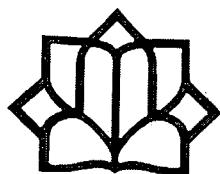


۱۴۷۶.۴ - ۲۰۲۵۷۹



دانشگاه کاشان

پژوهشکده علوم و فناوری نانو

پایان نامه

جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

در رشته علوم و فناوری نانو

گرایش نانوشیمی

عنوان:

تهیه و شناسایی نانو ذرات مس (I) و کادمیوم (II) سولفید از طریق فرآیند
هیدروترمال کمپلکس های فتالات

استاد راهنما:

۱۳۸۹/۹/۲۸

پروفسور مسعود صلواتی نیاسری

بوسیله:

قه احادیات دین محمدی بزرگ
تسبیح درکن

الهه اسماعیلی

شهریور ۱۳۸۹

۱۴۷۴۰۳



پژوهشکده علوم و فناوری نانو
مدیریت تحصیلات تکمیلی دانشگاه
صورتجلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد

نام و نام خانوادگی دانشجو: الهه اسماعیلی
رشته: علوم و فناوری نانو
پژوهشکده: علوم و فناوری نانو
عنوان پایان نامه: « تهیه و شناسایی نانو ذرات مس (I) و کادمیوم (II) سولفید از طریق فرآیند هیدروترمال کمپلکس های فتالات »
تعداد واحد پایان نامه: ۸ واحد
شماره دانشجویی: ۸۷۵۳۱۳۶۰۰۴
تاریخ دفاع: ۱۳۸۹/۶/۲۱

این پایان نامه به مدیریت تحصیلات تکمیلی به منظور بخشی از فعالیت های تحصیلی لازم برای اخذ درجه کارشناسی ارشد ارائه می گردد
دفاع از پایان نامه در تاریخ ۱۳۸۹/۶/۲۱ مورد تأیید و ارزیابی هیات داوران قرار گرفت و با نمره ۲۰/۰ و درجه عالی به تصویب رسید.

اعضاء هیات داوران

| عنوان | نام و نام خانوادگی | مرتبۀ علمی | امضاء |
|-------------------------------------|-------------------------|------------|-------|
| ۱. استاد راهنما | دکتر مسعود صلواتی | استاد | |
| ۳. متخصص و صاحب نظر از داخل دانشگاه | دکتر مسعود همدانیان | استاد یار | |
| ۴. متخصص و صاحب نظر از داخل دانشگاه | دکتر فاطمه داور | استاد یار | |
| ۵. نماینده تحصیلات تکمیلی دانشگاه | دکتر عبدالحمید بامنیبری | دانشیار | |



خدای رابی سگرم که از روی کرم پدر و مادری فداکار نصیم ساخته تا در سایه درخت پر بار وجودشان بیایم و از ریشه
آنها شاخ و برگ گیریم و از سایه وجودشان در راه کسب علم و دانش تلاش نمایم. والدینی که بودنشان تاج افتخاری است بر سرم و
نشان دلیلی است بر بودنم، چرا که این دو وجود پس از پروردگاریه، هستی ام بوده اند، دستم را گرفتند و راه رفتن را در این وادی
زندگی پر از فراز و نشیب آموختند. آموزگارانگی که برایم زندگی؛ بودن و انسان بودن را معنا کردند.

حال این برگ سبزی است تحفه درویش تقدیم آنان.

تشکر و قدردانی

من به سرچشمه خورشید نه خود بردم راه
ذره ای بودم و مهر تو مرا بالا برد
سپاس یگانه دادار فرمانروا را بسزد که معلم ازلی و ابدی بوده است چرا که او آموخت به
مخلوقش آنچه را که نمی دانست.

اعتراف میکنم که نه زبان شکر تو را دارم و نه توان تشکر از بندگان تو، اما بر حسب
وظیفه از کلیه اساتید ارجمندم در طول سالهای به یاد ماندنی شاگردیشان تشکر مینمایم.

