

## خواص نوری لایه‌های نازک شیشه کالکوژناید $Ga_1As_{39}S_{60}$ آلاینده با عنصر Er به روش پوشش دهی چرخشی

فصلنامه  
سرامیک ایران

روشنک اسدی تبریزی\*، محمد رضوانی

دانشکده مکانیک، گروه مهندسی مواد، دانشگاه تبریز



نویسنده مسئول:

مهندس روشنک اسدی تبریزی

دانشگاه تبریز

نوع مقاله: پژوهشی

صفحه‌های: ۷۷ تا ۸۴

شاپا چاپی: ۳۳۵۱-۱۷۳۵

شاپا الکترونیکی: ۳۰۹۷-۲۷۸۳

زبان نشریه: فارسی

دسترس پذیر در نشانی:

[www.JICERS.ir](http://www.JICERS.ir)

تاریخ دریافت:

۱۴۰۱/۰۵/۱۱

تاریخ پذیرش:

۱۴۰۱/۰۶/۳۰

roshanak.asadi@gmail

DOR: 20.1001.1.17353351.1400.17.4.10.7

**چکیده:** لایه‌نشانی چرخشی شیشه‌های کالکوژناید، روشی مقرون به صرفه و منعطف برای ساخت لایه‌های نازک مورد استفاده در حوزه فوتونیک است. در این تحقیق لایه‌های نازک شیشه کالکوژناید  $Ga_1As_{39}S_{60}$  آلاینده با ۱٪ اتمی Er به روش پوشش‌دهی چرخشی لایه‌نشانی شدند. شیشه‌ی اولیه در آمپول‌های کوارتزی و با استفاده از روش مرسوم ذوب از عناصر اولیه (دمای  $650^{\circ}C$  و مدت 15 hr) در کوره نوسانی و سرمایش سریع تهیه شدند. برای تهیه‌ی فیلم‌ها از دو حلال اتیلن دی‌آمین (EDA) و پروپیل آمین (PA) استفاده شد. از لام‌های شیشه‌ای (ضریب شکست 1/51) به عنوان زیرلایه استفاده شد. لایه‌ها پس از پوشش‌دهی چرخشی (2000 rpm به مدت 90 s) در دو مرحله در دمای  $60^{\circ}C$  تحت اتمسفر خلاء و دمای  $150^{\circ}C$  تحت اتمسفر نیتروژن عملیات حرارتی شدند. خواص نوری لایه‌ها با استفاده از آنالیز UV-Vis و FTIR بررسی شدند. در نتایج UV-Vis، میزان عبور و لبه‌ی جذب طول موج کوتاه در لایه‌ی تهیه شده از حلال PA به ترتیب بیش‌تر و کم‌تر از لایه‌ی تهیه شده از حلال EDA بود. با استفاده از روش سونوپوئل ضریب شکست و ضخامت لایه‌ها به ترتیب در محدوده‌ی 1/96-2/19 و 495-543 nm محاسبه شدند. با استفاده از برون‌یابی تائوک، گاف انرژی نوری در محدوده 2/16-2/34 eV محاسبه شد. نتایج FTIR بیانگر میزان حلال EDA باقی‌مانده بالاتری نسبت به PA است. نشر فوتولومینسانس در لایه‌های تهیه شده از حلال PA بالاتر بود. نقشه‌ی توزیع عناصر در EDS نیز بیانگر پخش یکنواخت Er در شبکه‌ی شیشه بود و اثری از خوشه‌ای شدن Er در ساختار مشاهده نشد. با استفاده از تصاویر میکروسکوپ نیروی اتمی (AFM)، زبری سطح 3/3-5/3 nm به دست آمد. کلمات کلیدی: لایه نازک، کالکوژناید، پوشش‌دهی چرخشی، خواص نوری.

