بسم الله الرحمن الرحيم

بسمه تعالی

دانشکده علوم پایه

تاییدیه اعضای هیات داوران حاضر در جلسه دفاع از پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد

اعضای هیئت داوران نسخهٔ نهایی پایان‌نامه خانم **سحر غلامی کلیجی** رشته **فیزیک** تحت عنوان:«**ساخت و بررسی خواص نوری نانوذرات کادمیوم زینک تلوراید**» از نظر فرم و محتوا بررسی نموده و آنرا برای اخذ درجهٔ کارشناسی‌ارشد مورد تائید قرار دادند.

اعضای هیأت داوران	نام و نام خانوادگی	رتبه علمی	امضاء
۱- استاد راهنما	دکتر اسماعیل ساعی ور	دانشیار	
۲- استاد ناظر داخلی	دکتر رسول ملک فر	دانشیار	
۳- استاد ناظر داخلی	دکتر احمد یزدانی	دانشیار	
٤- استاد ناظر خارجی	دکتر رسول اژئیان	استادیار	
٥- نماینده تحصیلات تکمیلی	دکتر رسول ملک فر	دانشیار	

آیین‌نامه حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهشهای علمی دانشگاه تربیت مدرس

مقدمه: با عنایت به سیاست‌های پژوهشی و فناوری دانشگاه در راستای تحقق عدالت و کرامت انسانها که لازمه شکوفایی علمی و فنی است و رعایت حقوق مادی و معنوی دانشگاه و پژوهشگران، لازم است اعضای هیأت علمی، دانشجویان، دانش‌آموختگان و دیگر همکاران طرح، در مورد نتایج پژوهشهای علمی که تحت عناوین پایان‌نامه، رساله و طرحهای تحقیقاتی با هماهنگی دانشگاه انجام شده است، موارد زیر را رعایت نمایند:

ماده ۱- حق نشر و تکثیر پایان نامه/ رساله و درآمدهای حاصل از آنها متعلق به دانشگاه می باشد ولی حقوق معنوی پدید آورندگان محفوظ خواهد بود.

ماده ۲- انتشار مقاله یا مقالات مستخرج از پایان‌نامه/ رساله به صورت چاپ در نشریات علمی و یا ارائه در مجامع علمی باید به نام دانشگاه بوده و با تایید استاد راهنمای اصلی، یکی از اساتید راهنما، مشاور و یا دانشجو مسئول مکاتبات مقاله باشد. ولی مسئولیت علمی مقاله مستخرج از پایان نامه و رساله به عهده اساتید راهنما و دانشجو می باشد.

تبصره: در مقالاتی که پس از دانش‌آموختگی بصورت ترکیبی از اطلاعات جدید و نتایج حاصل از پایان‌نامه/ رساله نیز منتشر می‌شود نیز باید نام دانشگاه درج شود.

ماده ۳- انتشار کتاب، نرم افزار و یا آثار ویژه (اثری هنری مانند فیلم، عکس، نقاشی و نمایشنامه) حاصل از نتایج پایان‌نامه/ رساله و تمامی طرحهای تحقیقاتی کلیه واحدهای دانشگاه اعم از دانشکده ها، مراکز تحقیقاتی، پژوهشکده ها، پارک علم و فناوری و دیگر واحدها باید با مجوز کتبی صادره از معاونت پژوهشی دانشگاه و براساس آئین نامه های مصوب انجام شود.

ماده ۴- ثبت اختراع و تدوین دانش فنی و یا ارائه یافته ها در جشنواره‌های ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی که حاصل نتایج مستخرج از پایان‌نامه/ رساله و تمامی طرح‌های تحقیقاتی دانشگاه باید با هماهنگی استاد راهنما یا مجری طرح از طریق معاونت پژوهشی دانشگاه انجام گیرد.