سر تعظیم بر بلندی نظر و راهنمایی‌های مشفقانه‌ی استاد فرزانه و بزرگوارم **آقای دکتر
مسعود صلواتی نیاسری** فرود می‌آورم که به من آموختند به افق‌های آینده نظر داشته باشم.
نتایج این تحقیق را مرهون رهنمودهای ارزنده و حکیمانه ایشان می‌دانم و به راستی که
شاگردی ایشان افتخاری بس بزرگ برای اینجانب است.

بر خود لازم می‌دانم تا به رسم ادب از اساتید بزرگوارم **آقای دکتر مسعود همدانیان** و
نیز **سرکار خانم دکتر فاطمه داور** که قبول زحمت نموده و پایان‌نامه اینجانب را مطالعه
فرمودند، نهایت تشکر و قدردانی را داشته باشم.

همچنین قدردان دوستان دوران تحصیل به پاس تمام آموزه‌هایی که از این عزیزان دارم
می‌باشم و در پایان از پدر، مادر، خواهر و برادر عزیزم و همه فرشتگانی که بال‌های محبت خود
را گسترانیدند و با تحمل دشواریها، سبب شدند تا در کمال آسودگی خیال و فراغت بال، شوق
آموختن در من زنده بماند؛ صمیمانه سپاسگزارم و این نیست جز جلوه‌ای از لطف و رحمت
پرودگاری که از ادای شکر حتی یک نعمت او ناتوانم.

نگارنده بر خود لازم می‌داند از ستاد توسعه فناوری نانو و نیز تمامی اعضای پژوهشکده‌ی
علوم و فناوری نانو دانشگاه کاشان تقدیر نماید.

چکیده

در سال‌های اخیر، گسترش نانومواد توجه بسیاری از محققان را به خود جلب کرده است. کاهش اندازه ذرات به ابعاد نانومتر موجب ایجاد خواص ویژه‌ای در مقایسه با حالت حجیم می‌گردد. نانومواد سولفید فلزی با اندازه ۱۰۰-۱ نانومتر حاوی ناحیه‌ی سطحی بزرگی هستند.

نانوساختارهای سولفید فلزات مس و کادمیوم با روش‌های شیمیایی مرطوب با اضافه کردن تیوگلیکولیک اسید، مس فتالات و کادمیوم فتالات به عنوان پیش ماده ساخته شد. محصولات ساخته شده، با الگوی پراش اشعه ایکس، میکروسکوپ الکترونی روبشی، میکروسکوپ الکترونی عبوری، اسپکتروسکوپی فتولومینسانس، طیف تبدیل فوریه مادون قرمز و آنالیز حرارتی شناسایی شدند. رویکرد جدید دیگری که باید به آن اشاره شود استفاده از ترکیبات کئوردیناسیون بجای نمک‌های فلزی به عنوان پیش‌ماده است. چون لیگاندهای کئوردینه شده به فلز با ایجاد ممانعت فضایی باعث می‌شوند تا یونهای فلزی بصورت مجزا از یکدیگر عمل کنند و هرچه لیگاندها از نظر ساختاری حجیم‌تر باشند، روی کاهش اندازه‌ی ذرات بیشتر اثر می‌گذارند. در راستای تحقق این اهداف، لیگاند فتالات به عنوان یک گزینه‌ی مناسب انتخاب شد. به نحوی که نانوساختارهای کادمیوم سولفید و مس سولفید طی فرآیند هیدروترمال کمپلکس‌های فتالات تهیه شدند. اثر غلظت واکنشگرها، دمای واکنش و زمان واکنش بر روی ساختار بلوری و شکل محصولات مورد تحقیق قرار گرفت. نتایج نشان‌دهنده‌ی سنتز نانوساختارهایی با اندازه‌ی کوچک و اشکال متنوع بود که قابلیت بالقوه برای کاربردهای متفاوت را دارا هستند.

