دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر
فصلنامه‌ی کاربرد شیمی در محیط زیست

سال دوازدهم، شماره‌ی ٤٧
پاییز ١٤٠٠، صفحات ٤١-٣٧

مطالعه خواص فیلم‌های نازک اکسید روی تهیه شده با روش سل- ژل

حسن آبسالان
گروه فیزیک، واحد اهر، دانشگاه آزاد اسلامی، اهر، ایران
Email:h_absalan@iau.ac.ir

دریافت: ۱۴۰۱/۰۴/۲۸ بازنگری: ۱۴۰۱/۰۵/۱۵ پذیرش نهایی: ۱۴۰۱/۰۵/۲۴

چکیده

فیلم‌های نازک اکسیدروی با بکارگیری روش سل-ژل، با استفاده از زینک استات دی هیدرات،۲- پروپانول و دی اتانول امین،بر روی زیرلایه های شیشه‌ای تهیه شده‌اند. خواص اپتیکی و ساختاری فیلم‌های تهیه شده، با استفاده از پراش سنج اشعه ایکس، روش بیناب نمائی نوری فرابنفش- مرئی و بررسی های میکروسکوپی الکترونی مورد مطالعه قرار گرفته است. فیلم‌های تهیه شده تحت این شرایط، در محدوده مرئی بالای ۴۰۰ نانومتر شفاف بوده و یک طول موج قطع فرابنفش تیزی در حوالی ۳۸۰ نانومتر دیده می‌شود. ضخامت فیلم‌های تهیه شده در محدوده۲۵۰ تا۳۹۰ نانومتر می‌باشد. ثابت‌های اپتیکی فیلم های نازک مورد مطالعه، مانند ضریب شکست فیلم‌ها، با افزایش طول موج کاهش می‌یابند.

کلید واژه: سل-ژل، پراش‌سنج، فرابنفش، ضریب شکست.

مقدمه

فیلم‌های اکسید روی، دارای فاصله بین ترازی پهن با شفافیت اپتیکی بالا در محدوده مرئی بوده و به عنوان یک ماده مفید برای گسترش دستگاه‌های الکترونیکی و اپتو الکترنیکی مانند رساناهای شفاف [۱]، شیشه‌های بکار رفته در ساخت سلول‌های خورشیدی سیلیکون [۲]، حسگرهای گازی [۳]، دستگاه‌های موج آکوستیکی سطحی (*SAW*)[۴] و ... بکار می‌روند.

فیلم‌های نازک اکسید روی بواسطه خواص الکتریکی و اپتیکی و همچنین به دلیل پایداری خوب آن ها در محیط پلاسمای هیدروژن، دارای جایگاه ویژه‌ای در صنعت الکترونیک و اپتوالکترونیک هستند [۵].

از میان روش‌های مختلف رسوب گذاری فیلم‌های نازک اکسید روی [۶-۸]، فرآیند سل- ژل امکان تهیه یک لایه نشانی کوچک، کم هزینه و شفافیت بالا را برای کاربردهای تکنولوژیکی فراهم می سازد.

مواد و روش‌ها

- بخش تجربی

برای تهیه محلول لایه نشانی از زینک استات دی هیدرات $[Zn(CH_3COO_2).2H_2O]$ (ZAD)، ۲- پروپانول ودی اتانول امین $[HN(CH_2CH_2OH)_2]$ (*DEA*) بترتیب بعنوان ماده اولیه، حلال و پایدار ساز استفاده شده است. ابتدا *ZAD* بتدریج در داخل ۲- پروپانول ریخته شده و سپس *DEA* به آرامی به آن افزوده می‌شود. محلول حاصل به مدت ۱ساعت و در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد گرم شده و سپس به منظور افزایش ماندگاری و شفافیت محلول، چند قطره آب مقطر دو بار یونیزه شده به آن افزوده می‌شود.

ماده حاصل، بصورت یک محلول شفاف و همگن بوده و آماده لایه نشانی می‌باشد.