### ۱- مقدمه

شیشه‌های کالکوژناید نیمه‌رساناهایی با پیوند کووالانسی هستند که دارای ضریب شکست بالا و شفافیت در محدوده‌ی مرئی تا مادون قرمز میانی هستند. این خواص منحصر به فرد باعث می‌شوند تا شیشه‌های کالکوژناید ماده‌ی میزبان ایده‌آل برای عناصر خاکی نادر باشند، زیرا انرژی فونونی کم، امکان آسایش چند فونونی را کاهش داده و انتشار در منطقه مادون قرمز را تضمین می‌کند [۱]. برای بسیاری از کاربردها نظیر موجبر نوری مسطح، لایه‌های نازک با کیفیت بالا مورد بررسی قرار گرفته‌اند. پوشش‌دهی چرخشی فیلم‌های کالکوژناید مزایایی مانند امکان پوشش‌دهی زیرلایه‌های بزرگ، رسوب فیلم با ضخامت بالا، دمای عملیاتی کم، مصرف انرژی پایین و ساخت فیلم دارای ویژگی‌های مشابه با شیشه اولیه را ارائه می‌دهد [۲]. قابلیت حلالیت ضعیف عناصر خاکی نادر در شیشه‌های  $As_2S_3$  معمولاً منجر به کاهش قابلیت نشر این عناصر می‌شود. این امر کاربرد آن‌ها در لیزرها، تقویت‌کننده‌ها و موجبرها را کاهش داده است. برای غلبه بر این مساله، مشخص شده است که افزودن عنصر Ga می‌تواند حلالیت عناصر خاکی نادر در شیشه‌های کالکوژناید را بهبود بخشد [۳].



با توجه به بررسی‌های انجام یافته، تا به امروز گزارشی در مورد فیلم کالکوژنایدی آلاییده به Er تهیه شده با استفاده از روش پوشش دهی چرخشی ارائه نشده است که در آن، حجم بالایی از Er با استفاده از روش سرمایش سریع مواد مذاب، در شیشه اولیه حل شده باشد. ترکیب شیشه  $Ga_{1.5}As_{3.5}S_{60}$  آلاییده به ۴٪ وزنی Er، با توجه به مطالعات قبلی محققان انتخاب شده است؛ زیرا مشاهده شده است که این ترکیب، بالاترین سطح نشر فوتولومینسانس را از خود نشان داده است [۴].

هدف تحقیق ما، ساخت شیشه کالکوژنایدی  $Ga_{1.5}As_{3.5}S_{60}$  آلاییده به ۴٪ وزنی Er با دو حلال پروپیل آمین (PA) و اتیلن دی آمین (EDA) از روش پوشش دهی چرخشی و بررسی تاثیر نوع حلال بر خواص فیلم بود. آنالیزهای UV-Vis و FTIR برای مشخص کردن خواص نوری و مقدار حلال باقی مانده فیلم مورد استفاده قرار گرفتند. ضریب شکست و ضخامت لایه‌ها با روش سوئوپوئل و باند ممنوعه نوری با استفاده از نمودارهای تائوک تعیین شدند. میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) و طیف‌سنجی پراش انرژی پرتو ایکس (EDX) نیز برای بررسی پخش یکنواخت عنصر Er به کار رفتند. در نهایت، خاصیت نشر فوتولومینسانس  $^{41}I_{13/2} \rightarrow ^{41}I_{15/2}$  فیلم‌ها مورد بررسی قرار گرفت.

## ۲- فعالیت‌های تجربی

شیشه کالکوژنایدی  $Ga_{1.5}As_{3.5}S_{60}$  آلاییده به ۴٪ وزنی Er با استفاده از روش مرسوم ذوب از عناصر اولیه و سرمایش سریع مذاب تهیه شد. عناصر خالص ابتدا وزن شدند و در کپسول کوارتزی از قبل تمیز شده (غوطه‌وری در HF اسید، آب مقطر و استون و سپس حرارت دهی در دمای  $700^{\circ}C$  به مدت ۲ ساعت در کوره الکتریکی) در مقادیر محاسبه شده، حرارت داده شدند. پس از آن، کپسول به مدت چند ساعت تحت خلاء  $10^{-3} Pa$  قرار گرفت و در نهایت مهر و موم شد. کپسول در یک کوره لرزان در دمای  $850^{\circ}C$  به مدت ۱۵ ساعت ذوب شد و مذاب حاصل شده در لوله کوارتزی در هوا سریع سرد شد. شیشه‌ی حاصل به مدت ۲ ساعت در  $160^{\circ}C$  به منظور حذف تنش‌های داخلی آنیل شد و سپس به آرامی در دمای اتاق سرد شد و در هاون عقیق خرد شد و پودر حاصل از الک (۱۰۰ مش)، عبور داده شد.