کلمات کلیدی: نانوذرات، هیدروترمال، کادمیوم (II) سولفید، مس (I) سولفید، کمپلکس فتالات

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

فصل اول: مقدمه

- ۱ - مقدمه ۱
- ۱-۱- تاریخچه فناوری نانو ۱
- ۲-۱- نانو تکنولوژی چیست؟ ۲
- ۳-۱- اهمیت نانوابعاد ۳
- ۴-۱- تفاوت فناوری نانو با فناوری های دیگر ۴
- ۵-۱- شاخه های فناوری نانو ۴
- ۱-۵-۱- نانوفناوری مرطوب ۵
- ۲-۵-۱- نانوفناوری خشک ۵
- ۳-۵-۱- نانوفناوری محاسباتی ۵
- ۶-۱- روش های ساخت ۶
- ۱-۶-۱- رویکرد بالا به پایین ۶
- ۱-۶-۱-۱- میکرو و نانو ساخت ۷
- ۲-۶-۱-۱- فرآوری مکانیکی ۷
- ۳-۶-۱-۱- الکتروریسندگی ۸
- ۲-۶-۱-۲- رویکرد پایین به بالا ۹
- ۱-۶-۱-۲-۱- فاز مایع و محلول ۱۰
- ۱-۶-۱-۲-۱-۱- خودآرایی در محلول ۱۰

- ۱۰ ۱-۲-۲-۶-۲- رسوبدهی از فاز مایع
- ۱۱ ۱-۲-۲-۶-۲- فاز گاز و بخار
- ۱۱ ۱-۲-۲-۶-۱- قوس الکتریکی (پلاσμα) و لیزر
- ۱۲ ۱-۲-۲-۶-۲- رسوبدهی فاز گاز
- ۱۲ ۱-۳-۶-۳- نانوفناوری‌های نسل دوم
- ۱۳ ۱-۳-۶-۱- کامپوزیت کردن نانوساختارها
- ۱۳ ۱-۲-۳-۶-۲- الگوبرداری از نانوساختارها
- ۱۳ ۱-۷-۱- انتخاب روش ساخت نانومواد
- ۱۵ ۱-۸-۱- هیدروترمال-سولوترمال
- ۲۰ ۱-۸-۱- شاخص‌های اصلی حاکم بر فرایند سولوترمال
- ۲۰ ۱-۱-۸-۱- شاخص‌های شیمیایی
- ۲۱ ۱-۲-۱-۸-۱- شاخص‌های ترمودینامیکی
- ۲۲ ۱-۲-۸-۱- انواع واکنش‌های درگیر در فرایند هیدروترمال و سولوترمال
- ۲۲ ۱-۳-۸-۱- روندهای آینده تحقیقات هیدروترمال
- ۲۳ ۱-۹-۱- تخریب حرارتی کمپلکس‌های فتالات
- ۳۰ ۱-۹-۱- برتری کمپلکس‌های فتالات برای تهیه نانوساختارها
- ۳۲ ۱-۱۰-۱- دسته‌بندی نانوساختارها
- ۳۳ ۱-۱۰-۱- نانوساختارهای توخالی
- ۳۴ ۱-۱-۱۰-۱- سنتزهای مبنی بر الگوی سخت
- ۳۵ ۱-۲-۱-۱۰-۱- الگوهای قربانی
- ۳۶ ۱-۳-۱-۱۰-۱- الگوهای نرم

۳۶.....۱-۱۰-۱-۳-۱- حباب‌های گازی

۳۹.....۴-۱-۱۰-۱- روش‌های بدون الگو

۳۹.....۱۱-۱- مثال‌هایی از سنتز نانوساختارهای CdS در سال‌های اخیر

۴۴.....۱۲-۱- مثال‌هایی از سنتز نانوساختارهای Cu₂S در سال‌های اخیر

فصل دوم: بخش تجربی

۵۰.....۲- بخش تجربی

۵۰.....۱-۲- وسایل، مواد و دستگاه‌های مورد استفاده

۵۰.....۱-۱-۲- وسایل آزمایشگاهی

۵۰.....۲-۱-۲- مواد شیمیایی

۵۰.....۳-۱-۲- دستگاه‌های مورد استفاده

۵۲.....۲-۲- روش انجام آزمایش

۵۲.....۱-۲-۲- تهیه نانوساختارهای توخالی کادمیوم سولفید (CdS)

