بیست و ششمین کنفرانس اپتیک و
فوتونیک ایران و دوازدهمین کنفرانس
مهندسی و فناوری فوتونیک ایران،
دانشگاه خوارزمی،
تهران، ایران.
۱۶-۱۵ بهمن ۱۳۹۸

بررسی خواص رنگ زایی اپتیکی لایه های MoO_3 ایجاد شده برروی زیر لایه پارچه به منظور شناسایی گاز هیدروژن

زهرا، معصومی دهقی، مهدی رنجبر، مهدی ترابی گودرزی

دانشکده فیزیک دانشگاه صنعتی اصفهان، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان

چکیده - در این پژوهش لایه های اکسید مولیبدن (MoO3) به روش کندوپاش RF بر روی زیر لایه ی پارچه پلی استر، ساخته شده وخواص رنگ زایی اپتیکی آن درمعرض گاز هیدروژن مورد بررسی قرار می‌گیرد. تغییر رنگ لایه‌های شکل گرفته به وسیله ی حسگر رنگ شناسایی شده و میزان پاسخ حسگرها به غلظت‌های مختلف گاز هیدروژن تعیین می گردد. ساختار فازی ، ریخت شناسی و خواص اپتیکی به ترتیب توسط آزمون پراش پرتوایکس (XRD) ، میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) و طیف سنجی UV-Vis مورد بررسی قرار گرفته است.

کلید واژها – اکسید مولیبدن، پارچه پلی استر، کندوپاش RF، حسگر رنگ

Investigation of optical gasochromic properties of deposited MoO_3 thin films on the textile substrate for Hydrogen gas sensing

Zahra; Masoumi dehaghi; Mehdi; Ranjbar; Mehdi;Torabi godarzi;

Department of Physics, Isfahan university of Technology, Isfahan

Abstract: In this study, molybdenum oxide (MoO3) thin films are fabricated by RF sputtering on polyester textile substrate, and its optical coloration properties are investigated under hydrogen gas exposure. The color change of formed layers is detected by a color sensor and the response of the sensors is determined to different concentrations of hydrogen gas. Phase structure, morphology and optical properties of fabricated layers are investigated by X-ray diffraction (XRD), scanning electron microscopy (SEM) and UV-Vis spectroscopy analysis, respectively.

Keywords: MoO3, polyester textile, RF sputtering, color sensor

[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-19]

این مقاله درصورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترسی باشد.

مقدمه

در بین انواع اکسیدهای فلزات واسطه، اکسید مولیبدن یک کاندید ایده‌آل و متمایز در خواص رنگ زایی در زمینه فوتوکروم یک[۱]، الکتروکروم یک[۲] و گازوکروم یک[۳] است. اکسید مولیبدن یک نیم رسانای نوع n با گاف اپتیکی پهن است [۴]. حساسیت رنگ زایی اکسید مولیبدن به حضورگاز هیدروژن بسیار مورد توجه قرار گرفته است[۵]. امروزه گاز هیدروژن به عنوان سوخت پاک و تجدیدپذیر جایگزین مناسبی برای سوخت‌های فسیلی در صنعت به شمار می‌رود. نکته قابل توجه قابل اشتعال بودن این گاز در ترکیب با هوا است. اکسید مولیبدن هنگامی که در معرض گاز هیدروژن قرار می‌گیرد، تغییر رنگ می‌دهد که می‌توان از آن به عنوان حسگر گاز هیدروژن استفاده کرد[۶]. الیاف پلی استر(PET)، یک الیاف بسیار مهم در نساجی می‌باشد. باتوجه به استحکام بالا، پایداری مکانیکی مناسب، قابلیت انعطاف پذیری و کم هزینه بودن[۷]، می‌توان از آن به عنوان زیرلایه‌ی مناسب در ساخت برچسب‌های هوشمند برای استفاده در لباس های کار بهره گرفت. در این پژوهش خواص رنگ زایی اپتیکی لایه‌های اکسید مولیبدن به منظور شناسایی گاز هیدروژن در دمای اتاق مورد بررسی گرفته است.

مواد و روش های آزمایش

به منظور فعال سازی لایه‌های اکسید مولیبدن، پالادیم به عنوان کاتالیست هیدروژن با استفاده از روش کندوپاش DC بر روی زیرلایه پارچه با ضخامت ۱۵ نانومتر لایه نشانی شد. سپس اکسید مولیبدن توسط تارگت (MoO_3) با استفاده از روش کندوپاش RF با توجه به شرایطی که در جدول (شماره۱) آمده است، بر روی زیر لایه‌ی پارچه لایه نشانی شده است.

