

هفتمین همایش ملی بنیاد علمی قانون یار

همایش پژوهش های علمی علوم اسلامی و انسانی در عصر نوین

بنیاد علمی قانون یار - آموزش و پرورش استان کرمانشاه - واحد پژوهش سپاه پاسداران (با همکاری و حمایت معنوی دانشگاه رازی، دانشگاه آزاد، دانشگاه فرهنگیان، دانشگاه پیام نور کرمانشاه، دانشگاه علمی و کاربردی، جهاد دانشگاهی واحد کرمانشاه، دانشگاه صنعتی کرمانشاه، بنیاد شهید و سازمان ارشاد و
سر دبیر علمی و مسئول برگزاری همایش: دکتر بهنام اسدی (نماینده مقالات در پایگاه های ملی و بین المللی)
تاریخ برگزاری همایش: ۸ اسفندماه ۱۴۰۳ شماره مقاله: ۲۸/۹۵۴۳۲ رده بندی کنگره: ب ۵۶/۶۳۳۰

مقایسه و بررسی شیشه الکتروکرومیک با استفاده از فناوری ITO

و پلیمر رسانای پلی آلفا - ۶- تیوفن با سایر شیشه های موجود

لیلا نبی تباری

چکیده

رشد روز افزون مصرف جهانی انرژی، کاهش سوخت های فسیلی و همراه با آن افزایش آلودگی بیش از پیش محیط زیست در سال های اخیر، خسارات جبران ناپذیر برای منابع حیاتی همراه بوده است. شیشه هوشمند (لکتروکرومیک) در سال های اخیر بسیار مورد توجه پژوهشگران این حوزه قرار گرفته است. الکتروکرومیک پدیده ای است که واکنش های نوری و الکتروشیمیایی را به طور همزمان به خود اختصاص میدهد. در این پژوهش شیشه الکتروکرومیک ITO با روش لایه-نشانی اسپاترینگ تهیه گردید و از پلیمر پلی آلفا متیل سیکس تیوفن به دلیل خواص الکتروکرومیک و الکتروشیمیایی مناسب به عنوان رسانای یونی شفاف استفاده شد. زیر لایه ITO تهیه شده به این روش دارای میزان عبور ۷۶٪ در طول موج ۷۴۰ nm و مقاومت الکتریکی ۱۵ اهم است. در طول موج ۶۴۱ نانومتر تغییرات عبور نوری زیاد و بازده رنگی بالایی را برای لایه های نازک اکسید ایندیم قلع (ITO) مشاهده شد. همچنین بهترین جذب در ۷۴۰ nm و بیشترین عبور در بازه طول موج ۵۴۶ nm تا ۶۴۱ nm مشاهده شد. مزیت قطعه طراحی شده استفاده از یک پلیمر به عنوان رسانای یونی شفاف است که باعث می شود میزان تغییرات عبور اپتیکی از قطعه افزایش یافته و نیز سبب زمان پاسخ کوتاه قطعه میگردد.

شاخه تخصصی: نانوشیمی و فیزیک

واژگان کلیدی: شیشه، الکتروکرومیک، ITO



مقدمه

رشد روز افزون مصرف جهانی انرژی، کاهش سوخت های فسیلی و همراه با آن افزایش آلودگی بیش از پیش محیط زیست در سال های اخیر، خسارات جبران ناپذیر برای منابع حیاتی همراه بوده است. به منظور کاهش مصرف جهانی منابع طبیعی پایان پذیر، تلاش های علمی فراوانی صورت گرفته است از جمله تلاش برای جلوگیری از هدر رفتن انرژی از طریق پنجره ها که منجر به معرفی نسل جدیدی از شیشه ها، شیشه هوشمند (لکتروکرومیک)، در معماری استفاده شده است [۱ و ۲]. الکتروکرومیک پدیده ای است که واکنش های نوری و الکتروشیمیایی را به طور همزمان به خود اختصاص می دهد و به همین دلیل به فکر افتادیم تا شیشه ایی را درست کنیم که به طبیعت آسیبی نرساند یا به زبان دیگر زیست تخریب پذیر باشد و مصرف انرژی کمتری داشته باشد. مواد الکتروکروم، موادی هستند که ویژگی های نوری به ویژه میزان شفافیتشان، بسته به ورود و خروج یون و الکترون، تحت اعمال یک ولتاژ خارجی به طور برگشت پذیر تغییر می کند. این مواد می توانند حالت های اکسایش متفاوتی را از خود نشان دهند که تغییر رنگ از عدم استقرار الکترون بین این حالت های اکسایش حاصل می شود [۳]. از جمله دلایلی که باعث شده تا مواد الکتروکرومیک نسبت به سایر مواد کروموترونیک بیشتر مورد توجه قرار گیرند، میتوان به مصرف انرژی الکتریکی فقط در طول فرآیند سوئیچینگ (حافظه مدار باز)، ولتاژ سوئیچینگ (۵۷-۱)، رنگ های متنوع (آبی، خاکستری، قهوه ای و ...)، شفافیت مداوم، بازده رنگی بالا طیف عبور نوری ۷۰٪-۵۰٪ در حالت بیرنگ و ۲۵٪-۱۰٪ در حالت رنگی کامل در ناحیه مرئی اشاره کرد [۴]. توجه به مواد الکتروکرومیک در دنیای علم و صنعت رفت هرفته در حال افزایش است. پنجره های هوشمند، یکی از مهمترین ابزارهای الکتروکرومیک محسوب می شوند. این نوع شیشه ها در واقع باتری های راکینگ چیر شفاف هستند که در آنها یک جفت لایه درج شده میانی مکمل، بر روی شیشه رسانای شفاف قرار گرفته است و یک الکترولیت رسانای یونی، این دو لایه را از یکدیگر جدا می کند. ابزارهای الکتروکرومیک و باتری ها / ابرخازن های



