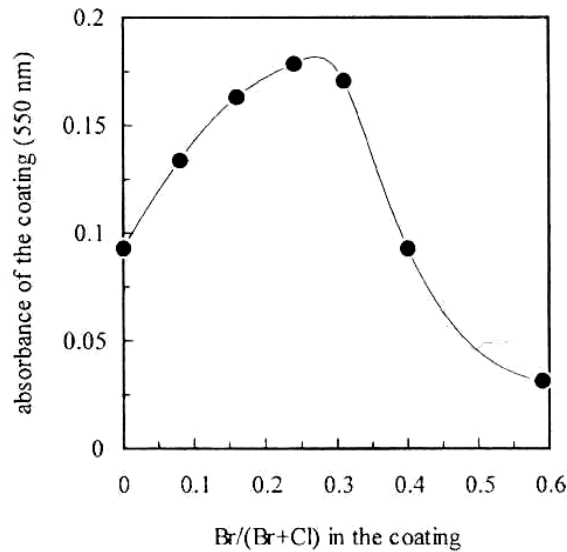
از طرفی دیگر در شیشه‌های حاوی $AgCl-AgBr$ میکروکریستال‌های محلول جامد، خصوصیات فتوکرومیک بیشتری را از آنها می‌تواند که فقط حاوی یکی از میکروکریستال‌های $AgCl$ یا $AgBr$ هستند از خود نشان می‌دهند. بنابراین افزودن برم به این پوشش‌ها در جهت بهبود خواص فتوکرومیک است. شکل ۷ کارایی تیره شدن پوشش‌ها را با تغییر نسبت $Br / Cl+Br$ نشان می‌دهد. در این نمودار دمای پخت لایه‌های حساس به نور ۴۰۰ درجه سانتیگراد بوده است. همانطور که مشهود است با افزایش نسبت‌های Br در $Br / Cl+Br$ تا حدود ۲۴ درصد مولی، جذب تا ۰/۱۸ افزایش می‌یابد و در مورد میکروکریستال‌های $Ag(Cl_{1-x}Br_x)$ نیز ترکیبی که بهترین شرایط تیره شدن را داراست $Ag(Cl_{0.37}Br_{0.63})$ بوده است که فقط با ۲۴ درصد مولی Br پوشش داده شده بود. علت این ناهماهنگی نیز شاید بدلیل تفاوت در انحلال پذیری کلر و برم در زمینه شیشه باشد. که به طور کلی انحلال پذیری برم در زمینه شیشه‌ای کمتر از کلر است. و بنابراین برم به صورت ترجیحی در میکروکریستال‌های $Ag(Cl_{1-x}Br_x)$ وارد شده است [۱۷].

¹ Buffer layer

² Spin coating

³ Photosensitive layer





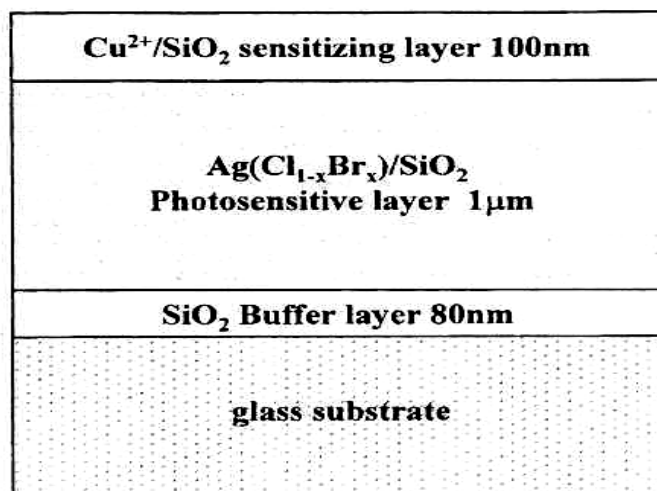
شکل ۷- مقدار جذب پوشش‌ها بعنوان تابعی از نسبت $Br / (Cl+Br)$ در پوشش [۱۷]

با توجه به این مطلب وقتی که مقدار Br در پوشش بالای ۴۰ درصد مولی باشد دیگر پوشش نمی‌تواند شفاف باقی بماند و کدر می‌شود.

اما اگر چه پوشش‌های پخت شده بین ۳۰۰ تا ۴۵۰ درجه سانتیگراد در اثر تابش پرتو UV تیره شده‌اند اما در دمای اتاق مجدداً روشن نشدند.

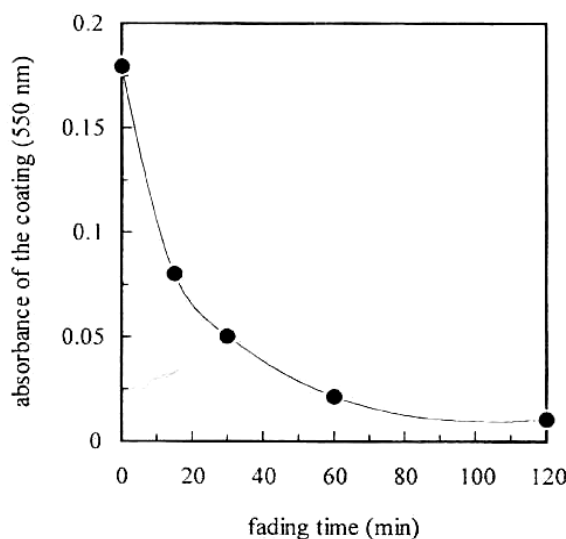
برای رفع این عیب هم تلاش‌هایی انجام شده است. به این منظور در شیشه‌های فتوکرومیک تجاری مقدار کمی از یون‌های مس به عنوان عامل حساس کننده به داخل بلورک‌های هالید نقره افزوده می‌شود. در ابتدا سعی شد که یون‌های مس به صورت مستقیم به لایه حساس اضافه شود، اما افزودن یون‌های مس به محلول اولیه باعث توده‌ای شدن ذرات نقره می‌شد. بنابراین تلاش شد که راه دیگری برای افزودن یون‌های Cu^{2+} به لایه حساس به نور پیدا شود که در نهایت راه حل به شکل یک لایه پوشش اضافی مطرح شد که می‌توانست تاثیر بسیار مناسبی در روشن شدن واکنش در دمای اتاق داشته باشد. ضخامت این لایه در حدود ۱۰۰nm می‌باشد [۱۷].

شکل ۸ به طور شماتیک یک برش عرضی از تمام لایه‌های پوشش اعمال شده روی پایه شیشه‌ای را نشان می‌دهد.



شکل ۸- نمای شماتیک برش عرضی پوشش‌های فتوکروم اعمال شده [۱۷]

شکل ۹ نیز رفتار روشن شدن پوشش تیره شده با لایه حساس کننده حاوی ۵ درصد مولی مس را نشان می‌دهد [۱۷].



شکل ۹- رفتار روشن شدن لایه حساس پوشش حاوی ۵ درصد مولی مس [۱۷]

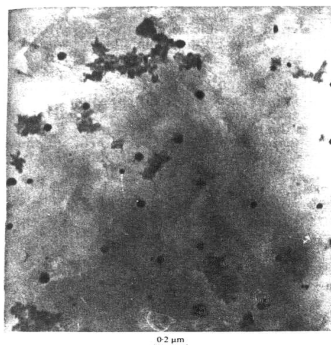
پ- روش تعویض یونی

تعویض یا جایگزینی یونی^۱ شیشه در حمام مذاب روشی است که در آن یون‌های فلزی موجود در مذاب به داخل ساختار شیشه نفوذ و جایگزین برخی از یون‌های شیشه می‌گردند. روش تعویض یونی از حمام مذاب طی ۲۰ سال گذشته برای تولید ابزارهای نوری به صورت وسیعی مورد استفاده قرار گرفته است. نتیجه آزمایش‌های متعدد حاکی از قابلیت تکرار پذیری عالی روش تعویض یونی از دیدگاه پروفیل نفوذ و غلظت یون مورد نظر، بخصوص در مورد یون‌های نقره بوده است. روش تعویض یونی به علت امکان ارائه طیف وسیعی از یون‌هایی که به روش مذاب نمی‌توان آنها را به شیشه افزود روش منحصر بفردی است. از جمله مزایای دیگر این روش می‌توان به قابلیت انعطاف این روش در مورد یون‌های تعویض شونده و نوع شیشه پایه و ترکیب این دو جزء اشاره کرد. نکته بسیار مهم دیگری که در این روش وجود دارد این است که کنترل ظرفیت یون‌های مس امکان‌پذیر است. معمولاً مقادیری اکسید مس برای بالا بردن حساسیت و افزایش تیره شدن شیشه فتوکروم به ترکیب شیشه افزوده می‌شود.

آنالیز XRD شیشه‌ها قبل و بعد از تعویض یونی وجود الگوی تفرق کریستال‌ها را در شیشه عملیات حرارتی شده نشان داد. به این ترتیب می‌توان گفت که یک فاز کریستالی در شیشه بعد از عملیات متبلور می‌شود. [۲۰] شکل ۱۰ تصویر TEM از یک نمونه شیشه آلومینوپروسیلیکاتی عملیات حرارتی شده را نشان می‌دهد. آنالیز تفرق الکترونی و میکرو آنالیز TEM نشان داد که ذرات سیاه کوچک موجود در شکل کریستال‌های AgX هستند. این نتایج نشان داد که در شیشه‌ای که حاوی نقره ای نبوده است نقره مشاهده گردیده است. و چون پایه شیشه‌ای حاوی هالید بود، با انجام عملیات حرارتی کریستال‌های هالید نقره متبلور گردیدند. [۲۱]

عملیات حرارتی فاکتور مهمی در این روش است که موجب مهاجرت یون‌های نقره برای ترکیب شدن با یون‌های هالید می‌شود. افزایش دمای عملیات حرارتی، عمل فتوکروم شدن را نیز افزایش می‌دهد [۲۲].

¹ Ion exchange



شکل ۱۰- گراف TEM کریستال‌های AgX در شیشه آلومینایی [۲۱]

در طی زمان تعویض یونی یون‌های قلیایی موجود در شیشه به منظور حفظ خنثایی الکتریکی بوسیله تعدادی مساوی از یون‌های نقره جایگزین می‌گردد. عمق نفوذ نیز تابعی از دما و زمان عملیات است و بطور کلی بدیهی است که دما باید به اندازه کافی بالا باشد، اما باید از تغییر فرم دمایی پایه شیشه‌ای و تجزیه گرمایی نمک‌های ذوب شده جلوگیری شود و با توجه به استفاده از نمک‌های نیتراتی دما باید زیر ۴۰۰ درجه سانتیگراد باشد [۲۲].

به طور کلی غلظت نقره در سطح شیشه متناسب با غلظت نقره در حمام مذاب افزایش می‌یابد. اما اگر اتمسفری احیا کننده در سطح شیشه برقرار باشد برخی از یون‌های نقره به حالت اتمی احیا شده و بجای آنکه خاصیت فتوکروم را افزایش دهد تیره شدن ماندگارتر شیشه را باعث می‌شود. از سوی دیگر اگر اتمسفر بصورت خنثی یا اکسیدی نگه داشته شود تمام نقره به حالت یونی باقی مانده و اثر فتوکرومیک می‌تواند با افزایش غلظت $AgNO_3$ در بیج نمک افزایش یابد [۲۳].

۲- بحث و نتیجه گیری

۱- هر چند که می‌توان شیشه‌های فتوکروم شفاف حاوی فاز هالید نقره را با زمینه‌های شیشه‌ای بسیار متنوعی همچون شیشه‌های بوراتی، شیشه‌های فسفاتی، شیشه‌های تلوریتی و غیره تهیه کرد، با این وجود هنوز میزبان‌هایی وجود دارند که فتوکروم کردن آنها با هالیدهای نقره و مس موفقیت آمیز نبوده است [۵ و ۴].

۲- توجه زیادی که تاکنون به شیشه‌های فتوکروم حاوی کلرید نقره معطوف بوده است صرفاً بدلیل پایداری حرارتی بیشتر کلرید در بین دیگر هالوژن‌های نقره می‌باشد. اما برای انتقال لبه حساسیت به سمت طول موج‌های بلند استفاده از برم و ید نیز در شیشه‌های فتوکروم مد نظر قرار گرفته است که در مقایسه با شیشه‌های فتوکروم حاوی کلر، دمایی بالاتر و مدت زمان طولانی‌تر عملیات حرارتی را برای شیشه‌های حاوی $AgBr$ می‌توان ذکر کرد. به همین شکل جایگزینی برمید به جای کلرید منجر به افزایش اتلاف نقره بخاطر احیا شدن نقره، افزایش حساسیت نوری در طول موج‌های بلند طیف و کاهش حساسیت نوری کلی می‌شود [۱۲ و ۱۱].

