



اثر نرخ لایه نشانی روی خواص ساختاری، اپتیکی و مورفولوژی سطح لایه های نازک

تلورید کادمیم

دژپسند ، محمدتقی ؛ رضا قلی پور دیزجی ، حمید ؛ احسانی ، محمدحسین

آزمایشگاه لایه نازک، دانشکده فیزیک، دانشگاه سمنان، سمنان

چکیده

لایه های نازک تلورید کادمیم با استفاده از روش تبخیر حرارتی روی زیرلایه شیشه با ضخامت تقریبی ۳۰۰ نانومتر تهیه شدند. در این پژوهش، اثر نرخ لایه نشانی روی خواص ساختاری، اپتیکی و مورفولوژی سطح نمونه ها بررسی گردید. آنالیزهای ساختاری با استفاده از تحلیل پراش اشعه ایکس، اندازه گیری های اپتیکی با استفاده از دستگاه UV-Visible و بررسی مورفولوژی سطح نیز با استفاده از تصاویر AFM انجام شد. محاسبه پارامترهای ساختاری آشکار نمود که اندازه بلورکها با افزایش نرخ لایه نشانی بزرگتر شد و همچنین کیفیت بلوری لایه ها با افزایش نرخ لایه نشانی بهبود یافت.

Effect of deposition rate on the structural and optical properties and surface morphology of cadmium telluride thin films

Dejpasand, MohamadTaghi; Rezagholipour Dizaji, Hamid; Ehsani, MohamadHosein

Thin Film Lab., Faculty of Physics, Semnan University, Semnan

Abstract

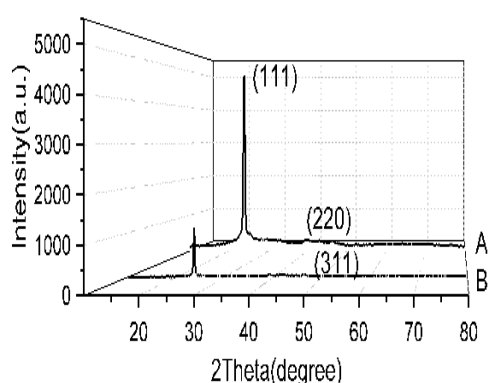
Cadmium telluride thin films with the thickness of 300 nm were deposited on glass substrate by vacuum thermal evaporation technique. In the present investigation, the effect of deposition rate on the structural properties of the prepared samples was studied. The structural analysis was carried out by x-ray diffraction, optical properties were measured by UV-Visible spectroscopy and atomic force microscopy techniques. Calculation of structural parameters revealed the increase of crystallite size upon increasing the deposition rate. It was also observed that the layers crystallinity improved due to the increase in deposition rate.

PACS No.

ساخت دیودها، ترانزیستورها و آشکارگرهای فروسرخ هستند [۲]. برای ساخت تلورید کادمیم روشهای مناسبی همانند نشست فیزیکی بخار [۳]، الکتروانباشت [۴]، تصعید در فضای بسته [۵] انباشت در خلأ [۶] و غیره مورد استفاده قرار گرفته اند. در این میان روش نشست فیزیکی بخار در خلأ دارای برتری هایی نظیر کاهش میزان ناخالصی هایی که ممکن است در لایه رشد داده شده پیدا شود و کاهش تمایل به اکسید شدن می باشد [۱]. در این

مقدمه

نیمرساناهای گروه II-VI دارای کاربرد ویژه جهت تهیه سلول های خورشیدی می باشند. در میان این گروه، تلورید کادمیم به خاطر گاف نواری ایده آل و ضریب جذب بالا و سهولت ساخت لایه، یکی از مواد مناسب برای تولید سلول های خورشیدی است [۱]. همچنین لایه های نازک تلورید کادمیم دارای کاربردهای متنوع از قبیل



شکل ۱: مقایسه طیف XRD لایه های نازک تلورید کادمیم ساخته شده با نرخ های لایه نشانی متفاوت

پارامترهای ثابت شبکه، اندازه ی دانه، چگالی در رفتگی و همچنین تنش نمونه ها در ادامه با توجه به نمودار بالا محاسبه خواهند شد.