الکتروکرومیک، از ویژگی های مشابه بسیاری برخوردارند که طیف وسیعی را از خواص مواد تشکیل دهنده و نحوه ساخت دستگاه گرفته تا سینتیک واکنش های انجام شده در آن ها، شامل می شوند. در طراحی شیشه های الکتروکرومیک، شیشه مذکور یک سلول الکتروشیمیایی است که در آن، دو قطعه شیشه رسانا توسط یک ماده الکترولیت از یکدیگر جدا شد هاند. در ولتاژ مدار باز، شیشه در «حالت روشن» قرار م یگیرد. یعنی، هم الکترودهای فعال و هم الکترودهای ناهمسو در مقابل اشعه خورشید شفاف بوده و اجازه ورود گرما و نور طبیعی را به محیط داخل اتاق می دهند.

زمانی که ولتاژ به مقدار متوسطی کاهش یابد، شیشه به «حالت خنک» سوئیچ می‌کند. یعنی همچنان نور طبیعی را از خود عبور می‌دهد اما اجازه ورود گرما به محیط داخل اتاق را نمی‌دهد. در پتانسیل‌های پایین‌تر، شیشه به «حالت تیره» سوئیچ کرده و میزان گرما و نور طبیعی ورودی به اتاق را محدود می‌کند. این سه حالت سوئیچینگ مختلف، امکان عملکرد شیشه متناسب با شرایط آب و هوایی مختلف را به وجود آورده و به تبع آن، موجبات رفاه مصرف‌کننده و همچنین صرفه جویی در مصرف انرژی را فراهم می‌آورد.



بخش اول: اهداف تحقیق

بند اول: هدف کلی

مقایسه و بررسی شیشه الکتروکرومیک با استفاده از فناوری ITO و پلیمر رسانای پلی آلفا-۶- تیوفن با شیشه معمولی

بند دوم: اهداف جزئی

- ۱- صرفه جویی در مصرف انرژی
- ۲- تغییر رنگ در شیشه
- ۳- جلوگیری از ورود گرما و خروج سرما در فصل تابستان
- ۴- بیرون نرفتن گرما و ورود سرما در فصل سرما
- ۵- استفاده ی کمتر از سوخت فسیلی
- ۶- جلوگیری از آلودگی هوا

بخش دوم: فرضیه

مقایسه شیشه الکتروکرومیک با استفاده از فناوری ITO و پلیمر رسانای پلی آلفا-۶- تیوفن با سایر شیشه ها در بازار

بند اول: فرضیه جزئی

بررسی و مشاهدات انجام شده بر شیشه و اطلاعات اخذ شده از این طریق باعث مطرح شدن فرضیات به شرح زیر می شود:



15

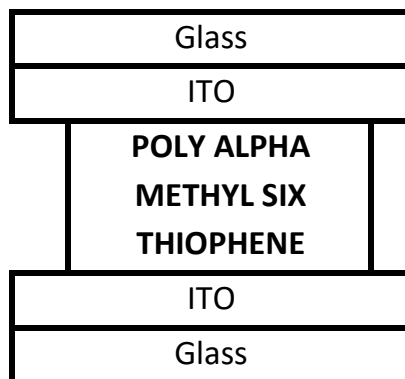
بررسی خواص ساختاری نمونه‌ها از طریق طیف پراش پرتو ایکس (XRD) توسط دستگاه مدل Buker AXS با طول موج $\lambda = 1.5406 \text{ \AA}$ در بازه زاویه‌ای $2\theta = 10-70^\circ$ انجام گرفت. مورفولوژی



سطح نمونه‌ها با استفاده از دستگاه روبشی گسیل میدانی (FESEM; Hitachi S-۴۱۶۰) انجام شد.

