بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده علوم پایه

گروه فیزیک

رساله دکتری

سنتز و مشخصه یابی نانوکریستال CdS آلائیده

از:

جواد حسن زاده

استاد راهنما:

دکتر صابر فرجامی شایسته

بهمن ۸۹

تقدیم به:

به روح پدر بزرگوارم

که همه زندگیش را به پای فرزندانش گذاشت.

به همسر مهربان و فداکارم

که همیشه همگام با من بوده است.

به پسر و دختر عزیزم

که امید و انگیزه من برای تلاش بیشتر در زندگی هستند.

سپاس خدای بی همتا را که به این بنده حقیر توفیق انجام این پروژه را عطا فرمود...

از جناب آقای دکتر صابر فرجامی شایسته به خاطر راهنمایی ها و حمایتهای بی دریغشان هم در دوره کارشناسی ارشد و هم در دوره دکتری بی نهایت سپاس گزارم.

از جناب آقای دکتر علی اکبر که خالصانه و دلسوزانه اینجانب را در امر انجام آزمایشات راهنمایی کردند کمال سپاس و قدردانی را دارم.

از جناب آقای دکتر عظیم عراقی که به عنوان داور خارجی قبول زحمت فرمودند بسیار متشکرم.

از جناب آقایان دکتر روضاتی و دکتر قدسی که مسئولیت داوری این رساله را برعهده داشتند و همچنین از آقای دکتر نورسته نیا که به عنوان نماینده تحصیلات تکمیلی در جلسه حضور داشتند بی نهایت تشکر می نمایم.

از مدیر محترم گروه فیزیک جناب آقای دکتر مهدوی فر و همه اساتید محترم گروه فیزیک که سالهای متمادی از محضرشان استفاده کرده‌ام کمال تشکر را دارم.

چکیده

در حال حاضر مواد نانوساختار به واسطه اندازه کوانتومی و اثر سطحی مورد توجه قرار گرفته اند چون خواص منحصر بفرد آنها با حالت کپه ای تفاوت بسیار زیادی دارد. در این میان تحقیقات وسیعی بر روی نانوذرات CdS به دلیل گاف نواری کوچک و ظهور اثرات کوانتش اندازه و همچنین توانایی نانوذرات CdS در مقیاس ماکروسکوپیک برای مشخصه یابی های مختلف صورت گرفته است. CdS کپه ای در ناحیه سبز – زرد مرئی طیف جذبی دارد لذا به عنوان ماده پنجره ای در سلول های خورشیدی به کار می‌رود. در این رساله، نانوذرات CdS آلائیده با مس و آهن (CdS:Cu و CdS:Fe) با استفاده از روش سنتز شیمیایی مرطوب از طریق ترکیب واکنش گرها در حلال آبی دو بار تقطیر شده تهیه شده‌اند. تیوگلیسرول (TG) و مرکاپتوپروپانوئیک اسید (MPA) به عنوان عامل پوششی مورد استفاده قرار گرفته‌اند. خواص ذرات با استفاده از جذب UV، طیف سنجی فوتولومینسانس (PL) و آنالیز طرح پراش اشعه ایکس (XRD) مورد بررسی قرار گرفته‌اند. گاف نواری و اندازه نانوذرات با استفاده از طیف جذبی و تقریب جرم مؤثر (EMA) محاسبه شده اند. تأثیر غلظت مس و آهن بر روی خواص اپتیکی نانوذرات CdS مورد بررسی قرار گرفته‌اند. طیف PL نشان می دهد که شدت طیف نشری با افزایش غلظت مس کاهش می یابد در حالیکه این شدت با افزایش غلظت آهن افزایش می‌یابد. همچنین اندازه ذرات می تواند با تغییر غلظت TG و MPA کنترل شود و شدت PL با افزایش غلظت عامل پوششی افزایش می یابد. pH نقش بسیار مهمی را در رشد نانوذات بازی می کند. توزیع اندازه تک پراکننده تر در محیط اسیدی به دست می آید هر چند طیف PL نشان می دهد که بالاترین شدت مربوط به pH≈7 است. در ماندگی نانوذرات به واسطه پدیده تکامل استوالد علاوه بر افزایش اندازه نانوذرات یک توزیع اندازه پهن نیز وجود دارد. الگوی XRD نانوذرات آلائیده ساختار کریستالی هگزاگونال را در دمای اتاق نشان می‌دهد.

