فصلنامه سرامیک ایران

بررسی تاثیر pH و نسبت مولی سوخت به ماده اولیه بر سنتز سل-ژل احتراقی اکسید قلع آلاییده شده با فلوئور برای استفاده در سلول خورشیدی

سارا ملک[1]*، سعید باغشاهی[2]، علی نعمتی[3]، رسول صراف ماموری[4]

[1] گروه مهندسی صنایع، دانشکده فنی و مهندسی، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

[2] گروه مهندسی مواد، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران

[3] دانشکده مهندسی و علم مواد، دانشگاه صنعتی شریف، تهران، ایران

[4] گروه مهندسی مواد، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

نویسنده مسئول و نویسنده اول:
دکتر سارا ملک
دانشگاه آزاد تهران شمال

نوع مقاله: پژوهشی
صفحه‌های: ۳۴ تا ۴۱
شاپا چاپی: ۱۷۳۵-۳۳۵۱
شاپا الکترونیکی: ۲۷۸۳-۳۰۹۷
زبان نشریه: فارسی
دسترس‌پذیر در نشانی:
www.JICERS.ir

تاریخ دریافت:
۱۴۰۱/۰۵/۱۵
تاریخ پذیرش:
۱۴۰۱/۰۹/۲۰

*s_malek2000@yahoo.com

DOR: 20.1001.1.17353351.1401.18.0.2.8

چکیده: *در سلول‌های خورشیدی از اکسیدهای رسانای شفاف استفاده می‌شود. بنابراین در این کاربرد به فیلم‌های اکسید رسانای شفاف، ارزان و با کارایی بالا نیاز است که اخیرا در میان آن‌ها، اکسید قلع آلاییده شده با فلوئور بیش‌تر مورد توجه محققین قرار گرفته است. در این تحقیق، نانوپودر اکسید قلع آلاییده شده با فلوئور، به روش سل- ژل احتراقی سنتز شد. از کلرید قلع پنج آبه و فلورید آمونیوم به‌عنوان مواد اولیه تامین کننده قلع و فلوئور و از اسید سیتریک نیز به‌عنوان سوخت استفاده شد. هیدروکسید آمونیوم برای تنظیم pH و آب دی‌یونیزه به‌عنوان حلال و عامل هیدرولیز انتخاب شدند. مقادیر pH و نسبت سوخت به ماده اولیه به عنوان متغیر انتخاب شدند. با استفاده از آزمون پراش اشعه ایکس مطالعات فازی پودرهای سنتز شده انجام گرفت. از میکروسکوپ الکترونی روبشی گسیل میدانی برای بررسی ریزساختار پودرهای تهیه شده استفاده شد و برای بررسی حضور افزودنی در پودر بهینه از دستگاه طیف‌نگاری فوتوالکترون پرتوی ایکس استفاده شد. نتایج نشان داد که با افزایش pH از ۱ تا ۶، اندازه ذرات از ۱۲۵ تا ۳۰۰ نانومتر افزایش یافت و سبب رشد ذرات و تغییر مورفولوژی ذرات از کروی به چند وجهی شد. و با کاهش نسبت مولی سوخت به مواد اولیه از ۲ به ۱، اندازه ذرات از ۱۲۵ نانومتر به ۵۰ نانومتر کاهش پیدا کرد. حضور افزودنی فلوئور درون نمونه با اندازه ذره ۵۰ نانومتر با روش طیف‌نگاری فوتوالکترون پرتوی ایکس مشخص شد و این نمونه می‌تواند به عنوان کاندید مناسبی برای استفاده در هدف دستگاه کندوپاش باشد.*

کلمات کلیدی: *اکسید قلع آلاییده شده با فلوئور، سل-ژل احتراقی، اکسید رسانای شفاف.*

۱- مقدمه

یکی از کاربردهای مهم فناوری لایه نازک از دیدگاه انرژی، سلول‌های خورشیدی است که انرژی خورشیدی را به انرژی الکتریکی تبدیل می‌کنند. لایه‌های نازک اکسیدهای رسانای شفاف[1] مانند اکسید قلع آلاییده شده با فلوئور[2]، اکسید ایندیم آلاییده شده با قلع[3] و اکسید قلع آلاییده شده با آنتیموان[4] به دلیل هدایت الکتریکی بالا و شفافیت خوب، کاربردهای وسیعی در صنعت پیدا و توجه بسیاری

[1] Transparent Conductive Film
[2] Fluorine- Doped Tin Oxide (FTO)
[3] Tin- Doped Indium Oxide (ITO)
[4] Antimony- Doped Tin Oxide (ATO)

از محققین را به خود جلب کرده است [۱]. از میان اکسیدهای رسانای شفاف، اکسید قلع دوپ شده با فلوئور به علت هدایت الکتریکی زیاد، قابلیت بالای عبور نور در ناحیه مرئی، مقرون به‌صرفه بودن، پایداری حرارتی، شیمیایی و سختی بالا اخیرا بیش‌تر مورد توجه محققین قرار گرفته است.

