دانشکده فیزیک

پایان نامه کارشناسی ارشد فیزیک

موضوع:

تهیه لایه های نازک $Cd_{1-x}Zn_xS$ با استفاده از نانوذرات $Cd_{1-x}Zn_xS$ و بررسی تأثیر آن روی خواص اپتیکی نمونه‌های تهیه شده

توسط:

سمیه عزیزی

استاد راهنما:

دکتر حمید رضاقلی پور دیزجی

اسفند ۱۳۹۱

دانشکده فیزیک

پایان نامه کارشناسی ارشد فیزیک

تحت عنوان:

تهیه لایه های نازک $Cd_{1-x}Zn_xS$ با استفاده از نانوذرات $Cd_{1-x}Zn_xS$ و بررسی تأثیر آن روی خواص اپتیکی نمونه‌های تهیه شده

ارائه شده توسط:

سمیه عزیزی

در تاریخ ۲۱ اسفند ماه ۱۳۹۱ توسط کمیته تخصصی زیر مورد بررسی و تصویب نهایی قرار گرفت:

۱- استاد راهنما	**دکتر حمید رضاقلی پور**
۲- استاد داور داخلی	**دکتر مجید جعفر تفرشی**
۳- استاد مدعو	**دکتر نفیسه معماریان**

بسم الله الرحمن الرحیم

به یاد

پدر عزیزم

و

تقدیم به

دریای بی کران مهر، مادرم

سپاسگزاری:

او . . .

او که داشته‌ها و نداشته‌هایم از اوست. . . داده‌هایش مهربانی است و نداده‌هایش ژرف اندیشی. . .

پیش از همه لازم می دانم از استاد ارجمند جناب آقای دکتر حمید رضا قلی پور که راهنمایی و سرپرستی این پروژه بر عهده ایشان بوده است و همچنین پیگیری‌های دلسوزانه و راهنمایی استادانه ایشان پشتوانه علمی و عاطفی برای من به همراه داشته، صمیمانه تشکر و قدردانی می کنم. انجام و به ثمر رسیدن این تحقیق مرهون راهنمایی، همفکری، دلسوزی، تلاش مستمر و بی وقفه ایشان بوده است.

از جناب آقای دکتر احسانی که با نظرات ارزنده و گلهای بی دریغ خویش همواره یاری ام کرد، صمیمانه تشکر می کنم و توفیق ایشان را از درگاه خداوند آرزومندم. همچنین از استادان گرامی و ارجمند، جناب آقای دکتر تفرشی و سرکار خانم دکتر معماریان که قبول زحمت کرده و مسئولیت داوری این پروژه را به عهده گرفتند، کمال تشکر را دارم.

از سرکار خانم دوستمحمدی و خانم حسینی و خانم خرم آبادی به خاطر کمک های بی دریغشان در انجام پروژه سپاسگزارم.

همچنین از جناب آقای قوامی که در انجام آزمایش همکاری نموده اند سپاسگزارم.

تهیه لایه های نازک $Cd_{1-x}Zn_xS$ با استفاده از نانوذرات $Cd_{1-x}Zn_xS$ و بررسی تأثیر آن روی خواص اپتیکی نمونه‌های تهیه شده

چکیده

در این پایان نامه ابتدا لایه های نازک، روش های لایه نشانی و کاربردهای آن معرفی می شوند. فصل دوم به معرفی نانوذرات، روشهای ساخت و کاربردهای آن می پردازد. در فصل سوم بررسی ویژگی های اپتیکی لایه های نازک نیمرسانا و روش های اندازه گیری آن ارائه می گردد. در فصل چهارم به منظور بررسی تشکیل نانوذرات $Cd_{1-x}Zn_xS$، آنالیزهای مختلفی از جملهXRD، EDAX و FTIR بر روی نمونه های تهیه شده با $0 \leq x \leq 1$ انجام گردید. در فصل پنجم به ساخت لایه های نازک $Cd_{1-x}Zn_xS$ با دمای زیرلایه ۲۰۰ درجه سانتی گراد با استفاده از نانوذرات $Cd_{1-x}Zn_xS$ اقدام گردید و سپس اثر افزایش Zn روی خواص اپتیکی از جمله ضریب عبور، بازتاب، ضریب خاموشی، ضریب شکست و گاف نواری و خاصیت نورتابی بررسی شد. آنگاه نمونه ها در دمای ۲۵۰، ۳۵۰، ۴۵۰ درجه سانتی گراد بازپخت شده و اثر بازپخت روی خواص اپتیکی بررسی شد. فصل آخر به نتیجه گیری و ارائه پیشنهادات برای مطالعات آتی می‌پردازد. پیوست ۱ مربوط به تهیه و بررسی لایه های نازک CdTe می باشد که در راستای تحقیقات جاری در آزمایشگاه لایه نشانی دانشکده فیزیک انجام پذیرفت. برای این منظور از روش لایه نشانی خراشان (GLAD) استفاده گردید.