۳- شیشه‌های سیلیکاتی که به طور وسیع مورد استفاده برای ساخت شیشه‌های فتوکروم قرار می‌گیرند می‌توانند شرایط تیره و روشن شدن فتوکرومیک را با سرعت مناسبی از خود نشان دهند و نیز بعلافت قدمت کارکرد با آنها جزئیات زیادی از پروسه ساختشان تاکنون مشخص شده است [۱۴]. اما متأسفانه ضعف شیشه‌های سیلیکاتی پدیده خستگی نوری در آنهاست که پس از گذشت مدتی بر سرعت تیره و روشن شدن این شیشه‌ها تأثیرات منفی می‌گذارد. اما برای رفع این نقص جایگزین‌هایی مانند شیشه‌های سیستم کادمیوم بوروسیلیکاتی وجود دارند. تحقیقات نشان داده

است که حتی بعد از ۱۲۵۰ سیکل هیچ تغییری در خواص تیره شدن این شیشه بوجود نیامده است و به عبارت دیگر آثار خستگی نوری از شیشه های فتوکروم حذف گردیده است. اما از طرفی دیگر در این شیشه ها احتمالاً رنگ بسیار کم رنگ مایل به زردی مشاهده خواهد شد که ممکن است ناشی از احیاء جزئی کادمیوم بخاطر دماهای ذوب بالا (۱۴۰۰-۱۵۰۰ درجه سانتیگراد) باشد [۱۴ و ۱۵ و ۱۶].

۴- روش های مرسوم و سنتی ساخت شیشه های فتوکرومیک که شامل مراحل ذوب، شکل دهی و عملیات حرارتی می شد دارای معایبی بودند که از جمله مهمترین آنها عدم توانایی ساخت شیشه های بزرگ و صاف می باشد. اما روشی مانند پوشش های فتوکروم که با استفاده از روش سل-ژل انجام می شود تا حدودی این مشکلات را برطرف کرده است. اما مشکل اساسی در این روش نیز نیاز به دماهای بالای پخت (بالتر از ۳۰۰ درجه سانتیگراد) برای بدست آوردن نمونه های شفاف است که با افزودن مرحله پخت به مراحل دیگر، این روش تا حدودی گران و زمان بر به نظر می رسد [۱۷].

۵- روش دیگری به نام روش تعویض یونی به علت امکان ارائه طیف وسیعی از یون هایی که به روش مذاب نمی توان آنها را به شیشه افزود روش منحصر بفردی است. از جمله مزایای دیگر این روش می توان به قابلیت انعطاف این روش در مورد یون های تعویض شونده و نوع شیشه پایه و ترکیب این دو جزء و نیز توانایی کنترل مناسب روی خواص فتوکروم شیشه اشاره کرد. نکته بسیار مهم دیگری که در این روش وجود دارد این است که کنترل ظرفیت یون های مس امکان پذیر است. مشکل عمده این روش نیاز به دماهای بالاتر عملیات حرارتی برای تأمین عمق نفوذ مناسب است اما از طرفی دیگر با توجه به استفاده از نمک های نیتراتی دما باید زیر ۴۰۰ درجه سانتیگراد باشد. بنابر این به نظر می رسد که یافتن دمای عملیات حرارتی مناسب تا حدودی مشکلاتی را بدنبال داشته باشد. گذشته از آن زمان طولانی عملیات حرارتی لازم برای روش تعویض یونی خود بعنوان مشکلی دیگر در این روش مطرح است.

مراجع

۱. ناصر حبیبی، "گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی ساخت شیشه های اپتیک"، شرکت شیشه آگینه، ۱۳۷۰.
۲. واهاک مارکوسیان، "شیشه ساختار، خواص و کاربرد آنها"، انتشارات علم و صنعت، چاپ اول، ۱۳۸۱.
3. Tseknomsky, Glebov, L.B., Dotsenko and A.V., Photochromic Glasses, CRC Press, New York, 1982.
4. Smith, G.P., Photochromic Glasses: Properties and Applications, J. Mat. science, 2, 139, 1967.
5. Dotsenko, A.V., Glebov, L.B., and Tseknomsky, V.A., in Physics and Chemistry of Photochromic Glasses, CRC Press, New York, 1998.
6. Feng, X., And Gao, W., Effect of Phase Separation on the Optical Properties of Photochromic Glasses Containing Halides, J. Non. Cryst. Sol. 11, 302, 1989.
7. Araujo, R.J., Borrelli, N.F., Photochromic Glasses, Optical Properties of Glasses, Uhlmann, D.R., Kreidel, N.J., Eds., Westerville, OH, 1991, 25.
8. Bray, P.J., Nuclear Magnetic Resonance Studies of Glass Spectra, J. Non. Cryst. Sol., 42, 209, 1980.
9. Araujo, R.J., Influence of Host Glass on Precipitation of Cuprous Halides, J. Non. Cryst. Sol., 1997.
10. Morimoto, S., Mashima, M., Effect of Composition on Darkening and Fading Characteristics of Silver halide Photochromic Glass, J. Non. Cryst. Sol., 42, 1231, 1980.
11. Stooky, S>D> Beal, G.H. Pierson, J.E., Full-Color Photosensitive glass, J. Appl. Phys. 49, 5114, 1978.
12. Moriya, J. Composition of Silver Halide Crystal Precipitating in the Alkali Aluminium Borosilicate Glasses Containing Ag, Cl and Br, J. Ceram. Soc. Jaipan, 81, 259, 1973.
13. Caurant, D., Gourier, D., Prassas, M., Electron- Paramagnetic Resonance Study of Silver

- halide Photochromic Glasses: Darkening Mechanism, J. Appl. Phys. 71, 1081, 1992.
14. Swarts, E.L. & Pressau, J.P., Full-Color Photosensitive glass, J. Ceram. Soc. Japan, 81, 259, 1973.
 15. Meiling, G.S., Photochromic in cadmium borosilicate glass, Physics and chemistry of glasses, Vol.14, No.6, Pages 118-123. 1973.
 16. Meiling, G.S., Studies of Glass Spectra, J. Appl. Phys. 49, 5114, 1978.
 17. H. Tomonaga, T. Morimoto, Photochromic Coating including silver halide microcrystals via sol-gel process, Thin Solid Film 392 (2001) 355-360.
 18. Malinovskh, I., The Role of Holes in the Photochromic Prosses, J. Phot. Sci, 16, 57, 1968.
 19. C. Lea, Properties of Photochromic Prosses, Am. J. Scie. 37(2002) 47.
 20. Armistead, W.H. & Stookey, S.D. Phase Separation in Photochromic Glasses, Science 144 (1964) 150-154.
 21. Xie Junlin, He Feng & Xu Chao, Photochromic glass by ion-exchange, Glass Technology, Vol.33, No.5, 176-178, 1992.
 22. Araujo, R.J. & Stookey, S.D., Color Photosensitive glass, (1983). Glass Ind. 48, 687-90.
 23. 23- Brinker, C.J. Ion exchang in Photochromic Glasses J. Non-Cryst. Solids 56, (2000), 179.

مصاحبه

فصلنامه سرمایه ایران به منظور آشنایی با بزرگان علم و دانش در ایران اقدام به انجام مصاحبه‌ای با آقای دکتر رفیعی تبار که بنیانگذار پژوهشکده علوم نانو تکنولوژی در ایران و چهره ماندگار در نانو تکنولوژی در سال ۸۵ بوده‌اند، نموده است. علیرغم مشغله‌های زیاد آقای دکتر رفیعی تبار مصاحبه حضوری با ایشان ترتیب داده شد که بخشی از آن را در ادامه می‌خوانید:

آقای دکتر رفیعی تبار



بیوگرافی:

مشخصات فردی

نام: هاشم
نام خانوادگی: رفیعی تبار
سال و محل تولد: ۲۵ آذر ۱۳۲۷، تهران

مدارج تحصیلی

لیسانس فیزیک (انگلستان)
فوق لیسانس فیزیک و تکنولوژی هسته ای (انگلستان)
دکتری فیزیک نظری و ذرات بنیادی (انگلستان)

مشاغل، فعالیت ها و دستاوردهای گذشته و جاری

داخل کشور:

- استاد رشته نانو تکنولوژی محاسباتی، گروه فیزیک و مهندسی پزشکی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی از سال ۱۳۸۴.

- پایه گذار پژوهشکده علوم نانو (اولین نهاد پژوهشی نانو تکنولوژی در ایران) در پژوهشگاه دانشهای بنیادی (IPM) در سال ۱۳۸۲.
- ریاست پژوهشکده علوم نانو در پژوهشگاه دانشهای بنیادی (IPM) از ابتدای تأسیس آن در ۱۳۸۲.
- استاد نانو تکنولوژی محاسباتی و فیزیک ماده چگال در پژوهشگاه دانشهای بنیادی (IPM) از سال ۱۳۸۰.
- پایه گذار حوزه نانو تکنولوژی در ایران در سال ۱۳۸۰ و مؤسس و رئیس اولین کمیته نانو تکنولوژی در وزارت علوم، تحقیقات و فناوری ۱۳۸۱ - ۱۳۸۳.
- پایه گذار اولین دوره دکترای تخصصی (PhD) در حوزه علوم و فناوری نانو در ایران در سال ۱۳۸۲.

خارج از کشور

- رئیس بخش علوم نانو در دانشگاه گرینویچ انگلستان به مدت ۷ سال (۲۰۰۰-۱۹۹۳)
- استاد مدعو و پایه گذار رشته نانو تکنولوژی محاسباتی، دانشگاه توهو کو ژاپن (۱۹۹۳-۱۹۹۲)
- محقق ارشد و پایه گذار حوزه نانو- فیزیک محاسباتی در دانشگاه آکسفورد انگلستان (۱۹۹۲-۱۹۹۰)
- محقق ویزیتور در حوزه مبانی نظری مکانیک کوانتومی لائبراتور فیزیک نظری، انیستیتو هانری پوان کاره پاریس (۱۹۸۷-۱۹۸۴)
- مشاور آموزشی سازمان ملل (United Nation Educational Consultant) (۱۹۹۵-۱۹۹۴)
- ریاست مشترک کمیته کنفرانس جهانی فیزیک توسعه پایدار در آفریقای جنوبی در سال ۲۰۰۵.
- تدوین کننده و مسئول بیش از ۷۰ طرح بزرگ پژوهشی در انگلستان، ژاپن و لهستان.
- ارائه بیش از ۱۵۰ سخنرانی علمی در اکثریت دانشگاه های ایران، و در دانشگاه های انگلستان، ژاپن، آمریکا، لهستان و آلمان.
- فعالیت پژوهشی و چاپ بیش از ۶۰ مقاله علمی در معتبرترین ژورنال های خارجی در ۵ حوزه متفاوت: فیزیک ماده چگال، مبانی مکانیک کوانتومی، نانوفیزیک محاسباتی، نانو بیوفیزیک، نظریه مواد.
- انتشار فصل های برخی کتب به زبان انگلیسی در حوزه نانو تکنولوژی بنا به دعوت هیأت های ویراستاری.
- تألیف اولین کتاب کامل در حوزه نانو تکنولوژی محاسباتی به زبان انگلیسی که در ایران نگاشته شده و در خارج از کشور از طرف مؤسسه انتشارات دانشگاه کمبریج انگلستان.
- دارنده رتبه پرارجاع ترین مقالات در سال ۲۰۰۵.
- برنده جایزه انستیتو مواد در انگلستان در سال ۱۹۹۴ میلادی به خاطر اولین تحقیقات محاسباتی در حوزه علوم نانو.
- دریافت کننده پژوهشانه ویژه آکادمی علوم بریتانیا (انجمن سلطنتی علوم)
- چهره ماندگار در نانو تکنولوژی در سال ۱۳۸۵.
- پژوهشگر برتر نانو تکنولوژی در سال ۱۳۸۵ (منتخب جشنواره برترین های نانو فناوری ایران، ستاد ویژه توسعه نانو فناوری وابسته به ریاست جمهوری).

جناب آقای دکتر رفیعی تبار از زمانی که برای این مصاحبه اختصاص دادید، متشکریم.

در زمینه حوزه فعالیت خود در نانومواد مختصری توضیح دهید؟

ما نانومواد را به عنوان موادی که می توان برای هر نوع فناوری بکار گرفت در نظر می گیریم. یکی از

جنبه‌های کار ما استفاده از شبیه سازی و مدل سازی وابسته به کامپیوتر است و عمده کار ما در حال حاضر در مورد نانو حسگرها می‌باشد. نانو حسگرها به عنوان بهترین مصادیق در علم مواد، مهندسی مکانیک و غیره می‌باشند. یک پروژه مهم دیگر که به رشته سرامیک نیز مربوط می‌شود و هدف ویژه‌ای نیز در این کار دنبال می‌شود در مورد بسیاری از خمیرهایی است که به عنوان مواد خام آماده می‌شوند و مقاوم شده به طوریکه نسبت به استرس و تنش مقاومت بالایی داشته باشند. ما هیدروکسی آپاتیت را که ماده‌ی بسیار پیچیده‌ای است مقاوم می‌کنیم و ماده سازی چند مقیاسی را برای اولین بار در ایران انجام می‌دهیم و هدف ما این است که تأثیر نانو لوله‌های کربنی را روی مقاومت این ماده بررسی کنیم.