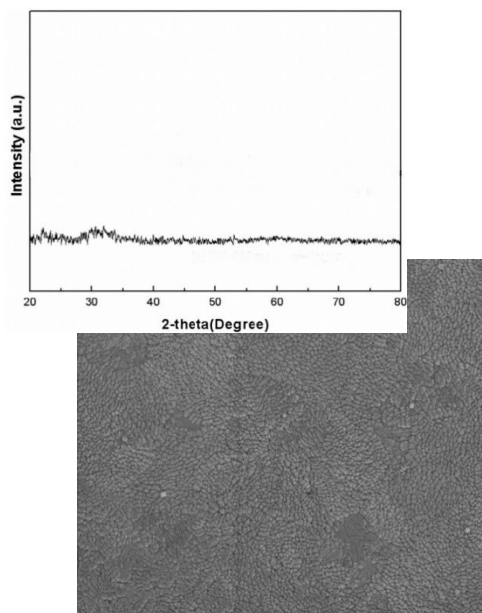
بخش پنجم: یافته‌ها

مکانیزم عملکرد قطعات الکتروکرومیک: رفتار قطعات الکتروکرومیک استاندارد شبیه باتری‌های لایه نازک است که ویژگی‌های نوری‌شان بسته به آهنگ ورود بار در مواد الکتروکروم تغییر میکند. یک قطعه الکتروکرومیک کامل ترکیبی از سه تا پنج لایه است که روی یکدیگر قرار گرفته‌اند و این یک لایه بین دو زیرلایه در یک پیکربندی لایه‌ای ساندویچ شده‌اند. عموماً زیرلایه‌ها از جنس شیشه یا ورقه‌های انعطاف‌پذیر شفاف انتخاب میشوند. قسمت مرکزی این سه لایه شامل یک رسانای یونی شفاف است که میتواند یک ماده‌ی آلی (پلیمر چسبناک) یا معدنی (اغلب فیلمهای اکسیدی استفاده میشوند) باشد. اکسیدهای فلزی الکتروکرومیک نقاط ضعفی نظیر سوئیچینگ کند و راندمان رنگ‌پذیری ضعیف دارند. این نقاط ضعف سبب شده‌اند که مواد پلیمری رسانا برای جایگزین کردن آنها، در رقابت نزدیکی با این اکسیدهای فلزی باشند. این مواد پلیمری به دلیل قیمت ارزان، فرآیند تهیه سریع و خواص الکتروکرومیک قابل توجهشان، مدت‌هاست که در مرکز توجه قرار گرفته‌اند. با توجه نکات ذکر شده در این پژوهش از پلیمر پلی الفامتیل سیکس تیوفن به دلیل خواص الکتروکرومیک و الکتروشیمیایی مناسب به عنوان رسانای یونی شفاف استفاده شد [۷]. این رسانای یونی از یک طرف در تماس با یک لایه الکتروکرومیک قرار دارد که قادر است الکترون‌ها و یونها را به خوبی منتقل کند و از طرف دیگر، در تماس با لایه ذخیره ساز یونی قرار دارد که این لایه میتواند خصوصیات الکتروکرومیکی داشته باشد. ساختار این لایه مرکزی بین دو فیلم رسانای شفاف الکتریکی (ITO) قرار میگیرد. پیکربندی عمومی برای یک قطعه الکتروکرومیک در شکل ۱ نشان شده است.



