



بررسی خواص الکتریکی و فوتولومینسانس لایه نازک CdS تحت تابش پرتو گاما

توحیدی، توکل*^(۱) - یوسف پور نوینی، نسیم^(۲) - جمشیدی قلعه، کاظم^(۲)

^۱ پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، پژوهشکده کاربرد پرتوها - مجتمع پژوهشی شمال غرب کشور (بناب)

^۲ دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، دانشکده علوم، گروه فیزیک

چکیده:

لایه‌های نازک نانوساختاری CdS با استفاده از محلول‌های کلرید کادمیوم، تیواوره و آمونیاک به روش لایه نشانی حمام شیمیایی (CBD) بر روی زیرلایه‌های شیشه‌ای تهیه شده و در معرض پرتو گاما قرار داده شد و تاثیر پرتو گاما در درجه‌های (۳۰-۱۰ کیلوگری) بر فوتولومینسانس و خواص الکتریکی لایه‌های نازک CdS بررسی شد. کلمات کلیدی: فوتولومینسانس - خواص الکتریکی - لایه‌های نازک - سولفید کادمیم - تابش گاما

۱- مقدمه:

سولفید کادمیوم (CdS) یکی از مهمترین نیمه‌رساناهای گروه II-VI با داشتن گاف نواری مستقیم و نسبتاً پهن (۲/۴۲ الکترون ولت) است. این ماده کاربردهای مهمی در سلول‌های خورشیدی، اپتوالکترونیک و دستگاه‌های الکترونیکی دارند [۱]. روش‌های فیزیکی و شیمیایی مختلفی برای ساخت لایه‌های نازک CdS ارائه شده است. روش‌های شیمیایی شامل اسپری پیرولیز، لایه‌نشانی الکتروشیمیایی و لایه‌نشانی حمام شیمیایی (CBD) بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرند. تهیه لایه نازک به روش CBD، دارای خصوصیات بهتری از لحاظ مورفولوژی و تراگسیلندگی نوری می‌باشد و از لحاظ سادگی و اقتصادی بودن آن از دیر باز مورد توجه قرار گرفته است. خواص لایه‌های نازک CdS تهیه شده به روش‌های مختلف توسط محققان زیادی بررسی شده است [۲-۴] ولی کارهای بسیار محدودی در راستای بررسی اثر تابش گاما روی خواص مختلف لایه‌های نازک CdS انجام شده است. در سال ۲۰۱۵ Al-Zahrani و همکارانش [۵] اثر تابش گاما را روی لایه‌های نازک CdS آلائیده شده با Fe را مورد مطالعه قرار دادند. در سال ۲۰۱۶ Balboul و همکارانش [۶] پاسخ الکتریکی لایه‌های نازک CdS و CdS/Si تهیه شده با روش تبخیر با پرتو الکترونی را تحت تابش گاما بررسی کردند و پارامترهایی از قبیل ضریب هال و غلظت حامل‌های بار را قبل و بعد از تابش گاما اندازه‌گیری کردند. در سال ۲۰۱۷ Tahir [۷] اثر تابش گاما روی خواص اپتیکی لایه‌های نازک CdS که با روش سل-ژل تهیه شده بود را مورد بررسی قرار داد. در این کار از روش CBD برای تهیه لایه‌های نازک CdS استفاده شده و اثر پرتو گاما بر خواص الکتریکی که در اینجا تغییر در جریان در اثر اعمال ولتاژ می‌باشد و فوتولومینسانس آن بررسی شده است.



۲- روش کار :