میزان ارتباط علم نانو و فیزیک را در چه حد ارزیابی می‌کنید؟

علم نانو برای اولین بار توسط فیزیکدانان مطرح گردید. با درایتی که فایمن داشت دریافت که می‌توان با جایگذاری تک اتم‌ها ساختارهایی را به وجود آورد که خواصی کاملاً نوین داشته باشند. در علم نانو با نشأت گرفتن از مسائلی که در طبیعت اتفاق می‌افتد می‌توان سیستم‌هایی را طراحی نمود که قادر به ترمیم خودشان باشند. بکار گرفتن مقوله نانو تکنولوژی اولین بار توسط ژاپنی‌ها صورت گرفت و درک آنها از این عبارت کوچک سازی بود یعنی به جای اینکه با تک اتم از پایین به بالا برسیم، با کوچک سازی از بالا به پایین و به مقیاس نانو برسیم. در نانو تکنولوژی می‌توان نانو ذره‌ای با خواص الکتریکی دلخواه در مقیاس نانو متر ساخت که این تغییر خواص و تغییر اندازه‌ها همه مربوط به علم فیزیک بوده و توسط فیزیکدانان ابداع شده‌اند.

جایگاه علم و تکنولوژی نانو را در کشور چگونه ارزیابی می‌کنید؟

کشور ما که یک کشور در حال گذار یا در حال توسعه است، هم عناصر پیشرفت و هم عناصر کهن را در خود دارد، به گونه‌ای که اینها در حال رقابت با یکدیگر هستند و بالاخره باید یکی بر دیگری چیره شود. عنصر رشد یابنده در کشور ما فناوری نانو است که در کل دنیا نیز در حال رشد است و اگر ما وارد این حوزه نشویم دیگر قادر به دانش محور کردن اقتصاد خود نخواهیم بود. البته نانو فناوری اکنون در کشور ما شروع شده و اگر بتوانیم در بازار فن آوری نانو سهمی داشته باشیم و حتی ۱٪ از این بازار را هم به خود اختصاص دهیم درآمد کلانی را برای کشور بدست خواهیم آورد. بنابراین، من نقش نانو تکنولوژی را برای کشور حیاتی می‌دانم. در مدت ۵ سال که از شروع نانو در کشور می‌گذرد ما هم در دوره‌های آموزشی و هم در دوره‌های پژوهشی موفق بوده ایم آمار بدست آمده از تعداد مقالاتی که از کشور ما در زمینه نانو به چاپ رسیده است نیز گویای این مطلب می‌باشد و خوشبین هستیم که این مسأله سیر خود را به خوبی طی کرده و به جایگاه مطلوب برسیم.

جهت هرچه بیشتر کاربردی نمودن فناوری نانو در کشور چه پیشنهاداتی دارید؟

پژوهش در فناوری نانو عمدتاً در حال ایجاد دانش‌های بنیادی است. کارهای آزمایشگاهی خود نوعی کار بنیادی محسوب می‌شوند و در کشور، ما در بخش اول یعنی بدست آوردن دانش به خوبی عمل می‌نماییم. این به تنهایی کافی نیست. در واقع بین تکنولوژی و صنعت تفاوت وجود دارد و باید دانش را به تکنیک تبدیل نماییم، در حالیکه دانش ما در زمینه تکنیک کافی نیست به عبارتی دیگر تکنیک یا تکنیسین نداریم و به همین دلیل باید تکنولوژی را دامن زد. بنابراین در قدم اول بدست آوردن دانش‌های بنیادی و در قدم بعدی استفاده از این دانش‌ها برای رسیدن به محصولات و بهینه کردن آنها و ایجاد قوانینی سخت برای کاربرد آنها می‌باشد و پس از اطمینان یافتن از عملکرد خوب آنها، تولید انبوه و تجاری سازی آنها از مراحل

می‌باشند که در تمام کشورهای پیشرفته دنیا نیز به کار گرفته می‌شوند. مثلاً در کشور آمریکا از زمانیکه تفکر در مورد تولید یک دارو شکل می‌گیرد تا زمانیکه این دارو وارد بازار شود و به دست مصرف‌کنندگان برسد ۱۷ سال به طول می‌انجامد و به عبارتی دیگر آنها ابتدا دانش را تولید و سپس آن را تبدیل به تکنیک کرده و از تکنیک در راه تولید محصول استفاده می‌کنند و در نهایت تولید انبوه را انجام می‌دهند البته لازم به ذکر است که به کار گرفتن این روش و مراحل تولید نیازمند کار تیمی است.

ریسک‌ها و مخاطرات نانو تکنولوژی را مطرح کنید.

ریسک‌ها و مخاطراتی که در زمینه نانو وجود دارد بسیار بالاست به گونه‌ای که کوچکترین اشتباه در کار ممکن است باعث به وجود آمدن خطرات جبران‌ناپذیری شود. به عبارتی دیگر به صورت بالقوه خطر وجود دارد. مثلاً در مورد سیستم‌های غیر زیستی اگر ترانزیستور ساخته شده با فرآیند نانو تکنولوژی بسوزد خسارات وارده زیاد ولی قابل جبران است ولی این خطر در مورد سیستم‌های زیستی بسیار جدی و غیر قابل جبران می‌تواند باشد.

جایگاه علم نانو در سرامیک را چگونه ارزیابی می‌کنید و آیا شرایط برای پیشرفت در این زمینه را مثبت ارزیابی می‌کنید؟

جایگاه علم نانو در سرامیک بسیار خوب ارزیابی شده است. بسیاری از محصولات سرامیکی در آثار باستانی ما وجود دارند و در این آثار باستانی نیز نانو تکنولوژی به صورت گسترده‌ای به کار گرفته می‌شود. در دانشگاه مرمت در اصفهان برای سرامیک‌هایی که در زیر آلاینده‌های گوناگون که موم زنبور عسل یکی از اینها بوده است، مدفون شده‌اند که می‌توانند با فن آوری نانو بازسازی شوند و روی آنها کارهای هنری مثل نقاشی صورت گیرد. در دوران گذشته در ایران سفال‌هایی کشف شده‌اند که دارای سطح سرامیکی نانو ساختار می‌باشند و این سرامیک‌ها خواص خود را حفظ کرده‌اند. فن آوری در زمینه سرامیک در اقتصاد کشور نقش و جایگاه مهمی را می‌تواند به خود اختصاص دهد چون اگر قرار باشد ما در حوزه نانو مواد پیشرفت کنیم یکی از جنبه‌های این حوزه سرامیک‌ها را در برمی‌گیرد. همچنین کاشی‌های ایران نیز در حوزه خلیج فارس بسیار مرغوب بوده و از زیبایی خاصی برخوردارند و می‌توان با نوآوری در صنعت سرامیک به گونه‌ای عمل کرد که در دنیا بی‌نظیر باشند و برای رسیدن به این هدف باید کیفیت و مرغوبیت محصولات را افزایش داد و از این طریق به بازار خوبی نیز دست پیدا می‌کرد در این صورت است که صنعت سرامیک نیز می‌تواند در کنار صنعت نفت برای کشور درآمدزا باشد.

برای بهبود شرایط صنعت سرامیک چه پیشنهاداتی دارید؟

ما باید همین صنعت سرامیک را با وضع موجود بهتر کنیم و یا در زمینه‌های بسیار ویژه مانند سرامیک‌هایی که به حرارت بالا مقاومند و یا در تجهیزات سرامیکی که در صنایع خاصی مثل فرستادن ماهواره مورد نیاز است، و به تخصص‌های بسیار بالایی نیاز دارند پیشرفت نموده و در بازار جهانی سهمی بدست آوریم. در این صورت، حتی اگر تولید کمی داشته باشیم ولی به دلیل بالا بودن ارزش افزوده این محصولات می‌توانیم درآمدزایی بالایی داشته باشیم.

برای اینکه فارغ التحصیلانی که وارد بازار می‌شوند برای بازار کار مفید باشند و بهره‌وری لازم را داشته باشند چه پیشنهاداتی دارید؟

دانشجویان باید حوزه‌هایی را انتخاب کنند که زمینه کار برای آن وجود داشته باشد و می‌توانند علاقه‌مندی

خود را با این امر تلیق نمایند. من فکر می‌کنم آموزش و پرورش باید موضوعات درسی را به گونه‌ای ارائه نماید که با شرایط روز جامعه هماهنگ باشد و مطالب ارائه شده در دانشگاه و جزوات تدریس به روز گردد. فارغ التحصیلان نیز پس از اتمام تحصیلات برای اینکه بتوانند در بازار کار موفق باشند باید نوآوری و ابداع را سرلوحه کار خود قرار دهند یعنی متاعی را ارائه کنند که برای آن خریداری وجود داشته باشد چون هر رشته‌ای بالاخره پس از مدتی اشباع خواهد شد، از طرفی دیگر آینده‌نگری را نیز نباید نادیده بگیرند.

آیا تعداد دانشجویان و دانشگاههایی که در رشته نانو فعالیت می‌کنند با توجه به گستردگی این رشته کافی می‌دانید؟

در شرایط فعلی با توجه به سطح فعلیتی که در این رشته در کشور وجود دارد کفایت. به نظر من بهتر است در زمینه فن آوری نوین با ایجاد یک دانشگاه و در صورت کافی نبودن با ایجاد دانشگاه‌هایی در چند نقطه از کشور زمینه تحصیل علم را برای دانشجویان در آن رشته خاص امکان پذیر نماییم به عبارتی دیگر در سیستم آموزشی و تحقیقی خود تمرکز ایجاد نماییم. مثلاً به جای اینکه ۲۰ عدد میکروسکوپ STM را در دانشگاه‌ها تقسیم و توزیع کنیم، همه این امکانات را در یک جا برای استفاده محققین بکار گیریم و افرادی که تمایل به انجام کار تحقیقاتی دارند برای استفاده از این امکانات در این مکان گردهم آیند. به عنوان مثال اگر ما یک شهرک نانو را در جایی خوش آب و هوا از کشور ایجاد کنیم و تمام پژوهش‌های نانو در کشور و حتی کشورهای همسایه در آن منطقه انجام گیرد بسیار بهتر خواهد بود. در گذشته اعزام دانشجویان به خارج از کشور بدون برنامه صورت می‌گرفت یعنی توجهی به این امر که آیا در کشورمان به این رشته نیاز داریم یا نه، صورت نمی‌گرفت ولی خوشبختانه امروزه به درک بهتری رسیده ایم و در زمینه‌هایی که به کسب دانش در خارج از کشور نیاز داریم دانشجویان اعزام می‌شوند و رشته‌های اولویت دار نیز معرفی شده‌اند. بنابراین تعداد دانشجویان فعال در این رشته با توجه به زمینه فعلی نانو در کشور کفایت ولی برای سال‌های آینده طبیعتاً کافی نخواهد بود و نیاز به جهش‌هایی خواهیم داشت.

اگر دوباره به گذشته باز گردید آیا همین راه و همین زمینه تخصصی را برای خود انتخاب می‌کنید؟

بله، چیزی که در زندگی مهم است این است که هر فرد در آنچه که به عنوان هدف انتخاب کرده است بهترین باشد. من پس از گرفتن دیپلم در سن ۱۶ سالگی برای ادامه تحصیل به انگلستان رفته و در رشته مورد علاقه ام ادامه تحصیل دادم و با تلاش به آنچه که در فیزیک می‌خواستیم رسیده‌ام بنابراین در زمینه علمی همین راه طی شده را دوباره انتخاب خواهم کرد.

نظر شما در مورد نشریات تخصصی موجود در کشور در زمینه نانو و سرمایه چیست؟

از آنجا که در کشور ما متأسفانه مطالعه جایگاه مناسبی ندارد بنابراین این نشریات با دیدی درون‌کشوری و همچنین در نظر گرفتن اتفاقاتی که در سراسر دنیا می‌افتد می‌توانند بسیار مفید و مثر ثمر باشند.

با تشکر از وقتی که برای این مصاحبه اختصاص دادید.