روش‌های متنوعی برای سنتز پودر اکسید قلع آلاییده شده با فلوئور وجود دارد، که از آن میان می‌توان به روش‌های هم‌رسوبی، بخار- مایع- جامد[1]، سل- ژل، روش امولسیون، تعویض یونی و فرآیند هیدروترمال اشاره کرد. با این وجود هم‌چنان نیاز به توسعه یک روش ساده‌تر و کارآمدتر برای تهیه نانوذرات با توزیع اندازه باریک وجود دارد، زیرا بیش‌تر روش‌ها فرآیند پیچیده‌ای دارند و در آن‌ها از مواد آلی زیادی استفاده می‌شود [۲]. در میان روش‌های بسیاری که برای سنتز پودرهای نانو وجود دارند، سل- ژل احتراقی و پیرولیز به کمک لیزر[2] امکان دست‌یابی به پودرهای نانوساختار و هموژن را با ریزترین اندازه دانه میسر می‌سازند.

از مهم‌ترین مزایای روش سل- ژل احتراقی می‌توان به عدم نیاز به کوره‌های دما بالا و تجهیزات پیچیده فرآوری، تولید سریع و ارزان سرامیک‌های با خلوص بالا و کاهش مصرف انرژی اشاره کرد [۳].

در سنتز سل- ژل احتراقی با غلبه بر سد انرژی فعال‌سازی، واکنش گرمازا در محیط واکنش‌دهنده‌ها آغاز شده و گرمای حاصل، باعث ادامه واکنش به صورت پیش‌رونده می‌شود. در طی این فرآیند موج احتراق از واکنش‌دهنده‌ها عبور می‌کند و آن‌ها به محصولات واکنش تبدیل می‌شوند. به‌طور کلی سوخت مورد استفاده در این روش سنتز باید واکنش آرامی داشته باشد و نیز به عنوان یک عامل ایجاد کمپلکس برای کاتیون‌ها عمل کند. کمپلکس‌ها حلالیت کاتیون‌های فلزی را افزایش می‌دهند و بنابراین از تبلور ترجیحی حین تبخیر آب محلول اولیه جلوگیری می‌کنند. سنتز احتراقی به دو گروه سنتز احتراقی غیرمحلولی و سنتز احتراقی محلولی قابل تقسیم‌بندی است.

حرارت دادن محلول اولیه سبب تبدیل سل به یک ژل با گرانروی بالا می‌شود. ژل حاصل با بالا رفتن دما طی یک فرآیند احتراقی گرمازا ناشی از واکنش مواد آلی به‌عنوان عامل احیا کننده و نیترات‌ها یا کلریدها به‌عنوان عامل اکسید کننده، به خاکستری نرم و متخلخل تبدیل می‌شود که با کلسینه کردن در دمای مناسب به محصول نهایی تبدیل می‌شود.

غلظت سل، نسبت سوخت به ماده اولیه و pH محلول از عوامل موثر بر اندازه و مورفولوژی پودرهای سنتز شده به روش سل- ژل احتراقی است.

در کار انجام گرفته توسط Chi-Hwan Han و همکاران [۲] نانوذرات اکسید قلع آلاییده شده با فلوئور و اکسید ایندیم آلاییده شده با قلع به روش سل- ژل احتراقی و با استفاده از سوخت استیلن بلک سنتز شدند. با استفاده از فرمول شرر و با توجه به پهن‌شدگی پیک‌های پراش، اندازه بلورک‌های اکسید ایندیم آلاییده شده با قلع و اکسید قلع آلاییده شده با فلوئور ، به ترتیب ۲۶ و ۲۸ نانومتر به دست آمد. تصویر میکروسکوپ الکترونی از پودر کلسینه شده در ۷۵۰°C نشان می‌دهد که پودر اکسید ایندیم آلاییده شده با قلع شامل ذرات مکعبی شکل با اندازه خیلی یکنواخت ۲۶-۲۸ نانومتر است و پودر اکسید قلع آلاییده شده با فلوئور شامل ذرات گرد با توزیع اندازه ذرات نسبتاً وسیع‌تر ۱۶تا ۳۸ نانومتر است.