ماده ۵- این آیین‌نامه در ۵ ماده و یک تبصره در تاریخ ۸۷/۴/۱ در شورای پژوهشی و در تاریخ ۸۷/۴/۲۳ در هیأت رئیسه دانشگاه به تایید رسید و در جلسه مورخ ۸۷/۷/۱۵ شورای دانشگاه به تصویب رسیده و از تاریخ تصویب در شورای دانشگاه لازم‌الاجرا است.

«اینجانب سحر غلامی کلیجی دانشجوی رشته فیزیک حالت جامد ورودی سال تحصیلی ۸۷ مقطع کارشناسی ارشد دانشکده علوم پایه متعهد می شوم کِلیه نکات مندرج در آئین نامه حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهش های علمی دانشگاه تربیت مدرس را در انتشار یافته های علمی مستخرج از پایان نامه / رساله تحصیلی خود رعایت نمایم. در صورت تخلف از مفاد آئین نامه فوق الاشعار به دانشگاه وکالت و نمایندگی می دهم که از طرف اینجانب نسبت به لغو امتیاز اختراع بنام بنده و یا هر گونه امتیاز دیگر و تغییر آن به نام دانشگاه اقدام نماید. ضمناً نسبت به جبران فوری ضرر و زیان حاصله بر اساس برآورد دانشگاه اقدام خواهم نمود و بدینوسیله حق هر گونه اعتراض را از خود سلب نمودم»

امضا:.....

تاریخ: ۹۰/۳/۲۵

آیین نامه چاپ پایان‌نامه (رساله)های دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان نامه (رساله)های تحصیلی دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس، مبین بخشی از فعالیتهای علمی - پژوهشی دانشگاه است بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه،دانش آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می‌شوند:

ماده ۱: در صورت اقدام به چاپ پایان نامه (رساله)ی خود، مراتب را قبلاً به طور کتبی به «دفتر نشر آثارعلمی» دانشگاه اطلاع دهد.

ماده ۲: در صفحه سوم کتاب (پس از برگ شناسنامه) عبارت ذیل را چاپ کند:

«کتاب حاضر، حاصل پایان نامه کارشناسی ارشد/ رساله دکتری نگارنده در رشته است که در سال در دانشکده دانشگاه تربیت مدرس به راهنمایی سرکار خانم/جناب آقای دکتر ، مشاوره سرکار خانم/جناب آقای دکتر و مشاوره سرکار خانم/جناب آقای دکتر از آن دفاع شده است.»

ماده ۳: به منظور جبران بخشی از هزینه‌های انتشارات دانشگاه، تعداد یک درصد شمارگان کتاب (در هر نوبت‌چاپ) را به «دفتر نشر آثارعلمی» دانشگاه اهدا کند. دانشگاه می‌تواند مازاد نیاز خود را به نفع مرکز نشر درمعرض فروش قرار دهد.

ماده ۴: در صورت عدم رعایت ماده ۳، ۵۰٪ بهای شمارگان چاپ شده را به عنوان خسارت به دانشگاه تربیت‌مدرس، تأدیه کند.

ماده ۵: دانشجو تعهد و قبول می کند در صورت خودداری از پرداخت بهای خسارت، دانشگاه می‌تواند خسارت مذکور را از طریق مراجع قضایی مطالبه و وصول کند؛ به علاوه به دانشگاه حق می‌دهد به منظور استیفای حقوق خود، از طریق دادگاه، معادل وجه مذکور در ماده ۴ را از محل توقیف کتابهای عرضه شده نگارنده برای فروش، تامین نماید.

ماده ۶: اینجانب سحر غلامی کلیجی دانشجوی رشته فیزیک حالت جامد مقطع کارشناسی ارشد تعهد فوق وضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می شوم.