واژه های کلیدی: لایه نازک، $Cd_{1-x}Zn_xS$، نانوذرات، خواص اپتیکی، بازپخت.

Semnan University

Faculty Physics

Master of Science

Subject

Preparation of $Cd_{1-x}Zn_xS$ thin films using $Cd_{1-x}Zn_xS$ nanoparticles and investigation on its effects on optical properties of the prepared samples

By:

Somayeh Azizi

Supervisor:

Dr. Hamid Rezagholipour Dizaji

March 2013

Preparation of $Cd_{1-x}Zn_xS$ thin films using $Cd_{1-x}Zn_xS$ nanoparticles and investigation on its effects on optical properties of the prepared samples

Abstract

In the present thesis, thin films, the deposition methods and their applications are first introduced. Chapter 2 is devoted to study of the nanoparticles, their production methods and applications. Chapter 3 deals with optical properties of thin films. In chapter 4, the formation of prepared $Cd_{1-x}Zn_xS$ nanoparticles with $0 \leq x \leq 1$ were studied using XRD, EDAX, FTIR. The construction of $Cd_{1-x}Zn_xS$ thin films using nanoparticles on 200°C heated substrate has been presented in Chapter 5 and then the effect of Zn increasing on optical properties (transmittance, reflectance, extinction coefficient, refractive index, optical band gap) and photoluminescence properties has been studied. Then the samples were annealed at 250, 350 and 450 °C and the annealing effect on the optical properties was investigated. In appendix 1, the CdTe thin films were prepared and investigated as cooperation with the research going on in the Faculty of Physics, Semnan University. For this purpose, glancing angle deposition (GLAD) technique was carried out.

Keywords: thin film, $Cd_{1-x}Zn_xS$, nanoparticles, optical properties, annealing.

