



Investigation of the effect of pressure on the optical, morphological and structural properties of ZnS zinc sulfide layer produced by magnetic sputtering method

Samia Azangou*, Reza Shakouri

Department of physics, science faculty Imam Khomeini International university, Qazvin

Received: 2025-11-20

Revised: 2026-01-04

Accepted: 2026-01-23

Abstract: In this paper, in order to optimize the zinc sulfide film, three ZnS film samples were deposited with a magnetron sputtering system on an optical glass substrate with the trade name BK7. The effect of pressure on the optical, morphological and structural properties of the film was studied. Argon gas was used for plasma generation and sputtering process. Optical constants including refractive index and extinction coefficient of the ZnS film, film thickness and band gap were calculated using PRISA software. The refractive index of the films in the visible wavelength region is on average $n=1.3$ and the extinction coefficient is also in the same wavelength range $k=1^{-4}$. In addition, the results show that the optical constants of the ZnS films and band gaps prepared at different pressures do not differ significantly from each other. In other words, the pressure parameter is not an effective factor in determining the optical properties of the ZnS film. On the other hand, pressure has a significant effect on the deposition rate, and the results show that there must be an optimal pressure to have the maximum growth rate.

Keywords: Magnetic refraction, optical constants, Band Gap

Corresponding Author. Email: azangousamira@gmail.com

How to Cite This Article:

Azangou S, shakouri R. Investigation of the effect of pressure on the optical, morphological and structural properties of ZnS zinc sulfide layer produced by magnetic sputtering method. Nanomeghyas. 2026;12(4):e736697 (In Persian). doi: 10.22034/ns.2025.2063264.1392



This is an open access article under the CC-BY license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

بررسی اثر فشار بر روی ویژگی های اپتیکی، مورفولوژی و ساختاری لایه سولفید روی ZnS تولید شده به روش کند و پاش مغناطیسی

سمیرا اذان گو*، رضا شکوری

گروه فیزیک، دانشکده علوم، دانشگاه بین المللی امام خمینی، قزوین

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۱/۰۳

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۱۰/۱۴

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۸/۲۹

چکیده: در این مقاله به منظور بهینه سازی لایه سولفید روی ZnS، سه نمونه لایه ZnS، با دستگاه کند و پاش مغناطیسی Magnetron Sputtering بر روی زیرلایه شیشه اپتیکی با نام تجاری BK7 پوشش داده شده است. اثر فشار بر روی خواص اپتیکی، مورفولوژی و ساختاری لایه مطالعه شده است. گاز آرگون برای تولید پلاسما و فرآیند کند و پاش استفاده شده است. به کمک نرم افزار PRISA ثابت های اپتیکی شامل ضریب شکست و ضریب خاموشی لایه ZnS، ضخامت لایه و شکاف نوار Band Gap محاسبه شدند. ضریب شکست لایه ها در ناحیه طول موجی مرئی به طور متوسط $n=1.3$ است و ضریب خاموشی نیز در همان محدوده طول موجی $k=1-4$ است. بعلاوه نتایج نشان می دهند که ثابت های اپتیکی لایه های ZnS و شکاف نوار که در فشارهای متفاوت تهیه شدند تفاوت محسوسی با یکدیگر ندارند. به عبارت دیگر پارامتر فشار عامل موثری در تعیین ویژگی های اپتیکی لایه ZnS نیست. از طرف دیگر، فشار، در نرخ رشد لایه Deposition rate اثر قابل ملاحظه ای دارد و نتایج نشان می دهند برای داشتن ماکزیمم نرخ رشد، یک فشار بهینه باید وجود داشته باشد.

واژگان کلیدی: کند و پاش مغناطیسی، ثابت های اپتیکی، شکاف نوار

نویسنده مسئول: azangousamira@gmail.com

نحوه استناد به این مقاله: اذان گو سمیرا، شکوری رضا. بررسی اثر فشار بر روی ویژگی های اپتیکی، مورفولوژی و ساختاری لایه سولفید روی ZnS تولید شده به روش کند و پاش مغناطیسی. Nanomeghyas. 1405;12(4):e736697. doi: 10.22034/ns.2025.2063264.1392

این مقاله تحت مجوز دسترسی آزاد CC-BY منتشر شده است (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)



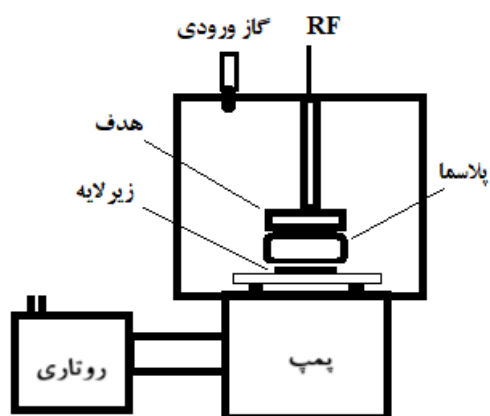
۱- مقدمه

استفاده شده است. به کمک نرم افزار PRISA ثابت‌های اپتیکی شامل ضریب شکست و ضریب خاموشی Extinction Coefficient لایه ZnS و شکاف نوار Band Gap لایه محاسبه شدند. آنالیز تصویر نیروی اتمی AFM و پراش اشعه ایکس، XRD، بر روی نمونه‌ها انجام شده است. آنالیزها بررسی شده و نتایج نشان می‌دهد فشار عامل موثری در نرخ رشد لایه است. این امر می‌تواند در مواردی که تولید لایه ZnS با سرعت بالا برای کاربردهای صنعتی مورد نظر باشد بکار گرفته شود.