شکل ۱- طرح کلی قطعه الکتروکرومیک پلیمری

نتایج مطالعه ساختاری سطح لایه‌ها (SEM, XRD): به منظور مطالعه‌ی مورفولوژی سطح لایه‌ها از تصاویر SEM استفاده شد. شکل ۲ تصاویر SEM حاصل از نمونه لایه‌نشانی شده با ITO را نشان می‌دهد. هدف از تهیه تصاویر SEM بررسی فرآیند تشکیل شکاف‌ها و ایجاد خوشه‌هایی با تراکم بیشتر برای رسیدن به بازده رنگی بالاتر و زمان پاسخ کوتاه‌تر بود. بیشترین تراکم خوشه‌ها پس از ماندگاری ۷۲ ساعت رخ داد که حضور این تراکم باعث بیشتر شدن شکاف‌ها و نیز افزایش سطح موثر می‌شود. دلیل رابطه مسقیم بین افزایش تراکم و ماندگاری محلول را میتوان اینگونه توجیح نمود که افزایش ماندگاری محلول سبب اتصال تعدادی از ذرات محلول به یکدیگر می‌شود. متصل شوند. در هنگام لایه‌نشانی، ابتدا ذرات ریز از محلول بر روی سطح زیرلایه‌ی شیشه لایه‌نشانی می‌شوند و در انتها این ذرات بزرگ از محلول جدا شده و بر روی خارجی‌ترین سطح زیرلایه لایه‌نشانی می‌شوند. که این ذرات تراکم یافته پس از لایه‌نشانی، مکان‌هایی را روی سطح زیرلایه به خود اختصاص میدهند و باعث ایجاد خوشه‌هایی روی سطح زیرلایه میشوند، هرچه ماندگاری محلول بیشتر میشود، تعداد بیشتری از ذرات در محلول به



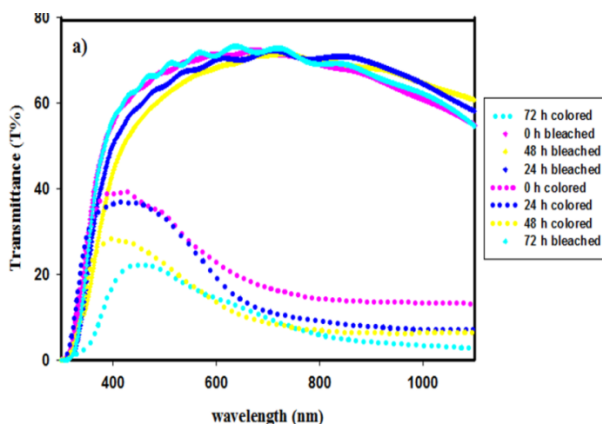
یکدیگر متصل میشوند، در نتیجه تراکم و تعداد خوشه‌ها بر روی سطح افزایش می‌یابد. بهترین جذب در 740 nm و بیشترین عبور در بازه طول موج 546 nm تا 641 nm مشاهده می‌شود. جذب در این ناحیه در اثر تشکیل پلارون‌های کوچک و الکترون‌های آزاد به دلیل ورود بار، رخ داده است. این حالت را حالت رنگی می‌نامند [8].

شکل ۲- تصویر میکروسکوپ الکترونی نمونه لایه‌نشانی شده ITO

آنالیز ساختاری نمونه مورد مطالعه به روش اسپاترینگ با زمان ماندگاری ۷۲ ساعت، در شکل ۳ نشان داده شده. چون در طیف XRD این نمونه هیچ پیک مشخصی ظاهر نشده است، بنابراین داده‌های XRD نشان دهنده آمورف بودن ساختار نمونه مورد مطالعه است.

شکل ۳- طیف XRD نمونه لایه‌نشانی شده با TIO به روش اسپاترینگ

نتایج مطالعه‌ی خواص اپتیکی لایه‌ها: طیف عبور اپتیکی نمونه لایه‌نشانی شده با ITO در شکل ۴ نشان داده شده است. این شکل تغییرات عبور اپتیکی را برای نمونه ذکر شده با ماندگاری ۰h تا ۷۲h در دو حالت رنگی و بی‌رنگ را نشان می‌دهد. تغییر رنگ در نمونه در طول آزمایش الکتروشیمی به دلیل ورود / خروج بار است. با توجه به این شکل می‌توان دریافت که با افزایش زمان ماندگاری محلول میزان تغییر عبور افزایش یافته است. زیرا مورفولوژی نمونه بیانگر این بود که با افزایش زمان ماندگاری، میزان شکاف‌های موجود در سطح نمونه افزایش یافته است، بنابراین میزان مبادله‌ی بار و به دنبال آن میزان رنگی شدن نیز افزایش می‌یابد.