لایه‌های نازک CdS با استفاده از محلول‌های کادمیوم کلرید، تیواوره و آمونیاک به روش لایه‌نشانی حمام شیمیایی (CBD) بر روی زیرلایه‌های شیشه‌ای تمیز پوشش داده شده و تحت دزهای تابشی متفاوت مورد بررسی قرار گرفت. دمای حمام شیمیایی را در ۸۰ درجه سانتی گراد تنظیم می‌کنیم. کادمیوم کلرید ۰/۱ مولار را در ۵۰ میلی لیتر آب حل کرده و تیواوره ۰/۵ مولار را به محلول سولفات کادمیوم اضافه کرده و توسط مگنت داخل بشر به هم زده می‌شود و سپس از محلول آمونیاک ۰/۸۵ مولار به اندازه‌ای به این محلول اضافه می‌کنیم که PH محلول به حدود ۱۱ برسد. سپس زیرلایه‌های آماده شده را به صورت عمودی در داخل این حمام شیمیایی به مدت ۲ ساعت قرار می‌دهیم. بدین ترتیب نمونه‌هایی با سطح یکنواخت و چسبندگی خوب بدست می‌آید. برای ایجاد اتصال اهمی، به روش لایه نشانی تبخیر حرارتی فیزیکی (PVD) آلومینیوم را بر روی لایه CdS، لایه نشانی کرده و به وسیله چسب نقره سیم‌های مسی نازک را روی لایه آلومینیوم وصل می‌کنیم. برای آنالیز SEM و EDAX از دستگاه میکروسکوپ الکترونی روبشی مدل EVD18-Ziess ساخت کشور آلمان و برای بررسی خاصیت فوتولومینسانس، دستگاه اسپکتروفلورومتر (spectrofluorometer) مدل FP-6200 (JASCO Corporation, Tokyo, Japan) استفاده گردید. از سامانه پرتودهی چند منظوره مجتمع پژوهشی شمال غرب کشور برای پرتودهی نمونه‌ها با چشمه کبالت -۶۰ در دزهای تعیین شده استفاده گردید. برای اندازه‌گیری جریان الکتریکی از پیکوآمپر متر کیتلی (KEITHLEY 6485 Pico Ammeter) استفاده گردید. برای هر دز سه نمونه یکسان قرار داده شد و متوسط داده‌ها بدست آمد.