در کار دیگری که توسط Neri و همکاران [۴] انجام شد، نانوذرات اکسید قلع آلاییده شده با پلاتین با استفاده از روش سل- ژل احتراقی سنتز شدند. آن‌ها از قلع فلزی به‌عنوان پیش ماده استفاده کردند و به بررسی تاثیر سوخت‌های مختلف اسید سیتریک، گلایسین و اوره روی ویژگی‌های پودرهای به‌دست آمده پرداختند. آن‌ها مشاهده کردند که اندازه دانه پودرهای تهیه شده به ماهیت و مقدار سوخت استفاده شده بستگی دارد و نانو پودرهای سنتز شده با اوره بزرگ‌ترین اندازه دانه را دارند، علت این امر دمای بالاتر واکنش است که با استفاده از سوخت اوره، آهنگ واکنش تجزیه ژل بیش‌تر از اسید سیتریک است.

Sikhwivhilu و همکاران [۵] نانوذرات اکسید قلع را به روش رسوب‌دهی شیمیایی و روش سل- ژل با اندازه دانه با بازه ۱۹ تا ۱۰۰ نانومتر سنتز کردند و ملاحظه کردند که تغییرات غلظت اسید سیتریک، اندازه دانه و مساحت سطح مخصوص دانه را مستقیما تحت

[2] Vapor- Liquid- Solid
[3] Laser-Assisted Pyrolysis

تاثیر قرار می‌دهد. افزایش غلظت اسید سیتریک سبب رشد دانه و کاهش مساحت سطح دانه می‌شود که دلالت بر کاهش انرژی سطحی دارد.

Li و همکاران [۶] تاثیر اسید سیتریک روی ذرات اکسید قلع سنتز شده با روش هیدروترمال را بررسی کردند و دریافتند که حضور اسید سیتریک منجر به تشکیل ذرات با مساحت سطحی بزرگ‌تر می‌شود و این نشان می‌دهد که تاثیر اسید سیتریک روی ذرات به روش آماده‌سازی و سنتز پودر وابسته است.

تحقیقات اندکی برای بررسی تاثیر نسبت سوخت به ماده اولیه و pH در سنتز پودرهای اکسید قلع آلاییده شده با فلوئور به روش سل-ژل احتراقی انجام شده است. در تحقیق حاضر تاثیر نسبت سوخت به ماده اولیه و pH در سنتز پودرهای اکسید قلع آلاییده شده با فلوئور به روش سل-ژل احتراقی مورد بررسی قرار گرفته است. نانوپودر با کم‌ترین اندازه ذره به‌عنوان نمونه بهینه انتخاب شد، زیرا پس از ساخت هدف دستگاه کندوپاش از آن، به انرژی کم‌تری برای کندن اتم‌های آن در دستگاه کندوپاش نیاز است.

۲- مواد و روش تحقیق

در این تحقیق از مواد اولیه با درجه خلوص بالا استفاده شده است. از تتراکلرید قلع پنج آبه و فلوئورید آمونیوم به عنوان پیش ماده‌های قلع و فلوئور، از اسید سیتریک به‌عنوان سوخت (کنترل واکنش‌پذیری)، از هیدروکسید آمونیوم برای تنظیم pH و از آب دی‌یونیزه به‌عنوان حلال و عامل هیدرولیز استفاده شد. مشخصات مواد اولیه مورد استفاده در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱: مشخصات مواد اولیه

ردیف	نام ترکیب	فرمول مولکولی	کد محصول	شرکت سازنده	خلوص
۱	تتراکلرید قلع پنج آبه	$SnCl_4.5H_2O$	۱۴۵۵۰	آلدریچ	>٪۹۸
۲	فلوئورید آمونیوم	NH_4F	۱/۰۱۱۶۴/۰۲۵	مرک	>٪۹۸
۳	اسید سیتریک	$C_6H_8O_7$	۱/۰۰۲۴۱/۱۰۰۰	مرک	>٪۹۹/۵
۴	هیدروکسید آمونیوم (محلول آبی ٪۲۵)	NH_4OH	۱/۰۵۴۳۲/۲۵۰۰	مرک	>٪۹۸