شکل ۴- طیف عبوری نمونه لایه‌نشانی شده با TIO با ماندگاری ۰ تا ۷۲ ساعت در دو حالت رنگی و بی‌رنگ در بازه‌ی طول موجی ۲۵۰ nm تا ۱۱۲۰۰



نتیجه گیری

با توجه به نتایج در این مقاله می توان گفت ، تغییرات عبور نوری زیاد و بازده رنگی بالایی را برای لایه های نازک اکسید ایندیم قلع (ITO) به روش اسپاترینگ در طول موج ۶۴۱ نانومتر به دست آوریم و مشاهده کردیم که در بین تمام نمونه های لایه نشانی شده با ITO، بیشترین بازدهی در محلول با ماندگاری ۷۲ ساعت اتفاق افتاد، مورفولوژی نمونه بیانگر این بود که با افزایش زمان ماندگاری، میزان شکاف های موجود در سطح نمونه افزایش یافته است. بررسی تصویر میکروسکوپ الکترونی (SEM) و طیف XRD نشان داد که بهترین جذب در ۷۴۰nm و بیشترین عبور در بازه طول موج ۵۴۶nm تا ۶۴۱ nm رخ می دهد، که به دلیل تشکیل پلارون-های کوچک و الکترون های آزاد به دلیل ورود بار است. همچنین ظاهر نشدن پیک های مشخص در طیف XRD نشان دهنده آمورف بودن نمونه مورد مطالعه بود. بررسی خواص اپتیکی نشان داد که با افزایش زمان ماندگاری محلول میزان تغییر عبور افزایش یافته است، بنابراین میزان مبادله ی بار و به تبع آن میزان رنگی شدن نیز افزایش همراه بوده است.



هفتمین همایش پژوهش های علمی علوم اسلامی و انسانی در عصر نوین (انجاء برگزار کننده: بنیاد علمی قانون یار - آموزش و پرورش و سپاه پاسداران کرمانشاه - ۸ اسفند ۱۳۹۳)



منابع و مأخذ

[۱]. S.K. Deb, "Handbook of Inorganic Electrochromic Materials"; Appl. Opt., suppl. ۳ (۱۹۶۹) ۱۹۲

[۲]. P. M. S. Monk, S. P. Akhtar, J. Boutevin and J. R. Duffield, "Toward the tailoring of electrochromic bands of metal oxide mixtures"; *Electrochimica Acta*, ۴۶ (۲۰۰۱) ۲۰۹۱.

[۳]. C.G. Granqvist, P.C. Lansaker, N.R. Mlyuka, G.A. Niklasson, E. Avendano, "Progress in chromogenics: New results for electrochromic and thermochromic materials and devices", *Solar Energy Materials and Solar Cells*, ۹۳ (۲۰۰۹) ۲۰۳۲.

[۴]. C.M. Lampert, "Chromogenic smart materials"; *Materials Today*, ۷ (۲۰۰۴) ۲۸.

[۵]. Hosein Eshghi, Alireza Biaram, Mehdi Adelifard; "An Investigation on impurity and grain boundary effects on structural, optical and electrical properties of $\text{SnO}_2\text{:F}$ thin films deposited by spray pyrolysis"; *Modern Physics Letters B*; ۲۵ (۲۰۱۱) ۱۴۷۳.

[۶]. H. Huang, J. Tian, W.K. Zhang, Y.P. Gan, X.Y. Tao, X.H. Xia, J.P. Tu, "Electrochromic properties Of porous NiO thin film as a counter electrode for NiO/ complimentary electrochromic windows"; *ElectrochimicaActa*, ۵۶ (۲۰۱۱) ۴۲۸۱.

[۷]. C.G. Granqvist, "Handbook of Inorganic Electrochromic Materials", (۲۰۰۲) Amsterdam, Elsevier.

[۸]. Satyen K. Deb, "Opportunities and challenges in science and technology of WO_3 for electrochromic and related applications"; *Solar Energy Materials and Solar Cells*, ۹۲ (۲۰۰۸) ۲۴۵.

لوگو سازمان ها و نهادهای علمی، سیاسی و دولتی حامی معنوی هفتمین همایش ملی بیژن و هتر های علمی علوم اسلامی و انسان در عصر نوین



اگانت ایتا و ایمیل رسمی همایش جهت ارسال مقاله
Ghanonyar@YAHOO.COM ۰۹۱۰۰۶۳۶۰۰۲

۱۴۰۳/۱۲/۰۸
دانشگاه رازی- سالن همایش دانشکده علوم اجتماعی


 معاونت علمی، فرهنگی و اطلاع رسانی
 تحت پوشش خبری صداوسیما



جهت همکاری در برگزاری همایش با دبیر اجرایی تماس بگیرید:
خانم دکتر شهلا رضایی ۰۹۱۹۶۷۴۸۶۲۵