۱/۲ گرم پودر شیشه یک بار به ۶ ml از پروپیل آمین (سیگما آلدریج، خلوص ۹۸٪) و بار دیگر به ۶ ml اتیلن دی‌آمین (سیگما آلدریج، خلوص ۹۸٪) در یک محفظه نیتروژنی، در لوله‌ی آزمایش، اضافه شد. درب لوله‌های آزمایش بسته شد و به مدت ۴۸ ساعت هم‌زده شد. اگرچه محلول حاصل بدون رسوب و شفاف بود، اما درست قبل از اعمال بر روی زیرلایه، از سرنگ فیلتردار  $0.2 \mu m$  عبور داده شد.

محلول حاصل بر روی لام شیشه‌ای میکروسکوپ (با ضریب شکست در حدود  $1/49$  در  $600 nm$ )، با روش پوشش دهی چرخشی، در اتمسفر نیتروژن، با دور  $2000 rpm$  و به مدت ۹۰ ثانیه لایه‌نشانی شد.

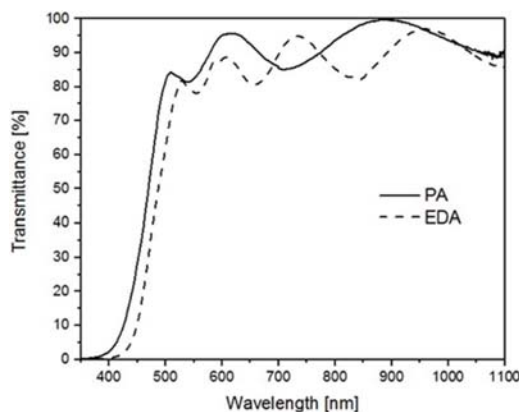
فیلم‌های تهیه شده بلافاصله در خلا در دمای  $60^{\circ}C$  به مدت ۶۰ دقیقه (پخت نرم) و سپس در دمای  $150^{\circ}C$  به مدت ۶۰ دقیقه، در اتمسفر نیتروژن (پخت سخت)، مورد حرارت قرار گرفتند.

زیرلایه‌های شیشه‌ای مورد استفاده در محلول نیتریک و هیدروفلوریک اسید برای چند دقیقه غوطه‌ور شدند و سپس در آب مقطر شسته شدند و توسط گاز نیتروژن خشک شدند.

بررسی طیف عبور فیلم‌ها در محدوده UV-Vis با استفاده از دستگاه Analytic Jena ۲۵۰ انجام شد. عبور زیرلایه‌ها نیز قبل از اعمال لایه اندازه‌گیری شد. آنالیز UV-Vis برای هر نمونه دو بار تکرار شد و عبور متوسط برای آنالیز داده‌ها مورد استفاده قرار گرفت. آنالیز FT-IR با استفاده از طیف‌سنج Bruker TENSOR 27 در محدوده  $2500-25000 nm$  انجام شد. میکروسکوپ نیروی اتمی (Nanosurf mobile S، سوئیس) برای بررسی زبری سطح لایه به کار گرفته شد. برای بررسی نشر فوتولومینسانس، نمونه‌ها با استفاده از یک دیود لیزری در  $980 nm$  پمپ شدند. لیزر به صورت مستقیم با فیبر تک مد به فیلم کوپل شد. طیف ناشی از تحریک، توسط یک فیبر نوری جمع‌آوری شده و در یک تحلیل گر طیف نوری (THORLABS, OSA 202C)، بررسی شد. بررسی ساختار و یکنواختی پخش عنصر Er در زمینه‌ی فیلم‌های نازک با استفاده از میکروسکوپ الکترونی روبشی (MIRA3TESCAN-XMU) به دست آمد.

### ۳- نتایج و بحث

نتایج UV-Vis فیلم‌ها پس از پخت سخت در شکل ۱ نشان داده شده‌اند. نمونه‌ها عبور بالایی از خود نشان می‌دهند. با مقایسه طیف نشری فیلم‌ها مشاهده می‌شود که میزان عبور و لبه‌ی جذب طول موج کوتاه در لایه‌ی تهیه شده از حلال PA به ترتیب بیش‌تر و کم‌تر از لایه‌ی تهیه شده از حلال EDA است. طیف عبور فیلم‌ها از خود تغییرات متناوبی را با افزایش طول موج نشان می‌دهد. این تغییرات متناوب قبلاً توسط چندین گروه گزارش شده است. این اثر ممکن است به تداخل نوری بین چندین انعکاس در دو سطح فیلم نسبت داده شود، و تحت‌تأثیر ضریب شکست فیلم در آن طول‌موج خاص و ضخامت فیلم‌ها است.