برای سنتز نانوپودرهای اکسید قلع آلاییده شده با فلوئور، ۵/۲۶ گرم کلرید قلع پنج آبه را در ۲۵ میلی‌لیتر آب دیونیزه حل کرده، سپس فلوئورید آمونیوم به محلول اضافه شد. لازم به ذکر است که نسبت مولی فلوئور به قلع ۰/۱ در نظر گرفته شد. در مرحله بعد، سوخت اسید سیتریک (به نسبت مولی ۲ به کلرید قلع پنج آبه) به محلول اضافه شد. محلول آبی هیدرواکسید آمونیوم به صورت قطره قطره و با سرعت هم‌زدن ثابت برای رسیدن به سل با pH مورد نظر (۱، ۲/۵، ۴، ۶) به محلول اضافه شد. محلول تحت حرارت‌دهی و همزدن قرار گرفت تا سل تبدیل به ژل خشک شود. بعد از حرارت‌دهی به مدت یک ساعت در کوره با دمای ۳۵۰°C، احتراق اتفاق افتاد و نانوپودرهای اکسید قلع آلاییده شده با فلوئور حاصل شدند. فرآیند سل- ژل احتراقی برای نسبت‌های مولی سوخت اسید سیتریک به کلرید قلع پنج آبه، ۱ و ۳ در pH بهینه به ترتیب تکرار شد. پودرهای به دست آمده در دمای ۶۰۰°C به مدت یک ساعت در کوره کلسینه شدند.

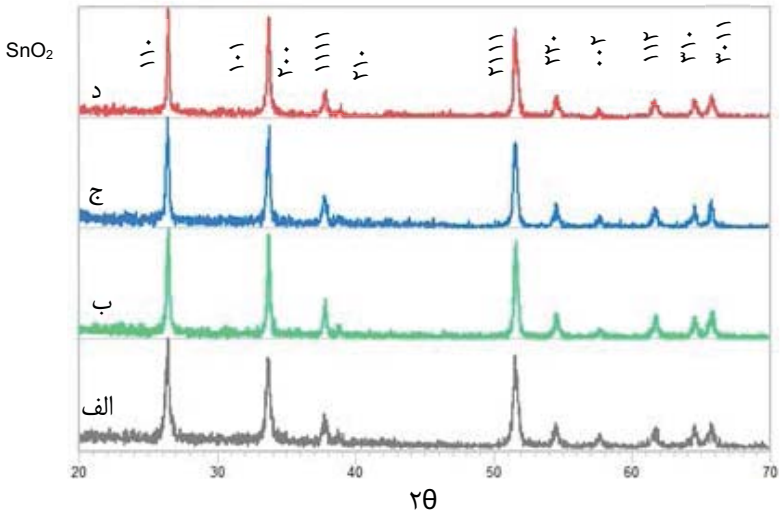
برای تعیین ویژگی‌های پودرهای سنتز شده، نوع فازهای تشکیل شده و ساختار بلوری از دستگاه آنالیز پراش اشعه ایکس مدل 3003 PTS ساخت شرکت SEIFERT استفاده شد. الگوهای پراش با استفاده از لامپ CuKα با طول موج ۱/۵۴۲ =λ آنگستروم، در گستره زاویه‌ای ۲θ، ۲۰ تا ۷۰ درجه با سرعت ۰/۰۲ درجه بر ثانیه به دست آمد.

برای مطالعه مورفولوژی فازها از میکروسکوپ الکترونی گسیل میدانی (FESEM) مدل MIRA3TESCAN- XMU استفاده شد. به کمک تصاویر به دست آمده و با استفاده از نرم‌افزار Image-j میانگین اندازه ذره محاسبه شد.

برای تشخیص افزودنی فلوئور در پودر سنتزی بهینه و هدف‌ها از دستگاه طیف‌نگاری فوتوالکترون پرتوی ایکس XPS ساخت شرکت Bestec آلمان استفاده شد.

۳- نتایج و بحث

نتایج حاصل از آنالیز اشعه ایکس برای نمونه‌های پودری سنتزشده اکسید قلع آلاییده شده با فلوئور با pH های مختلف (۱، ۲/۵، ۴، ۶)، در شکل ۱ آورده شده است. مطابق شکل ۱ کلیه الگوهای پراش اشعه ایکس با نمونه مرجع و شماره کارت JCPDS ۰۱-۰۷۷-۰۴۵۰ فاز SnO_2 مطابقت دارد. همانطور که مشاهده می‌شود با افزایش pH محلول از ۱ تا ۶، شدت پیک‌های اشعه ایکس افزایش یافته و عرض پیک‌ها کاهش می‌یابد، که نشان می‌دهد بلورینگی پودرهای اکسید قلع آلاییده شده با فلوئور با افزایش pH، افزایش می‌یابد. از روی شکل ۱ می‌توان اندازه بلورک نمونه‌ها را با استفاده از فرمول شرر محاسبه نمود، که نتایج آن در جدول ۱ خلاصه شده است.