نام و نام خانوادگی: سحر غلامی کلیجی

تاریخ و امضا: ۹۰/۳/۲۵

دانشکده علوم پایه

پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد فیزیک

ساخت و بررسی خواص نوری نانوذرات کادمیوم زینک تلوراید

نگارنده:

سحر غلامی کلیجی

استاد راهنما:

دکتر اسماعیل ساعی ور ایرانی زاد

خردادماه ۱۳۹۰

تقدیم به

پدر و مادر بزرگوار و برادر مهربانم

به پاس صبوری و محبت‌شان

و همسر عزیزم

که در همه مراحل این پژوهش همراه و همدلم بود

تشکر و قدردانی

خداوند بزرگ را سپاسگزارم که به من آگاهی و توان بخشید تا راه کسب دانش و معرفت را برگزینم؛ از او می‌خواهم تا با لطف بی‌کرانش، در پیمودن این مسیر بی‌انتها، یاور همیشگی‌ام باشد.

همیشه قدردان پدر و مادر فداکار و دلسوزم هستم که راه و رسم درست زندگی کردن را به من آموختند و برادرم که همیشه لحظات دشوار با یاری او به دوران شادی بدل شده است.

از همسر شکیبا و استوارم که همواره امیدبخش من در زندگی بوده است، تقدیر می‌کنم. همراهی گام به گامش را در طول این تحقیق هیچ‌گاه از یاد نخواهم برد.

بر خود لازم می‌دانم از استاد راهنمای ارجمندم آقای دکترساعی‌ور ایرانی‌زاد به خاطر حسن خلق، پیشنهادات ارزنده و کمک‌های بی‌دریغشان، به طور ویژه تشکر نمایم.

مراتب سپاس خود را از استادان گرامی آقای دکتر یزدانی، آقای دکتر اژئیان و آقای دکتر ملک‌فر که داوری این پایان‌نامه را به عهده گرفتند، هم‌چنین تمام استادان بزرگواری که در طول دوره تحصیل افتخار شاگردی ایشان را داشته‌ام، ابراز می‌دارم.

از جناب آقای سعیدپورجعفری، سرکار خانم زهرا دهقانی و جناب آقای مهدی ملایی که راهنمایی‌ها و تجربیاتشان در مراحل مختلف کار گره‌گشایم بوده است، قدردانی می‌کنم.

از همه دیگر دوستانی که در طی این مدت مرا یاری کرده‌اند ، متشکرم.

در پایان از صمیم قلب، برای همه عزیزان آرزوی سلامتی و پیروزی‌های روزافزون دارم.

سحر غلامی کلیجی

خردادماه ۱۳۹۰

چکیده

در این پژوهش، تولید نانوذرات نیمرسانای آلیاژی $Cd_{1-x}Zn_xTe$ به روش کلوئیدی در محیط آبی انجام شد که دارای مزایای بسیاری است. این روش تاکنون به ندرت برای ساخت نانوذرات مذکور مورد استفاده قرار گرفته است. مطالعه خواص نوری و مشخصه‌یابی ساختاری، به وسیله طیف‌های جذب مرئی-فرابنفش(UV-vis)، نورتابی (PL)، الگوی پراش اشعه ایکس (XRD)، تحلیل تفکیک انرژی اشعه ایکس (EDX)، تصویر میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM) و همچنین روش روبش-z (برای کاوش اثرات غیرخطی) صورت پذیرفت. تشکیل این نانوذرات آلیاژی از بررسی تغییر شکاف انرژی، جابجایی قله‌های نورتابی و جذب برحسب شاخص x و همچنین مکان قله‌ها در الگوهای XRD، مورد تایید قرار گرفت.

در مرحله بعدی، درباره تاثیر برخی عوامل موثر در نورتابی مانند زمان، غلظت پیش‌مواد، دمای واکنش و نوع عامل پوششی، بحث و بررسی شد. نانوذرات آلیاژی تولید شده در حضور تیولِ زنجیرکوتاهِ تیوگلیکولیک اسید(TGA)، پایداری نوری مطلوبی داشته و در مقایسه با نمونه‌های پوشش داده شده با تیوگلیسرول (TG) در شرایط یکسان، شدت نورتابی قوی‌تری از خود نشان دادند. طبق نتایج به‌دست آمده، می‌توان با تنظیم ترکیب سازنده‌ها و افزایش زمان حرارت‌دهی، نورتابی را در گستره وسیعی از طیف مرئی (از سبزآبی تا قرمز) پوشش داد.