جدول ۱: پارامترهای لایه نشانی استفاده شده در ساخت لایه‌های اکسید مولیبدن

نمونه	شارآرگون (sccm)	شاراکسیژن (sccm)	توان (w)RF	زمان (s)	دما (K)
S1	۳۷	۳	۱۰۰	۳۰	۳۰۰
S2	۳۸	۲	۱۰۰	۳۰	۳۰۰
S3	۳۹	۱	۱۰۰	۳۰	۳۰۰

به منظور شناسایی و بررسی فاز ساختارهای تشکیل یافته از آزمون پراش پرتوایکس (XRD) به وسیله‌ی دستگاه AW- Asenware XDM300 در زاویه‌ی ۸۰°-۱۰، جهت ریخت شناسی ازمیکرو سکوپ الکترونی روبشی (SEM) مدل QUANTA FEG450 و به منظور مقایسه‌ی کمی تغییر رنگ نمونه ها، طیف انعکاسی سه نمونه از دستگاه Datacolore international در محدوده ی طول موج مرئی استفاده شد. خواص حسگری اپتیکی در غلظت های مختلف هیدروژن در بازه‌ی ppm ۲۵۰-۱۰۰۰۰ و دمای اتاق انجام پذیرفت. تغییرات رنگ لایه‌های حسگر توسط سنسور رنگ TCS3200 اندازه‌گیری و به وسیله‌ی پلت فرم میکرو کنترلر Arduino بر روی رایانه ثبت گردید. خروجی این حسگر رنگ به صورت سه عدد RGB در بازه‌ی ۲۵۶-۰ می باشد. به منظور استفاده از داده های حسگر رنگ جهت تعیین خواص حسگری لایه‌های گازوکرومیک کمیت شدت (I) به صورت زیر تعریف می شود.

$$I = \frac{R+G+B}{3} \qquad (۱)$$

میزان پاسخ حسگرگازوکزومیک با استفاده از فرمول زیرمحاسبه می‌شود که در آن $\mathbf{I_{air}}$ شدت رنگ قبل از گازدهی و $\mathbf{I_{gas}}$ شدت رنگ بعد از گاز دهی می باشد.

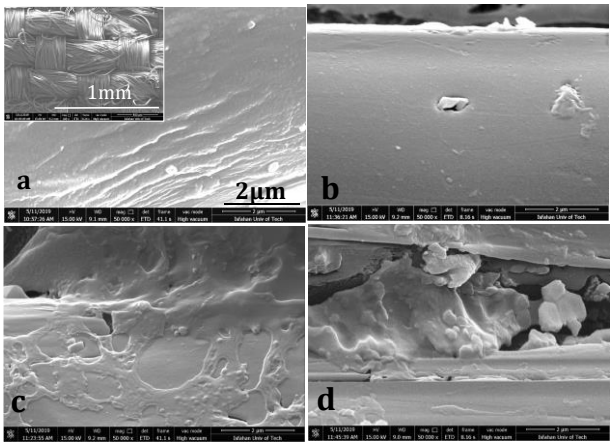
$$S = \frac{I_{air}-I_{gas}}{I_{gas}} * 100 \qquad (۲)$$

این مقاله درصورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترسی باشد.

[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-19]

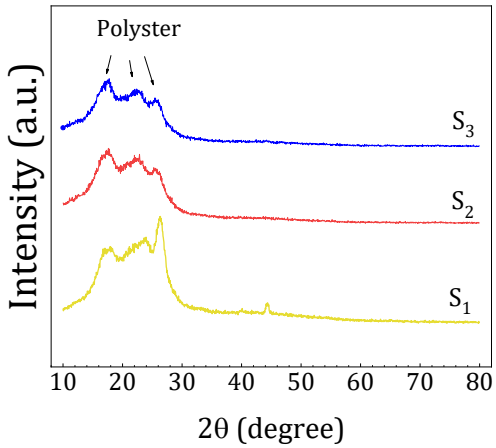
مباحث ونتایج

شکل ۱ تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی لایه های اکسید مولیبدن تشکیل شده بر روی الیاف پلی استر را نشان می دهد. همانطور که در شکل ۱ (a) سطح الیاف پلی استر قبل از لایه نشانی نشان داده شده است، می‌توان مشاهده نمود که الیاف دارای قطری میانگین بین ۱۲µm-۱۰ می باشند. تصاویر b الی d سطح الیاف را پس از لایه نشانی نشان می دهند. این تصاویر حاکی از شکل گیری لایه‌های اکسید مولیبدن بر روی الیاف پلی استر می‌باشد. همچنین می توان مشاهده نمود تمامی لایه ها فاقد شکل بندی خاصی بوده ودر تمامی موارد از شکل سطوح الیاف پیروی می‌نمایند.



