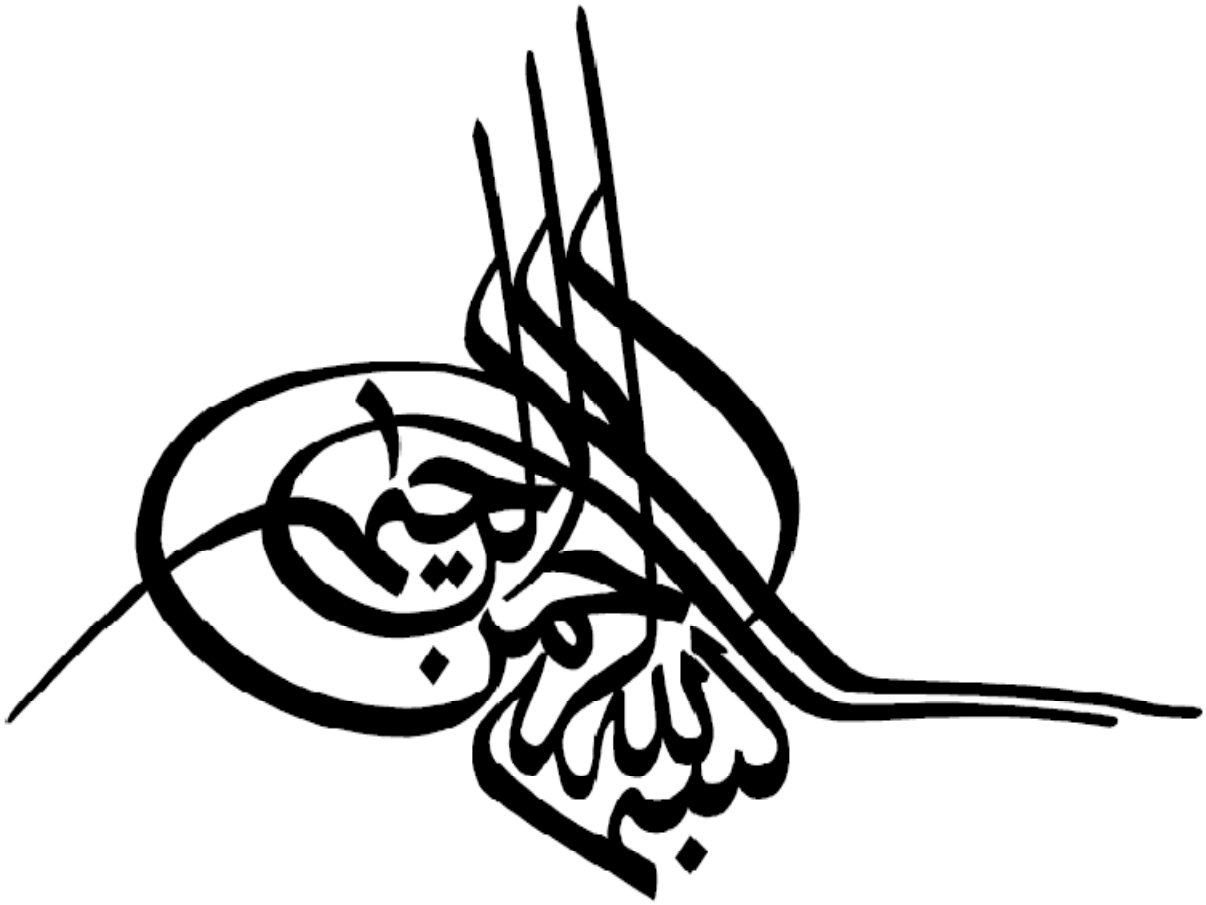
بسم الله الرحمن الرحيم

سپاس خداوند مهربان را برای مهربانی هایش

که

کافیست برای همه ی رفتن ها و رسیدن ها

او که بی تقاضا می بخشد و بی سپاس می افزاید.