فهرست مطالب

۱. لایه نازک و کاربردهای آن ۱

۱-۱ مقدمه ۱

۱-۲ تعریف لایه نازک ۲

۱-۳ فرآیند رشد لایه نازک ۲

۱-۴ اهمیت و کاربرد لایه نازک ۴

۱-۵ نقش خلأ در لایه نازک ۶

۱-۶ روشهای تهیه لایه نازک ۷

۱-۶-۱ روشهای فیزیکی ۷

۱-۶-۱-۱ تبخیر حرارتی ۷

۱-۶-۱-۲ کندوپاش ۹

۱-۶-۱-۳ رونشانی خراشان ۹

۱-۶-۲ روشهای شیمیایی ۱۱

۲. نانوذرات و کاربرد آنها ۱۲

۲-۱ مقدمه ۱۲

۲-۲ خواص نانو مواد ۱۳

۲-۳ کاربردهای نانوذرات ۱۴

۲-۳-۱ نشانگرهای بیولوژیکی..... ۱۴
۲-۳-۲ دیودهای نورگسیل..... ۱۵
۲-۳-۳ اتمهای مصنوعی..... ۱۵
۲-۳-۴ عناصر مدارهای نوری..... ۱۶
۲-۳-۵ مولدهای انرژی خورشیدی..... ۱۶
۲-۳-۶ حافظه های کامپیوتری..... ۱۶
۲-۴ روشهای ساخت نانوذرات..... ۱۷
۲-۴-۱ روشهای بالا به پایین و پایین به بالا..... ۱۷
۲-۴-۲ روشهای فیزیکی و شیمیایی..... ۱۷
۲-۴-۳ روشهای حالت مایع، بخار و جامد..... ۱۸
۲-۴-۳-۱ تولید نانوذرات در گازها..... ۱۸
۲-۴-۳-۱-۱ رسوب فیزیکی بخار..... ۱۸
۲-۴-۳-۱-۲ چگالش گاز خنثی..... ۱۹
۲-۴-۳-۱-۳ پاشش حرارتی..... ۲۰
۲-۴-۳-۱-۴ ذوب در محیط فوق سرد..... ۲۰
۲-۴-۳-۱-۵ رسوب شیمیایی بخار(CVD) ۲۱
۲-۴-۳-۱-۶ چگالش بخار شیمیایی(CVS)..... ۲۲
۲-۴-۳-۲ تولید نانوذرات در مایعات با روشهای شیمیایی..... ۲۳
۲-۴-۳-۲-۱ روش سل- ژل..... ۲۳
۲-۴-۳-۲-۲ روش رسوب دهی الکتروشیمیایی..... ۲۴

۲-۴-۳-۲-۳ سنتز به روش سونوشیمیایی ۲۴
۲-۴-۳-۳ تولید نانوذرات به روش حالت جامد ۲۵
۲-۴-۴ تهیه نانوذرات با استفاده از مایکروویو ۲۶
۲-۴-۴-۱ مقدمه ۲۶
۲-۴-۴-۲ مبانی بر همکنش مایکروویو با ماده ۲۷
۲-۴-۴-۲-۱ فرآیند قطبش دو قطبی ۲۷
۲-۴-۴-۲-۲ فرآیند رسانش ۲۸
۲-۴-۴-۲-۳ اثر فوق حرارتی ۲۹
۲-۴-۴-۲-۴ نقش حلال ها ۳۰
۳. ویژگی اپتیکی لایه های نازک ۳۲
۳-۱ مقدمه ۳۲
۳-۲ خواص اپتیکی بنیادی ۳۳
۳-۲-۱ محاسبه ضریب جذب لایه جاذب بر روی زیر لایه شفاف ۴۰
۳-۲-۲ ثوابت اپتیکی: ضریب جذب، ضریب خاموشی و ضریب شکست ۴۲
۳-۳ ویژگی های اپتیکی مواد نیمرسانا ۴۳
۳-۳-۱ وابستگی ضریب جذب و گاف نواری ۴۴
۳-۳-۲ وابستگی ضریب شکست و گاف نواری ۵۲
۳-۳-۳ وابستگی گاف نواری به اندازه دانه ۵۲
۳-۴ وابستگی خواص اپتیکی به مرزدانه ها ۵۴
۳-۵ روش های مختلف اندازه گیری ثوابت اپتیکی ۵۶

۳-۵-۱ رابطه کرامرز- کرونینگ ۵۶
۳-۵-۲ رابطه پراکندگی کوشی ۵۷
۳-۵-۳ رابطه پراکندگی سلمیر ۵۸
۳-۵-۴ روش فروهی و بلومر ۵۸
۳-۵-۵ استفاده از بازتابش و ضریب خاموشی برای محاسبه ضریب شکست لایه جاذب ۶۰
۳-۵-۶ روش سان پول ۶۰
۳-۵-۶-۱ تخمین ضخامت به وسیله روش سان پول ۶۵
۳-۶ فتولومینسانس ۶۵
۳-۶-۱ انواع فتولومینسانس ۶۶
۳-۶-۱-۱ تابش خود بخودی ۶۶
۳-۶-۱-۲ فلورسانس ۶۶
۳-۶-۱-۳ فسفرسانس ۶۷
۳-۶-۲ گذارهای غیر تابشی ۶۸
۳-۶-۳ عوامل موثر در نورتابی نیمرساناها ۶۹
۳-۶-۳-۱ فرآیندهای نورتابی ۶۹
۳-۶-۳-۱-۱ نورتابی اکسیتونهای مقید شده به ناخالصی ها ۶۹
۳-۶-۳-۱-۲ نورتابی زوج دهنده و گیرنده ۷۰
۳-۶-۳-۱-۳ ترازهای عمقی ۷۱
۴. سنتر نانوذرات $Cd_{1-x}Zn_xS$ به کمک امواج مایکروویو ۷۳
۴-۱ معرفی $Cd_{1-x}Zn_xS$ ۷۳