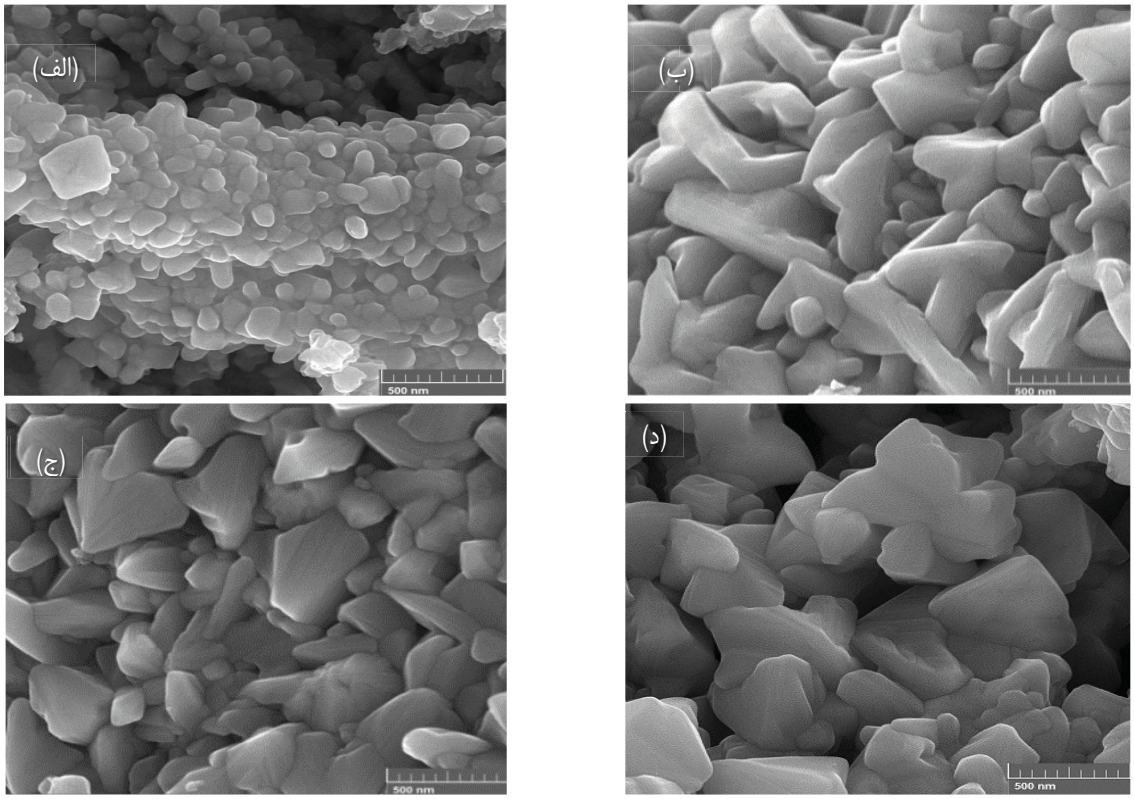
شکل ۱. الگوهای پراش اشعه ایکس چهار نمونه پودری دی‌اکسیدقلع آلاییده شده با فلوئور درpHهای مختلف (الف: ۱، ب: ۲/۵، ج: ۴، د: ۶)

نتایج حاصل از میکروسکوپ الکترونی روبشی گسیل میدانی برای چهار نمونه پودری آزمایشی سنتز شده با pH های مختلف (۱، ۲/۵، ۴، ۶) در شکل ۲ آورده شده است. با مشاهده این تصاویر و به کمک نرم‌افزار Image J می‌توان به اندازه ذرات هر کدام از نمونه‌های پودری پی‌برد، بنابراین اندازه ذرات هر نمونه محاسبه و در جدول ۲ آورده شده است.

جدول ۲: اندازه بلورک و اندازه ذره پودرهای اکسید قلع آلاییده شده با فلوئور

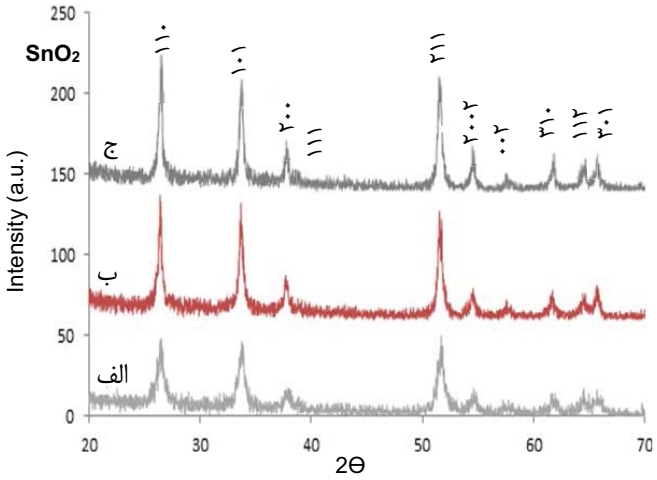
pH محلول	اندازه بلورک (نانومتر)	اندازه ذره (نانومتر)
۱	۱۱/۵	۱۲۵
۲/۵	۱۴/۵	۱۶۵
۴	۱۶	۲۱۵
۶	۱۹	۳۰۰