تقدیم به

مادرم

برای گذشت و محبتش

و پدرم

برای دلگرمی و حمایت هایش

تقدیم به

همسر عزیزم

که اسوه ی صبر و دلسوزی است

و شاه کلید اعتماد به نفس من، نگاه تایید گر او ست

دانشکده علوم

پایان نامه جهت اخذ درجه ی کارشناسی ارشد

گرایش شیمی فیزیک

سنتز سبز، شناسایی و اندازه گیری خواص نوری و فتولومینسانس نقاط کوانتومی سولفید روی

استاد راهنما:

دکتر الهه گوهرشادی

مولف:

رویا مهرخواه

شهریور ۸۹

تشکر و قدردانی

آماده سازی این پایان نامه بدون حمایت و تلاش بی وقفه ی بسیاری از عزیزانم ممکن نبود. لذا بر خود لازم می دانم از کلیه ی افرادی که در پیشرفت تحصیلی من سهم بسزایی داشتند، سپاسگزاری نمایم.

از تمامی اساتید عزیز و بزرگوارم به ویژه پروفسور گوهرشادی به خاطر تمامی راهنمایی هایشان، درک و صبر و از همه مهم تر رفتار دوستانه شان در طول دوران تحصیلات دانشگاهیم در دانشگاه فردوسی مشهد صمیمانه تشکر می نمایم.

از خانواده ی عزیزم به خاطر تشویق ها و محبت های بی دریغشان تشکر می نمایم. در پایان، عمیق ترین سپاس های خود را به تمامی دوستانم در دانشگاه فردوسی مشهد به ویژه سرکار خانم دکتر ابارشی برای تمامی کمک ها، حمایت ها، توجهات و راهنمایی های ارزشمندشان تقدیم می نمایم.

چکیده

بلور سولفید روی معمولا دردو فاز بلورین که هر ساختار انباشتگی های متفاوتی دارند، وجود دارد: فاز مکعبی. با ساختار روی بلاند (C-ZnS) و فاز شش گوشه ای با ساختار ورتزیت (H-ZnS). سولفید روی یکی از مهم ترین نیمه هادی های گروه II-VI است. تحقیقات گسترده ای در زمینه ی نانوذرات سولفید روی در نتیجه ی خواص منحصر به فرد و کاربردهای گسترده ی آن در نمایشگرهای مسطح، حسگرها، لیزرها، دیودهای نشرکننده ی نور، سلول های خورشیدی فیلم نازک، فتوکاتالیزورها و کاهنده ی آلاینده های آلی از قبیل رنگ ها و مشتقات هالوژنه انجام شده است.

از آن جا که ساختار بلورین ZnS تاثیر بسزایی در خواص فیزیکی و شیمیایی آن دارد، سنتز کنترل شده ی ZnS برای کاربردهای عملی آن الزامی است. روش های شیمیایی مختلفی برای دست یابی به نانوذرات کنترل شده ی ZnS وجود دارد. در میان روش های مختلف تهیه، سنتز تحت تابش میکروویو مزیت های زیادی از قبیل زمان واکنش خیلی کوتاه، تولید ذرات معدنی کوچک با توزیع سایز ذرات ناچیز و خلوص بالا را دارد.

استفاده از حلال های یونی رشد چشمگیری در کاربردهای صنعتی سبز به علت خواص مطلوبش داشته است و آن ها جایگزینی برای حلال های آلی مرسوم هستند. آن ها در هوا وآب پایدار هستند و نقاط ذوب پایینی دارند. به خاطر این ویژگی ها، تعداد کارهای گزارش شده در زمینه ی استفاده از حلال های یونی برای سنتز نانوساختارهای معدنی یا فلزی رو به افزایش است.

هدف اول مطالعه‌ی حاضر، تهیه ی نانوذرات سولفید روی با استفاده از میکروویو در حضور حلال های یونی با پایه ی آنیون بیس (تری فلوئورو اتیل سولفونیل) ایمید و کاتیون های مختلف ۱- آلکیل۳- متیل ایمیدازولیوم به عنوان محیط واکنش می باشد. . استفاده از حلال های یونی باعث کاهش زمان انجام واکنش شد. هدف دوم مطالعه‌ی حاضر، شناسایی نانوذرات سولفید روی با استفاده از روش های پراش پرتو ایکس، میکروسکوپ الکترونی عبوری، طیف سنجی رامان و طیف سنجی ماوراء بنفش- مرئی می باشد.

هدف سوم مطالعه ی حاضر، اندازه گیری خواص نوری نانوذرات سولفید روی از قبیل تعیین گاف نواری و خواص فتولومینسانس با استفاده از روش های طیف سنجی ماوراء بنفش- مرئی و طیف سنجی نشر انعکاسی و طیف سنجی فتولومینسانس می‌باشد. از آن جا که ضریب شکست نانوذرات پارامتر کلیدی جهت تعیین نوری غلظت آن ها است، هدف چهارم مطالعه ی حاضر، اندازه گیری ضریب شکست در غلظت های مختلف نانوذرات سولفید روی معلق در آب دیونیزه می باشد.