۲- جزئیات تجربی

در این تحقیق لایه‌های نازک سولفید روی ZnS بر روی زیرلایه از جنس شیشه به شکل دیسک با قطر ۱۶ میلی متر و ضخامت ۳ میلی متر به روش کند و پاش لایه نشانی شدند. دستگاه لایه نشانی کند و پاش دارای پمپ روتاری و توربو ملکولار می‌باشد که می‌تواند محفظه مخزن را تا فشار اولیه 5×10^{-7} Torr تخلیه کند. محفظه مخزن به شکل مکعب مستطیل است و ابعاد آن $40 \times 55 \times 40$ سانتی متر است.

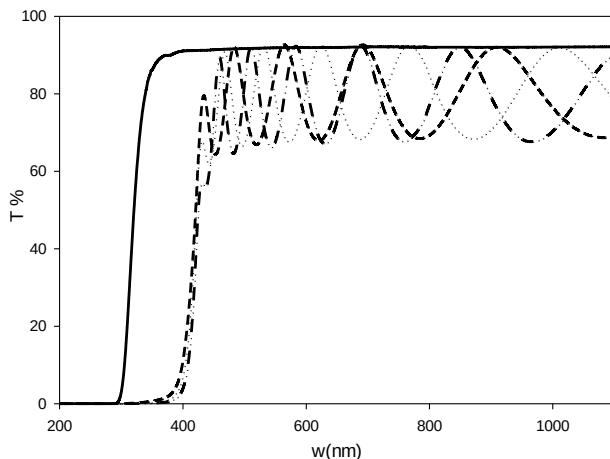
قبل از قرار دادن زیر لایه‌ها درون مخزن، با استفاده از استون و آب شستشو داده شده و سپس کاملاً خشک می‌شوند. قبل از شروع فرآیند لایه نشانی یک ساعت صبر می‌کنیم تا گازهای باقی مانده و بخار آب توسط پمپ‌های خلا از محیط خارج شوند. سپس گاز آرگون Ar به مخزن تزریق می‌شود. با ورود گاز آرگون، بسته به نرخ ورود گاز، فشار در مرتبه 10^{-7} Torr یا 10^{-8} Torr قرار می‌گیرد و در این محدوده فشار، دستگاه می‌تواند فرایند کند و پاش را انجام دهد. شار گاز آرگون ورودی به مخزن توسط شیر قابل کنترل بوده و سه فشار متفاوت برای سه نمونه لایه انتخاب شده است. ماکزیمم توان منبع تغذیه RF، ۶۰۰ وات است. در شکل ۱- طرحی از دستگاه استفاده شده نشان داده شده است.



شکل ۱- : طرحی از دستگاه به کار رفته برای ساخت لایه‌ها

سولفید روی (ZnS)، نیمه هادی با شکاف نوار پهن در حدود 2.6 eV (ناحیه نامرئی) که به دلیل خواص منحصر به فرد خود می‌تواند در دستگاه‌های الکترونیک نوری مانند دیودهای ساطع کننده اشعه ماوراء بنفش، حسگرها، فیلترها، سلول‌های فوتوالکتریک، لیزرها و... به کار برده شود. خواص سولفید روی به شدت به اندازه، شکل ساختاری و مورفولوژی آن وابسته است [1]. لایه نازک ZnS با ضریب شکست بالا، جذب کم در محدوده نور مرئی و مادون قرمز شناخته می‌شود. لایه‌های ZnS و ThF4 می‌توانند برای ساخت آینه‌های لیزر He-Ne استفاده شوند [2]. کاکس و همکارانش خواص ZnS را به عنوان یک بازتابنده در ناحیه طول موجی فرابنفش خلاء (vacuum ultraviolet) گزارش کردند [3]. در بعضی موارد لایه ZnS با هر روشی که تهیه شده باشد ناهمگن می‌شود، بدین معنی که چگالی آن در نقاط مختلف لایه متفاوت می‌شود. در مرجع [4] لایه ZnS با روش تبخیر باریکه الکترونی تهیه شده و لایه حاصل ناهمگن بوده، نتیجه این تحقیق نشان می‌دهد که یک لایه ZnS به ضخامت 300 nm در حدود $\Delta n = 0.01$ ناهمگن است. کاکس و هاس نشان دادند که دمای بهینه برای تولید لایه ZnS 150°C درجه سانتیگراد است [5]. آنها قبل از رشد لایه، زیرلایه را توسط فرآیند تخلیه تابان glow discharge تمیز کردند. همچنین آنها گزارش کردند که لایه ZnS را می‌توان با یک منبع مقاومتی resistance source بدون اینکه ZnS تجزیه شود پوشش داد. برای ساخت لایه نازک ZnS روش‌های مختلفی از جمله، تبخیر به کمک باریکه الکترونی [6]، پوشش‌دهی الکتریکی [7]، پوشش‌دهی لیزر پالسی [8]، کندوپاش RF [9] و اپیتاکسی لایه اتمی [10] وجود دارد. در مرجع [11] لایه‌های ZnS با روش کند و پاش مغناطیسی D.C. در فشار نسبتاً بالای 40 ، پاسکال پوشش داده شدند. در این مقاله دماهای متفاوت آزمایش شده و نتایج مقاله نشان می‌دهد شکاف نوار لایه‌ها به دمای زیر لایه در حین رشد بستگی دارد. در مرجع [12] لایه ZnO با روش کند و پاش ساخته شده و اثر فشار بر ساختار روی لایه ZnO بررسی شده است. بنا بر نتایج این مقاله با افزایش فشار ساختار لایه از بی شکل به کریستالی تغییر می‌کند. به طور کلی پارامتر فشار در فرایند کند و پاش، پارامتر مهمی است و یک مقاله جدید که اثر فشار را بر روی ویژگی‌های لایه ZnO که در عملکرد سلول های خورشیدی موثر است منتشر شده است [13].

