



دانشگاه شاهرود

دانشکده شیمی

گروه شیمی معدنی

رساله

جهت اخذ دکتری تخصصی (Ph.D.) در رشته شیمی معدنی

عنوان

سنتز و شناسایی نانو ذرات آنتیموان کالکوژنیدهای دوپه شده با بعضی از کاتیونهای لانتانیدی و بررسی خواص نوری

و هدایتی آنها

استاد راهنما

دکتر عبدالعلی عالمی

استادان مشاور

دکتر علی اکبر خاندان

دکتر علی مرسلی

پژوهشگر

یونس حنیفه پورفیروزسالاری

اسفند ۱۳۹۰

نام خانوادگی دانشجو: حنیفه پورفروزسالاری	نام: یونس
عنوان پایان نامه: سنتز و شناسایی نانو ذرات آنتیموان کالکوژنیدهای دوپه شده با برخی از کاتیونهای عناصر لانتانیدی و بررسی خواص نوری و هدایتی آنها	
استاد راهنما: آقای دکتر عبدالعلی عالمی استاد مشاور: آقای دکتر علی اکبرخاندانر آقای دکتر علی مرسلی	
مقطع تحصیلی: دکتری	رشته: شیمی
مقطع تحصیلی: دکتری	گرایش: معدنی
دانشگاه: شیمی	دانشگاه: تبریز
تاریخ فارغ التحصیلی: ۱۳۹۰	
کلید واژه ها: آنتیموان کالکوژنید، نانو ذرات، کاتیونهای لانتانیدی، فلورسانس، هدایت الکتریکی	
<p>چکیده: کالکوژنیدهای فلزی حوزه وسیعی از تحقیقات را فرا می گیرد. این مواد تمایل به تشکیل پیوندهای کووالانسی با ابعاد ساختاری پایینتر دارند. بنابراین می توانند بلورهایی در ابعاد نانو با مورفولوژیهای مختلف ایجاد کنند. این مواد نیمه هادی بوده و خواص اپتیکی، الکتریکی، ترموالکتریکی و ... دارند و می توانند در قطعات ترموالکتریکی، پیلهای خورشیدی و آرایه های فتوولتائیک، فتو دیود و قطعات سرد کننده ترمودینامیک استفاده شوند. در این پروژه، آنتیموان کالکوژنیدهای دوپه شده با کاتیونهای لوتسیم، ایتربیم، اربیم و هولمیم سنتز گردید و ساختار کریستالی، خواص نوری و هدایتی آنها مطالعه گردید. هم چنین آنتیموان سولفید با دو روش جدید تخریب کمپلکس آلی-فلزی والکتروشیمیایی برای اولین بار با بهره بالا تهیه گردید. الگوهای XRD این ترکیبات نشان می دهد، میزان دوپه شدن به ترتیب زیر $Se > S > Te$ کاهش می یابد و اختلاف در شعاع و خواص شیمیایی این کاتیونها منجر به تغییر پارامترهای سلول واحد می گردد. بررسی های SEM و TEM ترکیبات سنتز شده حاکی از این بود که با دوپه کردن کاتیون های لانتانیدی مذکور در برخی موارد مورفولوژی آنتیموان کالکوژنید تغییر می کرد و در بعضی ها هیچ تغییری در مورفولوژی ایجاد نمی شد. در این کار پژوهشی طیف وسیعی از مورفولوژی ها اعم از نانو میله، نانو نوار، نانو گل، نانو ذره و نانو صفحه های هگزائگونالی برای ترکیبات بدست آمده مشاهده گردید. همانگونه که برای ترکیبات نانو قابل انتظار است، طیف های UV-Vis و فلورسانس تمام ترکیبات سنتز شده جابجایی آبی نسبت به حالت حجیم نشان می دهند و دوپه شدن کاتیونهای لانتانیدی نیز ساختار الکترونی را تغییر داده و باعث می شود جابجایی هایی در گاف انرژی ترکیبات دوپه شده نسبت به حالت دوپه نشده ایجاد شود. بدلیل وجود نقصهایی در سطح ترکیبات یا ساختار آنها، دو پیک نشری باریک و پهن در فلورسانس آنتیموان کالکوژنیدها دیده می شود. همچنین پیکهای نشری باریک در ترکیبات دوپه شده ظاهر می گردد که به انتقالات f-f کاتیونهای دوپه شونده مربوط می شود. با افزایش غلظت لانتانید دوپه شونده مقاومت الکتریکی کاهش می یابد که اکثرا این کاهش به صورت خطی است. همچنین با افزایش دما مقاومت الکتریکی سولفیدها، سلنیدها و تلوریدها کاهش و هدایت الکتریکی افزایش می یابد که در ترکیبات تلوریدی هدایت بهتری نسبت به ترکیبات دیگر مشاهده می گردد. نوع کاتیون دوپه شونده و مورفولوژی در میزان هدایت الکتریکی دخیل بوده و برای ترکیباتی با گاف انرژی کوچکتر هدایت بالا می باشد.</p>	

