مجلهٔ پژوهش فیزیک ایران، جلد ۱۰، شمارهٔ ۴، زمستان ۱۳۸۹



(PVD)

ZnS

Khanlary@yahoo.com:

(دریافت مقاله: ۱۳۸۸/۴/۱۰ ؛ دریافت نسخه نهایی: ۱۳۸۹/۳/۲۵)

> نیمه رساناهای ترکیبی گروه II-VI در محدودهٔ وسیعی از جمله در قطعات اپتوالکترونیک، مادولاتورهای الکترواپتیک و پوششهای اپتیکی سلولهای خورشیدی کاربرد دارند.

> به طور کلی CdS وCdT به عنوان لایهٔ بافر سلولهای خورشیدی به طور گسترده ای مورد استفاده قرار می گیرند. با این وجود به دلیل خطرات سمی محیط زیستی که با استفاده از لایه های CdS ایجاد شده، امروزه به گسترش تولید لایه های بدون Cd توجه ویژه ای می شود [۱]. یکی از بهترین جایگزین ها ZnS است. سولفید روی (ZnS) با نوار ممنوعه انرژی مستقیم VP ۷/۷ خواص فیزیکی بی نظیری همچون ضریب شکست بالا و جذب اپتیکی پایین در محدودهٔ طیف مرئی و مادون قرمز دارد.

> اعتقاد براین است که پارامترهای اپتیکی مواد فیلم نازک به طور کلی با همان مواد در حالت حجمی متفاوتند و ایـن اخـتلاف پارامترهای اپتیکی به شرایطی که لایه نشانی در آن انجام میشـود،

شدیداً وابسته است. در این بررسی عمدتا به تعیین میزان وابستگی خواص فیزیکی و اپتیکی ZnS به ضخامت و تغییر دمای زیرلایه توجه داریم. گاف انرژی، ضریب شکست و ثابت خاموشی نمونهها در دما و چند ضخامت مختلف تعیین گردیدند تغییر دمای زیرلایه توجه داریم. گاف انرژی، ضریب شکست و ثابت خاموشی نمونهها در دما و چند ضخامت مختلف تعیین گردیدند.

فیلمهای ZnS با روش تبخیر گرمایی توسط دستگاه لایه نـشانی PVD (مـدل Auto۳۰۶ سـاخت شـرکت Edwards)، بـرروی زیرلایـههای شیـشهای (CAT no.۷۱۰۶)، بـا پودرهـای ۱۰ میکرونی ZnS ساخته شـدند. پـودر نمونـهها در بوتـههایی از جنس تنگستن به عنوان چشمه گرما و در خـلاء torr ۲۰۰ ×۳ تبخیر گردیدند. ابتدا فیلمها در دمای اتـاق و در ضـخامتهای ۱۰۰ و ۵۰۵ نانومتر با آهنگ لایـه نـشانی ^{۲۰}ه۵۰، لایـه نـشانی



شکل۱. نمودار XRD برای نمونه های ZnS در ضخامت ۱۰۰nm و ۵۰۰nm در دمای اتاق (۲۵°۲).

شدند. در مرحلهٔ بعد دمای زیرلایه تـا C°۲۰۰ بـالا بـرده شـد و فیلمهایی با ضخامتهای ۱۰۰ nm ۲۰۰ تـا ۶۰۰nm بـا همـین آهنـگ تهیه گردیدند.

جهت مطالعهٔ ساختار بلوری لایه ها، نمونه های تهیه شده تحت آنایز (PHILPS-PW3710) XRD قرار گرفتند. همچنین جهت تعیین ثابت های اپتیکی و مطالعه لبهٔ جذب نمونه های مختلف از دستگاه اسپکتروفتومتر آزمایشگاه نمونه های مختلف از دستگاه اسپکتروفتومتر آزمایشگاه موز در ناحیهٔ m350 double beam spectrophotometer) برای تهیه طیف عبور در ناحیهٔ nm۰۰۰۰ و در دمای اتاق استفاده شد. با تحلیل این داده ها ثابت های اپتیکی تعیین شدند.

. .

شکل ۱ نمودار XRD را برای دو نمونهٔ ZnS و ۵۰۰ و ۵۰۰ نانومتری در دمای زیرلایهای اتاق ۲۵°۲۵) نشان می دهد. در ضخامت ۱۰۰۳m پیکی در زاویه °۲۸/۸۰ = ۲۵ مشاهده شد که با صفحهٔ (۲۰۰) مطابقت دارد و نشان دهندهٔ ساختار هگزاگونال(ورتزیت) فیلمZnS است. با افزایش ضخامت به nm ۵۰۰ قله در زاویهٔ ۱۰۵/۵۰۱ = ۲۵ مشاهده شد که مطابق با ساختار هگزاگونال (ورتزیت) فیلمZnS است[۶]. با افزایش ضخامت، شدت قله افزایش و پهنای آن کاهش یافته است، که نشان دهندهٔ بزرگتر شدن اندازه دانهها با افزایش ضخامت است. در شکل ۲ طیف XRD نمونهٔ m۰۰۵ در دمای زیرلایه ۲۰۰۰ نشان داده شده است.