جدول ۱: پارامترهای ساختاری لایه های A و B

نمونه	2θ (درجه)	B (درجه)	D(nm)	$\sigma \times 10^{-5} \text{Lin/m}^2$	$\varepsilon \text{ Lin}^{-2} \text{m}^{-2}$
A	۲۳/۷۲	۰/۵۱	۲/۷۱	۰/۱۳۶	۰/۱۲۷
B	۲۳/۷۸	۰/۳۰	۴/۶۴	۰/۰۴۶	۰/۰۷۴

در جدول (۱)، (D)، اندازه ی بلورک می باشد که با استفاده از فرمول دبای-شرر محاسبه شد [۸].

$$D = \frac{0.9\lambda}{\beta \cos \theta}$$

در فرمول بالا λ طول موج پرتو X برابر با 1.5406 \AA و β پهنای قله در نیم بیشینه و θ ، زاویه براگ می باشد. همان طور که مشخص است با بیشتر شدن نرخ لایه نشانی اندازه ی دانه افزایش می یابد.

تنش در نمونه های فوق توسط فرمول ۲ محاسبه شده است که با توجه به مقادیر آن در جدول، شاهد کاهش این پارامتر در صورت افزایش نرخ لایه نشانی خواهیم بود [۸].

$$\varepsilon = \beta \frac{\cos(\theta)}{4} \quad (۲)$$

همچنین با توجه به مقادیر چگالی در رفتگی که با استفاده از فرمول ۳ محاسبه گردیده است، می توان دریافت که این پارامتر نیز با افزایش نرخ لایه نشانی نمونه ها کاهش یافته است [۸].

$$\sigma = \frac{1}{D^2} \quad (۳)$$

روش ماده مورد نظر در یک بوته قرار داده شده و پس از آنکه محفظه به خلأ مورد نظر رسید در اثر عبور جریان الکتریکی از بوته، ذوب و سپس تبخیر می گردد. این بخارات بر روی زیر لایه ای که در بالای بوته قرار گرفته است چگالیده شده و تشکیل یک لایه را می دهد. در این مقاله وابستگی خصوصیات ساختاری و مورفولوژی سطح لایه های نازک تلورید کادمیم به نرخ لایه نشانی گزارش شده است.

روش آزمایش

لایه های نازک تلورید کادمیم با استفاده از روش تبخیر حرارتی در خلأ بر روی زیر لایه هایی از جنس شیشه تهیه گردید. عملیات لایه نشانی در دستگاه تبخیر حرارتی در خلأ ساخت کشور هندوستان تحت فشار 5×10^{-6} تور بر روی زیر لایه شیشه انجام گردید. از پودر تلورید کادمیم با خلوص بالا برای لایه نشانی استفاده گردید. فاصله بوته تا زیر لایه ۱۶ سانتی متر و ضخامت متوسط توسط بلور کوآرتز تعبیه شده در دستگاه لایه نشانی ۳۰۰ نانومتر ثبت شد. لایه ها با نرخ های لایه نشانی متفاوت ۲/۵ و ۲۰ آنگسترم بر تانبه که به ترتیب نمونه های A و B نام گرفته اند مقایسه خواهند شد.

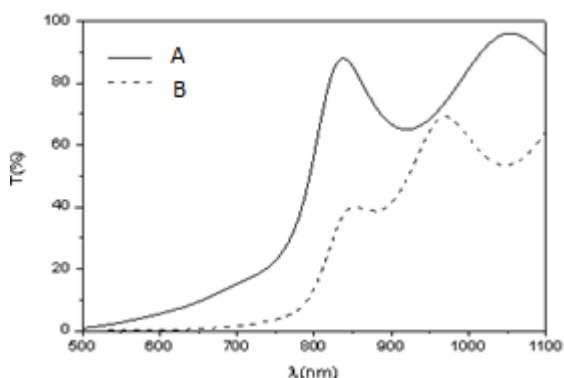
نتایج و بحث

جهت بررسی خواص ساختاری نمونه های ساخته شده، از دستگاه Bruker مدل D8-Advance، با هدف مس و پرتو $K\alpha$ استفاده شد. با استفاده از این روش زوایای تفرق یافته، شدت اشعه تفرق یافته، اندازه بلورک ها، جهت گیری های بلوری، ساختار بلوری و ... مشخص می شود. با توجه به شکل (۱) الگوها، ساختاری با مخلوطی از فازهای مکعبی و هگزاگونال را نشان می دهند که در تمام نمونه ها جهت [۱۱۱]، جهت ترجیحی می باشد که مربوط به ساختار زینک بلند است [۷].



ریخت شناسی R_q و R_a افزایش یافته اند در نتیجه زبری سطح افزایش یافته و همچنین اندازه هسته نیز با افزایش نرخ لایه نشانی افزایش می یابد. افزایش شاخص های ریخت شناسی و اندازه هسته در مقاله ی میرزایی و همکاران نیز آورده شده است [۹].