معرفی پایانه‌های تخصصی تکمیل

پایان‌نامه‌های کارشناسی ارشد

بررسی رفتار رئولوژیک (پایداری و سیالیت) دوغاب مخلوط

SiC و کربن بلک نانومتری

دانشجوی: زهرا صالحپور

استادان راهنما: دکتر علیرضا میرحبیبی، دکتر جعفر جوادپور

دانشگاه علم و صنعت ایران

خرداد ۱۳۸۶

چکیده: ساخت بدنه‌های سیلیکون کاربیدی بدلیل اتصالات کوالانسی سیلیکون کاربید همواره با مشکلاتی همراه است که این امر کاربرد آن را در تولید قطعاتی با اشکال پیچیده محدود می‌سازد. در ساخت بدنه‌های سیلیکون کاربیدی معمولاً از مواد دیگر از جمله رس‌ها برای ایجاد باندهای اتصال استفاده می‌گردد که افزودن اینگونه مواد تا حدودی خواص عالی سیلیکون کاربید را تحت‌الشعاع قرار می‌دهد. روش ریخته‌گری دوغابی، یک روش مطلوب برای تولید قطعاتی با اشکال پیچیده با دانسیته خام بالا است که از مزایای این روش نسبت به روش‌های دیگر مثل پرس گرم محسوب می‌گردد. همچنین ارزان قیمت بودن و عدم نیاز به ماشینکاری‌های ویژه از مزایای دیگر این روش می‌باشد. هدف از این پروژه تحقیق در مورد خواص رئولوژیکی و رفتار سیلانی سوسپانسیون‌های سیلیکون کاربید / کربن بلک به منظور تهیه کامپوزیت‌های SiC-SiC از طریق فرآیند کلوئیدی می‌باشد. از آنجاییکه نقش اصلی در رفتار سوسپانسیون‌های دو جزئی به عهده کربن بلک به دلیل ریزدانه تر بودن، می‌باشد تمرکز اصلی تحقیق بر روی رفتار رئولوژی کربن بلک است. کربن بلک به دلیل سطح مخصوص بالا، بسته به شیمی سطح خود، ظرفیت زیادی برای جذب آب، حلال‌ها، چسب‌ها و پلیمرها دارد. رفتار رئولوژیکی سوسپانسیون‌های کربن بلک بستگی زیادی به pH و در نتیجه میزان یون‌های H^+ و OH^- که یونهای تعیین کننده پتانسیل می‌باشند، دارد. در این تحقیق که بر روی کربن بلک کوره‌ای تولید داخل با سطح مخصوص $113m^2/g$ و اندازه متوسط دانه ۲۴ نانومتر انجام گردید، مشاهده شد که سوسپانسیون‌های با غلظت پایین ماده جامد، فقط با افزودن قلیا، و در نتیجه افزایش pH کاملاً دیسپرس می‌گردد. با افزایش غلظت ماده جامد، رفتار سوسپانسیون از نیوتنی نهایتاً به آنتی تیکسوتروپ تغییر می‌کند و سوسپانسیون‌های با غلظت جامد بالا تنها با افزودن قلیا دفلوکوله نمی‌شوند و نیاز به افزودن دفلوکولانت دارند. دفلوکولانت‌های مصرفی در این تحقیق عبارتند از: Dispex N40, Dispex G40, CMC که هر سه این پلیمرها اثر دفلوکوله کنندگی خوبی روی سوسپانسیون‌های دو جزئی سیلیکون کاربید / کربن بلک دارند. در مقادیر pH بالای ۱۰ و بدون حضور الکترولیت، ذرات کربن بلک کاملاً دیسپرس هستند. با کاهش pH زیر ۱۰، ذرات کواگوله می‌شوند و تنش تسلیم در منحنی مشاهده می‌گردد که به تدریج با کاهش مداوم pH میزان تنش تسلیم افزایش می‌یابد. شروع تنش تسلیم، همراه با تغییر در رفتار سیلانی از نیوتنی به شبه پلاستیک می‌باشد. افزودن کاتیون‌های تک ظرفیتی و دو ظرفیتی به سوسپانسیون‌های کربن بلک، باعث کواگوله شدن سوسپانسیونی که در ابتدا و به طور معمول دارای رفتار نیوتنی می‌باشد، می‌گردد.

تاثیر افزودن Nb_2O_5 - Y_2O_3 بر ساختار ریز و خواص فروالکتريکی

دانشجو: مرتضی عابدینی

استادان راهنما: دکتر نعمتی، دکتر علی بیت اللهی

استاد مشاور: دکتر تمیزی فر

دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات

چکیده: در این تحقیق برای بررسی اثر افزودن یون‌های Nb ، Y بر ریزساختار و خواص فروالکتريکی PZT ترکیب پایه $Pb(Zr_{0.53}Ti_{0.47})O_3$ در مرز مورفوتروپیک انتخاب شد و یون‌های افزودنی نیز به صورت $Pb(Y_{0.5}Nb_{0.5})O_3$ به ترکیب اضافه شد و با تغییر غلظت از ۰ تا ۱۰ درصد مولی در ترکیب $Pb_{1-0.5x}Y_{0.5x}(Zr_{0.53x-0.5x}Nb_{0.5x}Ti_{0.47})O_3$ اثرات ناشی از حضور این یون‌ها در ساختار بررسی شد.

با افزودن PNY تا ۲/۵ درصد مولی، ترکیب PZT ایجاد شده تک فاز است ولی با افزایش این درصد فاز، ثانویه غنی از ایتریا و زیرکونیا ایجاد می‌شود. با افزودن بیشتر PYN مقدار فاز ثانویه افزایش می‌یابد. ولی Nb در فاز ثانویه دیده نمی‌شود و به طور کامل در ترکیب حل می‌شود. با افزایش میزان انحلال Y در شبکه تتراگونالیتی آن افزایش پیدا می‌کند ولی بعد از ۲/۵٪ مولی با توجه به اینکه ایتریا دیگر در ترکیب حل نمی‌شود Nb دوباره شبکه را به سمت شبکه شبه مکعبی می‌برد و در نهایت در بالاتر از ۷/۵٪ مولی PYN شبکه به صورت رمبوئدرال در می‌آید. همچنین افزودن PYN به ترکیب باعث جلوگیری از رشد دانه‌ها و کاهش اندازه دانه و افزایش دانسیته می‌شود ولی با ایجاد فاز ثانویه سرعت ریز شدن دانه‌ها افزایش می‌یابد و دانسیته نیز کاهش پیدا می‌کند. در ضمن با افزایش انحلال PNY تا ۲/۵ درصد مولی مقدار d_{33} افزایش پیدا می‌کند و مقاومت الکتريکی و g_{33} کاهش و تلفات دی الکتريکی نیز تا ۲/۵٪ مولی PYN افزایش و سپس کاهش پیدا می‌کند.

تهیه قطعه چدنی با روکش لعاب ضد اسید سرامیکی

دانشجو: علی داننده

استادان راهنما: دکتر محمدعلی فقیهی ثانی، دکتر علیرضا میرحبیبی

دانشگاه صنعتی شریف

آبان ۱۳۸۵

چکیده: فلزات علیرغم خصوصیات منحصر به فرد فیزیکی و مکانیکی، در برابر عوامل محیطی و شیمیایی آسیب‌پذیر هستند. آلیاژسازی و استفاده از پوشش‌های سرامیکی، فلزی و آلی متداول‌ترین روش‌های حفاظت سطوح فلزی در برابر اکسیداسیون، عوامل شیمیایی و حرارت است. انامل‌های پرسلانی پوشش‌های سرامیکی هستند که بطور گسترده برای محافظت محصولات ساخته شده از ورقه‌های فولادی، قطعات ریختگی چدنی و قطعات آلومینیومی در برابر عوامل مذکور بکار می‌روند. در این تحقیق فریت آستر و فریت رویه چدن با ترکیب شیمیایی مقاوم در برابر اسید ساخته و بر روی نمونه‌های چدنی اعمال گردید. نمونه‌های چدنی از جنس چدن خاکستری و با استفاده از روش ریخته‌گری در قالب ماسه ای CO_2 تولید شدند. پس از ساخت، اعمال و پخت ۱۴ انامل آستر و ۶ انامل رویه با ترکیب‌های مختلف به روش $flow\ coating$ بهترین ترکیب فریت آستر و رویه از لحاظ چسبندگی مناسب به زمینه فلزی و کیفیت ظاهری به دست آمد. ارزیابی چسبندگی پوشش بر اساس استاندارد ASTM B916-01 انجام شد که نتایج نشان دهنده چسبندگی مناسب پوشش به

زمینه فلزی می‌باشد. تصاویر SEM تهیه شده با استفاده از الکترون‌های برگشتی، یک فصل مشترک واکنشی بین لعاب آستر و زمینه فلزی را نشان می‌دهد که از طریق ایجاد پیوستگی شیمیایی بین آستر و فلز باعث اتصال انامل به فلز شده است. آنالیز عنصری EDS مکانیزم اکسیداسیون آهن و انحلال لایه اکسیدی تشکیل شده در لعاب آستر را تایید نموده و همچنین نقش اکسیدهای مس و نیکل در کمک به تشکیل لایه واکنشی با توجه به حضور این عناصر در فصل مشترک، از نتایج EDS استنباط می‌شود. نرخ خوردگی این پوشش در برابر اسید کلریدریک جوشان بر اساس استاندارد ISO 2743 و در یک تست ۷ روزه، $1/3 \text{igr}(m^2.day)$ و عدد مقاومت پوشش در برابر شوک حرارتی طبق استاندارد ASTM C385-58 $4/5$ Cycles بدست آمد.

واژه‌های کلیدی: انامل، لعاب فلز، ضداسید، چدن، پسران.

ساخت و بررسی خواص کامپوزیت شیشه-سرامیک



تقویت شده با جزء دوم

دانشجو: مازیار منتظریان

استاد راهنما: دکتر پروین علیزاده

استاد مشاور: دکتر بیژن افتخاری

دانشگاه تربیت مدرس

بهمن ۱۳۸۶

چکیده: در این تحقیق، کامپوزیت شیشه-سرامیک‌های میکا و میکا-آپاتیت حاوی مقادیر ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد وزنی ذرات زیرکنیای نیمه پایدار شده ($\gamma\text{-PSZ}$ ، ZrO_2 نیمه پایدار شده با ۳ درصد مولی Y_2O_3) از طریق سینتر بدون فشار تهیه شدند. ابتدا شیشه-سرامیک میکا با ذرات $\gamma\text{-PSZ}$ تقویت گردید. سپس شیشه-سرامیک میکا-آپاتیت نیز از طریق سینتر کردن مخلوط ۸۰ درصد وزنی شیشه‌ای متعلق به سیستم فلورو-میکا و ۲۰ درصد وزنی شیشه‌ای در سیستم آپاتیت-دیوساید ($\text{CaO-SiO}_2\text{-P}_2\text{O}_5\text{-MgO-Fe}_2\text{O}_3$) تهیه گردید و خواص آن نیز بررسی شد. در نهایت کامپوزیت‌های شیشه-سرامیک میکا-آپاتیت نیز از طریق سینتر کردن مخلوط شیشه‌های فوق همراه با ذرات $\gamma\text{-PSZ}$ تهیه شدند. فرآیند سینتر در محدوده دمایی 1170°C - 1060°C به مدت ۴ ساعت انجام شد. فازهای موجود در کامپوزیت‌ها به کمک پراش پرتو ایکس (XRD) و ساختار آنها با میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) بررسی گردید. خواص مکانیکی کامپوزیت‌ها نظیر استحکام خمشی، سختی و چقرمگی شکست اندازه‌گیری شد و با شیشه-سرامیک‌های پایه مقایسه گردید.

نتایج نشان می‌دهد که زیرکنیا در کامپوزیت میکا به طور جزئی در شیشه باقی مانده حل می‌شود و فاز زیرکن (ZrSiO_4) نیز رسوب می‌کند. به نظر می‌رسد، کاهش اثر پایدارکنندگی Y_2O_3 باعث انجام استحاله زیرکنیای تتراگونال به منوکلینیک نیز می‌شود. استحکام خمشی شیشه-سرامیک میکا تقویت شده با ۱۵ درصد وزنی $\gamma\text{-PSZ}$ از $10/50 \pm 50/91$ به $13/80 \pm 132/47$ مگاپاسکال بهبود یافت. چقرمگی و سختی کامپوزیت‌ها نیز افزایش یافت. در کامپوزیت شیشه-سرامیک میکا-آپاتیت تقریباً همه مقادیر زیرکنیا با شیشه باقی مانده واکنش داده و زیرکن به شکل ذرات منشوری شکل با سطح مقطع مربعی تشکیل می‌شود. مقدار اندکی ذرات کروی زیرکنیا نیز شناسایی گردید. تشکیل زیرکن به دلیل حل شدن زیرکنیا در شیشه باقی مانده و رسوب زیرکن در مراحل پایانی سینتر می‌باشد. خواص مکانیکی شیشه-سرامیک میکا-آپاتیت حاوی ۱۰ درصد وزنی زیرکنیا نیز بهبود یافت. مکانیزم اصلی در بهبود خواص مکانیکی کامپوزیت‌ها، انحراف ترک و تقویت استحکام شیشه باقی مانده در اثر حل شدن زیرکنیا تشخیص داده شد.