کلمات کلیدی: سنتز، CdS:Cu، CdS:Fe، آلائیدگی، جذب UV، فوتولومینسانس، XRD، عامل پوششی، ماندگی.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

چکیده فارسی.....ط

چکیده انگلیسی.....ظ

فصل اول: نانوتکنولوژی و اهمیت آن

۱-۱- مقدمه.....۲

۱-۲- اهمیت نانوتکنولوژی.....۵

۱-۳- روش پائین به بالا و بالا به پائین.....۷

۱-۴- چالش ها در نانوتکنولوژی.....۹

۱-۵ ۱-۵- اهداف این رساله.....۱۰

فصل دوم: تئوری نقطه های کوانتومی

۲-۱- قید کوانتومی.....۱۲

۲-۲- کوانتیدگی انرژی و جاذبه کولنی.....۱۳

۲-۳- Scaling Laws.....۱۴

۲-۴- نافعال سازی سطح.....۱۶

۲-۵- نسبت سطح به حجم.....۱۷

۲-۶- نافعال سازی سطحی آلی و غیر آلی.....۱۸

۲-۶-۱- شیمی لیگاند بر پایه نافعال سازی آلی.....۱۸

۲-۶-۲- ساختار هسته-پوسته بیانگر نافعال سازی غیر آلی.....۱۹

فصل سوم: سنتز نانوکریستالهای آلائیده

۳-۱- روشهای سنتز: توضیحات کلی.....۲۱

۳-۲- تأثیر عاملهای آلاینده بر هسته زایی نانوکریستال.....۲۱

۳-۲-۱- رشد متعاقب هسته ها.....۲۹

۳-۲-۱-۱ کنترل رشد به وسیله پخش..... ۲۹
۳-۲-۱-۲ کنترل رشد به وسیله فرایند سطح..... ۳۰
۳-۳- تکامل استوالد..... ۳۳

فصل چهارم: روشهای آنالیز

۴-۱- مقدمه..... ۳۵
۴-۲- بیناب نمایی UV-Vis..... ۳۵
۴-۲-۱- روش کار دستگاه UV-Vis..... ۳۵
۴-۲-۲- محاسبه ضریب جذب..... ۳۶
۴-۲-۳- تشخیص نوع و اندازه گاف نواری..... ۳۶
۴-۲-۴- محاسبه اندازه نانوذره از روی طیف جذبی..... ۳۹
۴-۳- طرح پراش اشعه ایکس (XRD)..... ۳۹
۴-۴- طیف سنجی جذب اتمی (AAS)..... ۴۰
۴-۵- میکروسکوپ الکترونی..... ۴۱
۴-۵-۱ آنالیز EDX..... ۴۵

فصل پنجم: روش تهیه نانوذرات CdS آلائیده با مس و آهن

۵-۱- مقدمه..... ۴۸
۵-۲ – روش تولید نانوذرات..... ۴۸
۵-۲-۱- ابزار و مواد مورد استفاده..... ۴۸
۵-۲-۲- چیدمان سنتز..... ۴۹
۵-۲-۳- روش آزمایش..... ۵۰
۵-۲-۴- طریقه تهیه طیف UV..... ۵۳
۵-۳- بررسی نوع گاف نواری و محاسبه پهنای آن..... ۵۴