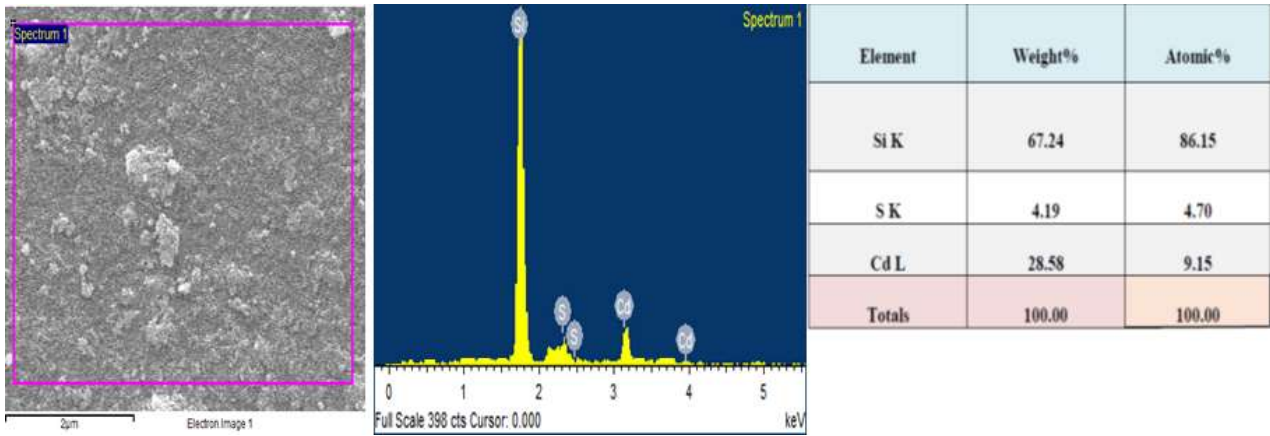
۳- بحث و نتایج

۳-۱- آنالیز SEM و EDS

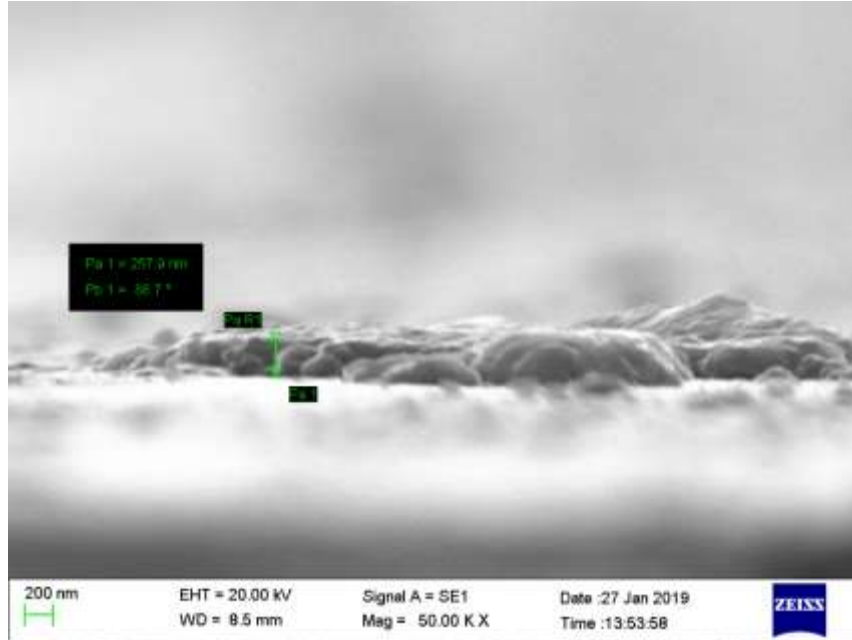
برای تشخیص عناصر تشکیل دهنده لایه‌ها از آزمون EDS استفاده شده است. شکل ۱ طیف EDS مربوط به لایه نازک CdS در ناحیه مشخص شده می‌باشد که نشان می‌دهد علاوه بر عناصر Cd و S عنصر Si هم به خاطر وجود زیرلایه شیشه‌ای وجود دارد و هیچ ناخالصی دیگری وجود ندارد. هم‌چنین درصد اتمی و وزنی عناصر هم نشان داده شده است. شکل ۲ تصویر مقطع عرضی از نمونه CdS خالص با استفاده از دستگاه SEM را نشان می‌دهد که تشکیل لایه‌ای با ضخامت تقریبی ۲۵۸ nm مشهود است.

۲-۳- فوتولومینسانس (PL)

فوتولومینسانس یکی از معروف‌ترین انواع لومینسانس است که در آن تحریک به وسیله فوتون‌ها صورت می‌گیرد از دیدگاه مکانیک کوانتومی این فرایند شامل برانگیختگی به سطوح انرژی بالاتر و سپس بازگشت به سطح انرژی پایین‌تر به ترتیب متناسب با جذب و نشر فوتون است.