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل اول : بررسی منابع	
مقدمه	
۱-۱) نانوفناوری.....	۱
۲-۱) ویژگی ها و خواص نانومواد.....	۳
۳-۱) نانو و شیمی حالت جامد.....	۵
۴-۱) طبقه بندی مواد نانو.....	۶
۱-۴-۱) مواد نانو یک بعدی.....	۷
۲-۴-۱) مواد نانو دو بعدی.....	۸
۳-۴-۱) مواد نانوی صفر بعدی.....	۹
۴-۴-۱) نانو گلها.....	۱۰
۵-۱) روش هیدروترمال و سولوترمال.....	۱۰
۶-۱) کالکوژنیدهای فلزات.....	۱۲
۷-۱) روشهای سنتز فلز-کالکوژنیدها.....	۱۴
۸-۱) آنتیموان کالکوژنها.....	۱۵
۱-۸-۱) ساختار و خواص آنتیموان سولفید.....	۱۵
۲-۸-۱) ساختار و خواص آنتیموان سلنید.....	۱۹
۳-۸-۱) ساختار و خواص آنتیموان تلورید.....	۲۲
۹-۱) ویژگی های نوری کالکوژنیدهای فلزات.....	۲۶
۱۰-۱) دوپه چیست؟.....	۲۸
۱۱-۱) خواص لومینسانس ترکیبات دوپه شونده با کاتیون های لانتانیدی.....	۲۸
۱۲-۱) کاتیونهای دوپه شده در کالکوژنید های آنتیموان.....	۲۹
۱۳-۱) ضرورت و هدف.....	۳۰
فصل دوم :مواد و روش ها	
۱-۲) مواد شیمیایی استفاده شده.....	۳۱
۲-۲) دستگاهها و نرم افزارهای مورد استفاده.....	۳۱
۳-۲) روشهای تهیه آنتیموان سولفید.....	۳۲
۱-۳-۲) تهیه نانوميله های Sb_2S_3 با استفاده از يد به عنوان آغازگر.....	۳۲
۲-۳-۲) تهیه نانو ذرات آنتیموان سولفید به روش هیدروترمال در حضور پلی وینیل پیرولیدون.....	۳۲
۳-۳-۲) تهیه آنتیموان سولفید (Sb_2S_3) به روش تخریب کمپلکس فلز- آلی.....	۳۳
۴-۳-۲) تهیه آنتیموان سولفید به روش هیدروترمال.....	۳۳
۵-۳-۲) تهیه آنتیموان سولفید دوپه شده با کاتیون های لانتانیدی به صورت هیدروترمال.....	۳۴
۴-۲) روش تهیه آنتیموان سلنید.....	

- ۳۷..... ۲-۴-۱) تهیه آنتیموان سلنید به روش هیدروترمال
- ۳۷..... ۲-۴-۲) تهیه آنتیموان سلنید دوپه شده با کاتیون های لانتانیدی با روش هیدروترمال
- ۴۰..... ۲-۵) روش تهیه آنتیموان تلورید
- ۴۰..... ۲-۵-۱) تهیه آنتیموان تلورید به روش هیدروترمال
- ۴۰..... ۲-۵-۲) تهیه آنتیموان تلورید دوپه شده با کاتیون های لانتانیدی با روش هیدروترمال
- فصل سوم: بحث و نتیجه گیری
- ۴۳..... ۳-۱) سنتز نانومیله های Sb_2S_3 با استفاده از ید به عنوان آغازگر
- ۴۴..... ۳-۱-۲) مورفولوژی آنتیموان سولفید (Sb_2S_3) سنتز شده
- ۴۴..... ۳-۱-۳) خواص نوری نانومیله های آنتیموان سولفید
- ۴۵..... ۳-۱-۴) مکانیسم سنتز نانومیله های آنتیموان سولفید به روش الکتروشیمیایی
- ۴۶..... ۳-۲) تهیه نانو ذرات آنتیموان سولفید به روش هیدروترمال در حضور پلی وینیل پیرولیدون
- ۴۷..... ۳-۲-۲) مورفولوژی نانوذرات آنتیموان سولفید
- ۴۸..... ۳-۳) سنتز آنتیموان سولفید (Sb_2S_3) به روش تخریب کمپلکس فلز-آلی
- ۴۹..... ۳-۳-۱) مورفولوژی آنتیموان سولفید (Sb_2S_3) سنتز شده
- ۵۱..... ۳-۳-۲) خواص نوری نانومیله های آنتیموان سولفید
- ۵۳..... ۳-۴) سنتز آنتیموان سولفید دوپه شده با کاتیونهای لوتسیم به روش هیدروترمال (III)
- ۵۳..... ۳-۴-۱) بررسی الگوهای P-XRD
- ۶۱..... ۳-۴-۲) مورفولوژی آنتیموان سولفید دوپه شده با کاتیونهای لوتسیم (III)
- ۶۳..... ۳-۴-۳) خواص نوری نانومیله های آنتیموان سولفید دوپه شده با کاتیونهای لوتسیم (III)
- ۶۴..... ۳-۴-۴) مقاومت الکتریکی نانو نانومیله های آنتیموان سولفید دوپه شده با کاتیونهای لوتسیم
- ۶۵..... ۳-۵) سنتز آنتیموان سولفید دوپه شده با کاتیونهای ایتربوم به روش هیدروترمال (III)
- ۶۵..... ۳-۵-۱) بررسی الگوهای P-XRD
- ۷۲..... ۳-۵-۲) مورفولوژی آنتیموان سولفید دوپه شده با کاتیونهای ایتربوم (III)
- ۷۴..... ۳-۵-۳) ویژگی های نوری ترکیبات سنتز شده با فرمول شیمیایی $Sb_{2-x}Yb_xS_3$
- ۷۶..... ۳-۵-۴) مقاومت الکتریکی نانو نانوذرات آنتیموان سولفید دوپه شده با ایتربوم
- ۷۷..... ۳-۶) سنتز آنتیموان سولفید دوپه شده با کاتیونهای ارییم به روش هیدروترمال (III)
- ۷۷..... ۳-۶-۱) بررسی الگوهای P-XRD
- ۸۴..... ۳-۶-۲) مورفولوژی آنتیموان سولفید دوپه شده با کاتیونهای ارییم (III)
- ۸۶..... ۳-۶-۳) ویژگی های نوری ترکیبات سنتز شده با فرمول شیمیایی $Sb_{2-x}Er_xS_3$
- ۸۷..... ۳-۶-۴) مقاومت الکتریکی نانو نانوگل های آنتیموان سولفید دوپه شده با ارییم
- ۸۸..... ۳-۷) سنتز آنتیموان سولفید دوپه شده با کاتیونهای هولمیم به روش هیدروترمال (III)
- ۸۸..... ۳-۷-۱) بررسی الگوهای P-XRD
- ۹۵..... ۳-۷-۲) مورفولوژی آنتیموان سولفید دوپه شده با Ho^{3+}
- ۹۷..... ۳-۷-۳) ویژگی های نوری ترکیبات سنتز شده با فرمول شیمیایی $Sb_{2-x}Ho_xS_3$