با توجه به الگوهای پراش اشعه ایکس و تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی، پودرهای حاصل از محلول با pH ۱، دارای ساختار ریز، همگن و یکنواخت هستند و با افزایش pH، مورفولوژی ذرات تغییر می‌کند. افزایش pH از ۱ تا ۶، سبب افزایش احتراق می‌شود. بدین علت که یون‌های نیترات (NO^-_3)، محیط اکسیدکننده‌ای را اطراف یون‌های فلزی به وجود می‌آورند که برای سوختن قسمت آلی ژل مفید و مورد نیاز است. بنابراین افزایش pH (اضافه کردن هیدروکسید آمونیوم)، سبب افزایش مقدار یون NO^-_3 می‌شود و احتراق افزایش می یابد، پس اندازه ذرات افزایش می‌یابد [۷]. با افزایش pH، مورفولوژی ذرات از کروی به چندوجهی تغییر می‌کند. نتایج این تحقیق با پژوهش Adnan و همکاران [۸] و Oliveira [۹] و همکاران مطابقت دارد.

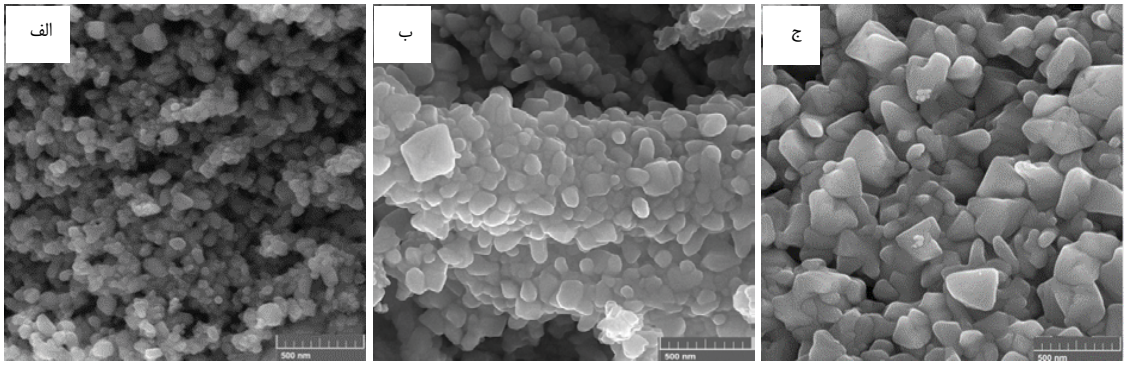


شکل ۲: تصاویر میکروسکوپ الکترونی چهار نمونه پودری دی‌اکسیدقلع آلاییده شده با فلوئور درpHهای مختلف (الف: ۱، ب: ۲/۵، ج: ۴، د: ۶)

برای به دست آوردن نسبت مناسب سوخت به ماده اولیه دو نسبت مولی ۱ و ۳ در pH ثابت ۱ برای تهیه پودرهای اکسید قلع آلاییده شده با فلوئور مورد بررسی قرار گرفت و الگوهای پراش اشعه ایکس و تصاویر میکروسکوپ الکترونی آن‌ها بررسی شد که به ترتیب در شکل ۳ و ۴ نشان داده شده است. متوسط اندازه ذرات پودرهای سنتز شده اکسید قلع آلاییده شده با فلوئور۵۰ نانومتر، ۱۲۵ نانومتر و ۱۹۲نانومتر برای پودرهای سنتزی با نسبت مولی اسید سیتریک به ماده اولیه ۱، ۲ و ۳ به ترتیب هستند.