در این تحقیق، گاف انرژی نانوذرات ZnS با استفاده از معادله ی تائوک و روش DRS محاسبه شد. نتایج نشان داد که شدت فتولومینسانس با افزایش تبلور ذرات و کاهش اندازه ی ذرات افزایش می یابد و ضریب شکست با کاهش اندازه ی نانوذرات سولفید روی و افزایش غلظت نانوسیالات سولفید روی افزایش می یابد.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل ۱ ..... ۱

مقدمه ۱

۱-۱توصیف کوتاه از نیمه هادی ها ۱

۱-۲ نانو ذرات نیمه هادی: تعریف و تقسیم بندی ۲

۱-۳ اهداف کار حاضر ۴

فصل ۲ ..... ۸

بررسی تاریخچه ی نانو ذرات نیمه هادی ترکیبات روی ۸

۲-۱ مقدمه ۸

۲-۲ نانو ذرات اکسید روی ۹

۲-۳ نانوذرات سولفید روی ۹

۲-۴ نانوذرات سلنید روی ۱۲

۲-۵ نانوذرات تلورید روی ۱۳

فصل ۳ ..... **۱۵**

روش های تعیین گاف نواری نیمه هادی ها ۱۵

۳-۱ مقدمه ۱۵

۳-۲ روش های تعیین گاف نواری ۱۷

۳-۲-۱ طیف سنجی جذب فرابنفش – مرئی ۱۸

۳-۲-۲ روش طیف سنجی نشر انعکاسی ۲۰

۳-۳-۳ طیف سنجی فتولتایی سطح ۲۴

فصل ۴ ..... ۲۵

روش تجربی ۲۵

۴-۱ روش تجربی ۲۵

۴-۱-۱ مواد ۲۵

۴-۱-۲ روش تجربی ۲۷

۴-۲ مشخصه‌یابی ۲۸

فصل ۵ ..... ۳۰

نتایج و بحث ۳۰

۵-۱ روش های مشخصه یابی ۳۰

۵-۱-۱ بررسی پراش اشعه‌ی ایکس ۳۱

۵-۱-۲ بررسی میکروسکوپ الکترونی عبوری ۳۴

۵- ۱- ۳ بررسی طیف‌سنجی فوریه رامان ۳۴

۵-۱-۴ بررسی طیف سنجی ماوراء بنفش- مرئی ۳۸

۵-۲ خواص نوری ۴۰

۵-۲-۱ گاف انرژی ۴۱

۵-۲-۲ خاصیت فتولومینسانس ۴۵

۵-۲-۳ ضریب شکست ۴۶

۵-۳ نتیجه گیری ۴۸

۵-۴ کار های پیشنهادی برای آینده ۴۸

منابع ۴۹

فهرست جداول

جدول صفحه

(۴-۱) حلال های یونی مورد استفاده در این کار ۲۶

(۵-۱) ارتباط بین اندازه و پارامتر شبکه ۳۲

(۵-۲) ارتباط بین جابجایی های فرکانسی و تغییر در ثابت شبکه ۳۶

(۵-۳) جابجایی آبی در طول موج ماکزیمم پیک های جذبی ۳۸

(۵-۴) اندازه ی نوری ذره و مقادیر گاف انرژی محاسبه شده بر اساس روش های تائوک و دیفرانسیلی نمونه های مختلف نانو سولفید روی ۴۴

(۵-۶) ضریب شکست نانونمونه های ZnS مختلف ۴۹

فهرست شکل‌ها

شکل صفحه

(۳-۱) انتقال مستقیم که در آن یک فوتون الکترونی را از نوار ظرفیت به نوار هدایت تهییج می کند.....۱۶