کلید واژه: نانوذرات آلیاژی، $Cd_{1-x}Zn_xTe$، محیط آبی، نورتابی، TGA.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فهرست علایم و نشانه‌ها ..... ه

فهرست جدول‌ها ..... و

فهرست شکل‌ها ..... ز

فصل ۱- مبانی نورتابی نانوذرات نیمرسانا ۱

۱-۱- نورتابی ... ۲

۱-۱-۱- گذارهای مستقیم و غیرمستقیم ۳

۱-۲- فرایند واهلش اکسایتون‌ها ۴

۱-۲-۱ واهلش تابشی ۴

۱-۲-۱-۱- تابش لبه نواری ۴

۱-۲-۱-۲- فلورسانس ۵

۱-۲-۱-۳- فسفرسانس ۶

۱-۲-۱-۴- تابش نقص‌ها ۷

۱-۲-۱-۵- تابش فعال سازها ۷

۱-۲-۱-۶- تابش زوج دهنده-گیرنده ۸

۱-۲-۲- گذارهای غیرتابشی ۹

۱-۲-۲-۱- ترازهای عمقی ۱۰

۱-۲-۲-۲- الکترون اوژه ۱۰

۱-۳- نورتابی در ساختارهای با ابعاد کم ۱۱

۱-۳-۱- اثر محدودیت‌های کوانتومی ۱۴

۱-۳-۲- تقریب جرم موثر (EMA) ۱۷

فصل ۲- نانوذرات نیمرسانای آلیاژی ۱۹

۲-۱- مقدمه ۲۰

۲-۲- دسته بندی نیمرساناها ۲۱

۲-۳- انواع نانوذرات نیمرسانای آلیاژی ۲۲

۲-۳-۱- نانوذرات آلیاژی سه‌تایی (سه‌گانه) ۲۳

۲-۳-۲- نانوذرات آلیاژی چهارتایی (چهارگانه) ۲۳

۲-۴- برآمدگی اپتیکی ۲۴

۲-۵- انواع روش‌های ساخت نانوذرات ۲۷

۲-۵-۱- روش‌های کلوئیدی در ساخت نانوآلیاژها ۲۸

۲-۵-۱-۱- $Zn_xCd_{1-x}Se$ ۲۹

۲-۵-۱-۲- $Zn_xCd_{1-x}S$ ۳۱

۲-۵-۱-۳- $CdE'_xE''_{1-x}$ ۳۳

۲-۵-۱-۴- دیگر آلیاژهای سه‌تایی ۳۴

۲-۵-۱-۵- نانوآلیاژهای چهارتایی برپایه مس ۳۵

۲-۵-۲- مروری بر روش‌های ساخت $Cd_{1-x}Zn_xTe$ ۳۶

۲-۶- ویژگی‌ها و کاربردها ۳۷

۲-۶-۱- ویژگی‌های نوری ۳۷

۲-۶-۱-۱- تابش مرئی طول موج کوتاه ۳۹

۲-۶-۱-۲- تابش مادون قرمز نزدیک (NIR) ۴۰

۲-۶-۱-۳- کاربردهای حسگر یونی ۴۱

۲-۶-۱-۴- کاربرد در سلول‌های خورشیدی ۴۱

فصل ۳- ساخت نانوذرات نیمرسانای $Cd_{1-x}Zn_xTe$ محلول در آب و مشخصه‌یابی آنها ۴۳

۳-۱- مقدمه ۴۴

۳-۲- رشد نانوذرات آلیاژی $Cd_{1-x}Zn_xTe$ در محیط آبی ۴۶

۳-۲-۱- مواد و ابزار آزمایش ۴۶
۳-۲-۲- نحوه انجام آزمایش ۴۷
۳-۲-۳- نکات مورد بحث در آزمایش ۴۹
۳-۳- مشخصه‌یابی نانوذرات $Cd_{1-x}Zn_xTe$ برای x های مختلف ۵۱
۳-۳-۱- طیف‌های مرئی- فرابنفش (UV-vis) و نورتابی (PL) ۵۱
۳-۳-۲- تحلیل شیمیایی در میکروسکوپ الکترونی روبشی با تفکیک انرژی اشعه ایکس (EDX) ۶۱
۳-۳-۳- الگوهای پراش اشعه ایکس (XRD) ۶۴