فصل ششم: مشخصه یابی نانوذرات CdS آلائیده با مس

۶-۱- مقدمه..... ۵۸

۶-۲- دستگاههای مورد استفاده برای آنالیز..... ۵۸

۶-۳- بررسی طیفهای جذبی نانوذرات نیمرسانای CdS آلائیده با مس (CdS:Cu)..... ۵۸

۶-۳-۱- اثر میزان آلائیدگی بر نواحی جذب UV نانوذرات CdS آلائیده با مس..... ۵۹

۶-۳-۱-۱- بررسی اثر آلائیدگی بر روی گاف نواری و اندازه..... ۵۹

۶-۳-۲- نانوذرات CdS:Cu و بررسی اثر زمان سنتز..... ۶۲

۶-۳-۳- نانوذرات CdS:Cu در غلظت های مختلف TG..... ۶۳

۶-۳-۴- تأثیر غلظت عامل پوششی MPA بر روی اندازه نانوذرات CdS:Cu..... ۶۶

۶-۳-۵- نانوذرات CdS:Cu با آلایش یکسان و عامل پوششی مختلف..... ۶۸

۶-۳-۶- تغییر pH..... ۷۰

۶-۳-۶-۱- نانوذرات CdS:Cu(1%) تهیه شده در مقادیر مختلف pH..... ۷۱

۶-۳-۷-اثر ماندگی..... ۷۳

۶-۳-۷-۱- اثر ماندگی در نمونه CdS آلائیده با مس با آلایش یک درصد تهیه شده با عامل پوششی TG..... ۷۴

۶-۳-۷-۲- اثر ماندگی در نمونه CdS آلائیده با مس با آلایش یک درصد تهیه شده با عامل پوششی MPA..... ۷۵

۶-۳-۸- اثر زمان رشد..... ۷۶

۶-۴- طیف سنجی جذب اتمی (AAS)..... ۷۷

۶-۵- بررسی ساختاری نانوذرات CdS آلائیده..... ۷۸

۶-۵-۱- بررسی اثر آلائیدگی مس بر روی ساختار کریستالی نانوکریستالهای CdS..... ۷۹

۶-۶- طیف فوتولومینسانس..... ۸۰

۶-۶-۱- طیف لومینسانس نانوذرات CdS:Cu و بررسی اثر آلائیدگی..... ۸۶

۶-۶-۲- اثر TG بر طیف لومینسانس نانوذرات CdS:Cu..... ۸۷

۶-۶-۳- بررسی وابستگی طیف لومینسانس نانوذرات CdS:Cu به غلظت MPA..... ۸۸

۶-۶-۴- بررسی نشر نواری در نانوذرات CdS:Cu با آلایش یکسان و عامل پوششی مختلف..... ۸۸
۶-۶-۵- تأثیر pH بر نشر نواری نانوذرات CdS آلائیده با مس..... ۸۹
۶-۶-۶- اثر زمان رشد بر طیف لومینسانس..... ۹۰
۶-۷- آنالیز SEM و TEM..... ۹۱

فصل هفتم: مشخصه یابی نانوذرات CdS آلائیده با آهن

۷-۱- مقدمه..... ۱۰۰
۷-۲ – بررسی طیفهای جذبی نانوذرات نیمرسانای CdS آلائیده با آهن (CdS:Fe)..... ۱۰۰
۷-۳- اثر میزان آلائیدگی بر نواحی جذب UV نانوذرات CdS آلائیده با آهن..... ۱۰۰
۷-۳-۱- بررسی اثر آلائیدگی بر روی گاف نواری و اندازه..... ۱۰۱
۷-۳-۲- نانوذرات CdS:Fe در غلظت های مختلف TG..... ۱۰۳
۷-۳-۳- تأثیر غلظت عامل پوششی MPA بر روی اندازه نانوذرات CdS:Fe..... ۱۰۵
۷-۳-۴- نانوذرات CdS:Fe(1%) تهیه شده در مقادیر مختلف pH..... ۱۰۷
۷-۳-۵- اثر ماندگی در نمونه CdS آلائیده با آهن با آلایش یک درصد تهیه شده با عامل پوششی TG..... ۱۰۹
۷-۳-۶- اثر ماندگی در نمونه CdS آلائیده با آهن با آلایش یک درصد تهیه شده با عامل پوششی MPA..... ۱۱۰
۷-۳-۷- اثر زمان رشد..... ۱۱۱
۷-۴- طیف سنجی جذب اتمی (AAS)..... ۱۱۲
۷-۵- بررسی اثر آلائیدگی آهن بر روی ساختار کریستالی نانوکریستالهای CdS..... ۱۱۳
۷-۶- طیف لومینسانس..... ۱۱۴
۷-۶-۱- طیف لومینسانس نانوذرات CdS:Fe و بررسی اثر آلائیدگی..... ۱۱۴
۷-۶-۲- اثر TG بر طیف لومینسانس نانوذرات CdS:Fe..... ۱۱۵
۷-۶-۳- بررسی وابستگی طیف لومینسانس نانوذرات CdS:Fe به غلظت MPA..... ۱۱۶
۷-۶-۴- بررسی نشر نواری در نانوذرات CdS:Fe با آلایش یکسان و عامل پوششی مختلف..... ۱۱۷
۷-۶-۵- تأثیر pH بر نشر نواری نانوذرات CdS آلائیده با آهن..... ۱۱۸