۴-۲ سولفید روی..... ۷۴
۴-۲-۱ خواص الکترونیکی سولفید روی..... ۷۵
۴-۲-۲ خصوصیات شبکه سولفید روی..... ۷۸
۴-۳ سولفید کادمیم..... ۷۹
۴-۳-۱ خصوصیات الکترونیکی سولفید کادمیم..... ۸۰
۴-۴ ترکیبات سه تایی سولفید روی- کادمیوم و کاربردها..... ۸۱
۴-۵ رشد نانوذرات $Cd_{1-x}Zn_xS$ با استفاده از امواج مایکروویو..... ۸۲
۴-۵-۱ مقدمه..... ۸۲
۴-۵-۲ شرح آزمایش..... ۸۳
۴-۶ پراش اشعه ایکس (XRD)..... ۸۴
۴-۷ آنالیز EDAX..... ۸۶
۴-۸ طیف سنجی تبدیل فوریه فروسرخ(FTIR)..... ۸۷
۵. تولید لایه های نازک $Cd_{1-x}Zn_xS$ با استفاده از نانوذرات $Cd_{1-x}Zn_xS$ و بررسی خواص اپتیکی آن..... ۹۰
۵-۱ مقدمه..... ۹۰
۵-۲ دستگاه لایه نشانی..... ۹۱
۵-۲-۱ نحوه عملکرد دستگاه..... ۹۱
۵-۳ آماده سازی دستگاه..... ۹۳
۵-۴ آماده سازی زیر لایه ها..... ۹۳
۵-۵ آماده سازی مواد وانتخاب بوته..... ۹۴
۵-۶ ضخامت سنج..... ۹۴

۵-۷ لایه نشانی لایه های نازک $Cd_{1-x}Zn_xS$ ۹۶

۵-۸ بررسی کیفی فیلمهای تهیه شده $Cd_{1-x}Zn_xS$ ۹۸

۵-۸-۱ تصاویر FESEM ۹۹

۵-۸-۱-۱ عکس از بالا ۹۹

۵-۸-۱-۲ عکس از کنار ۱۰۱

۵-۸-۲ طیف نورتابی(PL) ۱۰۳

۵-۸-۳ میزان عبور اپتیکی ۱۰۴

۵-۸-۴ ضریب جذب، ضریب خاموشی و ضخامت بحرانی ۱۰۵

۵-۸-۵ ضریب شکست ۱۰۷

۵-۸-۶ گاف نواری ۱۰۹

۵-۹ اثر دمای بازپخت بر خواص اپتیکی ۱۱۱

۵-۹-۱ عبور اپتیکی ۱۱۲

۵-۹-۲ ضریب جذب ۱۱۵

۵-۹-۳ ضریب خاموشی ۱۱۷

۵-۹-۴ ضریب شکست ۱۲۰

۵-۹-۵ گاف نواری ۱۲۳

۶ . نتیجه گیری و پیشنهادها ۱۲۷

۶-۱ نتیجه گیری ۱۲۷

۶-۲ پیشنهادات برای فعالیتهای آتی ۱۲۸

پیوست ۱ رشد زاویه دار لایه های تلورید کادمیوم بررسی خواص اپتیکی آنها ۱۲۹

پ۱-۱ مقدمه ۱۲۹
پ۱-۲ مشخصات دستگاه کنترل شار بخار ۱۲۹
پ۱-۳ عملیات لایه نشانی ۱۳۱
پ۱-۴ بررسی خواص ساختاری و اپتیکی لایه های CdTe ۱۳۳
پ۱-۴-۱ تصاویر FESEM ۱۳۳
پ۱-۴-۱-۱ عکس از بالا ۱۳۳
پ۱-۴-۱-۲ عکس از کنار ۱۳۴
پ۱-۴-۲ عبور اپتیکی ۱۳۶
پ۱-۴-۳ میزان بازتابش ۱۳۷
پ۱-۴-۴ ضریب جذب ۱۳۸
پ۱-۴-۵ ضریب شکست ۱۳۹
پ۱-۴-۶ گاف نواری ۱۴۰
پ۱-۴-۷ اندازه دانه ۱۴۱
پ۱-۴-۷-۱ محاسبه اندازه دانه با استفاده از روش HBM ۱۴۱
پ۱-۴-۷-۲ محاسبه اندازه دانه با استفاده از روش EMA ۱۴۱
پیوست ۲ ۱۴۳
مراجع ۱۴۶