درصد عبور اپتیکی نمونه های A و B در شکل (۳) برای مقایسه با یکدیگر نمایش داده شده است.



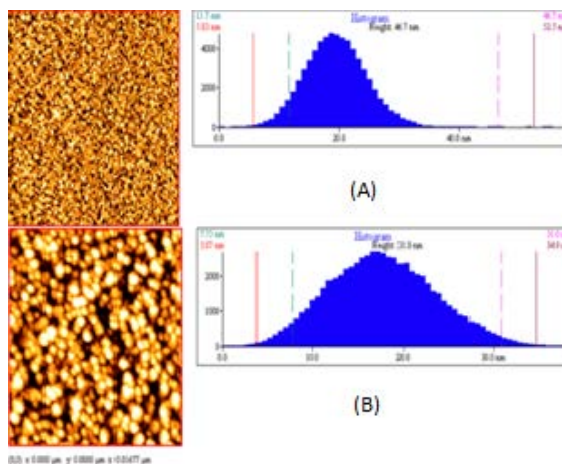
شکل ۳: مقایسه میزان عبور اپتیکی نمونه های A و B

همان طور که در شکل بالا مشخص است نمودار عبور نمونه ها از یک مقدار کمینه در طول موج ۵۰۰ نانومتر تا مقدار بیشینه که در طول موجی در حدود ۸۰۰ تا ۹۰۰ نانومتر اتفاق می افتد رشد تقریباً یکنواختی دارد و در بازه ۸۰۰ تا ۱۱۰۰ نانومتر رفتار نمودار تغییر کرده و فراز و فرود هایی در آن مشاهده می گردد و نیز همان طور که از شکل می توان دریافت میزان عبور با افزایش نرخ لایه نشانی کاهش می یابد.

ضریب جذب برای نمونه های A و B با استفاده از داده های عبور و بازتابش و توسط رابطه ۴ محاسبه گردیده و نمودار تغییرات آن بر حسب انرژی فوتون تاییده شده، در شکل (۴) نشان داده شده است [۱۰].

$$\alpha = \frac{-1}{d} \ln T \quad (4)$$

کاهش پارامترهای چگالی در رفتگی و تنش داخلی نمونه ها در اثر افزایش دما که به آن اشاره شد نشان دهنده بالاتر رفتن کیفیت لایه ها می باشد.



شکل ۲: تصویری از سطح لایه های A و B به همراه نمودار مقادیر کمی آن ها

شکل (۲) تصویری از اندازه گیری قطر ستونها در سطح لایه است. در سمت چپ شکل سطح لایه و سمت راست تصویر اطلاعات مربوط به ستون ها را نشان میدهد. حال با استفاده از داده ها و تصاویر فوق به تحلیل ساختاری نمونه ها می پردازیم. در ابتدا تمام نتایج را در جدول زیر دسته بندی کرده و طی یک فرآیند منطقی با توجه به نقاط اشتراک و تفاوت های نمونه ها به مقایسه ساختاری آنها می پردازیم.

جدول ۲: اطلاعات مربوط به شاخص های ریخت شناسی و اندازه دانه لایه های A و B

نمونه	R_q (nm)	R_a (nm)	اندازه متوسط دانه (nm)
A	۵/۰۳	۴/۰۰	۱۷/۷۱
B	۵/۸۱	۴/۷۹	۱۹/۴۱

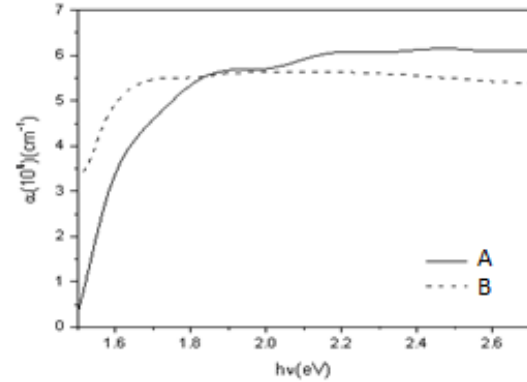
در جدول (۲) نمونه های تولید شده با نرخ لایه نشانی ۲/۵ و ۲۰ آنگسترم بر ثانیه مورد بررسی قرار گرفته اند و کاملاً مشخص است که با افزایش نرخ لایه نشانی شاخص های



های ساختاری مورد بررسی قرار گرفت. مشاهده گردید که با افزایش نرخ لایه نشانی، اندازه بلورکها افزایش یافته و همچنین تنش در لایه ها و نیز چگالی دررفتگی کاهش می یابند. همچنین با توجه به تصاویر AFM مشخص گردید که با افزایش نرخ لایه نشانی زبری سطح در لایه ها نیز افزایش یافتند.