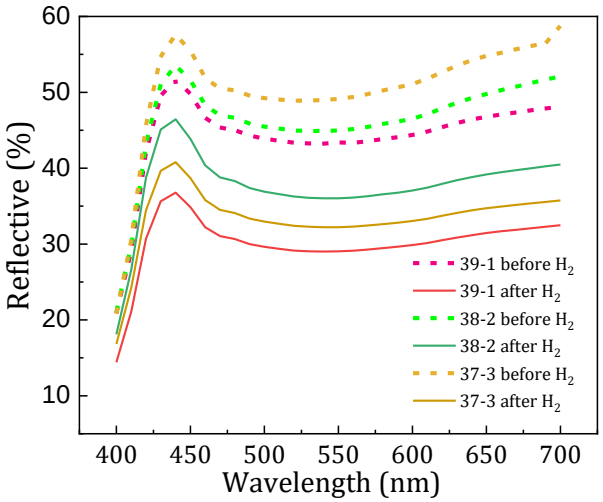
شکل ۱:تصاویرمربوط به میکروسکوپ الکترونی (SEM) برروی زیرلایه ی پارچه پلی استر (a): قبل از لایه نشانی اکسید مولیبدن، (b) الی (d): پس از لایه نشانی به ترتیب برای نمونه های S1 الی S3

شکل۲ طیف XRD اندازه گیری شده برای نمونه‌های S1-S3 را نشان می‌دهد. نتایج اندازه گیری شده نشان دهنده‌ی عدم وجود قله های پراش وابسته به صفحات اکسید مولیبدن می باشد. این نتایج حاکی از ساختار کریستالی بی شکل و همچنین فوق ریز بودن بلورک های سازنده‌ی لایه‌ی اکسید مولیبدن می باشد. قله‌های مشاهده شده در بازه‌ی ۳۰-۱۵ درجه وابسته به فاز شبه بلوری الیاف پلی استر می‌باشند. که دارای ساختاری بی شکل هستند وگزینه‌ای مناسب برای امر حسگری گازی می باشند.



شکل ۲:طیف XRD اندازه گیری شده نمونه¬های مورد بررسی

شکل ۳طیف اندازه گیری شدت انعکاس نمونه ها را نشان می دهد. نتایج اندازه گیری حاکی از آن است که شدت انعکاس برای هر سه نمونه بعد از گاز دهی با گاز هیدروژن کاهش یافته است. این امر دلالت بر تیره شدن نمونه ها و به طبع افزایش جذب لایه است.



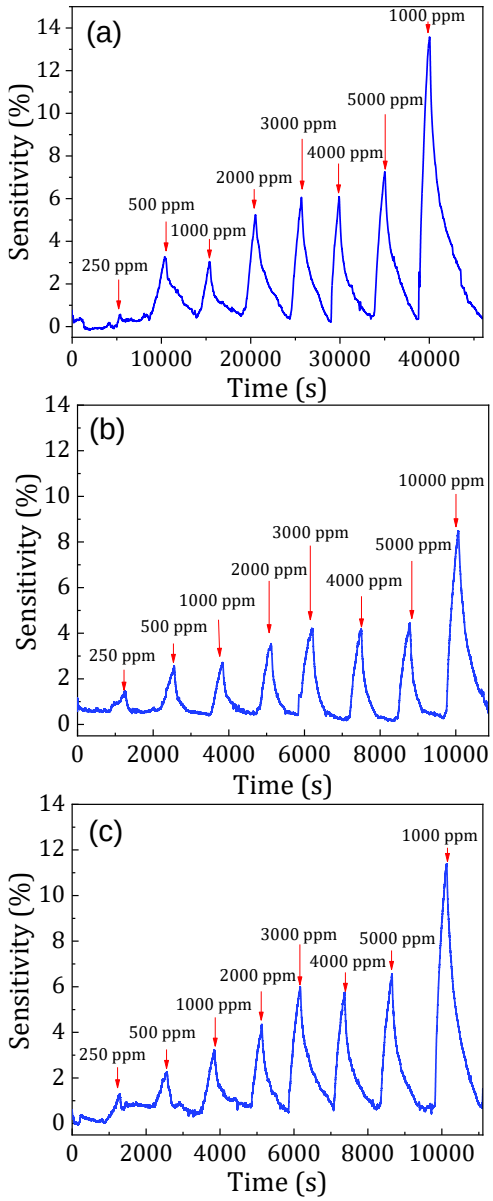
شکل ۳:طیف بازتاب نمونه ها قبل و بعد از گازهیدروژن