شکل ۱: طیف عبوری فیلم‌های شیشه  $\text{Ga}_{1.4}\text{As}_{3.9}\text{S}_{6.0}$  آلاپیده به ۴٪ وزنی Er پوشش‌دهی چرخشی شده با دو حلال PA و EDA.

با توجه به نمودار عبور، ضریب شکست لایه‌های تهیه‌شده را می‌توان با استفاده از روش سوئوپوئل محاسبه نمود. معادلات زیر برای محاسبه ضریب شکست لایه‌ها استفاده می‌شود [۵].

$$n = \sqrt{N + \sqrt{N^2 - s^2}} \quad (۱)$$

$$N = 2S \frac{(T_{max} - T_{min})}{T_{max} T_{min}} + \frac{s^2 + 1}{2} \quad (۲)$$

$$s = \frac{1}{T_s} + \sqrt{\frac{1}{T_s^2} - 1} \quad (۳)$$

در معادلات ۱-۳،  $n$  و  $s$  به ترتیب ضرایب شکست لایه و زیرلایه هستند.  $T_s$  عبور اندازه‌گیری شده ی زیرلایه،  $T_{max}$  و  $T_{min}$  نقاط بیشینه و کمینه عبور در یک طول موج خاص هستند [۶]. مقادیر بیشینه و کمینه از منحنی‌هایی به دست می‌آیند که به طور دقیق بر روی این نقاط برازش شده‌اند. این برازش با استفاده از نرم‌افزار Origin ۹٫۴ محاسبه شد. ضرایب شکست با انحراف استاندارد حدود ۰٫۰۳-۰٫۰۱ برای واحدهای ضریب شکست محاسبه شدند. ضخامت فیلم‌ها از رابطه‌ی ۴ محاسبه شدند.

$$d = \frac{\lambda_1 \lambda_2}{2(\lambda_1 n_2 - \lambda_2 n_1)} \quad (۴)$$

در معادله ۴،  $n_1$  و  $n_2$  ضرایب شکست دو بیشینه یا کمینه مجاور  $\lambda_1$  و  $\lambda_2$  هستند. معادله‌های (۵) و (۶) و (۷) نیز برای محاسبه ضریب جذب فیلم‌های نازک مورد استفاده قرار گرفتند [۷].

$$\alpha = \frac{\ln x}{d} \quad (۵)$$

$$x = \frac{F - \sqrt{F^2 - (n^2 - 1)^3 (n^2 - n_s^4)}}{(n - 1)^3 (n - n_s^2)} \quad (۶)$$

$$F = \frac{8n^2 n_s}{T} \quad T = \frac{2T_{max} T_{min}}{T_{max} + T_{min}} \quad (۷)$$

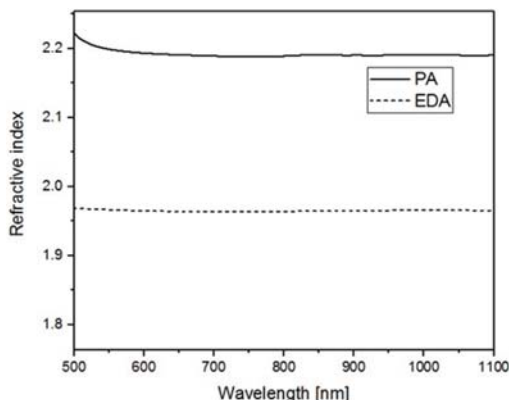
در منطقه جذب بالا، که در آن هیچ باند تداخلی مشاهده نمی‌شود،  $T_{max} = T_{min}$  = عبور است. شکاف باند نوری  $E_g$ ، از مقادیر ضریب جذب با استفاده از برون‌یابی تائوک در منطقه جذب بالا تعیین می‌شود [۸].

$$\sqrt{ah\nu} = K(h\nu - E_g) \quad (۸)$$

در معادله ۸،  $K$  پارامتری برای هر لایه است،  $\nu$  فرکانس و  $h$  ثابت پلانک است. باند ممنوعه نوری از نقطه‌ی تلاقی امتداد قسمت