۳-۳-۴- تصویر میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM) ۶۹
۳-۳-۵- روش روبش-z برای بررسی اثرات غیرخطی ۷۱

فصل ۴- بررسی عوامل موثر در ویژگی های نوری نانوذرات نیمرسانای $Cd_{1-x}Zn_xTe$ تولید شده در محیط آبی ۷۸

۴-۱- مقدمه ۷۹
۴-۲- اثر زمان حرارت دهی ۸۰
۴-۳- اثر غلظت پیش مواد ۸۴
۴-۴- اثر دما ۸۶
۴-۵- اثر نوع عامل پوششی ۸۸

فصل ۵- نتیجه گیری و پیشنهادات ۹۱

۵-۱- جمع بندی نتایج ۹۲
۵-۲- ارائه پیشنهادات ۹۸

فهرست مراجع ۹۹

مجموعه مقالات ارائه شده ۱۰۶

واژه نامه فارسی به انگلیسی ۱۰۸

واژه نامه انگلیسی به فارسی.....۱۱۱

فهرست علایم و نشانه‌ها

عنوان	علامت اختصاری
ثابت پلانک	$\hbar$
انرژی ریدبرگ	R_y
ثابت دی الکتریک	ε
بار الکترون	e
جرم موثر الکترون	m_e^*
جرم موثر حفره	m_h^*
شعاع بوهر اکسیتون	a_B

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

جدول ۱-۱ چگالی حالت‌ها و درجه محدودیت مواد نانوساختار و توده [۹]..... ۱۲

جدول ۱-۲ شعاع بوهر برای چند نیمرسانا [۱۰]..... ۱۶

جدول ۳-۱ شکاف انرژی نمونه های ساخته شده $Cd_{1-x}Zn_xTe$ و شکاف انرژی حالت توده ۵۶

جدول ۳-۲ اندازه نانوذرات $Cd_{1-x}Zn_xTe$ با استفاده از رابطه تقریب جرم موثر..... ۵۹

جدول ۳-۳ اندازه تقریبی براساس معادله دبای-شرر و پارامتر شبکه a برای نمونه‌های $Cd_{1-x}Zn_xTe$... ۶۹

جدول ۳-۴ مقادیر ضریب جذب غیرخطی و ضریب شکست غیرخطی نمونه‌های $Cd_{1-x}Zn_xTe$ ۷۶

جدول ۴-۱ مقادیر مربوط به مشخصات نوری برای نانوذرات $Cd_{1-x}Zn_xTe$ با x=۰/۴..... ۸۲

جدول ۴-۲ مقادیر مشخصات نوری برای نانوذرات $Cd_{1-x}Zn_xTe$ با x=۰/۴ در دماهای مختلف..... ۸۸

جدول ۵-۱ مقایسه اندازه نانوذرات $Cd_{1-x}Zn_xTe$ با x=۰/۴ به دست آمده از روش‌های مختلف..... ۹۴

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل ۱-۱ نمودار شکاف انرژی: نیمرسانا با شکاف انرژی (a) مستقیم (b) غیرمستقیم [۲]. ۳

شکل ۱-۲ تعدادی از فرآیندهای تابشی و غیرتابشی که ممکن است در طول نورتابی رخ دهند (e: الکترون h: حفره) [۲]. ۵

شکل ۱-۳ نمودار جابلونسکی که فرایندهای گذار الکترونی را در یک ماده نوعی نشان می‌دهد. فقط دو فرایند فلورسانس (F) و فسفرسانس (P) با تابش نور همراه است[۳]. ۶