۵۴.....۱-۱-۲-۲- سنتز پیش‌ماده‌ی [Cd(pht)(H₂O)]_n

۵۴.....۲-۱-۲-۲- واکنش هیدروترمال پیش‌ماده کادمیوم فتالات

۵۵.....۲-۲-۲- سنتز نانوذرات Cu₂S

۵۶.....۱-۲-۲-۲- سنتز پیش‌ماده‌ی [Cu(pht)(H₂O)]_n

۵۶.....۲-۲-۲-۲- واکنش هیدروترمال پیش‌ماده مس فتالات

۵۷.....۳-۲- آماده‌سازی نمونه برای گرفتن تصویر SEM

۵۷.....۴-۲- آماده‌سازی نمونه برای گرفتن تصویر TEM

۵۷.....۵-۲- آماده‌سازی نمونه برای بررسی خواص نوری

فصل سوم: بحث و نتیجه‌گیری

| | |
|----|--|
| ۵۹ | ۳- بحث و نتیجه گیری |
| ۵۹ | ۳-۱- معرفی |
| ۵۹ | ۳-۲- بررسی نانو نانوساختارهای توخالی CdS |
| ۵۹ | ۳-۲-۱- نتایج TGA پیش ماده‌ی کادمیوم فتالات |
| ۶۰ | ۳-۲-۲- نتایج FT-IR |
| ۶۰ | ۳-۲-۲-۱- نتایج FT-IR فتالیک اسید |
| ۶۱ | ۳-۲-۲-۱- نتایج FT-IR پیش ماده‌ی $[Cd(pht)(H_2O)]_n$ |
| ۶۳ | ۳-۲-۲-۱- نتایج FT-IR نانوذرات CdS |
| ۶۶ | ۳-۲-۳- نتایج الگوی پراش اشعه ایکس (XRD) |
| ۶۹ | ۳-۲-۴- تصاویر TEM و SEM نانوساختارهای CdS |
| ۶۹ | ۳-۲-۴-۱- بررسی اثر غلظت تیوگلیکولیک اسید بر مورفولوژی ذرات |
| ۷۳ | ۳-۲-۴-۲- بررسی اثر دما بر مورفولوژی محصولات |
| ۷۷ | ۳-۲-۴-۳- بررسی اثر زمان بر مورفولوژی محصولات |
| ۸۱ | ۳-۲-۵- طیف UV-vis |
| ۸۲ | ۳-۲-۶- طیف فوتولومینسانس (PL) |
| ۸۳ | ۳-۲-۷- آنالیز EDX |
| ۸۴ | ۳-۲-۸- سازوکار واکنش |
| ۸۷ | ۳-۳- بررسی نانوذرات Cu_2S |
| ۸۷ | ۳-۳-۱- نتایج TGA پیش ماده‌ی مس فتالات |
| ۸۸ | ۳-۳-۲- نتایج FT-IR |
| ۸۸ | ۳-۳-۲-۱- نتایج FT-IR پیش ماده‌ی $[Cu(pht)(H_2O)]_n$ |

- ۸۹.....Cu₂S FT-IR نانوذرات نتایج ۲-۲-۳-۳
- ۹۰.....(XRD) نتایج الگوی پراش اشعه ایکس ۳-۳-۳
- ۹۳.....Cu₂S SEM نانو ساختارهای تصاویر ۴-۳-۳
- ۹۳.....۱-۴-۳-۳ بررسی اثر غلظت تیوگلیکولیک اسید بر مورفولوژی ذرات
- ۹۳.....۲-۴-۳-۳ بررسی اثر دما بر مورفولوژی محصولات
- ۹۴.....۳-۴-۳-۳ بررسی اثر زمان بر مورفولوژی محصولات
- ۱۰۴.....Cu₂S TEM نانوذرات تصاویر ۵-۳-۳
- ۱۰۵.....PL طیف ۶-۳-۳
- ۱۰۵.....EDX نتایج ۷-۳-۳
- ۱۰۷.....۸-۳-۳ سازوکار واکنش
- ۱۰۹.....۴-۳ نتیجه گیری
- ۱۱۱.....منابع و مآخذ