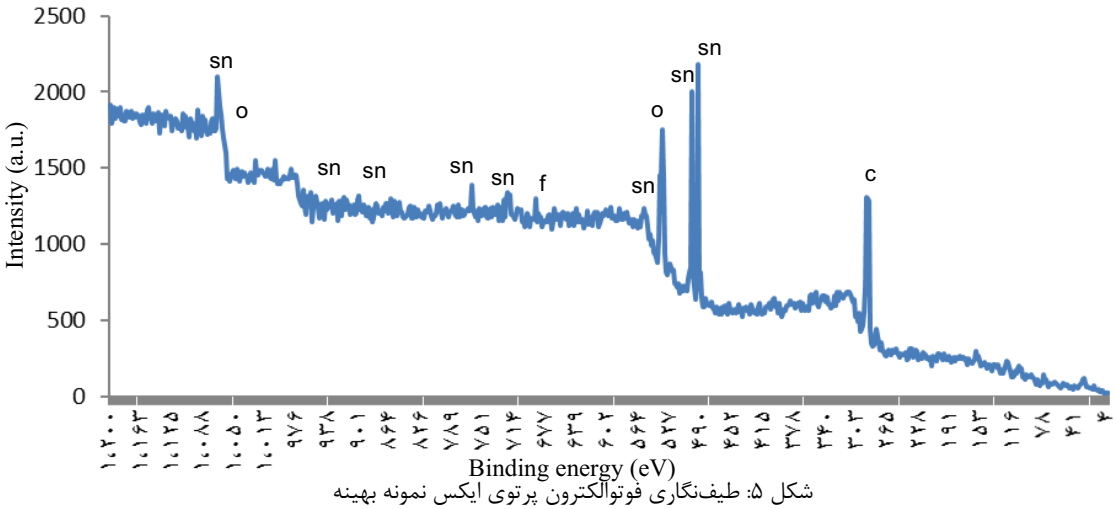
شکل ۳: الگوهای پراش اشعه ایکس نمونه‌های پودری دی‌اکسیدقلع آلاییده شده با فلوئور با نسبت‌های مولی مختلف سوخت به ماده اولیه (الف: ۱، ب: ۲، ج: ۳)



شکل ۴: تصاویر میکروسکوپ الکترونی نمونه‌های پودری دی‌اکسید قلع آلاییده شده با فلوئور با نسبت‌های مولی مختلف سوخت به ماده اولیه (الف: ۱، ب: ۲، ج: ۳)

مطابق شکل ۳ کلیه الگوهای پراش اشعه ایکس با نمونه مرجع و شماره کارت JCPDS ۰۱-۰۷۷-۰۴۵۰ فاز SnO_2 مطابقت دارد. در شکل ۴-الف که مقدار سوخت کمینه و با نسبت یک به مواد اولیه است، تصویر میکروسکوپی نمونه به‌صورت خوشه‌هایی از ذرات آگلومره شده ریز و کوچک با اشکال کروی و تقریبا یکنواخت است. با توجه به شکل ۴، با افزایش نسبت سوخت به ماده اولیه از ۱ به ۲ و ۳ گرمای بیش‌تری حین احتراق آزاد می‌شود که منجر به افزایش آنتالپی واکنش احتراق شود و سبب رشد ذرات می‌شود. از طرفی با افزایش نسبت مولی سوخت اسید سیتریک، تجمع ذرات[1] از طریق سیترات، با چسبیدن آن‌ها به هم و تشکیل ذرات بزرگ‌تر و تغییر مورفولوژی ذرات از کروی منظم به کروی نامنظم و نهایتا به شکل چند وجهی را به‌همراه دارد [۶]. نتایج این تحقیق با پژوهش Sikhwivhilu و همکاران [۵] مطابقت دارد. نتایج نشان می‌دهد که در نسبت سوخت به ماده اولیه ۱ و pH ۱، می‌توان بهینه شرایط را برای آماده‌سازی نانو پودرهای اکسید قلع آلاییده شده با فلوئور با اندازه ذرات ۵۰ نانومتر و مورفولوژی کروی فراهم نمود.

برای به‌دست آوردن اطلاعاتی نسبت به حالت‌های شیمیایی SnO_2 بر روی نمونه بهینه (با اندازه ذره ۵۰ نانومتر)، آنالیز طیف‌نگاری فوتوالکترون پرتوی ایکس انجام شد، که نتایج آن در شکل ۵ ارائه شده است. شکل ۵، انرژی‌های پیوندی، پیک‌های مربوط به حضور قلع، اکسیژن، فلوئور و کربن را نشان می‌دهد. انرژی پیوندی برای F 1s، $3d_{3/2}$، $Sn\ 3d_{5/2}$ O1s به ترتیب برابر ۶۸۴/۷، ۴۸۷/۱۶، ۴۹۵/۵۸ و ۵۳۰/۸۰ الکترون ولت است. لازم به ذکر است که بقیه پیک‌ها که نام‌گذاری نشده است، مربوط به قلع هستند.