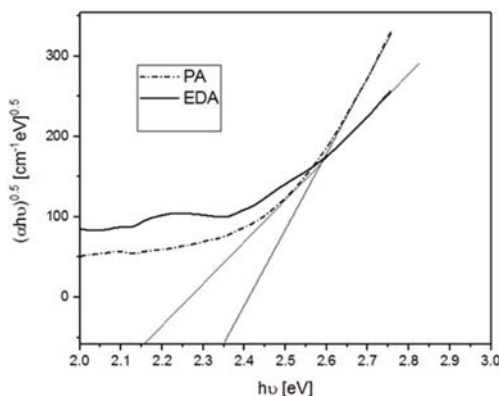
خطی نمودار  $(\alpha h\nu)^{0.5}$  برحسب  $h\nu$  با محور طول‌ها به دست می‌آید. برای هر کدام از حلال‌ها، سه نمونه تهیه و بررسی شدند و ضخامت میانگین برای PA، ۴۹۵ nm و برای EDA، ۵۴۰ nm به دست آمد.

در شکل ۲ منحنی‌های ضریب شکست بر حسب طول موج فیلم‌ها نشان داده شده است که از معادلات ۱-۳ محاسبه شده‌اند. اگر چه ضرایب شکست به دست آمده کمتر از ضرایب شکست حاصل از سایر روش‌های لایه‌نشانی هستند، اما آن‌ها در میان مقادیر بالای گزارش شده با روش پوشش‌دهی چرخشی توسط سایر محققین قرار می‌گیرند [۹]. ضریب شکست نمونه با حلال PA از حلال EDA بالاتر است، این تفاوت بین ضرایب شکست را می‌توان به فشار بخار پایین‌تر EDA از PA نسبت داد که میزان تبخیر از لایه را کاهش داده است. همچنین تفاوت بین ضرایب شکست را می‌توان به تفاوت در ضخامت و تخلخل لایه‌ها نسبت داد، به طوری که لایه‌های با ضخامت بالاتر، ضرایب شکست پایین‌تری دارند.

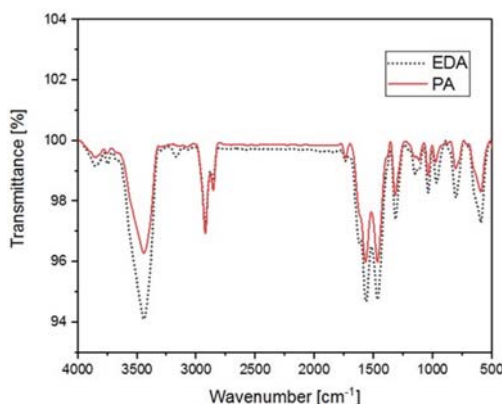


شکل ۲: پراکندگی ضریب شکست فیلم‌های شیشه  $\text{Ga}_1\text{As}_{39}\text{S}_{60}$  آلائیده به ۴٪ وزنی  $\text{Er}$  پوشش‌دهی چرخشی شده با دو حلال PA و EDA.

مقادیر گاف انرژی نوری و فیلم‌های تهیه شده از هر دو حلال، در شکل ۳ نشان داده شده است. مقادیر گاف انرژی محاسبه شده با نتایج سایر محققین قابل مقایسه هستند [۱]. گاف انرژی از نمودارهای تائوک برای PA، ۲/۳۴ eV و برای EDA، ۲/۱۶ eV به دست آمد. آنالیز FT-IR برای بررسی وجود حلال باقی‌مانده در فیلم‌ها انجام شد. شکل ۴، طیف IR فیلم‌های با حلال PA و EDA را در منطقه MIR ( $400-1400 \text{ cm}^{-1}$ ) طیف الکترومغناطیسی نشان می‌دهد. باندهای جذبی در ۳۴۴۷، ۲۶۵۰، ۳۲۰۰، ۱۵۶۶ و  $1456 \text{ cm}^{-1}$  به ترتیب به پیوندهای N-H، N-H ( $\text{NH}_3$ )، N-H، N-H، C-H مربوط می‌شوند. تمامی این باندهای جذبی حضور حلال باقی‌مانده در فیلم را تایید می‌کنند. با این حال، مشخص است که شدت باندهای حلال EDA از PA کمی بیشتر است که می‌تواند به فشار بخار پایین‌تر EDA نسبت به PA ارتباط داد [۶]. واضح است که فیلم‌ها در محدوده طیفی اندازه‌گیری شده، شفافیت خوبی دارند.