شکل ۱-۴ ترازهای انرژی یک زوج دهنده-پذیرنده [۷] ۹

شکل ۱-۵ مدل مختصات پیکربندی تراز نقص عمقی (C نشان‌دهنده نوار رسانش، V نوار ظرفیت و D نقص عمقی است). [۷]. ۱۰

شکل ۱-۶ چگالی حالت‌های حامل‌های بار در ساختارهایی با ابعاد مختلف [۹]. ۱۲

شکل ۱-۷ طیف‌های جذب برای اکسیتون‌های (a) 3D و (b) 2D.[۱۰]. ۱۳

شکل ۱-۸ اثرات محدودیت‌های کوانتومی روی شکاف نواری[۲]. ۱۴

شکل ۱-۹ طیف‌های جذب و نورتابی نانوبلورهای CdSe با فاز بلوری هگزاگونال، اندازه ۱/۶ nm [۱۱]. ۱۶

شکل ۱-۱۰ انرژی گذار مرتبه اول اکسیتون (شکاف انرژی) به عنوان تابعی از اندازه نانوذرات CdS. اندازه نانوذرات با استفاده از تقریب جرم موثر (خط چین)، روش بستگی قوی (خط پیوسته) و نتایج تجربی (مربع) به دست آمده‌اند [۱۷]. ۱۸

شکل ۲-۱ طرحی از نانوبلورهای کروی دارای ساختار (a) همگن (b) تدریجی و (c)هسته-پوسته‌ای با استفاده از ZnCdSe به عنوان نمونه.[۲۳]. ۲۲

شکل ۲-۲ الگوهای XRD برای نانوبلورهای CdS_xSe_{1-x} ساختار مکعبی زینک بلند را مشخص می‌کند. جابجایی قله‌های (111) که به صورت خطی با مقدار x صورت می‌گیرد، بیانگر قانون وگارد است [۲۶]. ۲۴

شکل ۲-۳ بالا: وابستگی انرژی شکاف نواری به نسبت اجزاء برای $CdSe_xTe_{1-x}$ توده و نانوبلور. پایین: مقایسه طیف تابشی نانوبلورهای CdSe، CdTe و $CdSe_{0.34}Te_{0.66}$ با شعاع ۶/۵nm(a) و ۵ nm(b) [۲۹]. ۲۶

شکل ۲-۴ تصویر HRTEM از نانوبلورهای آلیاژی ۷/۵ نانومتری $Zn_{0.67}Cd_{0.33}Te$ [۳۴]..... ۲۹

شکل ۲-۵ منحنی پراش اشعه ایکس نقاط کوانتومی $Zn_xCd_{1-x}Se$ با x برابر با (a) ۰، (b)۰/۲۸، (c) ۰/۴۴، (d) ۰/۵۵ و (e) ۰/۶۷ [۳۴]..... ۳۰

شکل ۲-۶ مدلی برای نانوذرات ZnCdS برپایه نتایج فوتوگسیل[۱۶]..... ۳۲

شکل ۲-۷ طیف جذب (a) و نورتابی(b) برای نانوذرات $Zn_xCd_{1-x}S$ با افزایش مقدار Zn نسبت به Cd، انتقال آبی مشاهده میشود [۱۶]..... ۳۳

شکل ۲-۸ طیف جذب (بالا) و نورتابی (پایین) برای $Zn_xCd_{1-x}Se$ با کسرهای مولی Zn (a) ۰، (b)۰/۲، (c)۰/۴۴، (d) ۰/۵۵ و (e)۰/۶۷ [۳۴]..... ۳۸

شکل ۲-۹ شدت نورتابی وابسته به زمان از یک نانوبلور (a) هسته-پوسته‌ای CdSe-ZnSe (تابش روشن و خاموش)، (b) هسته-پوسته‌ایZnCdSe-ZnSe (تابش پیوسته) [۶۱]..... ۳۹