۷-۶-۶- اثر زمان رشد بر طیف لومینسانس..... ۱۱۵
۷-۷- آنالیز SEM و TEM..... ۱۱۶

فصل هشتم: نتیجه گیری و پیشنهادات

۸-۱- نتیجه گیری..... ۱۲۰
۸-۱-۱- گاف نواری..... ۱۲۰
۸-۱-۲- اثر آلائیدگی..... ۱۲۰
۸-۱-۳- اثر عامل پوششی..... ۱۲۲
۸-۱-۴- اثر pH..... ۱۲۲
۸-۱-۵- سن گذاری..... ۱۲۲
۸-۱-۶- زمان رشد..... ۱۲۳
۸-۲- پیشنهادات..... ۱۲۳

پیوست ها

پیوست الف: اثر بورستین – موس..... ۱۲۵
پیوست ب: معادله بروس..... ۱۲۶
مراجع..... ۱۳۱

فهرست شکل ها

عنوان **صفحه**

شکل(۱-۱) مثالهایی از نانوساختارهای صفر بعدی یا نانو مواد با محدوده نوعی از بُعد [۱و۲].....۳

شکل(۱-۲) رسم قانون مور برای اندازه ترانزیستور بر حسب سال. خط سیر نشان می دهد که از سال ۱۹۵۰

اندازه ترانزیستور با عامل ۲ هر هیجده ماه کاهش می یابد [۶].....۶

شکل (۲-۱) نسبت سطح به حجم نقطه کوانتومی بصورت تابعی از شعاع ذره [۶۶].....۱۸

شکل(۳-۱) طرح شماتیک از کاهش انرژی آزاد گیبس کل از طریق تشکیل فاز جامد و برقرار کردن یک

غلظت تعادلی در محلول [۹۶].....۲۲

شکل(۳-۲) تغییرات انرزی آزاد حجمی، انرژی آزاد سطحی و انرزی آزاد کل بصورت تابعی از شعاع هسته [۹۶].....۲۳

شکل(۳-۳)مدل کلاسیکی هسته زایی که تغییرات ΔG و آهنگ رشد را برحسب شعاع R نشان می دهد

خط نقطه چین ΔG را برای هسته زایی در حضور عامل آلاینده که باعث ناپایداری شبکه می شود نشان می دهد[۹۶].....۲۵

شکل (۳-۴) اثر دما بر روی اندازه بحرانی و انرژی آزاد بحرانی سه هسته کروی.فوق اشباع با کاهش دما افزایش می یابد و انرزی

سطحی نیز با دما تغییر می‌کند. T_E دمای تعادل است ($T_E > T_1 > T_2 > T_3$) [۹۶].....۲۵

شکل(۳-۵) طرح وار مراحل هسته زایی و رشد متعاقب آن [۹۸].....۲۷

شکل(۳-۶) ارتباط بین هسه زایی،آهنگهای رشد و غلظت اجزاء رشد یافته [۹۸].....۲۸

شکل(۳-۷) دیاگرام مقطع عرضی غلظت یک جزء آلیاژی یا توزیع ناخالصی در سرتاسر فصل مشترک جامد-مایع،

که تشکیل یک تهی لایه مرزی در فاز مایع را نشان می دهد[۹۶]..... ۳۱

شکل(۳-۸) تغییرات اختلاف شعاع برحسب اندازه ذره برای هر سه مکانیزم رشد [۹۶]..... ۳۲