فیلم های نازک اکسید روی با غوطه ور کردن زیرلایه‌های شیشه‌ای، که قبلا با استفاده از مواد شوینده بطور کامل تمیز شده‌اند، در داخل محلول پوشش و با سرعت یکنواخت $8 cm/\min$، سپس نگهداری آنها به مدت ۳۰ دقیقه در دمای اتاق تهیه می‌شوند. فیلم های بدست آمده بصورت فیلم خیس بوده که به منظور از بین بردن مواد اضافی که ممکن است در طی مراحل فوق بر روی زیر لایه ها نشسته باشند، در دمای $100\,^{\circ}C$ و به مدت ۳۰ دقیقه در داخل کوره خشک می‌شوند. فرآیند فوق به منظور بدست آوردن ضخامت معلومی از فیلم ها تکرار می شود.

تعداد دفعات غوطه وری در این تحقیق، ۹ بار می‌باشد. در نهایت به منظور متراکم کردن فیلم های تهیه شده، در دماهای ۲۰۰ تا ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد، تحت عملیات گرمایشی قرار می‌گیرند.

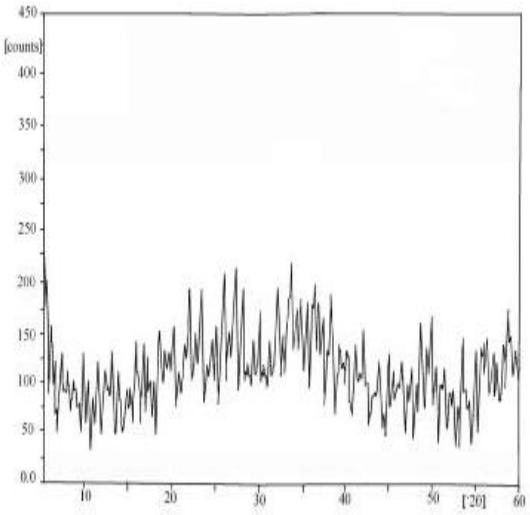
ساختار فیلم های نازک تهیه شده با استفاده از پراش سنج اشعه ایکس، آنالیز شده‌اند. تراگسیل اپتیکی فیلم های نازک تهیه شده، با استفاده از اسپکتروفوتومتر در ناحیه مرئی (*UV – Visdible*)، بین طول موج‌های ۹۰۰-۲۰۰ نانومتر بررسی شده اند.

سطح مقطع این فیلم ها نیز با استفاده از بررسی‌های میکروسکوپی الکترونی مطالعه شده‌اند. همچنین مقادیر ثوابت اپتیکی فیلم‌ها مانند ضریب شکست آن‌ها نیز با استفاده از طیف‌های تراگسیل اپتیکی آنها اندازه گیری شده‌اند.

نتایج و بحث

شکل ۱، الگوی پراش اشعه ایکس مربوط به فیلم نازک تهیه شده (که در دمای ۴۰۰ درجه و تعداد ۹ بار لایه نشانی بدست آمده) را نشان می‌دهد.

به دلیل نازک بودن فیلم های تهیه شده، پیک خاصی در الگوی پراش اشعه ایکس گرفته شده از نمونه دیده نمی‌شود که به معنای آمورف بودن آن می‌باشد.



شکل۱: الگوی پراش اشعه ایکس فیلم نازک تهیه شده

طیف تراگسیل اپتیکی بدست آمده از فیلم نازک اکسید روی، در محدوده طول موجی ۲۰۰ تا ۹۰۰ نانومتر، در شکل ۲ دیده می‌شود.

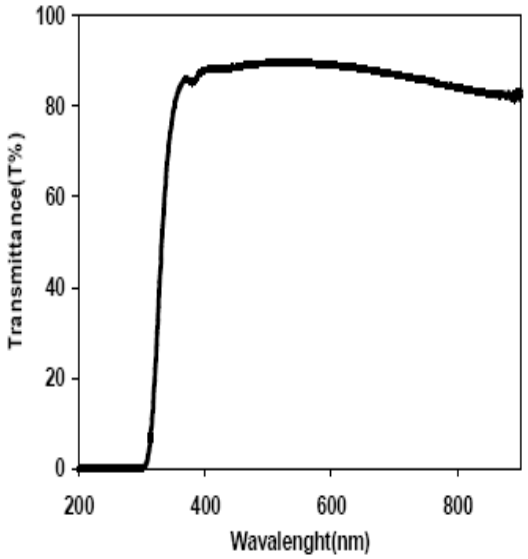
این فیلم در ناحیه مرئی طیف‌های الکترومغناطیسی با یک میانگین تراگسیلندگی بالای ۸۵ درصد شفاف بوده و یک طول موج قطع فرابنفشی نیز تقریبا در حوالی ۳۸۰ نانومتر که وابسته به دمای بازپخت می‌باشد، قابل مشاهده است. ضخامت فیلم مورد نظر با استفاده ازاین طیف تراگسیل، در حدود ۳۵۸ نانومتر می‌باشد.