شکل ۵: طیف‌نگاری فوتوالکترون پرتوی ایکس نمونه بهینه

[1] Aggregation

۴- نتیجه‌گیری

پودرهای اکسید قلع آلاییده شده با فلوئور به روش سل-ژل احتراقی با به کارگیری اسید سیتریک به عنوان سوخت و در pHهای مختلف سنتز شدند و تغییرات pH، نه تنها سبب رشد ذرات بلکه باعث تغییر مورفولوژی ذرات هم شد. با افزایش pH از ۱ تا ۶، اندازه ذرات از ۱۲۵ تا ۳۰۰ نانومتر افزایش یافت و سبب رشد ذرات و تغییر مورفولوژی ذرات از کروی به چندوجهی شد. اندازه ذرات با کاهش نسبت مولی سوخت به ماده اولیه از ۲ به ۱ از ۱۲۵ نانومتر به ۵۰ نانومتر در pH ثابت کاهش پیدا کرد. حضور افزودنی فلوئور در نانو پودرهای سنتزی اکسید قلع آلاییده شده با فلوئور توسط طیف‌نگاری فوتوالکترون پرتوی ایکس مشخص شد.

مراجع

[1]. E. Fortunato, D. Ginley, H. Hosono and D.C. Paine, “Transparent Conducting Oxides for Photovoltaics”, MRS Bull., 2007

[2]. C. H. Han, S. D. Han, J. Gwak and P. Khatkar, “Synthesis of indium tin oxide (ITO) and fluorine-doped tin oxide (FTO) nano-powder by sol–gel combustion hybrid method”, Materials Letters, 2007, 61 1701-1703

[3]. S. T. Aruna and A. S. Mukasyan, “Combustion synthesis and nanomaterials”, Current Opinion in Solid State and Materials Science, 2008, 12 44–50

[4]. G. Neri, “Ethanol Sensors Based on Pt-doped tin Oxide Nanopowders Synthesised by Gel-combustion”, Sensors and Actuators, 2006, B 117 196–204

[5]. L.M Sikhwivhilu, S.K Pillai andT.K Hillie, “Influence of Citric Acid on SnO_2 Nanoparticles Synthesized by Wet Chemical Processes”, Journal of Nanoscience and Nanotechnology. 2011, 11 [6] 4988-4994

[6]. Z. Li, W. Shen, X. Zhang, L. Fang and X. Zu, “Controllable growth of SnO_2 nanoparticles by citric acid assisted hydrothermal process”, Colloids Surf. A: Physicochem. Eng. Aspects, 2008, 32 17-20

[7]. N. Riahi-Noori, R. Sarraf-Mamoory, P. Alizadeh and A. Mehdikhani, “Synthesis of ZnO nano powder by a gel combustion method”, Journal of Ceramic Processing Research, 2008, 9 [3] 246-249

[8]. R. Adnan, N. Razana, I. Abdul Rahman and M. Akhyar Farrukh, “Synthesis and Characterization of High Surface Area Tin Oxid Nanoparticles via the Sol-Gel Method as a Catalyst for the Hydrogenation of Styrene”, Journal of the Chinese Chemical Society, 2010, 57 222-229

[9]. F. Oliveira, J. Varela and M. Orlandi, “Influence of pH in Obtaining Indium Tin Oxide Nanoparticles by Microwave Assisted Solvothermal Method", Materials Research, 2018, 21 [2].

Influence of pH and Mole Ratio of Fuel to Raw Material on Sol-Gel Combustion Synthesis of Fluorine Doped Tin Oxide for Solar Cell Applications

S. Malek[1]*, S. Baghshahi[2], A. Nemati[3], R. Sarraf-Mamoory[4]

[1] Department of Engineering, Tehran North Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
[2] Department of Materials Science and Engineering Faculty of Engineering, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran
[3] Department of Materials Science and Engineering, Sharif University of Technology, Tehran, Iran
[4] Department of Materials Engineering, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

* s_malek2000@yahoo.com

Abstract: Transparent conductive oxides have recently been used in solar cells. Hence, transparent conductive oxide, especially SnO_2:F (FTO) is considered promising by researchers for solar cell applications due to inexpensive and more efficient. In the current research, a sol-gel combustion technique was used to prepare fluorine-doped tin dioxide (FTO) powder. Stannous chloride pentahydride, ammonium fluoride, and citric acid as a fuel were used with various ratios of fuel to salt and different pH values. The structure, morphology and composition of the synthesized powders were characterized by X-ray diffraction (XRD), field emission scanning electron microscopy (FESEM) and X-ray photoelectron spectroscopy (XPS). The results revealed that the average particle size increased from 125 nm to 300 nm with morphological transformation as the pH value increased from 1 to 6, respectively and average particle size decreased from 125 nm to 50 nm with round morphology as the fuel to salt ratio decreased from 2 to 1. Presence of fluorine additive in optimal sample with 50 nm particle size was determined by XPS and it can be a suitable candidate for using in solar cell.

Keywords: Fluorine-doped tin dioxide (FTO), Sol-gel combustion, Transparent conductive oxide.