شکل(۳-۹) تغییرات اختلاف شعاع برحسب زمان رشد برای هر سه مکانیزم رشد [۹۶]..... ۳۳

شکل(۴-۱)طرح وار دستگاه UV-Vis [۱۰۴]..... ۳۶

شکل(۴-۲) ساختار نوار انرژی a) گذار اپتیکی مستقیم b) گذار اپتیکی غیر مستقیم [۱۰۵]..... ۳۷

شکل(۴-۳) منحنی $\frac{d\{\mathrm{Ln}\ (\alpha h\nu)\}}{d(h\nu)}$ برحسب $h\nu$، مجانب قائم مقدار E_g را می دهد. شکل کوچک داخلی،

منحنی $\mathrm{Ln}(\alpha h\nu)$ برحسب $h\nu$ را نشان می دهد، با محاسبه شیب خط مقدار m بدست می آید [۱۰۶]..... ۳۸

شکل(۴-۴) رسم منحنی $(\alpha h\nu)^{\frac{1}{m}}$ برحسب $h\nu$. نقطه تلاقی خط مماس با محور افقی مقدار E_g را نتیجه می دهد [۱۰۶]..... ۳۹

شکل (۴-۵) طرح کلی میکروسکوپ الکترونی [۱۱۱]..... ۴۲

شکل(۵-۱) الف) طرح وار چیدمان سنتز ب) تصویر چیدمان سنتز که در آزمایشگاه انجام شده است..... ۵۰

شکل (۵-۲) نمودار مراحل تولید نانوذرات CdS آلائیده [۱۰۲]..... ۵۲

شکل (۵-۳) طیف جذبی مواد اولیه..... ۵۳

شکل (۵-۴) طیف عبور نمونه CdS:Cu(1:100)..... ۵۴

شکل (۵-۵) نمودار $\mathrm{Ln}(\alpha h\nu)$ برحسب $h\nu$ برای CdS:Cu(1:100)..... ۵۴

شکل (۵-۶) منحنی $\frac{d\{\ln\ (\alpha h\nu)\}}{d(h\nu)}$ برحسب $h\nu$ برای نمونه CdS:Cu(1:100)..... ۵۵

شکل (۵-۷) نمودار $\mathrm{Ln}(\alpha h\nu)$ برحسب $\mathrm{Ln}(h\nu - E_g)$ برای نمونه CdS:Cu(1:100)..... ۵۶

شکل (۵-۸) منحنی $(\alpha h\nu)^2$ برحسب $h\nu$ برای نانوذرات CdS:Cu(1:100) تهیه شده طبق جدول (۵-۱).....۵۶

شکل (۶-۱) الف) طیف جذبی ب) منحنی $(\alpha h\nu)^2$ برحسب $h\nu$ برای نانوذرات CdS:Cu.....۶۱

شکل (۶-۲) تغییرات اندازه و گاف نواری برحسب تغییر درصد آلایندگی در نانوذرات CdS:Cu.....۶۲

شکل (۶-۳) مقایسه طیف جذب نانوذرات CdS:Cu(1:100) تولید شده در مدت زمان ۲/۵ و ۴ ساعت.....۶۳

شکل(۶-۴) الف) طیف جذبی ب) منحنی $(\alpha h\nu)^2$ برحسب $h\nu$ برای نانوذرات CdS:Cu(10:100) تولید شده

در غلظت های متفاوت TG.....۶۴

شکل (۶-۵) یک مدل برای نانوذرات ZnCdS بر پایه نتایج photoemission که مکانهای هندسی

اتمهای Zn، Cd و S را نشان می دهد [۱۱۰و۱۱۱].....۶۵

شکل(۶-۶) منحنی $(\alpha h\nu)^2$ برحسب $h\nu$ برای نانوذرات CdS:Cu(10:100) تولید شده در غلظت های متفاوت TG.....۶۶

شکل(۶-۷) الف) طیف جذبی ب) منحنی $(\alpha h\nu)^2$ برحسب $h\nu$ برای نانوذرات CdS:Cu(4:100) تولید شده