شکل۳، ترسیم $(\alpha h\nu)^2$را برحسب $h\nu$ نشان می‌دهد که درآن، α ضریب جذب اپتیکی و $h\nu$، انرژی فوتون فرودی است.

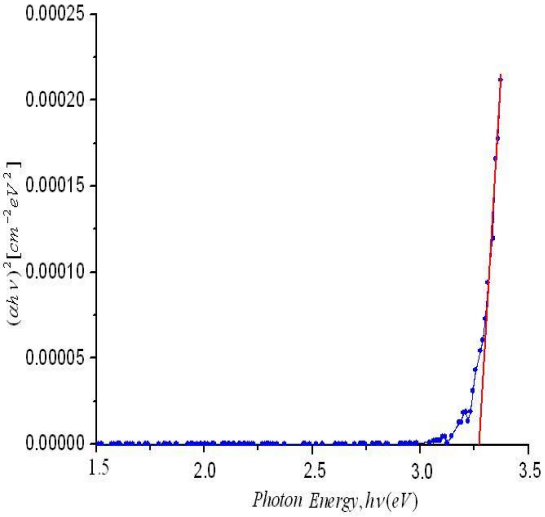
با توجه به اینکه فیلم‌های نازک اکسید روی دارای گذار اپتیکی مستقیم هستند، α بصورت زیر به انرژی باند اپتیکی E_g نسبت داده می‌شود [۹]:

$$(\alpha h\nu)^2 = \beta(h\nu - E_g) \qquad (۱)$$

E_g بوسیله برون یابی بخش خط مستقیم $\alpha h\nu = 0$ تعیین می‌شود. دراینجا مقدار E_g، ۳/۲۷۲ الکترون ولت بدست آمده است.