(۳-۲) انتقال غیرمستقیم در نیمه هادی ها.....۱۶

(۳-۳) تعیین گاف نوار نوری برای انتقالات مستقیم با استفاده از روش تائوک.....۱۹

(۳-۴) تعیین گاف نوار نوری برای انتقالات غیرمستقیم با استفاده از روش تائوک.....۲۰

(۳-۵) برهم کنش نمونه و نشر انعکاسی.....۲۲

(۳-۶) تعیین طول موج مربوط به گاف نواری از اندازه گیری های DRS.....۲۲

(۳-۷) نمونه ی SPS پودرهای نیمه هادی.....۲۴

(۴-۱) آنیون و کاتیون مورد استفاده در این کار.....۲۷

(۵-۱) الگوی پراش اشعه ی ایکس نانو ذرات سولفید روی برای (a) نمونه ی ۱، (b) نمونه ی ۲، (c) نمونه ی ۳، (d) نمونه ی ۴، (e) نمونه ی ۵.....۳۳

(۵-۲) تصویر TEM نمونه ی ۱ نانوذرات سولفید روی.....۳۵

(۵-۳) تصویر TEM نمونه‌ی ۳ نانوذرات سولفید روی.....۳۶

(۵-۴) طیف رامان نمونه ی ۱ نانوذرات سولفید روی.....۳۷

(۵-۵) طیف رامان نمونه ی ۳ نانوذرات سولفید روی.....۳۸

(۵-۶) طیف ماوراء بنفش- مرئی (a) نمونه ی۱، (b) نمونه ی۲، (c) نمونه ی۳، (d) نمونه ی۴، (e) نمونه ی ۵ ..... ۴۰

(۵-۷) تعیین گاف انرژی برای (a) نمونه ی۱، (b) نمونه ی۲، (c) نمونه ی۳، (d) نمونه ی۴، (e) نمونه‌ی ۵ ..... ۴۳

(۵-۸) تعیین گاف انرژی نمونه ی ۴ با استفاده از روش دیفرانسیلی ۴۴

(۵-۹) طیف نشر انعکاسی برای (a) نمونه ی۱، (b) نمونه ی۲، (c) نمونه ی۳، (d) نمونه ی۴، (e) نمونه ی ۵ ..... ۴۵

(۵-۱۰) طیف PL نانوذرات سولفید روی ۴۷

(۵-۱۱) منحنی ضریب شکست در مقابل غلظت ۴۹

فصل ۱

مقدمه

۱-۱ توصیف کوتاه از نیمه هادی ها

نیمه هادی، ماده ای است که مقاومت الکتریکی آن بین یک هادی و یک نیمه هادی می باشد. میدان الکتریکی خارجی، مقاومت نیمه هادی را تغییرمی دهد. وسایلی که از مواد نیمه هادی ساخته می شوند اساس تجهیزات مدرن الکترونیکی از قبیل رادیو، تلفن، رایانه و بسیاری از دیگر وسایل را تشکیل می دهند. پنجره های فتوولتایی خورشیدی[1] یکی از گسترده ترین وسایل نیمه هادی هستند که مستقیما انرژی نورانی را به انرژی الکتریکی تبدیل می کنند. در یک هادی فلزی، جریان توسط الکترون ها حمل می شود ولی در یک نیمه هادی، جریان توسط الکترون ها و حفره های باردار مثبت حمل می شوند[۱].

در نیمه هادی ها، همانند جامدات، الکترون ها فقط می توانند انرژی هایی در نوارهای معین که بین انرژی حالت پایه که الکترون پیوند محکمی با هسته ی ماده دارد و انرژی الکترون آزاد که الکترون کاملا از قید هسته آزاد است را داشته باشند. هر نوار انرژی مطابق با تعداد زیادی از حالت های[2] کوانتومی گسسته ی الکترونی می باشد و بیشتر حالت ها با انرژی کم پر از الکترون هستند و تشکیل نوار ویژه ای به نام نوار ظرفیت[3] را می دهند. نیمه هادی ها و عایق ها از این جهت از هادی ها قابل تشخیص هستند که در مواد نیمه هادی نوار ظرفیت در شرایط معمولی

[1] Solar photovoltaic panels
[2] States
[3] Valence band

تقریبا پر از الکترون است و این سبب می شود که اغلب الکترون ها در نوار هدایت[1] که نواری است که بلافاصله در قسمت بالایی نوار ظرفیت قرار دارد، قرار داشته باشند.

مواد نیمه هادی رایج، جامد های بلورین هستند اما نیمه هادی های آمورف و مایع نیز شناخته شده اند[۲]. این مواد شامل سیلیکون آمورف هیدروژن دار شده و مخلوطی از آرسنیک، سلنیم و تلوریم به نسبت های مختلف هستند.