فهرست شکل‌ها

| صفحه | عنوان |
|------|--|
| ۶ | شکل ۱-۱- شماتیک روش‌های بالا به پایین و پایین به بالا..... |
| ۱۷ | شکل ۲-۱- نمودار فشار - دمای تکنیک‌های مختلف ساخت مواد..... |
| ۱۸ | شکل ۳-۱- مراحل تولید نانوذرات به روش هیدروترمال و سولوترمال..... |
| ۲۰ | شکل ۴-۱- نوعی اتوکلاو مورد استفاده در فرایند هیدروترمال..... |
| ۲۱ | شکل ۵-۱- ساختارهای گل‌مانند اکسیدروی: (a) خوشه‌گل‌های ZnO؛ (b) گل‌هایی با پدال-چندگانه..... |
| ۲۳ | شکل ۶-۱- ساختار فتالیک، ایزوفتالیک و ترفتالیک اسید..... |
| ۲۴ | شکل ۷-۱- نحوه‌ی کئوردینه‌شدن آنیون فتالات..... |
| ۲۵ | شکل ۸-۱- سازوکار رادیکالی تخریب حرارتی کمپلکس روی - فتالات..... |
| ۲۶ | شکل ۹-۱- تصاویر SEM و TEM نانوساختارهای ZnO..... |
| ۲۷ | شکل ۱۰-۱- نمودار ORTEP کمپلکس $[C_8H_{10}Cd]_n \cdot 4H_2O$ با ساختار یک‌بعدی زیگزاگ مانند..... |
| ۲۷ | شکل ۱۱-۱- تصویر TEM نانوسیم‌های CdO حاصل از پیش‌ماده ی $[C_8H_{10}Cd]_n \cdot 4H_2O$ کادمیم- ترفتالات..... |
| ۲۸ | شکل ۱۲-۱- (a) تصویر SEM (b) تصویر TEM نانوذرات Co_3O_4 تهیه شده در حضور اولئیک-اسید و TPP..... |
| ۲۹ | شکل ۱۳-۱- سازوکار تهیه نانوذرات NiO..... |
| ۲۹ | شکل ۱۴-۱- سازوکار تهیه نانوساختارهای زنجیر مانند Mn_2O_3 |

- شکل ۱-۱۵- (a) تصویر SEM پیش‌ماده $[\text{Mn}(\text{pht})(\text{H}_2\text{O})]_n$ (b) تصویر SEM و (c) تصویر TEM نانوذرات Mn_2O_3 تهیه شده در حضور اولئیک اسید و TPP ۳۰
- شکل ۱-۱۶- فرآیند الگوبرداری سخت برای سنتز کره‌های توخالی ۳۴
- شکل ۱-۱۷- تصاویر SEM مربوط به ZnO قاصدک‌مانند ۳۵
- شکل ۱-۱۸- نمونه ای از الگوی نرم با استفاده از مایسل‌های کمپلکس کوپلیمر ۳۶
- شکل ۱-۱۹- فرآیند الگوبرداری از حباب گاز برای تهیه کره‌های توخالی ۳۷
- شکل ۱-۲۰- (a) SEM و (b) TEM قاصدک‌ماندهای توخالی VOOH ۳۸
- شکل ۱-۲۱- تصاویر TEM محصولات سنتز شده با استفاده از (a) thiourea (b) $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ۳۹
- شکل ۱-۲۲- تصویر SEM نانوذرات CdS با استفاده از پیش‌مادهی $[\text{CdL}(\text{bipy})(\text{CH}_3\text{OH})(\text{NO}_3)]_n$ ۴۰
- شکل ۱-۲۳- تصاویر SEM محصولات سنتز شده با استفاده از (a) $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$ و $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ (b,c) CdCl_2 و $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ (d) $\text{Cd}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ و $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ ۴۱
- شکل ۱-۲۴- تصاویر SEM محصولات سنتز شده با استفاده از (a) $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$ و $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ (b) CH_3CSNH_2 و $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$ ۴۱
- شکل ۱-۲۵- تصویر SEM CdS سنتز شده در شرایط (a) 100°C ، ۲۴ h، ۰/۲۵ g HEC (b) 200°C ، ۲۴ h، ۰/۲۵ g HEC (c) 200°C ، ۷۲ h، ۰/۲۵ g HEC (d,e) 200°C ، ۷۲ h، ۰/۲۵ g HEC (f) 200°C ، ۷۲ h، ۰/۷۵ g HEC (g) 200°C ، ۷۲ h، ۱/۰۰ g HEC ۴۲
- شکل ۱-۲۶- نانوذرات و نانومیله‌های سنتز شده با عملیات تخریب حرارتی در شرایط مختلف ۴۳
- شکل ۱-۲۷- محصولات سنتز شده با استفاده از (a) $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$ (b) $\text{Cd}(\text{Cl})_2$ ۴۳