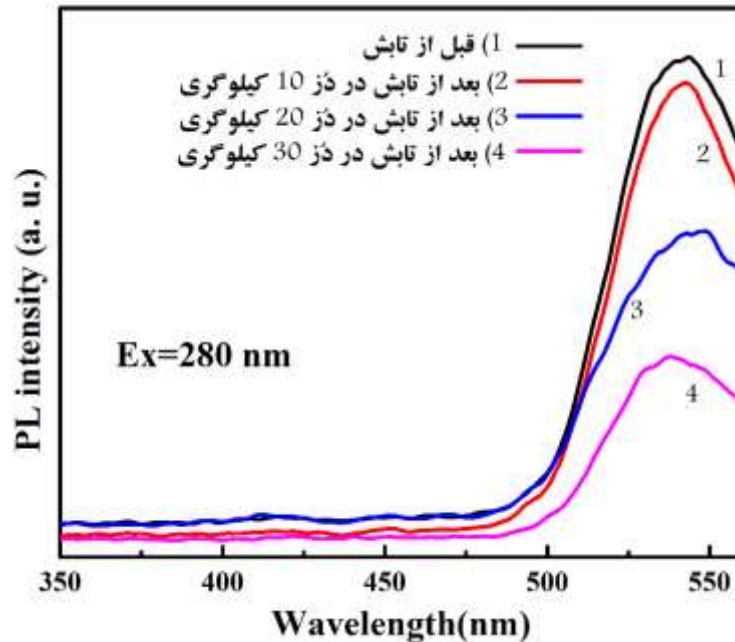


شکل ۱: طیف EDS مربوط به CdS



شکل ۲: تصویر مقطع عرضی از لایه نازک CdS

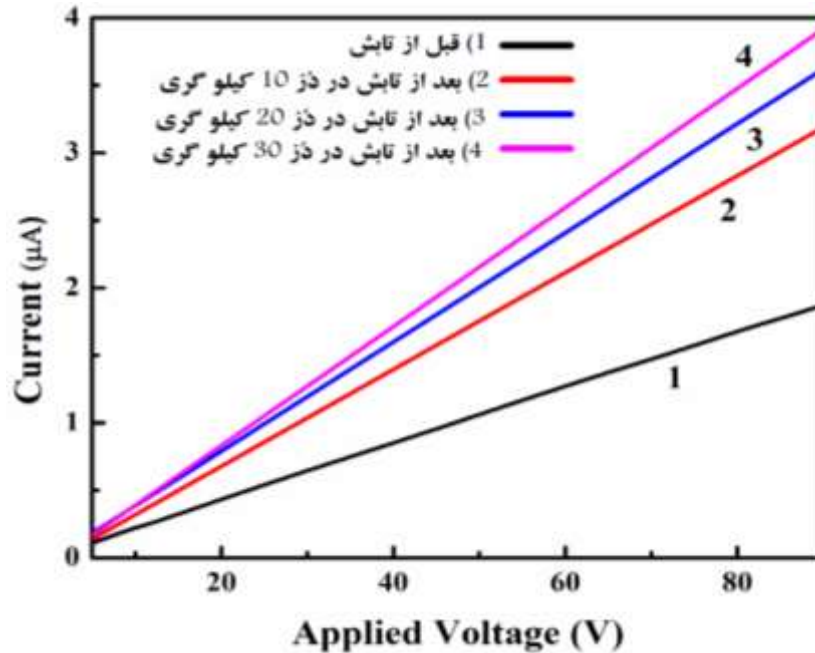
شکل ۳ نمودار فوتولومینسانس مربوط به لایه نازک CdS قبل و بعد از تابش گاما با دُز در محدوده‌ی ۱۰ الی ۳۰ کیلوگری را نشان می‌دهد. همان طور که می‌دانیم طول موج تحریک انتخاب شده برای طیف فوتولومینسانس خیلی مهم است. برای این نمونه‌ها طول موج تحریک ۲۸۰ نانومتر می‌باشد. با توجه به شکل لایه نازک CdS دارای یک پیک پهن در طول موج ۵۳۹ نانومتر می‌باشد. این پیک مربوط به گسیل سبز (GE) دارای انرژی برابر با ۲.۳ eV از ماده CdS می‌باشد که ناشی از گذار از تهیجای سولفور به نوار ظرفیت و بازترکیب جفتهای گیرنده و دهنده است [۸]. از روی نمودار معلوم است که شدت پیک بعد از تابش گاما به وضوح کاهش می‌یابد. کاهش در طیف PL بعد از تابش گاما برای نمونه‌های In_2O_3 و In_2S_3 هم مشاهده شده است که دلیل این کاهش مربوط به اصلاح حالت‌های جایگزیده انرژی در اثر تابش گاما فرض شده است [۹ و ۱۰].



شکل ۳: نمودار فوتولومینسانس مربوط به CdS قبل و بعد از تابش

۳-۳- خواص الکتریکی

شکل ۴ منحنی جریان بر حسب ولتاژ برای لایه‌ی نازک CdS را قبل از تابش و بعد از تابش در سه دز ۱۰، ۲۰ و ۳۰ کیلوگری نشان می‌دهد. با مقایسه‌ی منحنی‌ها مشاهده می‌شود که دز تابشی در جریان نمونه‌ها تاثیر دارد و با اعمال تابش، جریان به طور خطی افزایش یافته است. دلیل این مطلب را می‌توان به صورت زیر توضیح داد. در طی لایه‌نشانی لایه‌های نازک، بعضی از نقص‌های بلوری ذاتی همیشه ایجاد می‌شوند. اندرکنش تابش گاما با فیلم هم باعث ایجاد نقص شده و در نتیجه در ساختار فیلم تغییر به وجود می‌آید. تعداد نقص‌ها بعد از تابش (القاء شده به علاوه ذاتی باقی‌مانده) کمتر از تعداد نقص‌های ذاتی اولیه به علت بازترکیب آنها است. بازترکیب نقص‌های بلوری مقاومت فیلم را کاهش داده و باعث افزایش جریان می‌شود و این افزایش تا جایی ادامه دارد که تابش گاما باعث تخریب لایه نازک نشود و محدوده‌ی دز برای تخریب لایه نازک علاوه بر نوع ماده به ضخامت لایه نازک هم بستگی دارد [۱۱ و ۱۲].