در غلظت های متفاوت MPA.....۶۷

شکل(۶-۸) مقایسه الف) طیف جذبی ب) منحنی $(\alpha h\nu)^2$ برحسب $h\nu$ برای نانوذرات CdS:Cu با

آلایش ۱ و ۴ درصد تهیه شده با عاملهای پوششی TG و MPA.....۶۹

شکل(۶-۹) ساختار مولکولی TG و MPA [۱۲۳].....۷۰

شکل(۶-۱۰) مقایسه طیف جذبی نانوذرات CdS:Cu با آلایش یک درصد در مقادیر مختلف pH.....۷۱

شکل(۶-۱۱) الف) منحنی $(\alpha h\nu)^2$ برحسب $h\nu$ ب) نمودار تغییرات اندازه اپتیکی و گاف نواری

برای نانوذرات CdS:Cu(1%) تولید شده در مقادیر مختلف pH.....۷۳

شکل (۶-۱۲) مقایسه طیف جذبی نانوذرات CdS:Cu(1%) تهیه شده با عامل پوششی TG در زمان سنتز و سه ماه
بعد از سنتز..... ۷۴
شکل (۶-۱۳) مقایسه طیف جذبی نانوذرات الف) CdS:Cu(4%) تهیه شده با عامل پوششی MPA در زمان
تولید و سه ماه پس از تولید..... ۷۵
شکل(۶-۱۴) طیف جذبی نانوذرات CdS:Cu(7%) در فاصله های زمانی ۱۵ دقیقه پس از ورود Na_2S..... ۷۷
شکل (۶-۱۵) قله های مربوط به فاز هگزاگونال و مکعبی در CdS [۱۲۵]..... ۷۹
شکل (۶-۱۶) طرح پراش اشعه ایکس برای نانوکریستالهای CdS، CdS:Cu(1%,4%)..... ۸۰
شکل (۶-۱۷) طرح کلی مکانیزم لومینسانس در نیمرساناها [۱۲۷]..... ۸۱
شکل (۶-۱۸) طرح کلی مکانیزم لومینسانس در مراکز جایگزیده [۱۲۷]..... ۸۲
شکل (۶-۱۹) دیاگرام تراز انرژی نیمرسانا در حالت کپه ای و نانو کریستال. حالتهای سطحی که ناشی از افزایش نسبت
سطح به حجم هستند در شکل نشان داده شده اند [۳۷]..... ۸۴
شکل (۶-۲۰) دستگاه مورد استفاده برای تهیه طیف لومینسانس نمونه ها در این رساله..... ۸۶
شکل (۶-۲۱) طیف لومینسانس نانوذرات CdS:Cu..... ۸۷
شکل(۶-۲۲) طیف لومینسانس نانوذرات CdS:Cu(10:100) تهیه شده در غلظتهای مختلف TG..... ۸۷
شکل(۶-۲۳) طیف لومینسانس نانوذرات CdS:Cu(4:100) تهیه شده در غلظتهای مختلف MPA..... ۸۸
شکل(۶-۲۴) طیف لومینسانس نانوذرات CdS:Cu تهیه شده با عاملهای پوششی TG و MPA (غلظت یکسان)
با آلایش الف) ۱ درصد ب) ۴ درصد..... ۸۹

شکل(۶-۲۵) طیف لومینسانس نانوذرات CdS:Cu(1:100) تهیه شده در مقادیر مختلف pH..... ۹۰

شکل(۶-۲۶) طیف نشری نانوذرات CdS:Cu(7%) در فاصله های زمانی ۱۵ دقیقه پس از ورود Na_2S..... ۹۱

شکل (۶-۲۷) الف) تصویر SEM ب)آنالیز EDX نانوذرات CdS:Cu(1:100) تهیه شده با عامل

پوششی TG (غلظت ۰/۰۹ مولار) در pH=4.54..... ۹۲

شکل (۶-۲۸) الف) تصویر SEM ب) آنالیز EDX نانوذرات CdS:Cu(4:100) تهیه شده با عامل

پوششی MPA (غلظت ۰/۰۹ مولار)..... ۹۳

شکل (۶-۲۹) الف) تصویر SEM ب) آنالیز EDX نانوذرات CdS:Cu(10:100) تهیه شده با عامل

پوششی TG (غلظت ۰/۰۹ مولار). نمونه ای که با علامت ضربدر مشخص شده است دارای اندازه ۳۷ نانومتر است..... ۹۴