- شکل ۱-۲۸- نانو ساختارهای توپیی شکل Cu_2S با استفاده از نسبت حلال $1/10$ آب/اتیلن گیکول در دمای $160^\circ C$ به مدت ۱۲ h ۴۴
- شکل ۱-۲۹- تصویر SEM نانونوارهای Cu_2S با استفاده از قالب Bi_2S_3 در بزرگنمایی‌های مختلف ۴۵
- شکل ۱-۳۰- تصویر SEM میکروکره‌ها و میکرولوله‌های Cu_2S با استفاده از $Cu(NO_3)_2 \cdot 3H_2O$ و $Na_2S_2O_3$ و (a) با استفاده از SDBS، (b) بدون استفاده از SDBS ۴۶
- شکل ۱-۳۱- شماتیک روش سنتز کره‌های توخالی Cu_2S ۴۶
- شکل ۱-۳۲- تصویر SEM (a) کره‌های $CuSCN$ (b) کره‌های توخالی Cu_2S ۴۷
- شکل ۱-۳۳- تصویر SEM نانوساختارهای Cu_2S سنتز شده در دمای $160^\circ C$ به مدت ۱۵ h در نسبت‌های حلال $V(water):V(EG)$ (a) ۱:۳ (b) ۱:۶ (c) ۱:۱ ۴۷
- شکل ۱-۳۴- تصویر (a) SEM (b) TEM و SAED نانوسیم Cu_2S ۴۸
- شکل ۱-۳۵- تصاویر SEM محصول Cu_2S با استفاده از پیش‌ماده‌های سنتز شده در نسبت‌های L-cysteine به $CuCl_2 \cdot H_2O$ برابر (a) ۱:۱، (b) ۲:۱، (c) ۴:۱ ۴۹
- شکل ۳-۱- نمودار TGA پیش‌ماده‌ی کادمیوم فتالات در اتمسفر هوا ۶۰
- شکل ۳-۲- نحوه‌ی اتصال لیگاند فتالات به کاتیون کادمیوم ۶۲
- شکل ۳-۳- طیف IR (a) فتالیک اسید (b) پیش‌ماده کادمیوم فتالات ۶۳
- شکل ۳-۴- طیف IR نانو ذرات CdS به‌دست آمده با غلظت TGA برابر $0.08 M$ در ۲۴ ساعت و (a) $100^\circ C$ (b) $120^\circ C$ ۶۵
- شکل ۳-۵- الگوی XRD (a) پیش‌ماده‌ی کادمیوم فتالات و ذرات CdS به‌دست آمده با TGA ($0.08 M$) در ۲۴ ساعت و (b) $100^\circ C$ (c) $120^\circ C$ (d) $140^\circ C$ (e) $160^\circ C$ ۶۸