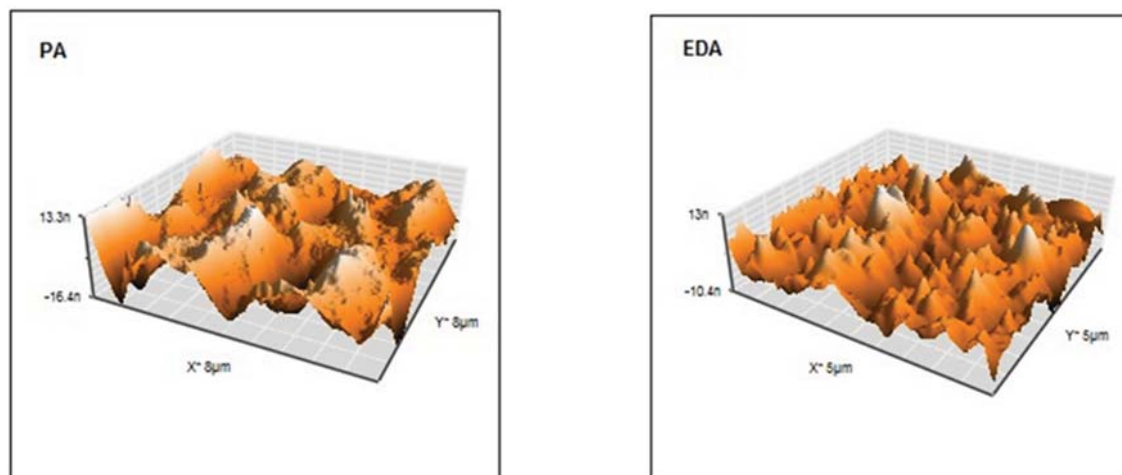


شکل ۳: توابع تائوک که برای تعیین گاف انرژی نوری فیلم‌ها رسم شده‌اند.



شکل ۴: طیف عبور IR فیلم‌های پوشش‌دهی چرخشی شده. باندها مربوط به حضور حلال باقی‌مانده در فیلم هستند.

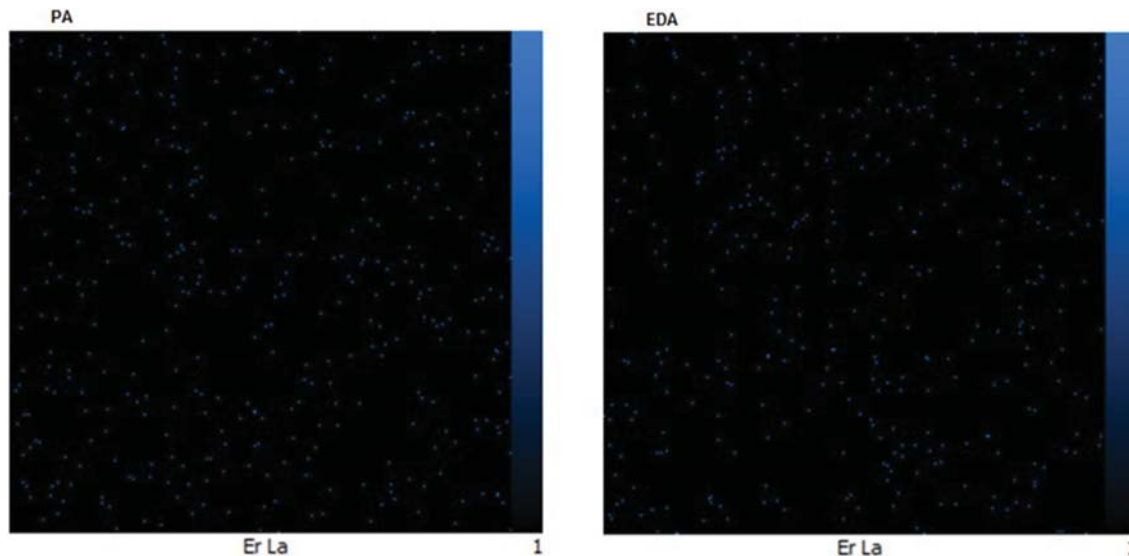
شکل ۵ نمونه‌هایی از تصاویر میکروسکوپ نیروی اتمی را نشان می‌دهد که از فیلم‌های تهیه شده از هر دو حلال، گرفته شده‌اند. این تصاویر سطوحی نسبتاً همگن را نشان می‌دهند. زبری سطح مربعی (RMS) فیلم‌های تهیه شده از هر دو حلال به هم نزدیک بوده و حدود  $3/3-3/5$  nm است. مقادیر RMS بدست آمده از جمله پایین‌ترین مقادیر گزارش شده برای زبری شیشه‌های کالکوژناید سیستم As-S هستند [۱۰].