در این مقاله به منظور بهینه سازی لایه سولفید روی، ZnS، سه نمونه لایه ZnS، با دستگاه کند و پاش مغناطیسی Magnetron Sputtering بر روی زیرلایه شیشه اپتیکی با نام تجاری BK7 پوشش داده شده است. اثر فشار بر روی خواص اپتیکی، مورفولوژی و ساختاری لایه‌ها مطالعه شده‌اند. گاز آرگون برای تولید پلازما و فرایند کند و پاش



شکل-۲: طیف عبور زیرلایه خام (خط توپر)، نمونه اول (نقطه چین)، نمونه دوم (خط چین)، نمونه سوم (خط-نقطه چین). محور افقی بر حسب نانومتر و محور قائم بر حسب درصد

از طیف عبور زیرلایه خام، یعنی شیشه بدون لایه ZnS در شکل-۲ می-توان دید که از طول موج ۲۰۰ نانومتر تا حدود ۳۰۰ نانومتر هیچ عبوری وجود ندارد. بنابراین شیشه خام در این ناحیه جذب زیادی دارد و منطقی است که با وجود لایه ZnS نیز در این ناحیه طول موجی عبوری وجود نداشته باشد. همچنین در شکل-۲ ملاحظه می-کنیم در طول موج های نزدیک به ۴۰۰ نانومتر مقدار عبور شروع به افزایش می-کند و در طول موج های بالاتر ماکزیممها و مینیممها که ناشی از تداخل سازنده و ویرانگر نور می باشند ظاهر می شوند. در طول موجهای بالاتر از حدود ۴۵۰ نانومتر ماکزیمم نمودارهای عبور تقریباً با مقدار عبور شیشه خام برابر است این بدین معنی است که لایه سولفید روی ZnS در این طول موجها جذب قابل توجه ای ندارد که مقدار عبور را کاهش دهد.

اکنون ثابت های اپتیکی، یعنی ضریب شکست n ، ضریب خاموشی k و ضخامت d لایهها را برای سه نمونه لایه سولفید روی ZnS را محاسبه می-کنیم. برای محاسبه n ، k و d لایه ZnS از نرم افزار PRI SA کمک می-گیریم (لینک دانلود نرم افزار در مرجع [14]). روش کار این نرم افزار در مرجع [۱۵] به طور مفصل شرح داده شده است. این نرم افزار علاوه بر ثابت های اپتیکی و ضخامت لایه با روش نمودار تاک Tuac [۱۶]، شکاف نوار لایه را نیز محاسبه می-کند.

در شکلهای ۳، ۴ و ۵ خروجی برنامه PRI SA بترتیب برای نمونه اول، دوم و سوم نشان داده شده است و ورودی برنامه تنها طیف عبور نمونه است (شکل-۲). منحنی دوم ردیف بالا در هر سه شکل مزبور ضریب شکست نمونهها را بر حسب طول موج نشان می-دهند. نقاط قرمز رنگ ضرایب شکست محاسبه شده در طول موجهای نقاط ماکزیمم و مینیمم را نشان می-دهند.

مطابق شکل ۱- زیر لایه در قسمت پایین و هدف (Target) در بالا قرار دارد. جنس هدف ZnS با خلوص ۹۹.۹۹ است. فاصله زیرلایه تا هدف ۱۵ سانتی متر است. سه نمونه، با ضخامت های متفاوت لایه نشانی شدند. منبع گرمایشی در داخل مخزن استفاده نشده است و زیرلایهها در حین رشد گرم نمی-شوند با وجود این، دمای زیرلایه ناشی از پدیده کند و پاش ۴۵ درجه سلسیوس است که از دمای محیط آزمایشگاه (۲۵ درجه سلسیوس) کمی بیشتر است. زمان لایه نشانی برای هر سه نمونه مدت ۳۰ دقیقه بوده است.

جدول-۱: پارامترهای ساخت هر نمونه

دمای داخل مخزن (سلسیوس)	زمان لایه نشانی (دقیقه)	توان منبع تغذیه RF (وات)	فشار کاری (تور)	نمونه
۴۵	۳۰	۷۰	4.5×10^{-2}	۱
۴۵	۳۰	۷۰	3.0×10^{-2}	۲
۴۵	۳۰	۷۰	1.2×10^{-2}	۳

در جدول-۱ پارامترهای ساخت هر نمونه داده شده است. بعد از آماده شدن نمونهها آنالیز تصویر نیروی اتمی AFM، آنالیز XRD و آنالیز UV-Visible بر روی سه نمونه انجام شده است.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- اپتیک لایه ها