شکل۲. نمودار XRD برای نمونههای ZnS در ضخامت ۵۰۰nm در دمای ۲۰۰۰°C.

قلهای در زاویهٔ [°] ۲۸/۷۰ = ۲۷ مشاهده شد که مطابق با ساختار مکعبی (زینک بلند) است. با افزایش دمای زیر لایه، شدت قله بهطور محسوسی افزایش یافته که نشاندهندهٔ بزرگتر شدن اندازهٔ دانههاست و ناشی از افزایش در تحرک اتمها میباشد.

گاف انرژی نمونهها با داشتن ضریب جذب (α) و با استفاده از معادلهٔ تائوک' محاسبه شده است:

$$\alpha(v) = \frac{\beta(hv - E_g)^{Y}}{hv}.$$
 (1)

عبور اپتیکلی فیلمهای تهیه شده در دمای اتاق در شکل ۳ و در دمای C°۲۰۰ در شکل ۵ در محدوهٔ ۲۰۰۰–۲۰۰۰ نشان داده شده است. شکل ۳ عبور اپتیکی در حدود ۶۰٪ برای ضخامت امنده است. شکل ۳ عبور اپتیکی در حدود ۰۰٪ برای ضخامت افزایش دمای زیر لایه در ضخامتهای پایین تر ۲۰۰۰m عبور افزایش دمای زیر لایه در ضخامتهای پایین تر ۲۰۰۰m عبور اپتیکی به حدود ۸۲٪ می رسد، که با افزایش ضخامت فیلمها به حدود ۸۵٪ تقلیل می یابد. وجود قلههای تداخلی در شکل ۴ به طور واضح بر جابه جایی لبهٔ جذب، با افزایش ضخامت فیلمها، به سمت طول موجهای کوتاه تر دلالت می کند. ثابت می در تر این ۲۰۰۰ به دست آمد.

۱. Tauc



شکل ۳. تغییرات عبور اپتیکی با طول موج در فیلمهای ZnS در دمای





شکل ۵ . تغییرات ^۲ (۵ hv) برحسب (hv) برای نمونههای تهیه شده در دمای اتاق (۲۵°c).

در طول موجهای کوتاه فیلمهای نازکتر مقادیر جذب کمتری نسبت به فیلمهای ضخیمتر داشتند. زیرا با افزایش ضخامت و افزایش سایز دانهها، فضای خالی بین دانهای بیشتر می شود و این باعث کاهش جذب می گردد. پراتاپ وهمکارانش نتایج مشابهی را با استفاده از روش CSE ⁽گزارش کردند[۲]. نوار ممنوعه اپتیکی نمونهها از وابستگی ضریب جذب (α) به انرژی فوتونها می آید. منحنی ^۲ (hv) بر حسب (hv) خطی است و این دلالت بر نوار ممنوعه مستقیم نمونهها دارد و از برون یابی خط مستقیم منحنیها تا محور ۲ها، گاف انرژی



شکل ۴. تغییرات عبور اپتیکی با طول موج در فیلمهای ZnS در دمای ۲۰۰۰°.

مستقیم نمونهها بهدست می آید. مقادیر گاف انرژی نمونهها در دمای اتاق بـرای نمونـه ۱۰۰nm و ۵۰۰ بـه ترتیب ۳/۴۸eV و ۳/۳۹ و برای نمونههای بـا زیـر لایـهٔ ۲°۲۰۰، از ۳/۹۸e۷ تـا ۳/۵۶ متناسب با ضخامت نمونهها بهدست آمد که در توافـق بـا کار دیگران است[۲ و۳].

در این تحقیق دیده می شود که گاف انرژی با کاهش ضخامت افزایش می یابد . تغییرات گاف انرژی یg، برحسب ضخامت در شکل ۷ نشان داده شده است. گاف انرژی یک نیمه هادی از دمای زیر لایه، میزان ناخالصی، نقص در شبکه، ناخالصی های باردار، بی نظمی در مرز دانه ها و سایز دانه ها اثر می گیرد. علاوه بر این کشش کرنشی به دلیل کشیدگی شبکه، باعث کاهش گاف انرژی خواهد شد؛ در حالی که تراکم کرنش، گاف انرژی را به دلیل فشردگی شبکه فیلم افزایش می دهد. به هر حال وابستگی به سایز ذرات ممکن است که برجسته تر باشد. به طوری که گاف انرژی با کاهش سایز ذرات افزایش می یابد و این مطابق با پراش XRD نمونه هاست.