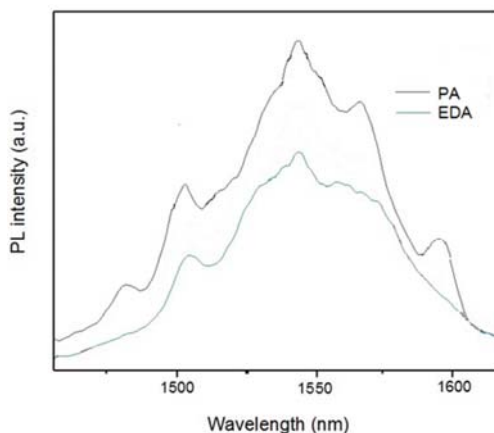
شکل ۵: تصاویر میکروسکوپ نیروی اتمی.

همانطور که ذکر شد، Ga به عنوان یک دگرگون‌ساز شبکه‌ی شیشه، حلالیت عناصر خاکی نادر (اریبوم) را افزایش داده و بازده نشر لومینسانس را افزایش می‌دهد. شکل ۶ نقشه پخش عنصر Er در ساختار شیشه به دست آمده با EDX از نمونه‌های تهیه شده از هر دو حلال را نشان می‌دهد. در این تصاویر واضح است که افزودن Ga باعث افزایش حلالیت Er شده است و در نمونه‌های تهیه شده از هر دو حلال، هیچ نشانی از خوشه‌ای شدن Er در ساختار وجود ندارد. بدیهی است که خوشه‌ای شدن Er می‌تواند نشر فوتولومینسانس یون‌های تحریک شده را خاموش کند.

نشر فوتولومینسانس نمونه‌های تهیه شده از دو حلال، در شکل ۷ نشان داده شده است. نمونه‌ها دارای حداکثر نشر در  $1535$  nm بودند. در نمونه‌های تهیه شده با حلال PA، شدت نشر بیش‌تر است، که می‌توان آن را به مقدار حلال باقی‌مانده در ساختار شیشه‌ای نسبت داد. در پوشش‌دهی چرخشی، کاهش مقدار حلال به پایین‌ترین سطح ممکن ضروری است، زیرا باند نشری Er با باند جذبی قوی حلال آمین در این طول موج تداخل می‌کند [۱۱].



شکل ۶: نقشه پخش عنصر Er در ساختار شیشه گرفته شده توسط EDX.



شکل ۷: نشر فوتولومینسانس نمونه‌های تهیه شده از PA و EDA.

#### ۴- نتیجه‌گیری

لایه‌های نازک  $Ga_1As_{39}S_{40}$  از روش پوشش‌دهی چرخشی چند لایه‌ای تهیه شدند. در حضور Ga، مقدار بالایی از Er بدون خوشه‌ای شدن، در شیشه  $Ga_1As_{39}S_{40}$  از طریق ذوب و سرمایش سریع مذاب آلییده شد. برای تهیه‌ی لایه‌ها از دو حلال پروپیل آمین (PA) و اتیلن دی‌آمین (EDA) استفاده شد که از لحاظ عبور در ناحیه UV-Vis، ضریب شکست و گاف انرژی، نمونه‌های تهیه‌شده از حلال PA از EDA مقادیر بالاتری را از خود نشان دادند. تصاویر AFM گواهِ حصول فیلم‌هایی با زبری سطحی در محدوده‌ی ۳/۵ nm بودند. فیلم‌ها نشری در محدوده ۱۵۵۰ nm داشتند. شدت نشر در نمونه‌های تهیه‌شده از PA بالاتر بود که می‌تواند ناشی از حضور حلال باقی‌مانده بالاتری در لایه‌های نازک تهیه‌شده از EDA باشد که توسط آنالیز FT-IR نیز مشاهده شد. این امکان وجود دارد که با آنیل بیشتر لایه‌ها در دماهای نزدیک به دمای انتقال شیشه، به طور کامل حلال را حذف کرد. با در نظر گرفتن تمامی نتایج به دست آمده، حلال PA خواص بهتری را نسبت به حلال EDA نشان می‌دهد که می‌توان آن را به عنوان حلال بهینه برای تهیه‌ی لایه‌های نازک آلییده به اربوم از روش پوشش‌دهی چرخشی مورد استفاده قرار داد.