واژه‌های کلیدی: شیشه-سرامیک، کامپوزیت، میکا، آپاتیت، زیرکنیا، خواص مکانیکی



ساخت و بررسی زیست سازگاری نانوکامپوزیت پلی کاپرولاکتون فومارات/متاکریلیک اسید/هیدروکسی آپاتیت جهت بازسازی بافت استخوان

دانشجو: یوسف شفیعیان

استادان راهنما: دکتر علیرضا خاوندی، دکتر محمدعلی شکر گزار

استادان مشاور: دکتر جعفر جوادپور، دکتر محمد حسینی پور

دانشگاه علم و صنعت ایران

خرداد ۱۳۸۶

چکیده: ساخت نانوکامپوزیت پلی کاپرولاکتون فومارات/متاکریلیک اسید/هیدروکسی آپاتیت با هدف جایگزینی بافت استخوانی صورت پذیرفت. در ساخت این کامپوزیت از پلیمر زیست تخریب پذیر غیر اشباع پلی کاپرولاکتون فومارات به عنوان فاز زمینه کامپوزیت و از نانو ذرات هیدروکسی آپاتیت به عنوان فاز تقویت کننده زیست فعال کامپوزیت بهره گرفته شد. پس از سنتز پلیمر و نانو ذرات سرمایی، با استفاده از روش‌های آنالیز مواد متعارف شناسایی و آنالیز آنها صورت پذیرفت. با استفاده از شبکه‌ای شدن ماکرومر پلی کاپرولاکتون فومارات تحت اثر مونومر تک عاملی متاکریلیک اسید، پخت حرارتی نمونه‌های شامل پلی کاپرولاکتون فومارات با وزن مولکولی‌های مختلف و با درصد‌های وزنی متفاوت هیدروکسی آپاتیت و متاکریلیک اسید انجام شد. پس از ساخت کامپوزیت، استحکام کششی قطری نمونه‌های حاصل تحت آزمون DTS تعیین شد. نتایج حاصل نشانگر شکست ترد نمونه‌های کامپوزیتی بود و مشخص شد که با افزایش وزن مولکولی پلی کاپرولاکتون فومارات و درصد وزنی هیدروکسی آپاتیت، استحکام کششی قطری نمونه‌ها افزایش می‌یابد. به منظور بررسی زیست سازگاری نمونه‌های کامپوزیتی حاصل، از آزمون بررسی سمیت سلولی MTT استفاده شد که نتایج حاصل از MTT assay مشخص ساخت که افزایش درصد وزنی هیدروکسی آپاتیت و کاهش وزن مولکولی پلی کاپرولاکتون فومارات تاثیر مستقیم بر افزایش زیست سازگاری نمونه‌های کامپوزیتی دارد. بررسی کیفی چسبندگی سلولی به سطح نمونه‌های کامپوزیتی با استفاده از میکروسکوپ الکترونی روبشی نیز نشان دهنده چسبندگی سلول‌های استخوانی به سطح کامپوزیت‌های با درصد بالاتر وزنی هیدروکسی آپاتیت بود.

فراوری فیروزه از باطله سنگ‌های فیروزه ایران

دانشجو: سید امیر غفاری

استادان راهنما: دکتر محمدعلی فقیهی ثانی، دکتر علیرضا میرحبیبی

دانشگاه صنعتی شریف

شهریور ۱۳۸۵

چکیده: فیروزه یکی از کانی‌های گرانبها است. می‌توان آن را ارزشمندترین کانی غیرشفاف در دنیای تجارت جواهرات به شمار آورد. سالیان سال فیروزه ایران مرغوبترین فیروزه در جهان بوده و واژه فیروزه نیشابور به معنی زیباترین فیروزه دنیا بوده است. البته با کشف معادنی در غرب و جنوب غربی آمریکا رقیب جدی برای فیروزه ایران پیدا شد به نحوی که امروزه بزرگترین تولیدکننده فیروزه دنیا آمریکا است. اما هنوز هم زیباترین فیروزه متعلق به ایران است. فیروزه فسفات هیدراته آلومینیوم است که حاوی مقدار کمی مس می‌باشد. در کنار سنگ‌های زیبایی فیروزه که مقدار آنها کم است، فیروزه‌هایی نیز وجود دارند که به دلایل مختلف از لحاظ رنگ و



استحکام مرغوبیت ندارند. در این پروژه تمام فعالیت‌ها بر روی باطله سنگ‌های فیروزه منطقه باغوی دامغان، که از لحاظ ترکیبی و شرایط تشکیل شدن بسیار نزدیک به فیروزه نیشابور است، انجام می‌شود. سازوکارهای تشکیل کانی فیروزه در طبیعت به طور کامل بررسی شده و سعی می‌شود تا با ایجاد شرایط مصنوعی تشکیل فیروزه به کمک مواد اولیه تشکیل دهنده فیروزه در طبیعت در شرایط هیدروترمال، ایجاد شرایط مناسب برای جوانه زنی و رشد و تبدیل کانی‌های واسط تبدیل شده به فیروزه برای افزایش کیفیت سنگ‌های باطله، ایجاد باندهای فسفاتی در دمای پایین در سرامیک‌ها و ایجاد شرایط مناسب برای تشکیل ترکیبات فسفاتی مشابه زمینه اصلی، تعیین شرایط مناسب برای نفوذ رزین‌های پلیمری و اثر وزن ملکولی مواد آلی، به کارگیری روش‌های افزایش رنگ در کانی فیروزه با استفاده از نفوذ یون‌های رنگ زار، شرایط را برای افزایش کیفیت فیروزه گچی باغو از لحاظ استحکام و رنگ فراهم نمود. روش‌های اعمال شده برای تغییر فیروزه گچی به کمک دستگاه‌های طیف سنجی مادون قرمز، میکروسکوپ الکترونی روشی، آنالیز حرارتی، پراش سنج اشعه ایکس، میکروسکوپ نوری و دانسیته سنج در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

تعیین دوره‌های زمانی مناسب برای استفاده از مواد رنگزا، ویژگی‌های ماده پلیمری مناسب برای استفاده به عنوان پوشش محافظ و مواد استحکام دهنده، شرایط دما، فشار، زمان و مواد اولیه مناسب برای عملیات هیدروترمال در اتوکلاو از دستاوردهای مهم این تحقیق است.

واژه‌های کلیدی: فیروزه، هیدروترمال، هیدروکلاو، باغو.

فرمولاسیون و ساخت کامپوزیت سرامیکی سلسین و بررسی

خواص آن

دانشجو: محمدرضا شیرویه عراقی

استاد راهنما: دکتر نعمتی

استاد مشاور: دکتر صولتی

دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات

چکیده: در سال‌های اخیر محافل علمی تحقیقات زیادی در زمینه ترکیبات آلومینوسیلیکات باریم (BAS) با فرمول شیمیایی $(BaO.Al_2O_3.2SiO_2)$ انجام داده‌اند. از عمده‌ترین دلایل این امر می‌توان از قابلیت استفاده فاز منوکلینیک این ماده به عنوان ماتریس کامپوزیت‌های زمینه سرامیکی با کاربردهای دما بالا نام برد.

بطور کلی آلومینو سیلیکات باریم دارای سه پلی مورف می‌باشد: منوکلینیک، هگزاگونال و ارتورمیک. فاز هگزاگونال، فاز پایدار دما بالا در محدوده دمای $1760-1590^\circ C$ می‌باشد ولیکن در دماهای پایین تر نیز به صورت یک فاز نیمه پایدار همواره وجود دارد. فاز هگزااسلسین در حین سرمایش در حدود دمای $300^\circ C$ طی یک استحاله پلی مرفیک به فاز ارتورمیک تبدیل می‌شود که با تغییرات حجمی نسبتاً زیادی همراه می‌باشد. در این پژوهش جهت دستیابی به فاز خالص منوکلینیک، واکنش‌های مختلف بین پودرهای اولیه $BaCO_3$ و SiO_2 و Al_2O_3 در حضور مینرالایزر Y_2O_3 مورد بحث و بررسی قرار گرفت.

نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که تشکیل فاز منوکلینیک سلسین و مقدار آن تحت تاثیر مقادیر مناسب مینرالایزر مصرفی و همچنین شرایط فرآیند قرار دارد. بر اساس اطلاعات بدست آمده از الگوهای پراش اشعه ایکس، حضور مینرالایزر Y_2O_3 باعث پیشرفت استحاله پلی مرفیک هگزااسلسین-سلسین می‌شود.

Bulk Metallic Glasses: An Overview

By: Michael Miller, Peter Liaw

Published by: Springer; 1 edition (October 17, 2007)

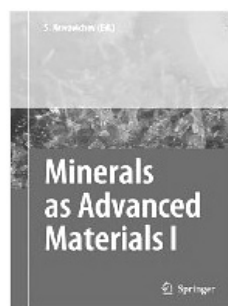


شیشه‌های متالیک بالک، مواد جدیدی با خواص منحصر به فرد و مطلوب زیادی مانند استحکام بالا، سختی مناسب، مقاومت سایشی مطلوب و مقاومت به خوردگی بالا هستند که در کنار ترکیبات توری شکل تولید می‌شوند. این مواد آمورف، کاربردهای مختلفی از کاربردهای ساختاری تا ایمپلنت‌های بیومدیکال دارند. در این کتاب نگاه کاملی بر شیشه‌های متالیک بالک آمده است که از آن جمله می‌توان به اصول طراحی آلیاژها، شکل‌گیری شیشه، فرآیند، مدل‌سازی اتمی، شبیه‌سازی کامپیوتری، خواص مکانیکی و میکروساختارها اشاره کرد.

Minerals as Advanced Materials I

By: Sergey V. Krivovichev

Published by: Springer; 1 edition (May 23, 2008)



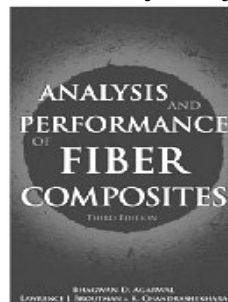
این کتاب مجموعه‌ای از مقالات ارائه شده در اولین کارگاه آموزشی بین‌المللی "مینرال‌ها به عنوان مواد پیشرفته" را ارائه می‌دهد. هدف اصلی این کارگاه آموزشی تعیین کانی‌هایی بود که خواص منحصر به فرد ساختاری، شیمیایی و فیزیکی (که از نقطه نظر علم مواد و کانی‌شناسی مورد توجه باشند) را دارا هستند. موضوعات این کتاب شامل: زئولیت‌ها، خواص طبیعی و کاربرد آنها؛ فازهای مینرالی مزوپور و ریزتخلخل؛ کامپوزیت‌ها و ساختارهای مینرالی لایه‌ای؛ نانو ساختارهای طبیعی (نانولوله‌ها، نانوکامپوزیت‌ها، کریستال‌های فوتونیک)؛

مینرال‌های بیولوژیکی و مواد زیست‌سازگار؛ کانی‌های در دسته آکتیوها و جنبه‌های دیگر بر هم کنش بین علوم مواد و کانی‌شناسی می‌باشد.

Analysis and Performance of Fiber Composites

By: Bhagwan D. Agarwal, Lawrence J. Broutman, K. Chandrashekhara

Published by: Wiley; 3 edition (July 11, 2006)



آنالیز و کارایی کامپوزیت‌های فیبری، سومین ویرایش از بازیابی کتاب اصول کلاسیک مواد کامپوزیت می‌باشد. این کتاب علم مکانیک، علم مواد، آنالیز، طریقه ساخت و کارایی مواد کامپوزیت را همراه با مثال‌های کاربردی و مسائل تمرینی به صورت کامل تشریح می‌کند. همچنین این نوشته، رفتار مواد جدید بعد از برش جهت آنالیزهای ساختاری، ساختارهای کامپوزیت‌های هوشمند و نرم افزارهای کامپوتری برای آنالیزهای ساختاری کامپوزیت‌ها را ارائه می‌دهد.

سومین ویرایش کتاب اصول کلاسیک بخش وسیع‌تری از تکنولوژی کامپوزیت‌ها را در بر می‌گیرد و مواد جدیدی در زمینه‌های زیر را معرفی می‌کند:

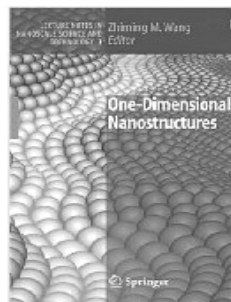
- آنالیز صفحات ورقه ورقه و پرتوها
- مواد کامپوزیتی نوظهور
- اندازه‌گیری خواص فیزیکی
- آنالیز ورقه‌های ارتورمبیک
- تنش‌های حرارتی
- تأثیرات اتصالات لبه آزاد
- مکانیک شکست

همراه داشتن راهنمای کاملی از آنالیز با نرم افزار MATLAB، آنالیز و کارایی کامپوزیت‌های فیبری منجر می‌شود این ویرایش برای هر مهندس، دانشمند و یا دانشجویی در این رشته مفید باشد.