شکل(۶-۳۰) تصاویر TEM از نمونه CdS:Cu(1:100)..... ۹۶

شکل(۶-۳۱) توزیع اندازه نانوذرات CdS:Cu(1:100) که از تصویر TEM در شکل (۶-۲۸ ب) بدست آمده‌اند..... ۹۷

شکل (۶-۳۲) الف) تصویر TEM ب) توزیع اندازه نمونه CdS:Cu(4:100) تهیه شده با عامل پوششی MPA

در غلظت ۰/۰۹ مولار..... ۹۸

شکل (۷-۱) الف) طیف جذبی ب) منحنی $(\alpha h\nu)^2$ برحسب $h\nu$ برای نانوذرات CdS:Fe..... ۱۰۲

شکل (۷-۲) تغییرات اندازه و گاف نواری برحسب تغییر درصد آلایندگی در نانوذرات CdS:Fe..... ۱۰۳

شکل(۷-۳) الف) طیف جذبی ب) منحنی $(\alpha h\nu)^2$ برحسب $h\nu$ برای نانوذرات CdS:Fe(10:100) تولید شده

در غلظت های متفاوت TG..... ۱۰۴

شکل(۷-۴) الف) طیف جذبی ب) منحنی $(\alpha h\nu)^2$ برحسب $h\nu$ برای نانوذرات CdS:Fe(4:100) تولید شده

در غلظت های متفاوت MPA.....۱۰۶

شکل(۷-۵) مقایسه طیف جذبی نانوذرات CdS:Fe(1%) در مقادیر مختلف pH.....۱۰۷

شکل(۷-۶) الف) منحنی $(\alpha h\nu)^2$ برحسب $h\nu$ ب) نمودار تغییرات اندازه اپتیکی و گاف نواری

برای نانوذرات CdS:Fe(1%) تولید شده در مقادیر مختلف pH.....۱۰۹

شکل (۷-۷) مقایسه طیف جذبی نانوذرات CdS:Fe(1%) تهیه شده با عامل پوششی TG در زمان تولید و سه ماه

پس از تولید.....۱۱۰

شکل (۷-۸) مقایسه طیف جذبی نانوذرات CdS:Fe(1%) تهیه شده با عامل پوششی MPA در زمان تولید و سه ماه

پس از تولید.....۱۱۱

شکل (۷-۹) طیف جذبی نانوذرات CdS:Cu(7%) در فاصله های زمانی ۱۵ دقیقه پس از ورود Na_2S.....۱۱۲

شکل (۷-۱۰) طرح پراش اشعه ایکس برای نانوکریستالهای CdS، CdS:Cu(1%,4%) و CdS:Fe(4%,7%).....۱۱۳

شکل(۷-۱۱) طیف لومینسانس نانوذرات CdS:Fe.....۱۱۵

شکل(۷-۱۲) طیف لومینسانس نانوذرات CdS:Fe(10:100) تهیه شده در غلظتهای مختلف TG.....۱۱۶

شکل(۷-۱۳) طیف لومینسانس نانوذرات CdS:Fe(4:100) تهیه شده در غلظتهای مختلف MPA.....۱۱۷

شکل(۷-۱۴) طیف لومینسانس نانوذرات CdS:Fe تهیه شده با عاملهای پوششی TG و MPA (غلظت یکسان) با آلایش

الف) ۱ درصد ب) ۴ درصد.....۱۱۸

شکل(۷-۱۵) طیف لومینسانس نانوذرات CdS:Fe(1:100) تهیه شده در مقادیر مختلف pH.....۱۱۹

شکل (۷-۱۶) طیف جذبی نانوذرات CdS:Fe(7%) در فاصله های زمانی ۱۵ دقیقه پس از ورود Na_2S.....۱۱۹