- شکل ۳-۶- تصویر TEM محصول سنتز شده در 120°C به مدت ۲۴ h با غلظت TGA $0/04\text{M}$ ۷۰
- شکل ۳-۷- تصاویر SEM محصول سنتز شده در 120°C به مدت ۲۴ h با غلظت TGA $0/04\text{M}$ در بزرگنمایی‌های مختلف ۷۱
- شکل ۳-۸- تصاویر SEM و TEM محصول سنتز شده در 120°C به مدت ۲۴ h با غلظت TGA $0/08\text{M}$ ۷۲
- شکل ۳-۹- تصویر SEM محصول سنتز شده در 120°C به مدت ۲۴ h با غلظت TGA $0/12\text{M}$ ۷۳
- شکل ۳-۱۰- تصویر SEM محصولات ساخته شده با TGA ($0/08\text{M}$) به مدت ۲۴ h در دمای 100°C ۷۴
- شکل ۳-۱۱- تصویر SEM محصولات ساخته شده با TGA ($0/08\text{M}$) به مدت ۲۴ h در دمای 140°C ۷۵
- شکل ۳-۱۲- تصویر SEM محصولات ساخته شده با TGA ($0/08\text{M}$) به مدت ۲۴ h در دمای 160°C ۷۶
- شکل ۳-۱۳- تصاویر SEM و TEM محصول سنتز شده با TGA ($0/08\text{M}$) در دمای 120°C به مدت ۱۲ h ۷۸
- شکل ۳-۱۴- تصاویر SEM محصول سنتز شده با TGA ($0/08\text{M}$) در دمای 120°C به مدت ۳۶h ۷۹
- شکل ۳-۱۵- تصاویر SEM محصول سنتز شده با TGA ($0/08\text{M}$) در دمای 120°C به مدت ۴۸h ۸۰

- شکل ۳-۱۶- طیف UV-vis محصول CdS سنتز شده در 120°C و ۲۴ h و غلظت‌های مختلف
 ۸۱ TGA: ۰/۰۴ M (a) و ۰/۰۸ M (b)
 شکل ۳-۱۷- طیف فوتولومینسانس (PL) محصول CdS سنتز شده در 120°C و ۲۴ h و
 ۸۳ TGA: ۰/۰۴ M (a) و ۰/۰۸ M (b)
 شکل ۳-۱۸- طیف EDX نانوذرات CdS به دست آمده به روش هیدروترمال با TGA (۰/۰۸M)
 ۸۴ 120°C به مدت ۲۴ h
 شکل ۳-۱۹- سازوکار تشکیل نانوساختارهای CdS
 ۸۶
 شکل ۳-۲۰- نمودار TGA پیش‌ماده‌ی مس فتالات در اتمسفر هوا
 ۸۷
 شکل ۳-۲۱- طیف IR (a) فتالیک اسید (b) پیش‌ماده مس فتالات
 ۸۹
 شکل ۳-۲۲- طیف IR نانوذرات Cu_2S سنتز شده در 108°C و ۱۲ h
 ۹۰
 شکل ۳-۲۳- الگوی XRD (a) پیش‌ماده‌ی مس فتالات، نانوذرات Cu_2S سنتز شده با نسبت
 TGA: $\text{Cu}^{+2}=1:2$ به مدت ۱۲ h در دمای 108°C (b) و 160°C (c)، (d) نانوذرات Cu_2S سنتز
 شده با نسبت TGA: $\text{Cu}^{+2}=1:1$ در دمای 108°C به مدت ۱۲ h
 ۹۲
 شکل ۳-۲۴- تصاویر SEM محصول ساخته شده در 108°C به مدت ۱۲ h با غلظت TGA
 ۹۵ ۰/۰۴M
 شکل ۳-۲۵- تصاویر SEM محصول ساخته شده در 108°C به مدت ۱۲ h با غلظت TGA
 ۹۶ ۰/۰۸M
 شکل ۳-۲۶- تصاویر SEM محصول سنتز شده با غلظت TGA (۰/۰۴ M) به مدت ۱۲ h در
 ۹۷ 80°C
 شکل ۳-۲۷- تصاویر SEM محصول به دست آمده با غلظت TGA (۰/۰۴ M) به مدت ۱۲ h
 ۹۸ 100°C
 ۱۰۰