شکل ۲-۱۰ نانوبلورهای $Zn_xCd_{1-x}Se$ که گستره نور سبز تا آبی را پوشش می‌دهند [۳۵]..... ۴۰

شکل ۳-۱ افزودن محلول تازه بدون اکسیژن NaHTe به محلول پیش ماده ها، تحت گاز آرگون..... ۴۸

شکل ۳-۲ محلول نهایی در حمام حرارتی..... ۴۸

شکل ۳-۳ ساختار مولکولی TGA..... ۴۹

شکل ۳-۴ رنگ نمونه‌های $Cd_{1-x}Zn_xTe$ در نور مرئی..... ۵۰

شکل ۳-۵ طیف نگار UNICO مدل UV-4802..... ۵۱

شکل ۳-۶ طیف نگار Avantes مدل AvaSpec-2048TEC ۵۲

شکل ۳-۷ طیف‌های جذبی بهنجار شده نانوبلورهای $Cd_{1-x}Zn_xTe$ برای مقادیر مختلف x ۵۴

شکل ۳-۸ منحنی‌های جذب بهنجار شده نانوبلورهای $Cd_{1-x}Zn_xTe$ بر حسب شکاف انرژی ۵۵

شکل ۳-۹ منحنی شکاف انرژی برحسب شاخص x برای $Cd_{1-x}Zn_xTe$ ۵۶

شکل ۳-۱۰ منحنی‌های نورتابی بهنجار شده نانوبلورهای $Cd_{1-x}Zn_xTe$ برای مقادیر مختلف x ۵۷

شکل ۳-۱۱ تغییر رنگ نمونه های $Cd_{1-x}Zn_xTe$ تحت نور UV با طول موج ۳۶۰ نانومتر ۵۸

شکل ۳-۱۲ طیف جذبی(a) و نورتابی(b) بهنجارشده برای نانوذرات $Cd_{1-x}Zn_xTe$ با x=0.4 ..... ۵۹

شکل ۳-۱۳ نمودار شکاف انرژی نانوذرات $Cd_{1-x}Zn_xTe$ برحسب شاخص x ۶۰

شکل ۳-۱۴ سامانه SEM دانشگاه تربیت مدرس، مجهز به سامانه تحلیل EDX ۶۲

شکل ۳-۱۵ تحلیل EDX نانوذرات $Cd_{1-x}Zn_xTe$ برای x=0.2 ..... ۶۳

شکل ۳-۱۶ دستگاه XRD دانشگاه تربیت مدرس تولید شرکت Philips، مدل X'Pert1480 ..... ۶۴

شکل ۳-۱۷ پراش پرتو ایکس توسط یک بلور [۷۸] ۶۵

شکل ۳-۱۸ پهنای قله در نصف ارتفاع [۷۸] ۶۶

شکل ۳-۱۹ الگوی پراش اشعه ایکس مربوط به خطای دستگاه XRD استفاده شده در این پایان نامه . ۶۷

شکل ۳-۲۰ طرح XRD نانوذرات پودری $Cd_{1-x}Zn_xTe$ برای مقادیر مختلف شاخص x ۶۸

شکل ۳-۲۱ نمودار پارامتر شبکه a در نانوبلورهای $Cd_{1-x}Zn_xTe$ برحسب شاخص x ۶۸

شکل ۳-۲۲ تصویر دستگاه TEM مورد استفاده در این پژوهش ۷۰

شکل ۳-۲۳ تصویر TEM برای نانوذرات آلیاژی $Cd_{1-x}Zn_xTe$ با x=0.4 و نمودار توزیع اندازه ۷۱

شکل ۳-۲۴ چیدمان آزمایشگاهی روش روبش-z ۷۲

شکل ۳-۲۵ رفتار توان تراگسیل بهنجار شده برای روبش-z [۸۰] ۷۳

شکل ۳-۲۶ چیدمان آزمایشگاهی روش محدودشدگی اپتیکی [۸۱] ۷۵

شکل ۳-۲۷ نمودار میزان گذردهی بهنجار شده چیدمان روبش-z دریچه بسته برای نانوبلورهای $Cd_{1-x}Zn_xTe$ در دو مقدار متفاوت Zn ۷۶