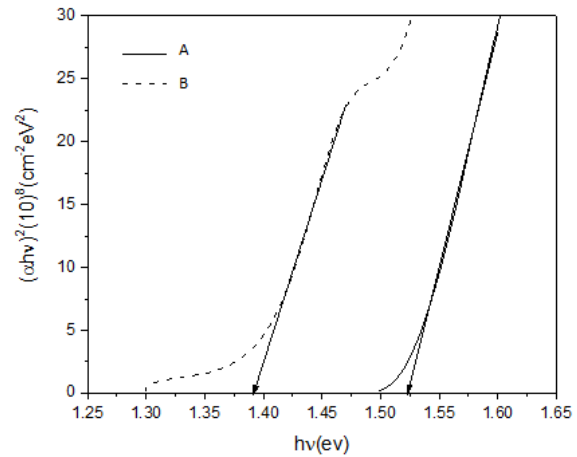
مرجع ها

- [1] S. Lalitha, R. Satyamoorthy, S. Senthilarasu, A. Subbarayan, K. Natarajan, "Characterization of CdTe thin film dependence of structural and optical properties on temperature and thickness", *Sol. Energy Mat. & Sol. Cells* **82**, 2004, 187-199.
- [2] R. Sathymoorthy, Sa.K. Narayandass, D. Managalaraj, "Effect of substrate temperature on the structure and optical properties of CdTe thin film", *Sol. Energy Mat. & Sol. Cells*, **76**, 2003, 339-346.
- [3] S. Tewari A. Bhattacharjee P. P. Sahay, "Structural, dielectric, and electrical studies on thermally evaporated CdTe thin films", *J. Mater. Sci.*, **44**, 2009, 534-540.
- [4] B.M. Basol, V.K. Kapur, M.L. Ferris, "Low-cost technique for preparing Cd_{1-x}Zn_xTe films and solar cells", *J. Appl. Phys.* **66** (4), 1989, 1816-1821.
- [5] H.M. Al-Allak, A.W. Brinkman, H. Richter, D. Bonnet, "Dependence of CdS/CdTe thin film solar cell characteristics on the processing conditions", *J. Cryst. Growth*, **159**, 1996, 90-915.
- [6] T. Chu, S. Chu, C. Ferekides, J. Britt, C. Wu, "Thin-film junctions of cadmium telluride by metalorganic chemical vapor deposition", *J. Appl. Phys.* **71**, 1992, 3870-3876.
- [7] A. Ashour, M. R. Ebied, N. El-Kadry, M. F. Ahmed, A. A. Ramadan, "Thermal effects on structural characterization of evaporated CdTe films during and after deposition", *Appl. Surf. Sci.* **89** (1995) 159-168.
- [8] F.H. Siyanaki, H. Rezagholipour Dizaj, M. H. Ehsani, S. Khorramabadi, 2015. "The effect of substrate rotation rate on physical properties of cadmium telluride films prepared by a glancing angle deposition method"; *Thin Solid Films* **577** (2015), 128-133.
- [9] M. Mirzaee, A. Zendeenam, S. Miri, "Surface statistical properties of ZnO thin films produced by magnetron sputtering at different rates", *Scientia Iranica*, (2013), 1071-107
- [10] V. B. Sanap, B. H. Pawar, "Optical Study of Effect of Cadmium Source on Nanocrystalline Thin Films"; *Chalcogenide Letters* **7** (2010), 227-23



شکل ۴: مقایسه ضریب جذب نمونه های A و B

در شکل (۵) نمودار $(\alpha hv)^2$ بر حسب hv برای نمونه های A و B رسم شده و گاف نواری هر یک با برازش بخش خطی آن محاسبه گردیده است.



شکل ۵: نمودار $(\alpha hv)^2$ بر حسب hv برای نمونه های A و B

همان طور که در شکل مشخص است با افزایش نرخ لایه نشانی گاف نواری کاهش می یابد. با توجه به اینکه گاف نواری بهینه برای لایه جاذب سلول خورشیدی ۱/۴۵ الکترون ولت می باشد، گاف نواری نمونه B به این مقدار نزدیک است.

نتیجه گیری

لایه های نازک تلورید کادمیم با روش تبخیر حرارتی و با نرخ لایه نشانی متفاوت تهیه گردیدند. طیف اشعه ایکس نمونه ها بدست آمد و تاثیر نرخ لایه نشانی بر روی پارامتر