شکل ۴: منحنی جریان بر حسب ولتاژ برای لایه نازک CdS قبل و بعد از تابش در دزهای مختلف

نتیجه گیری: نمونه CdS با روش آسان و ساده CBD تهیه گردید و تاثیر پرتو گاما بر خواص الکتریکی و فوتولومینسانس مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که تابش پرتو گاما با دزهای متفاوت باعث تغییر خواص الکتریکی و فوتولومینسانس می‌شود.

مراجع :

- [1] S. Chandramohan, A. Kanjilal, S.N. Sarangi, S. Majumder, R. Sathyamoorthy, T. Som, "Effect of Fe-ion implantation doping on structural and optical properties of CdS thin films" *Appl. Phys. A* **99** (2010) 837–842.
- [2] V.D. Moreno-Regino, F.M. Castaneda-de-la-Hoya, C.G. Torres-Castanedo, J. Marquez-Marin, R. Castanedo-Perez, G. Torres-Delgado, O. Zelaya-Angel, "Structural, optical, electrical and morphological properties of CdS films deposited by CBD varying the complexing agent concentration" *Results in Physics* **13** (2019) 102238.
- [3] J. Aguilar-Hernandez, G. Contreras-Puente, A. Morales-Acevedo, O. Vigil-Galan, F. Cruz-Gandarilla, J. Vidal-Larramendi, A. Escamilla-Esquivel, H. Hernandez-Contreras, M. Hesiquio-Garduno, A. Arias-Carbajal, "Photoluminescence and structural properties of cadmium sulphide thin films grown by different techniques" *Semiconductor Science and Technology* **18** (2002) 111-114.



- [4] A. Slonopas, H. Ryan, B. Foley, Z. Sun, K. Sun, T. Globus, P. Norris, "Growth Mechanisms and Their Effect on The Opto-Electrical Properties of CdS Thin Films Prepared by Chemical Bath Deposition", *Mater. Sci. Semicond. Process.* **52** (2016) 24-31.
- [5] J.H. Al-Zahrani, M. El-Hagary, A. El-Taher, "Gamma Irradiation Induced Effects on Optical Properties and Single Oscillator Parameters of Fe-doped CdS Diluted Magnetic Semiconductors Thin Films", *Materials Science in Semiconductor* **39** (2015) 74-78.
- [6] M.R. Balboul, A. Abdel-Galil, I.S. Yahia, and A. Sharaf, "Electrical response of CdS thin film and CdS/Si Heterojunction to gamma radiation" *Advances in Materials Science and Engineering* ID 3183909 (7 pages) (2016).
- [7] Khawla Jemeal Tahir, "Effects of gamma irradiation on optical properties of CdS thin film", *Journal University of Kerbala* **15** (1) (2017) 49-55.
- [8] J. Lee, Raman scattering and photoluminescence analysis of B-doped CdS thin Films, *Thin Solid Films* **451-452** (2004) 170-174.
- [9] C. Nefzi1, M. Souli, N. Beji, A. Mejri, N. Kamoun-Turki, Enhancement by high gamma radiations of optical and electrical properties of indium oxide thin films for solar devices, *J. Mater. Sci.* **52** (1) (2017) 336-345.
- [10] M. Souli, Y. Bensalem, M. Secu, C. Bartha, M. Enculescu, A. Mejri, N. Kamoun-Turki, P. Badica, "Effect of high gamma radiations on physical properties of In₂S₃ thin films grown by chemical bath deposition for buffer layer applications", *Results in Physics* **13** (2019) 102115.
- [11] T.K. Maity and S.L. Sharma, "Effects of gamma irradiation on optical and electrical properties of tellurium dioxide thin films", *Bull. Mater. Sci.* **31** (2008) 841-846.
- [12] K.M. Abhirami, R. Sathyamoorthy, K. Asokan, "Structural, optical and electrical properties of gamma irradiated SnO thin films", *Radiation Physics and Chemistry* **91** (2013) 35-39.