شکل (۷-۱۷) الف) تصویر SEM ب) آنالیز EDX نانوذرات CdS:Fe(1:100) تهیه شده با عامل
پوششی TG (غلظت ۰/۰۹ مولار) در pH=4.76 ..... ۱۲۰
شکل (۷-۱۸) الف) تصویر SEM ب) آنالیز EDX نانوذرات CdS:Fe(7:100) تهیه شده با عامل پوششی TG
(غلظت ۰/۰۹ مولار) ۱۲۱
شکل (۷-۱۹) الف) تصویر SEM ب) آنالیز EDX نانوذرات CdS:Fe(1:100) تهیه شده با عامل پوششی MPA
(غلظت ۰/۰۹ مولار) ۱۲۲
شکل(۷-۲۰) الف) تصویر TEM ب) توزیع اندازه نمونه CdS:Fe(1:100) تهیه شده با عامل پوششی TG
در غلظت ۰/۰۹ مولار ۱۲۳

فهرست جدول ها **صفحه**

جدول (۴-۱) گاف نواری مواد: مستقیم و غیر مستقیم [۱۰۵]..... ۳۷

جدول (۶-۱) غلظت پیش ماده ها برای تولید نانوذرات CdS، CdS:Cu در دمای اتاق..... ۵۹

جدول (۶-۲) پارامترهای مورد نیاز برای محاسبه اندازه اپتیکی نانوذرات تهیه شده [۳۹-۳۵ و ۱۱۹]..... ۶۲

جدول (۶-۳) پهنای گاف نواری و اندازه اپتیکی نانوذرات CdS:Cu(10:100) تهیه شده در غلظت های متفاوت TG..... ۶۶

جدول (۶-۴) پهنای گاف نواری و اندازه اپتیکی نانوذرات CdS:Cu(4:100) تهیه شده در غلظت های متفاوت MPA..... ۶۸

جدول (۶-۵) مقادیر E_g و اندازه اپتیکی نانوذرات CdS:Cu(1%, 4%) تولید شده با عاملهای پوششی TG و MPA..... ۷۰

جدول (۶-۶) مقادیر E_g و اندازه اپتیکی نانوذرات CdS:Cu(1%) در زمان تولید و سه ماه بعد، تهیه شده با عامل پوششی TG..... ۷۴

جدول (۶-۷) مقادیر E_g و اندازه اپتیکی نانوذرات CdS:Cu(4%) در زمان تولید و سه ماه بعد، تهیه شده با عامل پوششی MPA..... ۷۵

جدول (۶-۸) غلظت پیش ماده ها برای تولید نانوذرات CdS:Cu(7%)..... ۷۶

جدول(۶-۹) مقدار و درصد یونهای کادمیم و مس در چند نمونه آلائیده با مس ۷۸

جدول (۶-۱۰) اندازه اپتیکی و کریستالی نانوذرات CdS:Cu(1%,4%)..... ۸۰

جدول (۷-۱) غلظت پیش ماده ها برای تولید نانوذرات CdS و CdS:Fe در دمای اتاق..... ۱۰۰

جدول (۷-۲) پهنای گاف نواری و اندازه اپتیکی نانوذرات CdS:Fe(10:100) تهیه شده در غلظت های متفاوت TG..... ۱۰۵

جدول(۷-۳) پهنای گاف نواری و اندازه اپتیکی نانوذرات CdS:Fe(4%) تهیه شده در غلظت های متفاوت MPA..... ۱۰۷

جدول (۷-۴) مقادیر E_g و اندازه اپتیکی نانوذرات CdS:Fe(1%) در زمان تولید و سه ماه بعد، تهیه شده با عامل پوششی TG..... ۱۱۰

جدول (۷-۵) مقادیر E_g و اندازه اپتیکی نانوذرات CdS:Fe(1%) در زمان تولید و سه ماه بعد، تهیه شده با عامل پوششی MPA..... ۱۱۱

جدول(۷-۶) مقدار و درصد یونهای کادمیم، مس و آهن در چند نمونه آلائیده با مس و آهن..... ۱۱۲

جدول (۷-۷) اندازه اپتیکی و کریستالی نانوذرات CdS:Fe(4%,7%).....۱۱۴

فصل اول

نانوتکنولوژی واهمیت آن