یکی از مهمترین ویژگی های نیمه هادی ها، گاف نواری[2] نام دارد. یک گاف نواری که گاف انرژی هم نامیده می شود، به گستره ای از انرژی گفته می شود که هیچ حالت الکترونی در آن وجود ندارد. در نیمه هادی ها و مواد عایق، معمولا گاف نواری، اختلاف انرژی (به صورت الکترون ولت) بین لایه ی بالایی نوار ظرفیت و لایه ی پایینی نوار هدایت را نشان می دهد. به عبارت دیگر، گاف نواری مقدار انرژی لازم برای خروج یک الکترون از لایه ی خارجی از مدارش به یک حالت آزاد می باشد. الکترون ها قادرند که از یک نوار به نوار دیگر بروند. برای عبور الکترون از نوار ظرفیت به نوار هدایت، یک حداقل انرژی خاصی لازم است. این انرژی مورد نیاز در مواد مختلف، متفاوت است. الکترون ها قادرند که انرژی کافی برای جهش به نوار هدایت را با جذب یک فونون (گرما) یا فوتون (نور) بدست آورند. یک ماده با گاف نواری کم، اما نه منفی یا ناچیز (عموماً کمتر از۳ الکترون ولت) را نیمه هادی گویند و یک ماده با گاف نواری وسیع را عایق گویند.

۱-۲ نانو ذرات نیمه هادی: تعریف و تقسیم بندی

در سال های اخیر، توجه زیادی به نیمه هادی هایی با ابعاد نانو به خاطر اثر اندازه ی کوانتومی که آن ها نشان می دهند، شده است[۳-۵]. این مواد نه تنها به خاطر ایجاد فرصت های منحصر به فرد در زمینه ی مطالعه ی فیزیک در ابعاد کوچک، بلکه هم چنین به دلیل خواص نوین نوری و انتقالی آن ها که کاربردهای تکنولوژی بالقوه ای از آن ها را میسر ساخته، از اهمیت خاصی برخوردار هستند.

---

[1] Conduction band
[2] Band gap

خواص الکترونیکی نانو بلور های نیمه هادی بینابین خواص الکترونیکی ملکول ها و جامد های ماکروبلورین می باشد و در حال حاضر، موضوع تحقیقات بیشماری را تشکیل می دهند [۸-۶]. نانو ذرات نیمه هادی، خواصی متفاوت از مواد توده ی متناظر خود دارند و این به خاطر محدودیت حفره ها و الکترون های درسه بعد دریک حجم کم است یا به علت این که تعداد اتم های روی سطح قابل مقایسه با ذرات داخل هستند[۱۱-۹]. سطح یک نانو ذره، خیلی با اهمیت تر از قسمت توده ی خود است زیرا نانو ذرات نسبت سطح به حجم بزرگی دارند. اتم های سطح، به خاطر از دست رفتن اتم های همسایه پیوندهای ضعیف تری دارند و در نتیجه فعالیت سطح بیشتری دارند. سطح مکانی است که در آن تصعید، تجزیه، جذب سطحی، واکنش های شیمیایی و غیره انجام می گیرد.

نانو ذرات نیمه هادی به دلیل اندازه ی ابعاد نانو (۱-۱۰۰nm)، خواص فیزیکی و شیمیایی آن ها وابسته به اندازه ی آن ها می باشد که متفاوت از سامانه های ملکولی یا توده ا ی می باشد [۱۲-۱۴].

نانو ذرات نیمه هادی کاربردهای پتانسیلی دارند و در وسایل نمایشی به کار می روند. به عنوان مثال، از آن ها در دیود های نشر کننده ی نور[۱۵]، فتوکاتالیزورها[۱۶] و سلول الکتروشیمیایی[۱۷] استفاده می شوند.

همانند توده های نیمه هادی، نانو ذرات نیمه هادی از نظر خلوص به نیمه هادی های ذاتی[1] و عارضی[2] تقسیم می شوند. نانو نیمه هادی ذاتی که همچنین نانو ذرات نیمه هادی یا نیمه هادی نوع i نامیده می شود، نیمه هادی است که هیچ یک از گونه های اضافه شونده[3] در آن حضور ندارند. در نیمه هادی های ذاتی، تعداد الکترون های تهییج شده و تعداد حفره ها برابر هستند ($n = p$).