فهرست شکل ها

شکل ۱-۱ : سه نوع سازوکار رشد لایه نازک..... ۴

شکل ۱-۲ : بوته تبخیر و فاصله آن تا زیر لایه..... ۷

شکل ۱-۳ : طرحواره ای از رشد خراشان..... ۱۰

شکل ۱-۴ : اثر سایه اندازی و تشکیل ستون های زاویه دار بر اثر رونشانی خراشان..... ۱۰

شکل ۲-۱: شماتیکی از روش شیمیایی بخار ۲۱

شکل ۲-۲: طیف الکترومغناطیس و محدوده مایکروویو..... ۲۶

شکل ۲-۳: مکانیزم گرمایش توسط امواج مایکروویو(a)قطبش دوقطبی‌ها (b)رسانش ۲۹

شکل ۲-۴: نمودارهای ثابت دی الکتریک بر حسب دما برای حلال‌های مختلف..... ۳۰

شکل ۲-۵ : اثر افزودنی مایع یونی بر روی افزایش دمای دی اکسان تحت تابش مایکروویو با توان ۳۰۰W (منحنی پایین دی اکسان و منحنی بالایی دی اکسان به همراه مایع یون..... ۳۱

شکل ۳- ۱: نمایش T، R و S ۳۴

شکل ۳ -۲ : تصویر شماتیک یک اسپکتروفوتومتر دوپرتویی. LS) منبع نور، MC) مونوکروماتور، CH) پروانه چرخان، SC) محل قرار دادن نمونه، D) آشکارساز، A) آمپلی فایر..... ۳۵

شکل ۳ -۳ : بخش پایین نمودار بازتابندگی بر حسب n_1d برای لایه های نازکی با مقادیر مختلف n_1 بر روی زیرلایه شیشه های با n_2=۱/۵ بخش بالایی نمودار بازتابندگی برای لایه یکنواخت بین دو محیط با ضریب شکست مشابه..... ۳۸

شکل ۳ -۴ : عبور و بازتابش متوالی نور عمودی با شدت I_0 در یک لایه. فلش های نقطه چین شده و خط چین شده به ترتیب نماینده نور بازتابی و نور عبوری می باشند..... ۴۱

شکل ۳ -۵ : بازه های انرژی امواج الکترومغناطیس و روش های اندازه گیری اپتیکی مربوطه شان ۴۳

شکل ۳ -۶ : فرایند های اتمی، مولکولی و الکتریکی را در بازه های مختلف انرژی ۴۴

شکل ۳ -۷ : ضریب جذب به عنوان تابعی از انرژی قوتون تابیده برای نیم رساناهای معمولی..... ۴۵

شکل ۳ -۸ : نمای شماتیک از گذار مستقیم (چپ) و غیر مستقیم (راست) در نیم رساناها..... ۴۶

شکل ۳ -۹ : چگونگی انتقال الکترون به نوار رسانش بر اثر جذب فوتون..... ۴۷

شکل ۳ -۱۰ : نمودار $(\alpha h\nu)^2$ بر حسب hν نزدیک به لبه جذب برای بلور GaAs..... ۴۸

شکل ۳ -۱۱ : نمودار $(\alpha h\nu)^{1/2}$ بر حسب hν نزدیک به لبه جذب برای بلور Si..... ۴۹