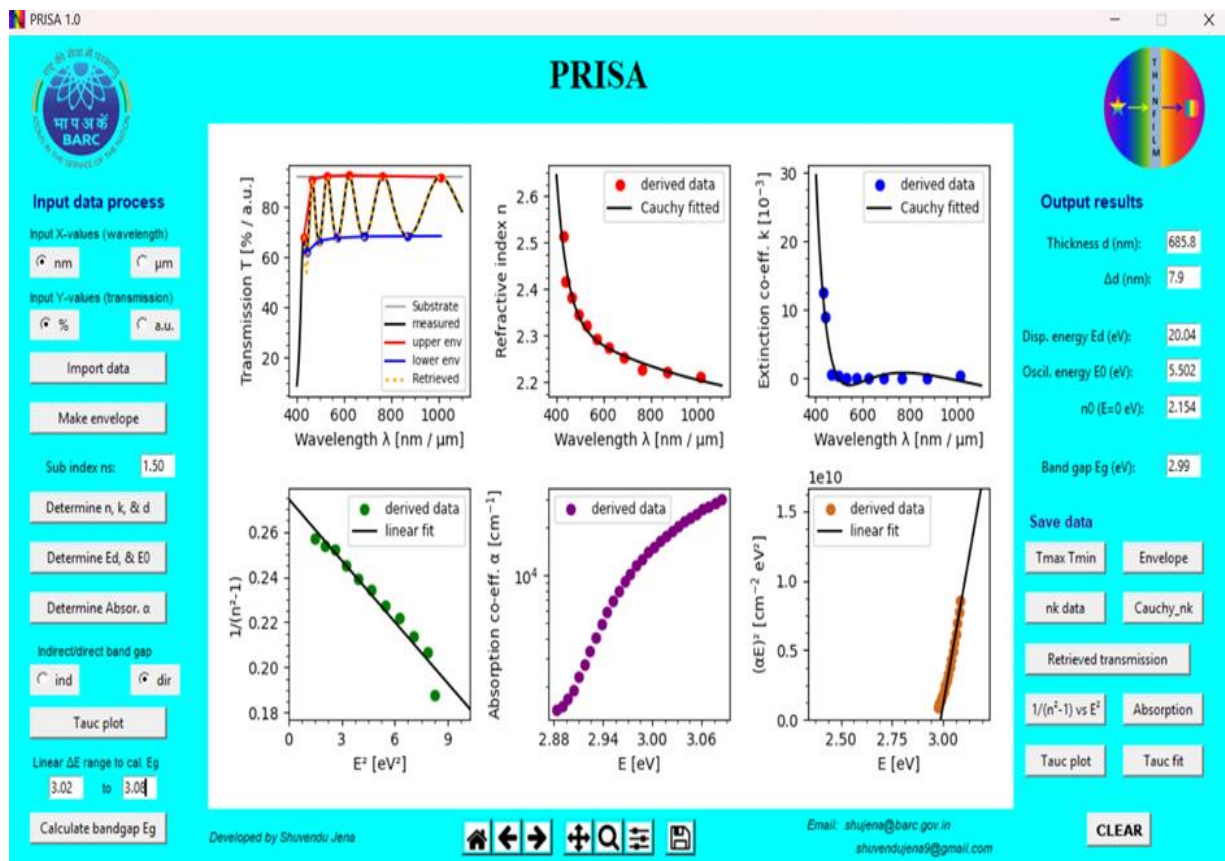
در شکل-۲ طیف عبور نمونهها همراه با طیف عبور زیرلایه خام نشان داده شده است. همچنانکه ملاحظه می-شود از ۲۰۰ تا حدود ۳۰۰ نانومتر مقدار درصد عبور صفر درصد است و در این ناحیه طول موجی بخش بزرگی از نور جذب می-شود و بخشی هم بازتاب می-یابد اما عبوری وجود ندارد.

هم چنانکه از منحنی‌های ضریب شکست سه شکل پیداست ضرایب شکست سه نمونه برای طول موجهای بالای ۶۰۰ نانومتر تقریباً یکسان هستند. در طول موجهای نزدیک ۴۰۰ نانومتر ضرایب شکست‌ها با هم اختلاف دارند. ضریب شکست‌های به دست آمده از دیتاهای ما با مرجع [18] که در آن لایه ZnS با روش تبخیر باریکه الکترون تهیه شده مطابقت دارد.

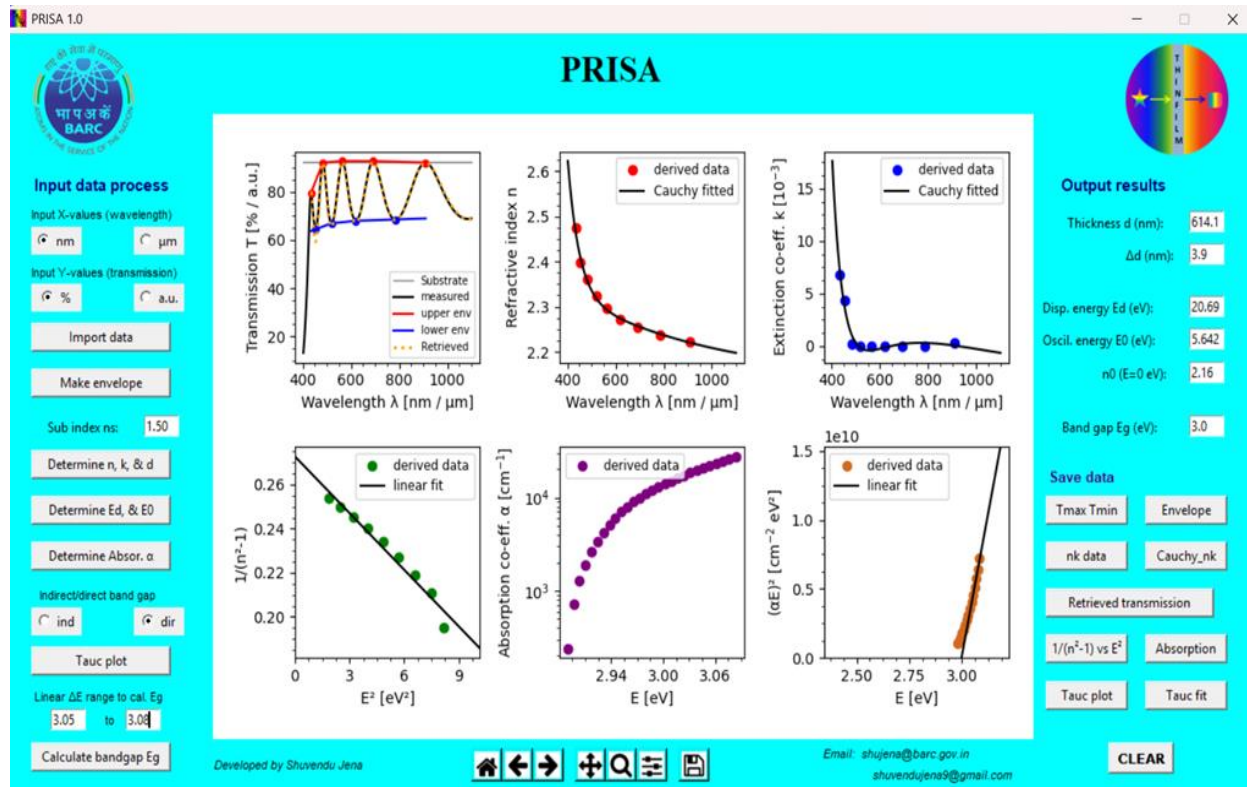
منحنی مشکی رنگ بر اساس رابطه پاشندگی کوشی Cauchy [۱۷] بر روی آن برازش شده است. رابطه کوشی ضریب شکست بر حسب طول موج