بیشتر کاربرد های تکنیکی نانو ذرات نیمه هادی هنگامی افزایش می یابد که مواد دیگری به آن ها اضافه می شود. اضافه شدن در صد کمی از اتم های خارجی در شبکه ی بلوری منظم نانو

[1] Intrinsic
[2] Extrinsic
[3] Dopant

ذرات نیمه هادی سبب تغییرات ظاهری در خواص الکتریکی آن ها می شود و بر حسب مورد نیمه هادی های نوع n و نوع p ایجاد می شود. هنگامی که مواد گیرنده[1] به نانو ذرات نیمه هادی اضافه می شود، نیمه هادی نوع p تولید می شود و هدایت الکتریکی بیشتر مربوط به حرکت حفره ها می باشد. هنگامی که مواد دهنده[2] به نانو ذرات نیمه هادی اضافه می شود، نیمه هادی نوع n تولید می شود و هدایت اغلب به دلیل حرکت الکترون ها می باشد.

۱-۳ اهداف کار حاضر

نانوبلورهای نیمه هادی گروه II-IV در حال حاضر توجه زیادی را در میکروالکترونیک و اپتوالکترونیک[3]به خود جلب کرده اند. مشخص شده است که ساختار بلورین نانوبلورهای نیمه هادی و نیز اندازه و شکل آن ها می تواند تا حد زیادی خواص نوری، الکترونیکی و گرمایی آن ها را تحت تاثیر قراردهد [۱۸]. بنابراین، ضروری است که نانوبلورهای نیمه هادی را توسط روش های سنتزی کنترل شده، تهیه شوند. سولفید روی یکی از مهم ترین نیمه هادی های گروه II-VI است.

بلور سولفید روی (ZnS) معمولا دردو فاز بلورین[4] که هر ساختار انباشتگی های متفاوتی دارند، وجود دارد: فاز مکعبی[5]. با ساختار روی بلاند[6] (C-ZnS) و فاز شش گوشه ای[7] با ساختار ورتزیت[8] (H-ZnS). خواص نوری سولفید روی شش گوشه ای نسبت به شکل مکعبی آن بهتر است[۱۹]. هر دو ساختار شش گوشه ای و مکعبی، نیمه هادی های خالص با گاف انرژی وسیع هستند. گاف انرژی ZnS مکعبی ، در K ۳۰۰ برابر eV ۳/۵۴ است، در حالی که گاف انرژی ZnS شش گوشه ای ، eV ۳/۹۱ می باشد. فاز مکعبی ZnS در دمای اتاق فاز پایدارتر است. ساختار شش گوشه ای در دماهای بالاتر از

[1] Acceptor
[2] Doner
[3] Optoelectronic
[4] Polymorphism
[5] Cubic
[6] Blende
[7] Hexagonal
[8] Wurtzite

^{o}C ۱۰۲۰، تشکیل می شود. انتقال فازی از شکل مکعبی به شش گوشه ای در حدود ^{o}C ۱۰۲۰، اتفاق می افتد[۲۰].

در میان نانو ذرات نیمه هادی، نانوذرات سولفید روی موضوع تحقیقات بیشماری را تشکیل می دهد زیرا طیف گسترده ای از کاربردهای پتانسیلی از قبیل کاتالیزورها، نانو وسایل الکترونیکی و نوری الکترونیکی دارد[۲۴-۲۱]. ZnS، یک نیمه هادی با گاف انرژی وسیع است و ماده ای با مشخصه‌ی لومینسانس شاخص با کاربردهای برجسته ای در وسایل نمایشی، حسگرها، لیزرها [۲۵]، سلول های سوختی [۲۶] و ثبت کننده های مغناطیسی [۲۷] می باشد. ZnS همچنین کاندیدایی برجسته برای کاربرد در وسایل نوری بلورین با عملکردی در گستره ی مرئی تا IR نزدیک به واسطه ی خواص عبوری عالی و ضریب شکست بالای خود (۲/۲۷ در mm ۱) می باشد [۲۸]. یک کاربرد مهم ZnS به عنوان فتوکاتالیزور به دلیل تولید سریع جفت الکترون- حفره توسط تهییج نوری می باشد و از این نظر در زمینه های فتوسنتزی و حذف آلاینده های آب توجه زیادی را به خود جلب کرده است [۳۰و۲۹]. بنابراین در سالهای اخیر، تحقیقات ویژه ای در زمینه ی سنتز نانو ساختارهای مختلف ZnS انجام شده است[۳۷-۳۱]. نانوذرات سولفید روی، از روش های مختلفی نظیر: سل- ژل[1] [۳۸]، واکنش حالت جامد [۳۹]، تراکم در فاز گازی[2] [۴۰]، رسوب شیمیایی از فاز مایع[3] [۴۱]، روش تشکیل یون کمپلکس[۴۲]، رسوب گیری در مایعات و محیط آلی[۴۳]، تجزیه ی حرارتی[۴۴]، سنتز هیدروترمال[۴۵]، روش میکرو امولسیون[۴۶] و میکروویو[۴۷] سنتز شده اند.