شکل ۳ –۱۲ : جذب نوار به نوار برای Si در دمایK 300. انرژی های E_1 و E_2 به نقاطی مربوطند که در آنها نمودار E بر حسب k نوار رسانش و ظرفیت با هم موازی اند..... ۵۰
شکل ۳ –۱۳: نمای کیفی تغییر شکل نوار رسانش و ظرفیت بر اثر تنش مکانیکی ناشی از مرزدانه ها. i: گذار غیر مستقیم، d: گذار مستقیم..... ۵۵
شکل ۳ –۱۴ : خطوط پیوسته توسط روابط فروهی– بلومر رسم شده اند و نقاط مربوط به داده های تجربی برای SiO2 هستند..... ۵۹
شکل ۳ –۱۵ : برخورد نور با لایه، عبور، شکست، بازتاب و تداخل ها..... ۶۱
شکل ۳ –۱۶ : نمودار عبور از لایه نازک Se با ضخامت ۹۶۹ نانومتر بر روی زیر لایه شیشه..... ۶۱
شکل ۳ –۱۷ : نمودار عبور شبیه سازی شده برای لایه ۱۰۰۰ نانومتری α– Si:H بر روی شیشه بی نهایت .۶۲
شکل ۳ –۱۸ : فرآیند جذب و تابش خودبخودی یک فوتون..... ۶۶
شکل ۳ –۱۹ : دیاگرام جاپلونسکی که فرآیندهای گذار الکترونی را در یک مادهی نوعی نشان میدهد. فقط در فرآیند فلورسانس (F) و فسفرسانس(P) تابش نور همراه است..... ۶۸
شکل ۳ –۲۰ : طیف نورتابی نزدیک شکاف انرژی CdS (1.2K)..... ۷۰
شکل ۳ -۲۱ : ترازهای انرژی یک زوج دهنده– پذیرنده..... ۷۱
شکل ۳ -۲۲ : مدل مختصات پیکربندی تراز نقص عمقی. (C نشان دهنده نوار هدایت، V نوار ظرفیت و D نقص عمقی است.)..... ۷۲

شکل ۴ –۱ : طرحوارهای از ساختار سولفید روی مکعبی..... ۷۴
شکل ۴ –۲ : طرح وارهای از ساختار سولفید روی مدل هگزاگونال..... ۷۵
شکل ۴ –۳ : منطقه اول بریلوئن برای سولفید روی مکعبی..... ۷۵
شکل ۴ –۴ : نوارهای انرژی مدل مکعبی..... ۷۶
شکل ۴ –۵ : وابستگی گاف نواری مدل مکعبی..... ۷۶
شکل ۴ –۶ : منطقه اول بریلوئن برای سولفید روی هگزاگونال..... ۷۷
شکل ۴ –۷ : نوارهای انرژی مدل هگزاگونال..... ۷۷
شکل ۴ –۸ : نمودار تغییرات پارامترهای شبکه بر حسب دما..... ۷۷۸
شکل ۴ –۹ : آرایش اتمی مواد معدنی سولفید کادمیم، (الف) گرینکیت و (ب) هاولیت..... ۸۰
شکل ۴ –۱۰ : منطقه اول بریلوئن برای سولفید کادمیم هگزاگونال..... ۸۰
شکل ۴ –۱۱ : ترازهای انرژی سولفید کادمیوم مدل هگزاگونال..... ۸۱

فهرست شکل ها

شکل ۴ –۱۲ : نمایی از دستگاه مایکروویو..... ۸۳
شکل ۴ –۱۳ : طیف XRD مربوط به نانوذرات $Cd_{1-x}Zn_xS$ به ازای (x=۰و۰/۰۵و۰/۱)..... ۸۴
شکل ۴ –۱۴ : ثابت های شبکه نانوذرات $Cd_{1-x}Zn_xS$ بر حسب X..... ۸۶
شکل ۴– ۱۵ : طیف EDAX برای نانوذرات $Cd_{1-x}Zn_xS$ به ازای (x =۰/۲ و۰/۶)..... ۸۷
شکل ۴ –۱۶ : نمودار طیف FTIR نانوذرات $Cd_{1-x}Zn_xS$ به ازای (x=۰/۲،۰/۴،۰/۶و۰/۸)..... ۸۸