$$n(\lambda) = A_1 + \frac{A_2}{\lambda^2} \quad (1)$$

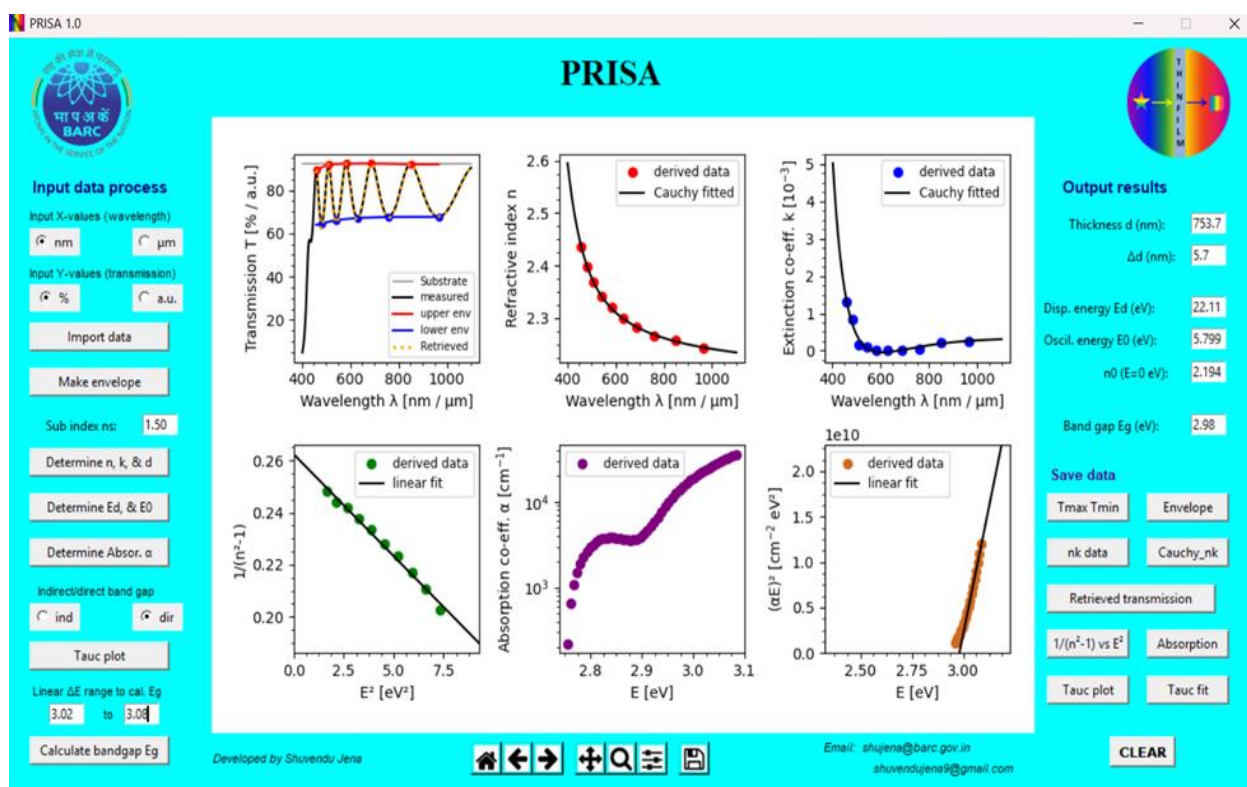
برای بسیاری از دی الکتریک‌ها صادق است. در رابطه فوق، n ضریب شکست، λ طول موج، A_1 و A_2 ضرایب ثابت هستند.



شکل-۳: خروجی برنامه PRISA برای نمونه اول



شکل-۴: خروجی برنامه PRISA برای نمونه دوم



شکل-۵: خروجی برنامه PRISA برای نمونه سوم

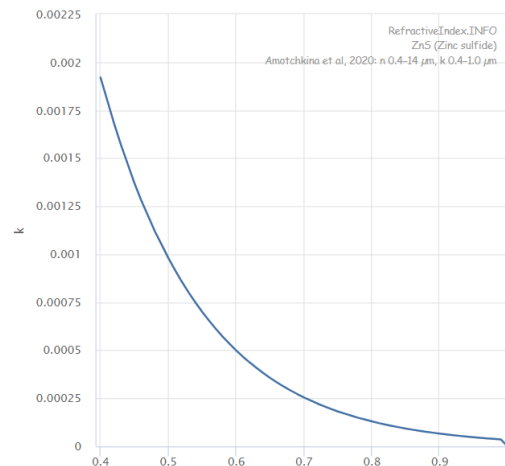
[۱۹] برداشته شده، نشان داده شده است. از این شکل می‌توان دریافت که ضریب خاموشی برای طول موجهای بالاتر از ۶۰۰ نانومتر از مرتبه 10^{-4} است و این با خروجی برنامه PRISA برای نمونه های ما یکسان است.

ضریب خاموشی k هر سه نمونه نیز تقریباً یکسان هستند. برای طول موجهای بزرگتر از ۶۰۰ نانومتر ضریب خاموشی هر سه نمونه کوچک (از مرتبه 10^{-4}) هستند. در شکل ۶- ضریب خاموشی لایه ZnS که از مرجع

برنامه PRI SA از تابع زیر برای برازش نقاط به دست آمده برای ضریب خاموشی استفاده می‌کند

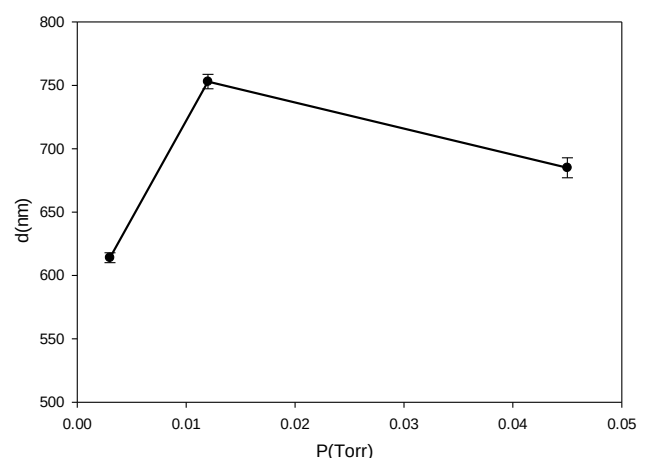
$$k(\lambda) = Ae^{B/\lambda} \quad (2)$$

که A و B مقادیر ثابت و λ طول موج است.