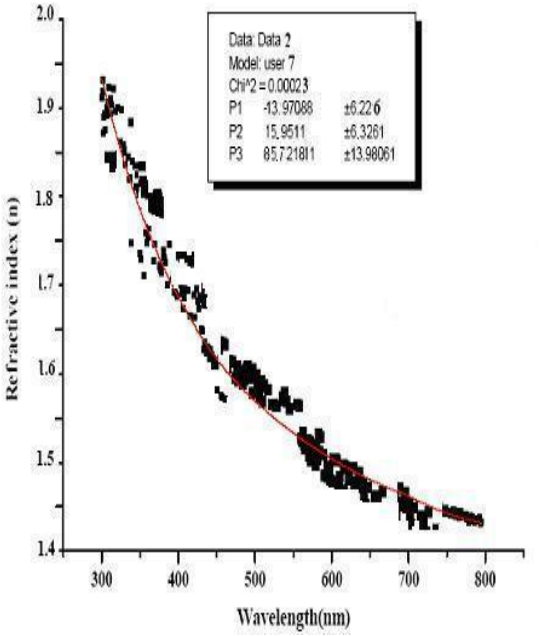


شکل۲: طیف تراگسیل اپتیکی بدست آمده از فیلم نازک اکسید روی

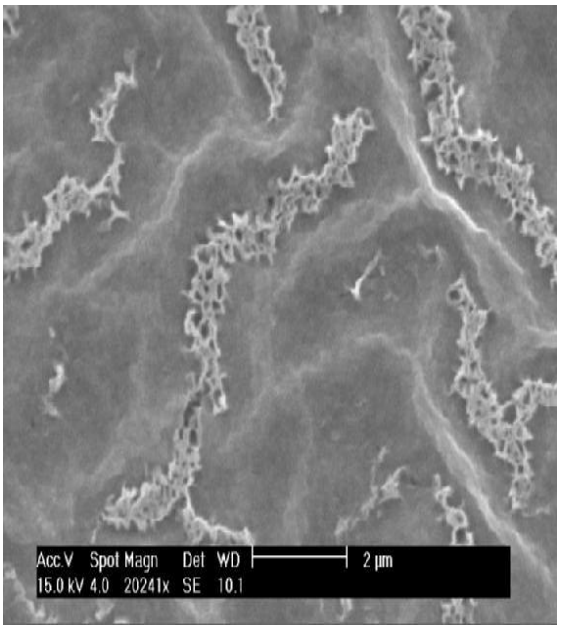


شکل۳: منحنی تغییرات $(ahn)^2$ برحسب hv برای تعیین Eg

نمودار تغییرات ضریب شکست فیلم تهیه شده را بر حسب طول موج می‌توان در شکل۴ دید. مقدار ضریب شکست فیلم با افزایش طول موج از ۳۰۰ تا ۸۰۰ نانومتر، از ۱/۹۳ تا ۱/۴۴ کاهش می‌یابد.



شکل۴: تغییرات ضریب شکست فیلم مورد مطالعه برحسب طول موج



شکل۵: سطح مقطع فیلم نازک تهیه شده در دمای ۴۰۰ درجه سانتی‌گراد

ریخت‌شناسی فیلم نازک مورد مطالعه، با استفاده از تصاویر بررسی‌های میکروسکوپی الکترونی مطالعه شده است. سطح مقطع فیلم تهیه شده در دمای ۴۰۰ درجه سانتی‌گراد، در شکل ۵ قابل مشاهده است.

با افزایش دما تا ۴۰۰ درجه سانتی‌گراد، ساختار فیلم به حالت پلیمری تبدیل شده است، زیرا با افزایش دما، فیلم متراکم شده و در نتیجه برخی از حفره‌های موجود پر شده-اند.

این امر را می‌توان بدین صورت توجیه کرد که با افزایش دمای عملیات گرمایش، فیلم‌ها چگالیده‌تر شده و فشار وارده بر سطح آن‌ها افزایش یافته و باعث از بین رفتن حفره های اولیه می‌شود.

نتیجه‌گیری

سل- ژل، یک روش مناسب برای پوشش فیلم‌های نازک است که دارای جایگاه مناسبی در بین روش‌های مختلف لایه نشانی می‌باشد.

فیلم های نازک اکسید روی بواسطه خواص فیزیکی خوب، هزینه پائین تولید و تکنیک های مختلف تهیه، به صورت گسترده مورد استفاده قرار می‌گیرند.

در این تحقیق، فیلم ها بر روی زیرلایه‌های شیشه ای پوشش داده شده و به وسیله روش‌های پراش سنجی اشعه ایکس، بیناب نمائی نوری فرابنفش- مرئی و بررسی‌های میکروسکوپی الکترونی مورد مطالعه قرار گرفته‌اند. نتایج بیان می‌کنند که فیلم‌های تهیه شده، دارای یک ساختار آمورف بوده و عبوری بالای ۸۵ درصد دارند. مقدار انرژی گاف نواری فیلم تهیه شده، ۳/۲۷۲ الکترون ولت است. مقدار عددی ضریب شکست نیز با افزایش طول موج، کاهش می‌یابد. همچنین با افزایش دمای عملیات گرمایش تا ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد، ساختار فیلم ها متراکم تر می‌شود.

منابع

[1] Natsume, Y., Sakata,H., 2000, Thin Solid Films 372. 30.
[2] Bao, D., Gu, H., Kuang, A., 1998, Thin Solid Films 312 , 37.
[3] Cheng, X.L., Zhao, H., Huo, L.H., 2004, Sensors and Actuators B 102, 284.
[4] Walter, W., Chu, S.Y., 2002, Materials Letters 55, 67.
[5] Jin-Hong, L., Kyung-Hee, K., 2003, Journal of Crystal Growth 247, 120.
[6] Ayouchi, R., 2003, Thin Solid Films 426 (2003) 68-77.
[7] Kamalasanan, M.N., Chandra, S., 1996, Thin Solid Films 289, 113.
[8] Subramanayam, T.K., 1999, Optical Materials 13, 239-247.
[9] Schroder, D.K., 1998, Semiconductor Material,Wiley, New York.