شکل ۵–۱ : (الف) نمایی از دستگاه لایه نشانی مورد استفاده، (ب) محفظهٔ خلأ..... ۹۱
شکل ۵ –۲ : الکترودهای منتقل کنندهٔ جریان به بوته..... ۹۲
شکل ۵ –۳ : بوته در پوش دار از جنس مولیبدن..... ۹۴
شکل ۵ –۴ : قسمت الکترونیکی ضخامت سنج..... ۹۵
شکل ۵ –۵ : بلور کوارتز درون محفظهٔ خلأ..... ۹۵
شکل ۵ –۶ : گرمکن تشعشعی..... ۹۶
شکل ۵ –۷ : نمایی از گرمکن..... ۹۷
شکل ۵ –۸ : نمایی از داخل محفظه خلأ دستگاه لایه نشانی در حالت های مختلف..... ۹۸
شکل ۵ –۹ : تصویر FESEM از بالا نمونه S_0..... ۹۹
شکل ۵ –۱۰ : تصویر FESEM از بالا نمونه S_2..... ۹۹
شکل ۵ –۱۱ : تصویر FESEM از بالا نمونه S_3..... ۱۰۰
شکل ۵ –۱۲ : تصویر FESEM از بالا نمونه S_5..... ۱۰۰
شکل ۵ –۱۳ : تصویر FESEM از بالا نمونه S_6..... ۱۰۰
شکل ۵ –۱۴ : تصویر FESEM از بالا نمونه S_7..... ۱۰۱
شکل ۵ –۱۵ : تصویر نمونه S_0 از کنار..... ۱۰۱
شکل ۵ –۱۶ : تصویر نمونه S_3 از کنار..... ۱۰۲
شکل ۵ –۱۷ : تصویر نمونه S_6 از کنار..... ۱۰۲
شکل ۵ –۱۸ : تصویر نمونه S_7 از کنار..... ۱۰۲
شکل ۵ –۱۹ : طیف PL مربوط به نمونه های S_0،S_3، S_6 وS_7..... ۱۰۴

شکل ۵ –۲۰ : مقایسه میزان عبور اپتیکی نمونه های S_0، S_1، S_2، S_3، S_4، S_5، S_6وS_7.....۱۰۴

شکل ۵ –۲۱ : نمودار ضریب جذب نمونه های S_0، S_1، S_2، S_3، S_4، S_5، S_6وS_7.....۱۰۵

شکل ۵ –۲۲ : مقایسه ضریب خاموشی نمونه های S_0، S_1، S_2، S_3، S_4، S_5، S_6وS_7.....۱۰۶

شکل ۵ –۲۳ : نمودار ضخامت بحرانی نمونه های S_0، S_1، S_2، S_3، S_4، S_5، S_6وS_7.....۱۰۷

شکل ۵ –۲۴ : نمودار ضریب شکست بر حسب طول موج برای نمونه های S_0، S_1، S_2، S_3، S_4، S_5، S_6وS_7

.....۱۰۸

شکل ۵ –۲۵ : نمودار $(\alpha h\nu)^2$ بر حسب $h\nu$ برای نمونه های S_0، S_1، S_2، S_3، S_4، S_5، S_6و S_7.....۱۰۹

شکل ۵–۲۶ : نمودار به دست آمده برای شکاف انرژی $Cd_{1-x}Zn_xS$ بر حسب x برای $0 \leq x \leq 0.4$ ۱۱۰

شکل ۵–۲۷ : نمودار به دست آمده برای شکاف انرژی $Cd_{1-x}Zn_xS$ بر حسب x برای $x > 0.4$ ۱۱۱

شکل ۵–۲۸ : تصویری از دستگاه بازپخت تحت خلأ: شامل پمپ خلأ و آبسردکن و کوره الکتریکی.....۱۱۲