از مقایسهٔ شکلهای ۵ و ۶ در مورد گاف انرژی نمونههای ۱۰۰ و ۵۰۰ نانومتری می توان ادعا کرد که با افزایش دمای زیرلایه مقدار گاف انرژی افزایش یافته است که می تواند به اثر بورستین – موس^۲ نسبت داده شود [۳].

Y. Burstien-Moss

^{1.} Closed -Spaced Evaporation



شکل ۸. نمایش تغییرات ضریب شکست برحسب طول موج برای دو فیلم ZnS با ضخامتهای مختلف.

محدودهٔ طول موج ۳۰۰۳ ۲۰۰۰ نشان می دهد که ضریب شکست با افزایش طول موج کاهش می یابد. همچنین ضریب شکست با افزایش ضخامت فیلمها از ۵۰۰ تا ۶۰۰ نانومتر افزایش می یابد. ضریب شکست به چگالی فضاهای خالی و کسر پکیدگی آنها که وابسته به چگالی چیدمان ماده است، بستگی دارد. افزایش ضریب شکست ممکن است به دلیل ماهیت فشردهٔ چیدمان دانهها باشد که متناسب با ضخامت فیلم و به دلیل ترکیب دانههاست. بالاترین مقدار ضریب شکست فیلمها ۲/۴۰ است که مربوط به ضخامت ۶۰۰ می شود.

ضریب شکست، n، برای نمونه های تهیه شده در ضخامت بالاتر از ۲۰۰nm در ناحیه تداخلی با استفاده از رابطهٔ اسوانپل بهدست می آید[۴].

$$n = [N^{\mathsf{Y}} + (N^{\mathsf{Y}} - s^{\mathsf{Y}})^{1/\mathsf{Y}}]^{1/\mathsf{Y}}, \qquad (\mathsf{Y})$$

$$N = r_s T + \frac{s^r + 1}{r}, \tag{(Y)}$$

$$T = \frac{T_{\max} - T_{\min}}{T_{\max} \times T_{\min}} \tag{(4)}$$

در شکل ۸ تغییرات ضریب شکست با ضخامت فیلم ها در



خاموشمی از مرتبهٔ ^۲ ۱۰ است. مقادیر نسبتا بالای ضریب خاموشی در این تحقیق میتواند بدلیل نقایص کریـستالی ماننـد

- 1. M Rusu, W Eisele, R Wiirz, A Ennaoui, M Ch Lux-Steiner, T P Niesen, F Karg, J. Phys. Chem. Solids 64 (2003) 2037.
- 2. P Prathap1, N Revathi1, Y P Venkata Subbaiah2 and K T Ramakrishna Reddy, J. Phys. Condens. Matter 20 (2008) 035205.
- 3. Y P Venkata Subbaiah, P Prathap, K T Ramakrishna

مرز دانهها و درصد فضاهای خالی در دانهها باشد. مقادیر بالای ثابت خاموشی در ضخامتهای بالاتر فیلم ممکن است به دلیل افزایش پراکنـدگی اپتیکـی و اتـلاف اپتیکـی ناشـی از افـزایش ناهمواري سطح با افزايش ضخامت باشد [۲،۴].

لایه های نازک ZnS با روش تبخیر در خلاء دردمای ۲۵ و ۲۰۰ درجهٔ سانتیگراد (زیر لایه) و ضخامت. ای مختلف nm ۰۶۰-۱۰۰ تهیه شدند. فیلمها دارای ساختار خالص هگزاگونال در دمای اتاق بودند که با افزایش دمای زیرلایه به C°°۲۰ به مكعبي تغيير كرد. طيف عبـوري نمونـههـا، عبـور بـالايي را در محدوده طول موجهای مرئی و مادون قرمز نشان داد. با افزایش ضخامت گاف انرژی نمونهها از ۳/۹۸ eV به ۳/۵۶ eV کاهش یافت در حالی که با افزایش دمای زیرلایه گاف انرژی بـرای دو نمونے ۱۰۰nm و ۵۰۰ بے ترتیب از ۳/۴۴ eV و ۳/۳۶ بے ۳/۹۳eV و ۳/۵۶ افزایش پیدا می کند، که نشان دهنده افزایش سایز دانه هاست که نتایج XRD نیز مؤید ایـن مطلـب اسـت[۱، ۵]. ضریب شکست (n) و ثابت خاموشمی نیز برای نمونهٔ ۶۰۰nm در طول موج ۶۲۰n۳ به ترتیب ۲/۳۱ و ۰/۰۰۲ بهدست آمد [۲].

Reddy. Applied Surface Science 253 (2006) 2409.

- 4. R Swanepoel, Journal of Physics E: Scientific Instruments, 16 (1983) 1214.
- 5. Xiaochun Wu, Fachun Lai, Limei Lin, Jing Lv, Binping Zhuang, Qu Yan, Zhigao Huang. Applied Surface Science 254 (2008) 6455.