One-Dimensional Nanostructures (Lecture Notes in Nanoscale Science and Technology)

By: Zhiming M. Wang

Pbulished by: Springer; 1 edition (October 14, 2008)

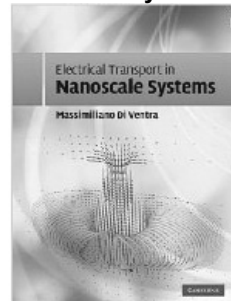


نانوساختارهای تک بعدی، شامل نانوسیم‌ها، نانولوله‌ها و سیم‌های کوانتوم می‌باشند که برای بیشتر بلوک‌های ساختمانی جهت وسایل اپتوالکترونیک و الکترونیک نانوسایز مورد توجه هستند. تلاش‌های جهانی در هر دو زمینه تئوری و تحقیقات آزمایشگاهی بر روی رشد، مشخصه‌ها و کاربردهای نانوساختارهای تک بعدی منجر به پیشرفت این مواد شده است. در این کتاب، اطلاعات زیادی در رابطه با اصول علم پرسپکتیو ارائه شده است و محققان روش‌های سنتز و خواص نانوساختارهای تک بعدی را در ترکیبات و مورفولوژی‌های مختلف (نیمه هادی‌ها، فلزات، کربن و ...) به وضوح توضیح داده‌اند.

Electrical Transport in Nanoscale Systems

By: Massimiliano Di Ventra

Pbulished by: Cambridge University Press; 1 edition (September 15, 2008)

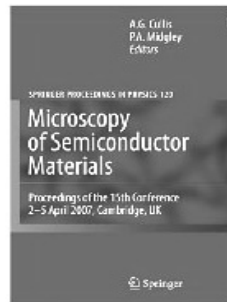


جریان‌های الکتریکی در نانوساختارها تأثیرات اساسی در پیشرفت علم و تکنولوژی نانو دارد. این نوشته طبقه‌بندی شده توضیحات کاملی از پدیده انتقال در سیستم‌های نانو را ارائه می‌دهد. یافته‌های نظری مختلفی به صورت منتقدانه با در نظر گرفتن فرض‌ها و تقریب‌های اساسی مطرح شده‌اند. همچنین، این کتاب اطلاعاتی در رابطه با اندازه‌گیری جریان‌ها، قوانین شرایط اولیه رسیدن به حالت تعادل و استفاده پیشرفته از اصول دانسیته را در بر دارد. موضوعات با استدلال‌های فیزیکی ساده و توجه ویژه به طبیعت غیرتعادلی شرایط الکتریکی معرفی شده‌اند و با اقتباس جزئیات ادامه می‌یابد. این نوشته برای دانشجویان رشته‌های فیزیک، شیمی و مهندسی الکترونیک مفید می‌باشد.

Microscopy of Semiconducting Materials 2007: Proceedings of the 15th Conference, 2-5 April 2007, Cambridge, UK

By: A.G. Cullis, P.A. Midgley

Published by: Springer; 1 edition (November 7, 2008)

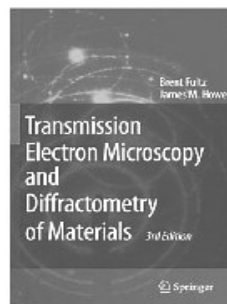


پانزدهمین کنفرانس بین المللی ریزساختار میکروسکوپی مواد نیمه هادی در تاریخ ۲ الی ۵ آپریل سال ۲۰۰۷ در کمبریج انگلستان توسط موسسه فیزیک با حمایت انجمن میکروسکوپی رویال و تاییدیه انجمن پژوهش مواد سازماندهی برگزار گردید. این کنفرانس بر روی جدیدترین پیشرفت‌ها در مطالعه خواص الکتریکی و ساختاری نیمه هادی‌ها از طریق ذره بینی انتقال و پویای الکترونی بر پایه اشعه ایکس تمرکز داشت. نشست‌های کنفرانس بر روی سرفصل‌های کلیدی شامل مطالعات تکنولوژی جدید در تصویربرداری با رزولوشن بالا و میکروسکوپ تجزیه الکترونی، میکروسکوپ پیشرفته پویایی، میکروسکوپ پویای الکترونی و نیز کاربردهای اشعه یونی، پدیده لایه همبافت جدید، خواص نانو ساختارهای کوانتوم، پیشرفت‌های نیتريد III، وسایل پیشرفته GeSi/Si، اتصالات فلز-نیمه هادی و سیلیسیدها و اهمیت تاثیرات طرز کار دستگاه‌ها تمرکز کرده است. بنابراین این کتاب می تواند برای محققان، از سطوح مختلف مطالعات پایه‌ای تا ارزیابی وسایل الکترونیکی مفید باشد.

Transmission Electron Microscopy and Diffractometry of Materials

By: Brent Fultz, James Howe

Published by: Springer; 3rd edition (December 4, 2007)



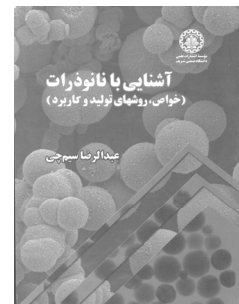
این کتاب که کتابی مفید برای محققین علم مواد و فیزیکدانان است، دیدی جامع و مفید را در رابطه با تکنیک‌های پراش و عکسبرداری متداول ارائه می‌دهد. همچنین مرجعی مفید و باارزش برای افرادی که در زمینه ویژگی‌های مواد در سطوح بالاتر فعالیت دارند، می‌باشد. در این کتاب دستگاه‌های پیشرفته XRD، TEM و EELS از جنبه‌های مختلف مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند، دستگاه‌هایی که در آزمایشگاه علم مواد به خصوص آزمایشگاه‌های نانومواد ضروری هستند. کتاب فوق، به ویژه در زمینه میکروسکوپ‌های الکترونی پیشرفته توصیه می‌گردد و کامل ترین تئوری پراش موجود را در زمینه شناخت ویژگی‌های مواد ارائه می‌دهد. بیان اهمیت فوتون‌ها و الکترون‌ها، پرتوها و میکروسکوپ‌های الکترونی و نیز آموزش و تمرین در زمینه‌های تکنیکی و علمی به دانشجویان برای فهم ماهیت پراش، اسپکترومتری و عکسبرداری مفید است.

آشنایی با نانو ذرات (خواص، روش‌های تولید و کاربرد)

مؤلف: عبدالرضا سیمچی

انتشارات: دانشگاه صنعتی شریف، ۱۳۸۷

نانو فناوری یک رویکرد جدید در تمامی رشته‌هاست و توانایی تولید مواد، ابزار و سیستم‌های نوین را با دست کاری در سطوح اتمی و مولکولی دارد. گستره کاربرد این فناوری در علوم پزشکی، فناوری زیستی، مواد، فیزیک، مکانیک، برق، الکترونیک و شیمی به حدی است که می‌توان از آن به عنوان یکی از انقلاب‌های بزرگ علمی دنیا نام برد. این فناوری روشی نو برای حل مشکلات و پاسخگویی به بسیاری از سوالات مطرح در علوم مختلف ارائه می‌کند که تا کنون بشر موفق به رفع و یا پاسخ دادن به آنها نشده است. از آنجا که خواص مواد در مقیاس



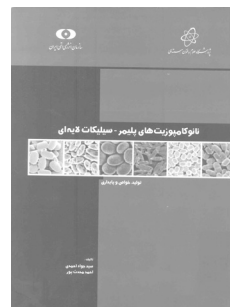
نانومتری به نحو مطلوبی تغییر می‌کند، نانوفناوری پنجره‌های جدید به دنیای مواد باز نموده است که محصول آن امکان ساخت مواد و تجهیزاتی با کارایی بیشتر است. هدف این کتاب معرفی نانوذرات و کاربرد آنهاست. روش‌های فرآوری بر مبنای اصول ساده علمی معرفی و مزایا و معایب هر کدام به چالش کشیده شده است. از آنجا که فناوری نانو جنبه بین رشته‌ای دارد سعی بر این بوده است تا از ورود به جزئیات عمیق علمی پرهیز نموده تا فهم آن برای کلیه دانشجویان در رشته‌های مهندسی و علوم آسان گردد. همچنین تلاش شده است تا کتاب علاوه بر استفاده در مجامع دانشگاهی بتواند به عنوان مرجعی برای سایر دست اندرکاران این مقوله مورد استفاده قرار گیرد.

نانوکامپوزیت‌های پلیمر - سیلیکات لایه‌ای

مولفین: سید جواد احمدی، احمد محدث پور

انتشارات: زلال کوثر با همکاری روابط عمومی پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، بهار ۱۳۸۷

امروزه در صنعت، استفاده از نانو کامپوزیت‌ها، خصوصاً نانو کامپوزیت‌های پلیمری که جزء افزودنی در آنها مقدار جزئی سیلیکات‌های لایه‌ای می‌باشد مورد توجه زیادی قرار گرفته است. این نانو کامپوزیت‌ها در مقایسه با کامپوزیت‌های متناظر، خواص حرارتی، مکانیکی و شیمیایی بهتری را در مقابل پرتوهای یون ساز از خود نشان می‌دهند. قیمت مناسب، فرآوری آسان و در دسترس بودن سیلیکات‌های لایه‌ای افزوده شده به زمینه پلیمر باعث به کارگیری افزاینده این مواد در صنعت گردیده است. این مجموعه تا حدودی ابعاد مختلف این مواد نانو را معرفی



می‌نماید. مطالعه این کتاب به آن دسته از محققینی که سعی بر شناخت مواد پلیمری در حضور سطوح جامد را دارند توصیه می‌شود. در این کتب علاوه بر معرفی انواع کانی‌های رسی که در صنعت نانو کامپوزیت‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند به تشریح روش‌های مختلف سنتز این مواد نیز پرداخته می‌شود و نتایج آزمایش‌های مختلف روی نانو کامپوزیت‌های تولیدی بررسی می‌شوند. همچنین پایداری شیمیایی، مکانیکی، حرارتی و محیطی و پایداری این مواد در مقابل پرتوهای یون ساز نیز بررسی می‌گردد. در پایان نیز روش‌های تحلیل نتایج آزمایش‌های مختلف صورت گرفته روی این نانو کامپوزیت‌ها آورده شده است.

کامپوزیت‌های زمینه فلزی

مولفین: نیخیلش چاولا، کریشان چاولا

مترجمین: محمود مرآتیان، میثم جلالی

انتشارات: جهاد دانشگاهی واحد صنعتی اصفهان، پاییز ۱۳۸۷

کامپوزیت‌های زمینه فلزی مدت‌های مدیدی وجود داشتند، اما به عنوان مواد مهندسی قابل پذیرش تنها از نیمه دوم قرن بیستم مورد توجه قرار گرفتند. از آغاز تحقیقات بر روی آنها، کامپوزیت‌های زمینه فلزی به موادی با کارایی بالا در صنایع هوافضا، خودرو، سیستم‌های الکترونیکی و محصولات تفریحی مبدل شده‌اند. در سرتاسر این کتاب موضوعی که بارها خواننده با آن مواجه می‌شود، رابطه تنگاتنگ میان فرآیند تولید، ریزساختار و خواص کامپوزیت‌های زمینه فلزی می‌باشد. کتاب با تعاریفی مختصر و مقدمه‌ای بر کامپوزیت‌های زمینه فلزی آغاز



می‌شود و در ادامه فصولی در مورد تقویت کننده‌ها و مواد متداول به کار رفته در زمینه کامپوزیت ارائه می‌شود. فصول دیگر به موضوعات فرآیندهای تولید کامپوزیت‌های زمینه فلزی، فصل مشترک در این کامپوزیت‌ها، بررسی خواص فیزیکی و مکانیکی کامپوزیت و نهایتاً کاربردهای کامپوزیت‌های زمینه فلزی می‌پردازد.

تقویم همایش‌ها

Glass Fabrication & Glazing Educational Conference 2009

Cincinnati, Ohio

April, 6–8 2009

glasswebsite.com

5th CICMT 2009 Int'l

Ceramic Interconnects and Ceramic Microsystems Technologies Conference

Denver, Colo.

April, 20–23 2009

ceramics.org/meetings

The Brick Show – Marco Island

Fla.

April, 23–25 2009

www.gobrick.com

Composites Manufacturing 2009

San Diego, Calif.

April, 29–5/1 2009

www.sme.org/composites

Nanotech Conference and Expo 2009

Houston, Texas

May, 3–7 2009

nsti.org

8th Pharmaceutical Powder X-ray Diffraction Symposium

Glasgow, Scotland

May, 4–5 2009

www.icdd.com/ppxrd

ACerS Short Course, Sintering of Ceramics

Westerville, Ohio

May, 11–12 2009

www.ceramics.org/shortcourses

ACerS Short Course, Mechanical Properties of Ceramics and Glasses

Westerville, Ohio

May, 13–14 2009

www.ceramics.org/shortcourses

NanoPower Forum '09

Santa Clara, Calif.