شکل ۳-۲۸ نمودار میزان گذردهی بهنجار شده چیدمان روبش-z دریچه باز برای نانوبلورهای $Cd_{1-x}Zn_xTe$ در دو مقدار متفاوت Zn ۷۶

شکل ۴-۱ طیف‌های جذب در زمان‌های مختلف حرارت‌دهی برای نمونه $Cd_{1-x}Zn_xTe$ با x=۰/۴ ..... ۸۱

شکل ۴-۲ طیف‌های نورتابی در زمان‌های مختلف حرارت‌دهی برای نمونه $Cd_{1-x}Zn_xTe$ با x=۰/۴ ..... ۸۱

شکل ۴-۳ تغییر رنگ نانوذرات با افزایش زمان حرارت‌دهی؛ بالا: تحت نورUV، پایین: تحت نور مرئی. ۸۳

شکل ۴-۴ طیف‌های جذب نانوذرات $Cd_{1-x}Zn_xTe$ با x=۰/۴ در غلظت‌های مختلف ۸۴

شکل ۴-۵ طیف‌های نورتابی نانوذرات $Cd_{1-x}Zn_xTe$ با x=۰/۴ در غلظت‌های مختلف ۸۴

شکل ۴-۶ طیف‌های بهنجار نورتابی نانوذرات $Cd_{1-x}Zn_xTe$ برای x=۰/۴ در دماهای مختلف ۸۷

شکل ۴-۷ طیف‌های بهنجار جذب نانوذرات $Cd_{1-x}Zn_xTe$ برای x=۰/۴ در دماهای مختلف ۸۷

شکل ۴-۸ طیف جذب نانوذرات $Cd_{1-x}Zn_xTe$ با x=۰/۴ تولید شده در حضور TGA و TG ۸۹

شکل ۴-۹ طیف نورتابی نانوذرات $Cd_{1-x}Zn_xTe$ با x=۰/۴ تولید شده در حضور TGA و TG ۸۹

شکل ۴-۱۰ طیف جذب نانوذرات $Cd_{1-x}Zn_xTe$ با x=۰/۴ تولید شده با TGA، ۱ ساعت و ۳۰ روز پس از ساخت ۹۰

فصل ۱- مبانی نورتابی نانوذرات نیمرسانا

۱-۱- نورتابی

واژه "فسفر" از زبان یونانی آمده و به معنی "حامل نور" است که مواد نورتاب را توصیف می‌کند [۱]. نورتابی در فسفرها با گسیل انرژی از یک الکترون برانگیخته به صورت نور اتفاق می‌افتد. برانگیختگی الکترون به سبب جذب انرژی از یک منبع خارجی مثل یک الکترون دیگر، یک فوتون و یا یک میدان الکتریکی است.

درواقع نورتابی می‌تواند در اثر برانگیخته شدن سیستم به وسیله هر نوع انرژی انجام شود. از این صورت‌های انرژی می‌توان الکترون پرانرژی[۱](CL)، حرارت[۲]، جریان یا میدان الکتریکی[۳](EL)، امواج صوتی در مایع [۴](SL)، واکنش شیمیایی[۵] و نور[۶](PL) را نام برد. در این پژوهش، فقط بر روی PL بحث می‌شود و در همه جا منظور از واژه نورتابی، همان PL است. وقتی یک نیمرسانا، تابش الکترومغناطیس جذب می-کند (یعنی یک فوتون)، یک الکترون به حالت کوانتومی با انرژی بالاتر، برانگیخته می‌شود. اگر پس از

---

[1] Cathodoluminescence

[2] Thermoluminescence

[3] Electroluminescence

[4] Sonoluminescence

[5] Chemiluminescence

[6] Photoluminescence