با توجه به اندازه گیری طیف بازتاب مشخص شد که لایه‌ها دارای توانایی رنگ زایی در هنگام مجاورت با گاز هیدروژن هستند. به منظور بررسی کمی میزان تغییر رنگ در غلظت‌های مختلف گاز هیدروژن، داده‌های تغییر رنگ با استفاده از حسگر اندازه گیری شد. در شکل۴ تغییرات

این مقاله درصورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترسی باشد.

[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-19]

کمی میزان پاسخ حسگرها بر حسب زمان درغلظت‌های مختلف برای تمامی نمونه ها نشان داده شده است. مشاهده می شود که در تمامی نمونه ها پاسخ به کمترین غلظت مورد بررسی (۲۵۰ppm) وجود دارد. همچنین با افزایش غلظت گاز میزان پاسخ حسگرها نیز افزایش می یابد به طوری که برای نمونه‌ی S1 دارای حداکثر پاسخ ٪۱۴ در غلظت ۱۰۰۰۰ppm می‌باشد. می‌توان مشاهده نمود که دربازه‌ی غلظت های مورد بررسی تمامی حسگرها برگشت پذیرمی باشد.



شکل ۴: (a-c) به ترتیب نمودار تغییرات پاسخ حسگری S1-S3 در غلظت های ۲۵۰ ppm-۱۰۰۰۰ از گاز هیدروژن

نتیجه گیری

در این پژوهش با استفاده از روش کندوپاش، لایه‌های اکسید مولیبدن برروی پارچه تهیه شد. نتایج (XRD) حاکی از بی شکل بودن لایه‌های تشکیل شده است. تصاویر(SEM) نشان دهنده‌ی پوشش الیاف بصورت یکنواخت و نیز نتیجه‌ی حسگری گازی بر مبنای تغییر رنگ لایه‌ها نشان می‌دهد که لایه های تشکیل شده حتی به غلظت های پایین(۲۵۰ppm) در دمای اتاق پاسخ می‌دهند. از حسگرهای ساخته شده می‌توان برای تشخیص گاز هیدروژن در غلظت‌های مختلف استفاده نمود.

مراجع ها

[1]. M.Rao,K.Ravindranadh ,A. Kasturi, and M. Shekhawat, "*Structural Stoichiometry and Phase Transitions of MoO3 Thin Films for Solid State Microbatteries," Research Journal of Recent Sciences, ISSN*, vol. **2277**, p. 2502 , 2013.

[2]. K .A. Gesheva and T. Ivanova, "*A Low-Temperature Atmospheric Pressure CVD Process for Growing Thin Films of MoO3 and MoO3-WO3 for Electrochromic Device Applications," Chemical vapor deposition*, vol. **12**, pp. 231-238, 2006.

[3]. T. Fleisch and G. Mains, "*An XPS study of the UV reduction and photochromism of MoO3 and WO3," The Journal of Chemical Physics*, vol. **76**, pp. 780-786, 1982.

[4]. M. B. Rahmani, S.-H. Keshmiri, J. Yu, A. Sadek, L. Al-Mashat, A. Moafi, et al., "*Gas sensing properties of thermally evaporated lamellar MoO3," Sensors and Actuators B: Chemical*, vol. **145**, pp. 13-19, 2010.

[5]. J. Zhou, N. S. Xu, S. Z. Deng, J. Chen, J. C. She, and Z. L. Wang, *"Large-Area Nanowire Arrays of Molybdenum and Molybdenum Oxides: Synthesis and Field Emission Properties," Advanced Materials*, vol. **15**, pp. 1835-1840, 2003.

[6]. Zhenyun Zhao , Jing Zhou , Tao Fan , Lanqian Li , Zulan Liu , Yiping Liu , Ming Lu,*"An effective surface modification of polyester fabrics for improving the interfacial deposition of polypyrrole layer,"Materials Chemistry and Physics*. **203** (2018) 89e96.

[7]. J. Okumu, F. Koerfer, C. Salinga, and M. Wuttig, "*In situ measurements of thickness changes and mechanical stress upon gasochromic switching of thin MoOx films," Journal of applied physics*, vol. **95**, pp. 7632-7636, 2004.

این مقاله درصورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترسی باشد.

[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-19]