May, 18–20 2009

www.nanopower.darnell.com



ACerS Short Course, Dynamic Behavior of Structural and Armor Ceramics

Westerville, Ohio

May, 19–20 2009

www.ceramics.org/shortcourses

17th Annual Plansee Seminar 2009

Reutte, Austria

May, 24–30 2009

www.plansee-group.com

PACRIM: 8th Pacific Rim Conference on Ceramic and Glass Technology

Vancouver, Canada

May, 31–6/5 2009

www.ceramics.org/pacrim8

Avionics USA and Military & Aerospace Electronics Forum

San Diego, Calif.

June, 1–2 2009

www.avionics-usa.com

Ceramics China

Guangdong, China

June, 1–4 2009

www.ceramicschina.net 6–2 SME Annual Conference – Philadelphia, Pa;

www.sme.org/conference

Glass Performance Days (Finland)

Tampere, Finland

June, 11–15 2009

www.gpd.fi

The Fred Glasser Cement Science Symposium

Aberdeen, Scotland, UK

June, 17–19 2009

www.nanocem.org/glassersymposium

ACerS Southwest Section Annual Meeting

Houston, Texas

June, 18–19 2009

www.garyschlager@gmail.com

ACerS Short Course, Introduction to Ceramic Phase Diagrams

Westerville, Ohio

June, 28–30 2009

www.ceramics.org/shortcourses

ACerS Short Course, Fundamentals of Glass Science and Technology Diagrams

Westerville, Ohio

July, 13–14 2009

www.ceramics.org/shortcourses

Thermec 2009: 6th Int'l Conference on Advanced Materials and Processes

Berlin, Germany

August, 25–29 2009

www.thermec.uow.edu.au

30th International Thermal Conductivity Conference and 18th International Thermal Expansion Conference

Pittsburgh, Pa.

August, 29–9/2 2009

www.thermalconductivity.org



دومین کنفرانس مشترک ایران و هند در فناوری نانو

اصفهان

۱۷-۱۵ اردیبهشت ۱۳۸۸

دهمین سمینار ملی مهندسی سطح

انجمن علوم و تکنولوژی سطح ایران، اصفهان

۳۰-۲۹ اردیبهشت ۱۳۸۸

پنجمین همایش دانشجویی فناوری نانو

دانشگاه علوم پزشکی تهران

۱۱-۹ خرداد ۱۳۸۸

همایش نهمین دوسالانه سفال و سرامیک

سمنان

خرداد ۱۳۸۸



انجمن خفوقی انجمن سرمایه ایران

<p>ایران ایمدی مدیر عامل: مهندس یوسف مطلب پور آدرس دفتر مرکزی: تهران- خیابان شیراز شمالی- نبش کوچه شهریار- ساختمان ۳۳- واحد ۱۲ تلفن دفتر مرکزی: ۰۲۱-۸۸۰۴۷۰۷۱ نشانی سایت: www.imdco.net</p>	<p>آپادانا سرام مدیر عامل: مهندس مهران گلچینی آدرس دفتر مرکزی: تهران- خیابان توانیر شمالی- کوچه هومان- پلاک ۷- کدپستی: ۱۴۳۵۶۳۳۲۸۱ تلفن دفتر مرکزی: ۰۲۱-۸۸۷۸۶۷۱-۴ نشانی سایت: www.apadanaceram.com</p>
<p>پژوهشگاه مواد وانرژی مدیر عامل: دکتر خطیب الاسلام صدرنژاد آدرس دفتر مرکزی: تهران، میدان آرژانتین، انتهای خیابان الوند، کوچه جوبین ، پلاک ۱۶ تلفن دفتر مرکزی: ۰۲۱-۸۸۷۷۱۶۲۶-۲۷ نشانی سایت: www.merc.ac.ir</p>	<p>پژوهشکده صنایع رنگ مدیر عامل: دکتر علی اکبر یوسفی آدرس دفتر مرکزی: بزرگراه صیاد شیرازی شمالی، خروجی لویزان، میدان حسین آباد، خیابان وفامنش، نبش کوچه شمس، پلاک ۵۹، کدپستی: ۱۶۶۸۸۱۴۸۱۱ صندوق پستی: ۱۶۷۶۵-۶۵۴ تلفن: ۰۲۱-۲۲۹۴۴۱۸۴ نشانی سایت: www.icrc.ac.ir</p>
<p>تولیدی وصنعتی سامان کاشی مدیر عامل: سید کمال سیدمحسنی آدرس دفتر مرکزی: تهران، بلوار میرداماد، بین نفت ومدرس، شماره ۲۳۹ تلفن دفتر مرکزی: ۰۲۲۵۸۸۲۱ نشانی سایت: www.samantile.com</p>	<p>تکافو مدیر عامل: مهندس آرمان روح الامین آدرس دفتر مرکزی: اصفهان، شهرک صنعتی اشترجان، خیابان ۱۱ تلفن دفتر مرکزی: ۰۳۵۵-۳۴۸۲۸۶-۹ نشانی سایت: http://takafou.sme.ir</p>
<p>تهیه و تولید مواد نسوز کشور مدیر عامل: مهندس علیرضا باقری آدرس دفتر مرکزی: تهران، خیابان یوسف آباد، خیابان ابن سینا، نبش خیابان ۳۱ صندوق پستی: ۱۵۸۷۵-۱۹۷۷ تلفن دفتر مرکزی: ۰۲۱-۸۸۷۱۴۴۵۹ نشانی سایت: www.irrep.com</p>	<p>تهیه و تولید مواد اولیه آریاکانی اسپادانا مدیر عامل: مهندس محمدرضا پویامهر آدرس دفتر مرکزی: اصفهان، خ شیخ صدوق شمالی، کوچه شهید مرادی، بن بست دوم، پلاک ۲۵، طبقه ۲، کدپستی: ۸۱۶۴۸-۳۵۳۱۴ صندوق پستی: ۸۱۶۴۸-۱۵۳ تلفن: ۰۳۱۱-۶۶۱۷۵۲۷-۸</p>
<p>چینی زرین ایران مدیر عامل: مهندس عباسعلی قصابی آدرس دفتر مرکزی: تهران، میدان ونک، خیابان ونک، ساختمان شماره ۲۹، کدپستی: ۱۹۹۴۶۱۸۵۱۱ صندوق پستی: ۱۵۱۷۵/۵۳۸ تلفن دفتر مرکزی: ۰۲۱-۸۸۷۷۰۰۴۴ نشانی سایت: www.zariniran.com</p>	<p>چینی اصفهان مدیر عامل: حسین حقایق خراسانی آدرس دفتر مرکزی: تهران، میدان محسنی، خیابان وزیری پور، خیابان کاووسی، ساختمان شماره ۳، طبقه ۲، واحد ۶ صندوق پستی: ۸۱۴۶۵-۱۵۶۹ تلفن دفتر مرکزی: ۰۲۱-۲۲۲۲۲۹۹۶</p>



چینی نور

مدیر عامل: محمد بیک وردی

آدرس دفتر مرکزی: تهران، بزرگراه افریقا، بالاتر از چهارراه جهان کودک جنب پارک خشایار، ساختمان کوشیار، طبقه ۲، واحد ۱۱

تلفن دفتر مرکزی: ۸۸۷۸۶۵۹۹

نشانی سایت: www.chininour.com

دانشگاه آزاد اسلامی واحد میبد

مدیر گروه سرامیک: مهندس داود قهرمانی

آدرس: میبد- دانشگاه آزاد اسلامی واحد میبد،

صندوق پستی: ۱۷۵-۸۹۶۱۵

تلفن: ۴-۱۶۱-۷۷۸۰-۳۵۲

نشانی سایت: www.iaumaybod.ir

رنگدانه های سرامیکی گهر فام

مدیر عامل: مهندس حامد مهینی

آدرس دفتر مرکزی: یزد، شهرک صنعتی خضرآباد، بلوار اقا قیا، خیابان زیتون

تلفن دفتر مرکزی: ۰۳۵۱-۷۲۷۲۴۴۸

روشاک تجارت

مدیر عامل: آرش حاجی سید جوادی

آدرس: تهران، میدان ونک، خیابان ملاصدرا، ساختمان

تجاری و اداری فرهاد، طبقه سوم، واحد ۳۰۱، کد پستی:

۱۴۳۵۷۹۳۱۴۶

تلفن: ۷-۸۸۷۳۳۶۶

نشانی سایت: www.rooshak.com

سارا لعاب میبد

مدیر عامل: مهندس مصطفی جعفری پور میبدی

آدرس دفتر مرکزی: میبد- شهرک صنعتی جهان آباد- بلوار نسترن- انتهای بلوار سمت راست،

صندوق پستی: ۱۵۶-۸۹۶۱۵

تلفن دفتر مرکزی: ۰۳۵۲-۷۷۷۲۲۲۸

نشانی سایت: www.saralaab.com

سرامیک البرز

مدیر عامل: مهندس داریوش محمودی

آدرس دفتر مرکزی: تهران- ملاصدرا- شیراز جنوبی-

ک اتحاد - شماره ۱۹/۲ کد پستی: ۱۴۳۵۸۴۳۶۴۴

تلفن دفتر مرکزی: ۰۳-۸۸۰۵۵۸۹۰-۲۱

نشانی سایت: www.alborzceramic.com

سرامیک های صنعتی اردکان

مدیر عامل: مهندس اکبر بصیری

آدرس دفتر مرکزی: اصفهان، میدان آزادی، ابتدای خیابان سعادت آباد، پلاک ۱، طبقه ۴، واحد ۸

صندوق پستی: ۴۷۱-۸۱۶۴۵

تلفن دفتر مرکزی: ۰۳۱۱-۶۶۸۷۷۷۲

نشانی سایت: www.aic.ir

سیماب رزین

مدیر عامل: مهندس غلامرضا علیپوریان

آدرس دفتر مرکزی: تهران، خیابان ملاصدرا، خیابان

شیراز جنوبی، کوچه فلاحی، پلاک ۲۷، طبقه ۳

صندوق پستی: ۱۵۸۵-۱۴۱۵۵

تلفن دفتر مرکزی: ۸-۸۲۱۱۲۱۶

نشانی سایت: www.simabresin.com

شرکت سرمایه گذاری صدرتامین

مدیر عامل: مهندس محمد کاملی خالیدی

آدرس دفتر مرکزی: خ ولیعصر- نرسیده به چهارراه پارک وی- خ خاکزاد- پ ۲۱ کد پستی: ۱۹۶۶۶۶۴۷۹۱

تلفن: ۹-۴۴-۲۶۲۱۰۰۲۱

نشانی سایت: www.stic.ir

صدف لعاب یزد

مدیر عامل: مهندس فرامرز خیبری

آدرس دفتر مرکزی: تهران، خیابان استاد نجات الهی،

نبش کوچه حقیقت طلب، پلاک ۲۸۹، طبقه ۴

تلفن دفتر مرکزی: ۸۸۹۳۵۲۱۶

نشانی سایت: www.sadafloadyazd.ir

صنایع کاشی اصفهان

مدیر عامل: مهندس حسینی دانش پناه

آدرس دفتر مرکزی: تهران، پاسداران، بوستان دهم، پلاک ۲،

صندوق پستی: ۱۵۸۱۵/۳۱۶۶

تلفن دفتر مرکزی: ۲۲۵۴۴۱۶۰

نشانی سایت: www.isfahantile.com

صنایع کاشی خزر

مدیر عامل: مهندس محمدجواد برازجانی

آدرس دفتر مرکزی: تهران، میدان فردوسی، ساختمان

شهد، طبقه ۲، کد پستی: ۱۵۹۹۹۴۵۵۱۶

تلفن دفتر مرکزی: ۷-۸۸۰۸۹۴۵

نشانی سایت: www.khazar-Tile.com



صنایع کاشی و سرامیک الوند

مدیر عامل: مهندس فرخ سمیعی

آدرس دفتر مرکزی: تهران، خیابان ولی عصر، خیابان

شهید سعیدی، شماره ۶۰

صندوق پستی: ۳۱۱۱-۱۹۳۹۵

تلفن دفتر مرکزی: ۲۲۰۵۷۸۱۱

نشانی سایت: www.alvancer.com**صنایع کاشی و سرامیک سینا**

مدیر عامل: مهندس یحیی ماله میرچگینی

آدرس دفتر مرکزی: تهران، بلوار میرداماد، بعد از میدان

مادر، پلاک ۲۳

صندوق پستی: ۶۹۵-۱۵۷۴۵

تلفن دفتر مرکزی: ۲۲۲۷۲۳۰۱

نشانی سایت: www.Sina-tile.com**صنایع کاشی نیلوفر**

مدیر عامل: مهندس علیرضا ناصری

آدرس دفتر مرکزی: مشهد، بلوار فردوسی، مجتمع

تجاری اسکان، طبقه ۱، واحد ۲، کد پستی: ۹۱۸۷۶۷۵۴۷۵

تلفن دفتر مرکزی: ۰۵۱۱-۷۶۲۳۳۳۶

نشانی سایت: www.niloofartile.com**صنعت سرام**

مدیر عامل: مهندس علیرضا غفاری

آدرس دفتر مرکزی: تهران- خیابان فرجام- بین

چهارراه خاورولیعصر- پلاک ۱۸۹- واحد ۱۱- کد

پستی: ۱۶۸۴۷۹۵۱۶۳

تلفن دفتر مرکزی: ۰۲۱-۷۷۷۲۳۵۸۹

فرآورده های نسوز پارس

مدیر عامل: محمدحسین فهیمی

آدرس دفتر مرکزی: تهران، میدان گلها، بلوار گلها،

ساختمان شماره ۲۳۲ (میلاد) طبقه ۴ و ۵، کد پستی:

۱۹۶۷۹-۱۹۶۹۶۱

تلفن دفتر مرکزی: ۰۲۱-۸۸۳۳۸۱۱۰

نشانی سایت: www.pars-ref.ir**فرآورده های نسوز سومین هزاره**

مدیر عامل: مهندس بهرنگ ترابی

آدرس دفتر مرکزی: اصفهان، خیابان چهارباغ بالا،

مجتمع تجاری پارک اصفهان، ورودی ۴، پلاک ۵۳۰ طبقه

۲، کد پستی: ۸۱۶۸۶۹۵۵۴۵

تلفن دفتر مرکزی: ۰۳۱۱-۶۶۷۰۷۱۷

فصلنامه الماس

مدیریت: آقای رضا سیدزاده

آدرس دفتر مرکزی: تهران خیابان کارگر شمالی- بین

نصرت و بلوار کشاورز- ساختمان ۱۶۹- طبقه ۳- واحد ۲۹-

کد پستی: ۱۴۱۷۹-۹۳۳۱۹

تلفن دفتر مرکزی: ۰۲۱-۸۸۹۵۲۰۲۲-۳

نشانی سایت:

www.almas-magazine.com**کاشی تیما**

مدیر عامل: دکتر محمدمهدی ناصری

آدرس دفتر مرکزی: مشهد، شهرک صنعتی طوس،

فاز ۲، بلوار اندیشه، انتهای دانش ۲

کد پستی: ۹۱۸۵۱۱۳۱۱۱

تلفن دفتر مرکزی: ۰۵۱۱-۵۴۱۳۹۹۰

نشانی سایت: www.tima-tile.com**کاشی فیروزه مشهد**

مدیر عامل: حسین سقاء رضوی

آدرس دفتر مرکزی: مشهد، بلوار سجاده، چهارراه خیام،

مجتمع تجاری طوس، طبقه پنجم و ششم

تلفن دفتر مرکزی: ۰۵۱۱-۷۶۷۰۰۰۱

نشانی سایت: www.firoozehtile.com**کاشی کرد**

مدیر عامل: مهندس رزم جو

آدرس دفتر مرکزی: تهران، سهروردی شمالی، هوپزه

شرقی، پلاک ۳۴

تلفن دفتر مرکزی: ۰۲۱-۸۸۷۶۵۰۳۰

نشانی سایت: www.cordgroup.com**کاشی مرجان**

مدیر عامل: فرزاد معصومی فریدونی

آدرس دفتر مرکزی: اصفهان، خیابان چهار باغ بالا، کوچه

کاویان، پلاک ۴۱، کد پستی: ۸۱۷۳۹۹۹۷۱

صندوق پستی: ۴۹۵-۸۱۶۵۵

تلفن دفتر مرکزی: ۰۳۱۱-۶۲۴۸۰۱۹

نشانی سایت: www.marjantileco.com**کاشی مسعود ایران**

مدیر عامل: مهندس محمد حسین فرشادپور

آدرس دفتر مرکزی: خیابان آفریقای شمالی، ساختمان

مرکز تجارت ایران، طبقه نهم، واحد ششم کد

پستی: ۱۹۶۶۹۴۴۸۷۸

تلفن دفتر مرکزی: ۰۲۱-۲۶۲۱۲۶۳۵-۳۷

نشانی سایت: www.masoudtile.com

کاشی نیلو

مدیر عامل: غلامرضا حسن لاریجانی

آدرس دفتر مرکزی: اصفهان، خیابان حکیم نظامی، ابتدای محترم کاشانی، ساختمان کاشی نیلو، کد پستی:

۸۹۷۷۷۱-۸۱۷۵۸

صندوق پستی: ۳۳۵-۸۱۷۳۵

تلفن دفتر مرکزی: ۰۳۳۱-۶۲۵۴۱۲۶

نشانی سایت: www.NilouTile.com

کاشی یزد

مدیر عامل: محمدهادی شیرازی

آدرس دفتر مرکزی: یزد- بعد از دروازه قرآن- شرکت

کاشی یزد

تلفن: ۰۳۵۱-۵۲۱۰۱۰۱-۴

نشانی سایت: www.yazdtileco.com

کائولین و خاک‌های نسوز خراسان

مدیر عامل: مرتضی زیارت نیا

آدرس دفتر مرکزی: مشهد، بلوار فلسطین،

فلسطین ۱۴، پلاک ۲۸

تلفن دفتر مرکزی: ۰۵۱۱-۷۶۷۳۰۳۴-۵

نشانی سایت: www.kaolin-co.com

گلسار فارس

مدیر عامل: مهندس جمال شایگان

آدرس دفتر مرکزی: تهران- بلوار کریم خان زند-

خیابان به آفرین - نیش رودسر- ساختمان ۲- طبقه پنجم،

کدپستی: ۱۵۹۳۶۶۱۴۵۱

تلفن دفتر مرکزی: ۰۲۱-۸۸۹۳۹۰۰۱-۳

نشانی سایت: www.golsarfars.com

لعاب مشهد

مدیر عامل: دکتر عباس یوسفی

آدرس دفتر مرکزی: تهران، خیابان ملاصدرا، شیراز

جنوبی، کوچه اتحاد، شماره ۱۳، طبقه ۲

تلفن دفتر مرکزی: ۸۸۰۴۳۶۹۶

لعاب یاس فارس

مدیر عامل: مهندس اکبر کریمی علویجه

آدرس: شیراز، ۵ کیلومتر بالاتر از پلیس راه شیراز- بوشهر،

جاده اختصاصی گاز

صندوق پستی: ۷۱۹۵۵-۴۶۸

تلفکس: ۰۷۱۱-۸۳۰۱۹۹۰

لعابیران

مدیر عامل: مهندس عبدالرضا رجایی

آدرس دفتر مرکزی: تهران، میدان ونک، خیابان گاندی

شمالی، کوی شهید صانعی، شماره ۱۰، کدپستی:

۱۹۶۹۹۴۵۳۱۱

تلفن دفتر مرکزی: ۸۸۷۹۵۱۴۱-۲

نشانی سایت: www.loab.iran.com

مجتمع تحقیقاتی جهاد دانشگاهی استان یزد

مدیر عامل: مهندس سیدحسین میرحسینی

آدرس دفتر مرکزی: یزد، خیابان مهدی، جهاد

دانشگاهی استان یزد

تلفن دفتر مرکزی: ۰۳۵۲-۸۲۱۲۷۳۰

مجتمع تولیدی چینی مقصود

مدیر عامل: مهندس علی گلکار

آدرس دفتر مرکزی: تهران، خیابان ولی عصر، بالاتر از

پارک ساعی، نیش کوچه ۳۴، پلاک ۱۱۵۹، طبقه ۲

تلفن دفتر مرکزی: ۰۲۱-۸۸۸۸۶۹۸۵

نشانی سایت:

www.maghsoudporcelain.com

معدنی و صنعتی سوراوجین عقیق

مدیر عامل: مهندس حمیدرضا معصومی

آدرس دفتر مرکزی: تهران، سعادت آباد، خیابان علامه

شمالی، انتهای کوچه اقبال ملی، شماره ۶۹، طبقه همکف،

واحد ۲

تلفن دفتر مرکزی: ۰۲۱-۲۲۰۸۱۳۷۳

نشانی سایت: www.iranclay.com

مقره سازی صدف گستر زنجان

مدیر عامل: مهندس مهشید امیر مقدمی

آدرس دفتر مرکزی: زنجان، شهرک صنعتی شماره ۱

(علی آباد)، فاز ۳، خیابان سهروردی

تلفن دفتر مرکزی: ۰۲۴۱-۲۲۲۱۷۷۱-۲

نشانی سایت: www.zsginsulator.com



راهنمای تهیه مقاله

نشریه سرامیک ایران با هدف گسترش دانش سرامیک به انتشار نتایج پژوهش های اساتید و محققان و صنعتگران این رشته اقدام می نماید

موضوعات پذیرش مقاله شامل موارد ذیل می باشد: مواد اولیه - کاشی - سیمان - شیشه و شیشه سرامیکها - چینی - لعاب و رنگ - دیرگداز - مدیریت راهبردی در صنعت سرامیک - نانو سرامیک - استاندارد، مدیریت کیفیت و تجارت جهانی - کامپوزیت - فرآیند و کنترل کیفیت سرامیکهای اکسیدی و غیر اکسیدی - بیو سرامیک - الکتروسرامیک - بهینه سازی مصرف انرژی در صنایع سرامیک راهنمای تهیه مقاله:

الف - ویژگی های مقاله های مورد پذیرش شامل موارد ذیل می باشد:

- تحقیقی - پژوهشی و پژوهشی - کاربردی
- تدوینی و مروری به مفهوم جمع بندی نظریه های گوناگون در مورد یک موضوع خاص با استفاده از مراجع و منابع مختلف

ب - نویسندگان محترم خواهشمند است موارد زیر را رعایت نمایند:

- ۱- مقاله شامل بخشهای زیر باشد:
 - ۲- چکیده - مقدمه - مرور منابع مطالعاتی - فعالیتهای تجربی - نتایج و بحث - نتیجه گیری - مراجع
 - ۳- مقاله به صورت یک فایل Word (version 6) یا بالاتر (شامل متن کامل مقاله همراه با جدولها و زیرنویس شکلها بدون اصل شکلها
 - ۴- هر شکل به صورت یک فایل مجزا ارائه شود، به عنوان مثال: Fig 1a.tif یا Fig 2 b.jpg
 - ۵- تصاویر فقط به صورت jpg یا tif با کیفیت حداقل ۳۰۰ dpi
 - ۶- نمودارها فقط به صورت فایل excel (Fig 5.xls) قابل پذیرش می باشد.
 - ۷- در صورتی که برای رسم نمودارها از نرم افزار دیگری استفاده شده، می بایستی به یکی از فرمت های تصویر (tif یا jpg) ارسال گردد.
 - ۸- مقاله در کاغذ A4 با حاشیه ۲/۵ سانتی متر از هر طرف و بالا و پایین تنظیم شود.
 - ۹- متن مقاله به صورت نرمال با قلم نازنین ۱۲، عنوان مقاله نازنین ۱۶ به شکل bold، نام نویسندگان و محل کار نازنین ۱۴
 - ۱۰- فاصله خطوط به صورت ۱/۵ (line space 1.5) در نظر گرفته شود.
 - ۱۱- مراجع در متن با شماره مربوط به خود مشخص شوند.
 - ۱۲- متن مراجع و منابع به صورت کامل حاوی نام نویسندگان، عنوان و نام مجله یا کتاب و سال انتشار باشد.
1. D. E. Clark and E. C. Ethridge." *Corrosion of glass enamels*". J. Am. Ceram. Soc. Bull. 60[6]: 647-649 (1981).
 2. K. A. Maskall and D. White." *Vitreous Enamelling*". (Oxford: Pregamon Press, 1986).

۳- شیمی تجزیه پیشرفته، دکتر محمد ادریسی، ۱۳۸۱، انتشارات امید مجد

- ۱۳- انتظار می رود تعداد صفحات مقاله از حداکثر ۱۰ صفحه تجاوز نکند.
- ۱۴- از به کار بردن آرم شرکت یا موسسات به صورت طراحی در صفحات خودداری به عمل آید. در صورت نیاز، از افراد یا موسسات مورد نظر در انتهای مقاله و قبل از بخش مراجع سپاسگزاری شود.
- ۱۵- نام نویسندگان به صورت کامل اما بدون ذکر القاب و عناوین با نشانی دقیق آورده شود.
- ۱۶- ضمن رعایت نکات ذکر شده خواهشمند است همراه با اصل مقاله، دو کپی از آن و CD حاوی مقاله و تصاویر به همراه نشانی کامل پستی، شماره تلفن و دورنگار نویسنده ارسال شود.
- ۱۷- مقاله ها به ترتیب دریافت در هیات تحریریه نشریه مورد داوری و ارزیابی قرار می گیرند. مسئولیت درستی مطالب، ارقام و نمودارها بر عهده نویسندگان مقاله است.