شکل ۶: ضریب خاموشی لایه ZnS بر حسب طول موج، محور افقی بر حسب میکرون [19]

اکنون به ضخامت‌های سه نمونه لایه ZnS که توسط نرم افزار محاسبه شده نظری می‌اندازیم. ضخامت نمونه‌ها سمت راست صفحه نرم افزار در بخش Output Results داده شده‌اند. ضخامت نمونه اول ۶۸۵ نانومتر، نمونه دوم ۶۱۴ نانومتر و نمونه سوم ۷۵۳ نانومتر است. فشار کاری (Working Pressure) متناظر برای هر نمونه مطابق جدول ۱- داده شدند. اگر ضخامت نمونه‌ها را بر حسب فشار رسم کنیم، نمودار شکل ۷- را خواهیم داشت.



شکل ۷: ضخامت نمونه‌ها (نانومتر) بر حسب فشار تور

مطابق با نمودار فوق با افزایش فشار ضخامت لایه افزایش می‌یابد اما با افزایش بیشتر فشار ضخامت کاهش می‌یابد. این امر با ماهیت فرآیند کند و پاش قابل توجه است: اگر فشار بالا باشد یعنی تعداد یون‌های آرگون بیشتر است و هدف ZnS با تعداد یونهای بیشتری بمباران می‌شود از طرفی فشار بالاتر بدین معنی است که چگالی ذرات، اعم از یون آرگون، اتم آرگون و هر نوع ذره دیگری که داخل مخزن هست بیشتر است ذرات بیشتر می‌توانند در مسیر رسیدن یون‌های مثبت آرگون به هدف ZnS ایجاد اختلال کنند. در فشارهای بالاتر مسیر آزاد میانگین Mean Free Path ذرات کمتر است و ذرات متحمل برخوردهای بیشتری می‌شوند و در اثر برخورد هم ممکن است انرژی ذرات کم شود و هم ممکن است مسیر ذره تغییر کند و به هدف ZnS نرسد و بازدهی کند و پاش کاهش می‌یابد. در نتیجه باید یک فشار بهینه وجود داشته باشد تا عمل کند و پاش، بیشترین نرخ رشد را به دست دهد. البته برای تأیید قطعی این گزاره لازم است آزمایش‌هایی با تعداد بیشتر در فشارهای متفاوت انجام گیرد.

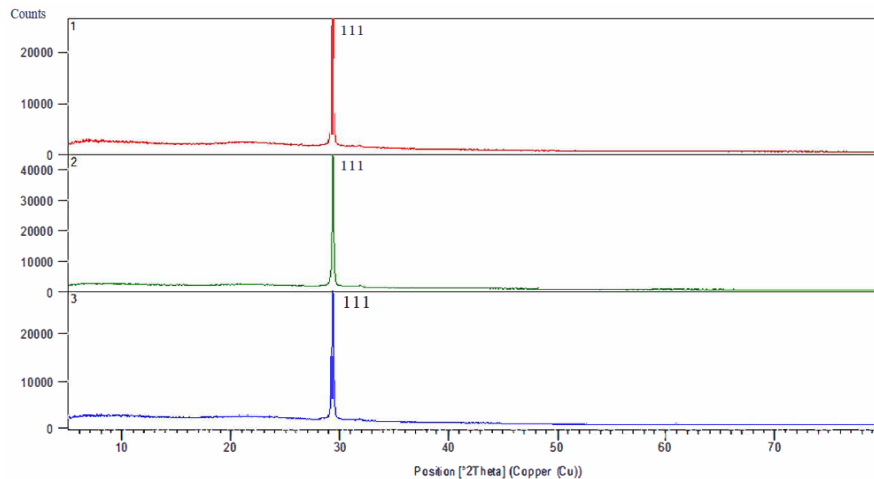
شکاف نوار نمونه‌ها بر اساس نتایج نرم افزار بترتیب ۲،۹۹، ۳،۰ و ۲،۹۸ الکترون ولت می‌باشند که این مقادیر شکاف نوار نسبت به شکاف نوار توده ZnS (Bulk ZnS) که ۳،۹۱ الکترون ولت گزارش شده است به طور قابل ملاحظه‌ای کوچک تر است [20]. همچنین شکاف نوار نمونه‌های ما نسبت به مرجع [21] نیز کوچک است.