در بین روش های مختلف تهیه ی نانوذرات مختلف سولفید روی، سنتز توسط تابش با میکروویو مزیت های زیادی از قبیل زمان واکنش خیلی کوتاه، تجهیزات و روش تهیه ی ساده و امن، خلوص بالا و توزیع سایز ذرات ناچیز دارد[۴۸].

حلال های یونی موفقیت چشمگیری در شیمی مهندسی و صنعت در قرن بیست و یکم در نتیجه ی خواص فیزیکوشیمیایی قابل ملاحظه ی خود از قبیل مایع بودن در طیف گسترده ای از دما، پایداری در

[1] Sol -gel
[2] Gas-phase condensation
[3] Liquid -phase chemical precipitation

فازمایع و هوا، سمیت پایین، هدایت یونی بالا، قابلیت حل کردن مواد مختلف و فشاربخار بسیار پایین، پیدا کرده اند[۴۹]. آن ها به علت فشاربخار بسیار پایین به عنوان درزگیر[1] استفاده می شوند. در بسیاری از واکنش های شیمی آلی از قبیل واکنش های دیلز-آلدر[2] و فریدل-کرافتس[3] حلال های یونی به عنوان حلال استفاده می شود [۵۰]. تحقیقات اخیر نشان داده است که حلال های یونی به عنوان حلال در فرایندهای کاتالیزوری زیستی نیز استفاده می شوند. آن ها هم چنین به عنوان اسیدها، بازها یا لیگاندها عمل می کنند. حلال های یونی به عنوان ماده ی اولیه در تهیه ی کاربن[4] های پایدار استفاده می شوند [۵۱]. حلال های یونی به علت ویژگی های ممتاز خود توجه زیادی را در زمینه های بسیاری از قبیل شیمی آلی، الکتروشیمی، کاتالیزوری و شیمی فیزیک و به علت نقش های امیدوارکننده ی خود به عنوان جایگزین قابل بازیافت و محیط واکنش بی اثر در فرایندهای شیمیایی به خود جلب کرده اند.

در حقیقت حلال یونی (IL) نمکی در حالت مایع است. در برخی زمینه ها، این اصطلاح به نمک هایی محدود می شود که نقطه ی ذوب آن ها زیر برخی دماهای اختیاری نظیر ۱۰۰ $^{\circ}C$ است. در حالی که مایعات معمولی از قبیل آب و گازولین عمدتا از ملکول های خنثی الکتریکی ساخته می شوند، حلال های یونی عمدتا از یون ها و جفت یون هایی با طول عمر کوتاه ساخته می شوند. حلال های یونی از ترکیب کاتیون های آلی حجیم نظیر ایمیدازولیوم یا پیریدیوم با آنیون های متنوع سنتز می شوند. گستره ی زیادی از جفت کاتیون و آنیون آلی، این امکان را فراهم می کند که حلال هایی با خواص ویژه طراحی شوند که برای کاربردهای ویژه از قبیل فرایندهای جداسازی و استخراج [۵۲] و سنتز نانوذرات مناسب باشند[۵۶-۵۳].

هدف اول مطالعه‌ی حاضر، تهیه ی نانوذرات سولفید روی با استفاده از ماکروویو در حضور حلال های یونی با پایه ی آنیون بیس (تری فلوئورو اتیل سولفونیل) ایمید و کاتیون های مختلف ۱- آلکیل۳- متیل ایمیدازولیوم به عنوان محیط واکنش می باشد. در حقیقت در این کار، به طور همزمان از مزیت های

[1] Sealant
[2] Diels-Alder reaction
[3] Friedel-Crafts reaction
[4] Carbene