- شکل ۳-۲۸- تصاویر SEM محصول به دست آمده با غلظت TGA (۰/۰۴ M) به مدت ۱۲ h در ۱۲۰ °C ۹۹
- شکل ۳-۲۹- تصاویر SEM محصول به دست آمده با غلظت TGA (۰/۰۴ M) به مدت ۱۲ h در ۱۴۰ °C ۱۰۰
- شکل ۳-۳۰- تصاویر SEM محصول به دست آمده با غلظت TGA (۰/۰۴ M) به مدت ۱۲ h در ۱۶۰ °C ۱۰۱
- شکل ۳-۳۱- تصاویر SEM محصول ساخته شده با TGA (۰/۰۴ M) در دمای ۱۰۸ °C به مدت ۲۴h ۱۰۲
- شکل ۳-۳۲- تصاویر SEM محصولات ساخته شده با TGA (۰/۰۴ M) در دمای ۱۰۸ °C به مدت ۳۶ h ۱۰۳
- شکل ۳-۳۳- تصویر TEM نانوذرات ساخته شده با TGA (۰/۰۴ M) در دمای ۱۰۸ °C به مدت ۱۲ h ۱۰۴
- شکل ۳-۳۴- طیف فتولومینسانس (PL) نانوذرات Cu₂S به دست آمده به روش هیدروترمال با نسبت مولی TGA:Cu⁺²=1:2 در ۱۰۸ °C به مدت ۱۲ h ۱۰۶
- شکل ۳-۳۵- طیف EDX نانوذرات Cu₂S به دست آمده به روش هیدروترمال با TGA (۰/۰۴M) در ۱۰۸ °C به مدت ۱۲ h ۱۰۶
- شکل ۳-۳۶- شماتیکی از تشکیل و تجمع نانوذرات مس سولفید ۱۰۷
- شکل ۳-۳۷- سازوکار تشکیل نانوذرات مس سولفید ۱۰۸

فهرست علائم واختصارات (Abbreviations)

| | |
|--------|---|
| SEM | Scanning Electron Microscope |
| FT-IR | Fourier Transform Infra-Red |
| FWHM | Full Width at Half Maximum |
| JCPDS | Joint Committee on Powder Diffraction Standards |
| nm | nanometer |
| PL | photo Luminescent |
| TEM | Transmission Electron Microscope |
| TG-DTA | Thermo Gravimetric- Differential Thermal Analysis |
| UV-vis | ultra violate visible |
| EDX | Energy Dispersive Analysis of X-ray |
| XRD | X-ray diffraction pattern |
| TGA | Thioglycolic acid |

فصل اول

مقدمه

۱- مقدمه

۱-۱- تاریخچه فناوری نانو

در طول تاریخ بشر از زمان یونان باستان، مردم و به خصوص دانشمندان آن دوره بر این باور بودند که مواد را می‌توان آنقدر به اجزاء کوچک تقسیم کرد تا به ذراتی رسید که خردناشدنی هستند و این ذرات بنیان مواد را تشکیل می‌دهند، شاید بتوان دموکریتوس^۱ فیلسوف یونانی را پدر فناوری و علم نانو دانست چرا که در حدود ۴۰۰ سال قبل از میلاد مسیح، او اولین کسی بود که واژه اتم را که به معنی تقسیم‌نشدنی در زبان یونانی است برای توصیف ذرات سازنده مواد به کار برد.

نقطه شروع و توسعه اولیه فناوری نانو به طور دقیق مشخص نیست. شاید بتوان گفت که اولین نانو تکنولوژیست‌ها شیشه‌گران قرون وسطایی بوده‌اند که از قالب‌های قدیمی برای شکل دادن شیشه‌هایشان استفاده می‌کرده‌اند. البته این شیشه‌گران نمی‌دانستند که چرا با اضافه کردن طلا به شیشه، رنگ آن تغییر می‌کند. در آن زمان برای ساخت شیشه‌های کلیساهای قرون وسطایی از ذرات نانومتری طلا استفاده می‌شده است و با این کار شیشه‌های رنگی بسیار جذابی بدست می‌آمده است. این قبیل شیشه‌ها هم‌اکنون در بین شیشه‌های بسیار قدیمی یافت می‌شوند. رنگ به وجود آمده در این شیشه‌ها برپایه این حقیقت استوار است که مواد با ابعاد نانو دارای همان خواص مواد با ابعاد میکرو نمی‌باشند.

درواقع یافتن مثال‌هایی برای استفاده از نانوذرات فلزی چندان سخت نیست. رنگدانه‌های تزئینی جام مشهور لیکرگوس^۲ در روم باستان (قرن چهارم بعد از میلاد) نمونه‌ای از آنهاست.

^۱ Democritos

^۲ Lycurgus