۳-۲- آنالیز XRD

در شکل ۸- نمودار XRD نمونه‌ها داده شده است. این نمودارها تنها یک قله را نشان می‌دهند که مربوط به جهت رشد کریستالی لایه‌ها است. تنها قله پراش مشاهده شده برای سه نمونه در ۲۹،۹ درجه قرار دارد که نشان دهنده تک کریستالی بودن ساختار لایه است. این قله مربوط به صفحه ۱۱۱ است

۳-۳- آنالیز AFM

مورفولوژی لایه‌ها با اندازه‌گیری تصاویر نیروی اتمی AFM بررسی می‌شوند. در مرجع [۲۲] تحلیل خوبی از پارمترهایی که نرم افزار دستگاه AFM به دست می‌دهد داده شده است. در اینجا سه پارامتر را برای نمونه‌ها در نظر می‌گیریم. متوسط زبری R_a ، Average roughness، که انحراف در ارتفاع را از میانگین ارتفاع توصیف می‌کند، پارامتر ریشه میانگین مربعی زبری R_q ، Root Mean Square Roughness، است و پارامتر سوم کجی R_{sk} ، Skewness، است که تقارن پروفایل سطح حول خط میانگین را نشان می‌دهد

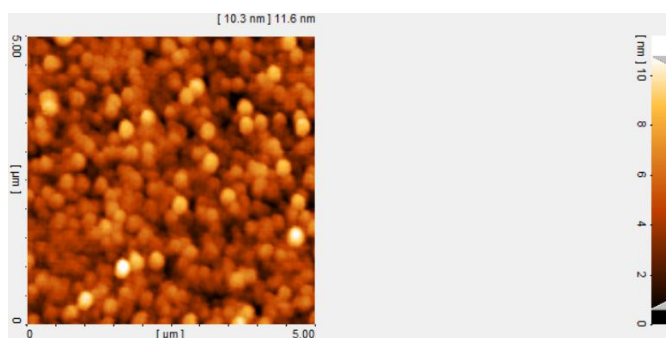


شکل-۸: الگوی پراش اشعه ایکس سه نمونه اول، دوم و سوم بترتیب از پایین

از جدول فوق به نظر می رسد که مورفولوژی سطح نمونه‌ها به طور محسوسی با هم تفاوت ندارند. در شکل‌های ۹(الف)، (ب) و (ج) تصاویر AFM سه نمونه نشان داده شده است.



شکل-۹ (الف): تصویر AFM دو بعدی نمونه اول



شکل-۹ (ب): تصویر AFM دو بعدی نمونه دوم

این سه پارامتر مطابق با مرجع [22] بترتیب با روابط زیر تعریف می‌شوند.

$$R_a(N, M) = \frac{1}{N} \sum_{x=1}^N (z(x, y) - \bar{z}(N, M)) \quad (3)$$

$$R_q = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{x=1}^N (z(x, y) - \bar{z}(N, M))^2} \quad (4)$$

$$R_{sk} = \frac{1}{NR_q^3} \sum_{i=1}^N (z_i - \bar{z})^3 \quad (5)$$

در سه رابطه فوق $z(x, y)$ ارتفاع هر نقطه (x, y) در صفحه است و M, N بترتیب تعداد نقاط در نظر گرفته شده در ناحیه‌ای که سطح اسکن شده است. $\bar{z}$ میانگین ارتفاع نقاط است.

اگر توزیع ارتفاع متقارن باشد $R_{sk} = 0$ است. پارامتر کجی برای توصیف تقارن و تختی سطح اساسی است. اگر توزیع ارتفاع متقارن نباشد و تعداد قله‌ها بیشتر از تعداد دره‌ها باشد R_{sk} مثبت است و برعکس اگر تعداد دره‌ها بیشتر از تعداد قله‌ها باشد R_{sk} منفی است. R_a و R_q رفتار مشابهی دارند، هر قدر مقدار R_q کمتر باشد، سطح نمونه صاف تر است و مقدار نوری که از سطح نمونه پراکنده می‌شود بیشتر است. در جدول-۲ مقادیر R_a ، R_q و R_{sk} برای سه نمونه لایه ZnS ثبت شده اند.

جدول -۲: مقادیر مقادیر R_a ، R_q و R_{sk} از آنالیز AFM

پارامتر/نمونه	R_a nm	R_q nm	R_{sk}
اول	1.47	1.99	0.72
دوم	1.34	1.71	0.65
سوم	1.29	1.65	0.66

process conditions on the optical constants of zirconia films” 28, 3997, 1998.

[v] C.D. Lokhande, V.S. Yermune, and S.H. Pawar, “Electrodepositions of CdS, ZnS and Cd_{1-x}Zn_xS films,” Mater.Chem.Phys.20, 283, 1998.

[λ] S. Yano, R. Schroeder, B. Ullrich, and H. Sakai, “Absorption and photocurrent properties of thin ZnS films formed by pulsed-laser deposition on quartz,” Thin Solid Films 423 , 273- 276, 2003 .

[α] L..X. Shao, K.H. Chang, and H.L. Hwang, “Zinc sulfide thin films deposited by RF reactive sputtering for photovoltaic applications,” Appl. Surf. Sci. 212, 305-310, 2003.

[۱۰] M. Oikkonen, T. Tuomi, and M. Luomajarvi, “Density of ZnS thin films grown by atomic layer epitaxy,” J. Appl. Phys.63, 1070-1072, 1998.

[11] S.K. Mandal, S. Chaudhuri, A.K. Pal, “Optical properties of nanocrystalline ZnS @lms prepared by high pressure magnetron sputtering” Thin Solid Films 350, 209-213, 1999.

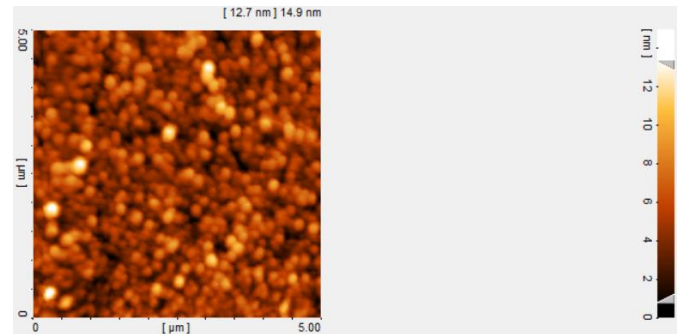
[12] Li-Jian Meng and M. P. dos Santos, “Direct current reactive magnetron sputtered zinc oxide thin films- the effect of the sputtering pressure, Thin Solid Fihns, 250, 26-32, 1994.