شکل ۵–۲۹ : مقایسه میزان عبور اپتیکی نمونه های A، A_0، A_1 و A_2.....۱۱۳

شکل ۵–۳۰ : مقایسه میزان عبور اپتیکی نمونه های B، B_0، B_1 و B_2.....۱۱۳

شکل ۵–۳۱ : مقایسه میزان عبور اپتیکی نمونه های C، C_0، C_1 و C_2.....۱۱۴

شکل ۵–۳۲ : مقایسه میزان عبور اپتیکی نمونه های D، D_0، D_1 و D_2.....۱۱۴

شکل ۵–۳۳ : نمودار ضریب جذب نمونه های A ، A_0، A_1 و A_2.....۱۱۵

شکل ۵–۳۴ : نمودار ضریب جذب نمونه های B، B_0، B_1 و B_2.....۱۱۶

شکل ۵–۳۵ : نمودار ضریب جذب نمونه های C، C_0، C_1 و C_2.....۱۱۶

شکل ۵–۳۶ : نمودار ضریب جذب نمونه های D، D_0، D_1 و D_2.....۱۱۷

شکل ۵–۳۷ : مقایسه ضریب خاموشی نمونه های A، A_0، A_1 و A_2.....۱۱۸

شکل ۵–۳۸ : مقایسه ضریب خاموشی نمونه‌های B، B_0، B_1 و B_2.....۱۱۸

شکل ۵–۳۹ : مقایسه ضریب خاموشی نمونه های C، C_0، C_1 و C_2.....۱۱۹

شکل ۵–۴۰ : مقایسه ضریب خاموشی نمونه های D، D_0، D_1 و D_2.....۱۱۹

شکل ۵–۴۱ : نمودار ضریب شکست بر حسب طول موج برای نمونه های A، A_0، A_1 و A_2.....۱۲۰

شکل ۵-۴۲ : نمودار ضریب شکست بر حسب طول موج برای نمونه های B، B_0، B_1 و B_2..... ۱۲۱
شکل ۵-۴۳ : نمودار ضریب شکست بر حسب طول موج برای نمونه های C_0، C_0، C_1 و C_2..... ۱۲۱
شکل ۵-۴۴ : نمودار ضریب شکست بر حسب طول موج برای نمونه های D، D_0، D_1 وD_2..... ۱۲۲
شکل ۵-۴۵ : نمودار و$(\alpha h\nu)^2$) بر حسب hν برای نمونه های A، A_0، A_1 و A_2..... ۱۲۳
شکل ۵-۴۶ : نمودار $(\alpha h\nu)^2$ بر حسب hν برای نمونه‌های B، B_0، B_1 و B_2..... ۱۲۴
شکل ۵-۴۷ : نمودار و$(\alpha h\nu)^2$) بر حسب hν برای نمونه های C، C_0، C_1 وC_2..... ۱۲۴
شکل ۵-۴۸ : نمودار و$(\alpha h\nu)^2$) بر حسب hν برای نمونه های D، D_0، D_1 وD_2..... ۱۲۵
شکل پ۱-۱ : نمای شاتر چرخان در دستگاه لایه نشانی، A- موتور DC گیربکس دار، B- شاتر ثابت، C- شاتر چرخان، D-زیرلایه، E-میلگرد نگهدارنده سیستم موتور و شاتر چرخان و ثابت، F- چشمه قایقی شکل، G_1 , G_2 الکترودها..... ۱۳۰
شکل پ۱-۲ : سیستم کنترل شار بخار همراه با فضای استوانه ای بسته نصب شده به شاتر چرخان ۱۳۰
شکل پ۱-۳ : تصویر شاتر و استوانه مربوطه در داخل محفظه خلأ..... ۱۳۱
شکل پ۱- ۴ : طرحوارهای از قرار گرفتن نمونه ها در سیستم ابداعی..... ۱۳۱
شکل پ۱-۵ : منبع تغذیه و اتصالات آن به درون محفظه..... ۱۳۲
شکل پ۱-۶ : تصویر FESEM از بالا نمونه های a، b و c..... ۱۳۴
شکل پ۱-۷ : تصویر FESEM از کنار نمونه های a، b و c..... ۱۳۵
شکل پ۱-۸ : مقایسه میزان عبور اپتیکی نمونه های a، b و c..... ۱۳۷
شکل پ۱-۹ : میزان بازتابش از نمونه های a، b و c..... ۱۳۸
شکل پ۱-۱۰ : مقایسه ضریب جذب نمونه های a، b و c..... ۱۳۹
شکل پ۱-۱۱ : مقایسه ضریب شکست نمونه های a، b و c..... ۱۴۰
شکل پ۱- ۱۲ : نمودار $(\alpha h\nu)^2$) بر حسب hν برای نمونه های a، b و c..... ۱۴۱