مراجع



- [1] H. Khan, P. K. Dwivedi, S. Islam, M. Husain, and M. Zulfequar, "Solution processing of chalcogenide glasses: A facile path towards functional integration," *Optical Materials*, vol. 119, p. 111332, 2021.
- [2] V. Balan, C. Vigreux, and A. Pradel, "Chalcogenide thin films deposited by radio-frequency sputtering," *Journal of Optoelectronics and Advanced materials*, vol. 6, pp. 875-882, 2004.
- [3] K. Maeda, T. Sakai, K. Sakai, T. Ikari, M. Munzar, D. Tonchev, *et al.*, "Effect of Ga on the structure of Ge–Se–Ga glasses from thermal analysis, Raman and XPS measurements," *Journal of Materials Science: Materials in Electronics*, vol. 18, pp. 367-370, 2007.
- [4] A. Y. Dizaj and M. Rezvani, "The investigation of optical and mechanical properties of Er<sup>3+</sup> doped Ga-As-S glasses quenched in different medias," *Infrared Physics & Technology*, vol. 93, pp. 199-204, 2018.
- [5] D. Poelman and P. F. Smet, "Methods for the determination of the optical constants of thin films from single transmission measurements: a critical review," *Journal of Physics D: Applied Physics*, vol. 36, p. 1850, 2003.
- [6] V. Matějec, J. Pedliková, I. Barton, J. Zavadil, and P. Kostka, "Optical properties of As<sub>2</sub>S<sub>3</sub> layers deposited from solutions," *Journal of Non-Crystalline Solids*, vol. 431, pp. 47-51, 2016.
- [7] I. Ay and H. Tolunay, "Optical transmission measurements on glow-discharge amorphous silicon nitride films," *Turkish Journal of Physics*, vol. 25, pp. 215-222, 2001.
- [8] J. Tauc, "Absorption edge and internal electric fields in amorphous semiconductors," *Materials Research Bulletin*, vol. 5, pp. 721-729, 1970.
- [9] J. Gonzalez-Leal, M. Stuchlik, M. Vlcek, R. Jimenez-Garay, and E. Marquez, "Influence of the deposition technique on the structural and optical properties of amorphous AsS films," *Applied surface science*, vol. 246, pp. 348-355, 2005.
- [10] L. Mochalov, A. Nezhdanov, A. Logunov, M. Kudryashov, I. Krivenkov, A. Vorotyntsev, *et al.*, "Optical emission of two-dimensional arsenic sulfide prepared by plasma," *Superlattices and Microstructures*, vol. 114, pp. 305-313, 2018.
- [11] L. Strizik, T. Wagner, V. Weissova, J. Oswald, K. Palka, L. Benes, *et al.*, "Solution-processed Er 3+-doped As 3 S 7 chalcogenide films: optical properties and 1.5 μm photoluminescence activated by thermal treatment," *Journal of Materials Chemistry C*, vol. 5, pp. 8489-8497, 2017.



# Optical Properties of Spin-Coated Er-Doped Ga<sub>1</sub>As<sub>39</sub>S<sub>60</sub> Chalcogenide Thin Films

Roshanak Asadi Tabrizi\*, Mohammad Rezvani

Material Engineering Department, Mechanical Engineering Faculty, Tabriz University, Tabriz, Iran

\* roshanak.assadi@gmail.com

**Abstract:** Spin-coating of Chalcogenide glasses is a cost-effective and flexible method to produce thin films applicable in photonics. In this paper Er was doped into Ga<sub>1</sub>As<sub>39</sub>S<sub>60</sub> glass by melt quenching technique and solutions for spin coating were prepared from glass powders dissolved in Propylamine and Ethylendiamine. Substrates used were microscopic slides (refractive index of about 1.51). Applied layers were dried in 60°C vacume for 60 min and then heat treated at 150°C for 60 min in Nitrogen Atmosphere. Influence of solvent type on optical parameters of films and the amount of residual solvent was studied by examining UV visible infrared spectroscopy. According to AFM images, surface roughness of layers was about 3.3-3.5 nm. Although films demonstrated PL emission at 1.55 μm, emission intensity was higher at the films deposited from PA solvent. EDS mapping images showed no clusters of Er within the glass matrix.

**Keywords:** Thin films, Chalcogenide, Spin-Coating, Optical Properties, Solvent.