[13] Mehak Yadav, Neelam Turk, Sanjay Kumar Swami*, Amanpal Singh, Vikrant Singh Rao, Neha Chaturvedi, Dinesh Kumar and Anuj Kumar, “Investigating impact of operating pressure of sputter deposited ZnO thin films for window layer in solar cells” Physica Scripta, 100, 7, 2025.

[1۴]<https://sites.google.com/view/shuvendujena/download>

[15] S Jena, RB Tokas, S Thakur and D V Udupa, PRISA: a user-friendly software for determining refractive index, extinction co-efficient, dispersion energy, band gap, and thickness of semiconductor and dielectric thin films, Nano Express 2 , 010008 2021.

[16] Viezbicke BD, Patel S, Davis B E and Birnie DP, Evaluation of the Tauc method for optical absorption edge determination ZnO thin films as a



شکل ۹- (ج) : تصویر AFM دو بعدی نمونه سوم

۴-نتیجه گیری

لایه سولفید روی بر روی زیر لایه از جنس شیشه با روش کند و پاش مغناطیسی رشد داده شدند. گاز آرگون برای تشکیل پلاسما وانجام فرآیند کندو پاش بکار رفت. سه نمونه لایه ZnS در فشارهای مختلف تهیه شدند. آنالیزهای طیف عبور، پراش اشعه ایکس و تصاویر نیروی اتمی بر روی نمونه ها انجام گرفت. از نتایج آنالیزها می توان پی برد که ثابت های اپتیکی و ساختار لایه به طور محسوسی به فشار در حین رشد لایه بستگی ندارند. با این وجود با توجه به اینکه اختلاف فشارهای سه نمونه مطابق جدول-۱ قابل توجه است می توان تفاوت ضخامت لایه ها (نرخ رشد) به تفاوت فشار نسبت داد و این امر با مکانیزم فرآیند کند و پاش قابل توجیه است.

مراجع

- [1] Fang X., Zhai T., Gautam U.K., Li L., Wu L., Bando Y., GolbergD., ZnS nanostructures: From synthesis to applications, Prog. Mater. Sci., Vol. 56(2), 175–287, 2011.
- [۲] D. L. Perry, "Low-Loss Multilayer Dielectric Mirrors " , Appl. Opt. 4, 987-991, 1965.
- [۳] J. T. Cox, J. E. Waylonis, and W. R. Hunter, "Optical Properties of Zinc Sulfide in the Vacuum Ultraviolet," J. Opt. Soc. Am. 49, 807-810, 1979.
- [۴] R. P. Netterfield: "Refractive indices of zinc sulfide and cryolite in multilayer stacks" , Appl. Opt. 15 1969-1973, 1969.
- [۵] J. T. Cox and G. Hass, "Antireflection Coatings for Germanium and Silicon in the Infrared," J. Opt. Soc. Am. 48, 677-680, 1958.
- [۶] J. A Dobrowolski, P. D Grant, R. Simpson, and A. j. Waldorf “Investigation of the evaporation

through a non-toxic precursors chemical bath, *Mater. Res. Bull.* 60, 313–321, 2014.

[2\] Tran, T.K.; Park,W.; Tong,W.; Kyi, M.M.; Wagner, B.K.; Summers, C.J. Photoluminescence properties of ZnS epilayers. *J. Appl. Phys.*, 81, 2803–2809, 1997.

[22] M. Raposo, Q. Ferreira and P.A. Ribeiro, A Guide for Atomic Force Microscopy Analysis of Soft-Condensed Matter, *Modern Research and Educational Topics in Microscopy*, 1, 758-769 , 2007.

model system *Phys. Status Solidi b* 252, 1700–10, 2015.

[17] D Y Smith, Mitio Inokuti and William Karstens, “A generalized Cauchy dispersion formula and the refractivity of elemental semiconductors” *Journal of Physics: Condensed Matter* 13, 3883-3893, 2021.

[18] T. Amotchkina, M. Trubetskov, D. Hahner, V. Pervak. Characterization of e-beam evaporated Ge, YbF₃, ZnS, and LaF₃ thin films for laser-oriented coatings. *Appl. Opt.* 59, A40-A47 , 2020.

[19] <https://refractiveindex.info/>

[20] Rodríguez, C.; Sandoval-Paz, M.; Cabello, G.; Flores, M. Fernández, H.; Carrasco, C. Characterization of ZnS thin films synthesized



Investigation of the effect of pressure on the optical, morphological and structural properties of ZnS zinc sulfide layer produced by magnetic sputtering method

Samia Azangou* , Reza Shakouri

Department of physics, science faculty Imam Khomeini International university, Qazvin

Received: 2025-11-20

Revised: 2026-01-04

Accepted: 2026-01-23

Abstract: In this paper, in order to optimize the zinc sulfide film, three ZnS film samples were deposited with a magnetron sputtering system on an optical glass substrate with the trade name BK7. The effect of pressure on the optical, morphological and structural properties of the film was studied. Argon gas was used for plasma generation and sputtering process. Optical constants including refractive index and extinction coefficient of the ZnS film, film thickness and band gap were calculated using PRISA software. The refractive index of the films in the visible wavelength region is on average $n=1.3$ and the extinction coefficient is also in the same wavelength range $k=1^{-4}$. In addition, the results show that the optical constants of the ZnS films and band gaps prepared at different pressures do not differ significantly from each other. In other words, the pressure parameter is not an effective factor in determining the optical properties of the ZnS film. On the other hand, pressure has a significant effect on the deposition rate, and the results show that there must be an optimal pressure to have the maximum growth rate.

Keywords: Magnetic refraction, optical constants, Band Gap

Corresponding Author. Email: azangousamira@gmail.com

How to Cite This Article:

Azangou S, shakouri R. Investigation of the effect of pressure on the optical, morphological and structural properties of ZnS zinc sulfide layer produced by magnetic sputtering method. Nanomeghyas. 2026;12(4):e736697 (In Persian). doi: 10.22034/ns.2025.2063264.1392



This is an open access article under the CC-BY license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).