- ۳-۷-۴) مقاومت الکتریکی نانومیله های آنتیموان سولفید دوپه شده با هولیمیم..... ۹۹
- ۳-۸-۸) سنتز و شناسایی آنتیموان سلنیدبه روش هیدروترمال ۱۰۰
- ۳-۸-۱) مورفولوژی آنتیموان سلنید..... ۱۰۱
- ۳-۸-۲) خواص نوری نانومیله های آنتیموان سلنید ۱۰۳
- ۳-۹-۹) سنتز آنتیموان سلنید دوپه شده با کاتیونهای لوتسیم به روش هیدروترمال(III) ۱۰۴
- ۳-۹-۱) بررسی الگوهای P-XRD ۱۰۴
- ۳-۹-۲) مورفولوژی آنتیموان سلنید دوپه شده با کاتیونهای لوتسیم(III) ۱۱۲
- ۳-۹-۳) خواص نوری نانولوله های آنتیموان سلنید دوپه شده با کاتیونهای لوتسیم(III) ۱۱۳
- ۳-۹-۴) مقاومت الکتریکی نانو نانوذرات آنتیموان سلنید دوپه شده با کاتیونهای لوتسیم..... ۱۱۴
- ۳-۱۰-۱) سنتز آنتیموان سلنید دوپه شده با کاتیونهای ایتربوم به روش هیدروترمال(III) ۱۱۵
- ۳-۱۰-۱) بررسی الگوهای P-XRD ۱۱۵
- ۳-۱۰-۲) مورفولوژی آنتیموان سلنید دوپه شده با کاتیونهای ایتربوم(III) ۱۲۲
- ۳-۱۰-۳) ویژگی های نوری ترکیبات سنتز شده با فرمول شیمیایی $Sb_{2-x}Yb_xSe_3$ ۱۲۳
- ۳-۱۰-۴) مقاومت الکتریکی نانوجل های آنتیموان سلنید دوپه شده با کاتیونهای ایتربیم..... ۱۲۵
- ۳-۱۱-۱) سنتز آنتیموان سلنید دوپه شده با کاتیونهای ارییم به روش هیدروترمال(III) ۱۲۶
- ۳-۱۱-۱) بررسی الگوهای P-XRD ۱۲۶
- ۳-۱۱-۲) مورفولوژی آنتیموان سلنید دوپه شده با کاتیونهای ارییم(III) ۱۳۴
- ۳-۱۱-۳) ویژگی های نوری ترکیبات سنتز شده با فرمول شیمیایی $Sb_{2-x}Er_xSe_3$ ۱۳۴
- ۳-۱۱-۴) مقاومت الکتریکی نانو گل های آنتیموان سلنید دوپه شده با کاتیونهای ارییم..... ۱۳۷
- ۳-۱۲-۱) سنتز آنتیموان سلنید دوپه شده با کاتیونهای هولیمیم به روش هیدروترمال(III) ۱۳۷
- ۳-۱۲-۱) بررسی الگوهای P-XRD ۱۳۷
- ۳-۱۲-۲) مورفولوژی آنتیموان سلنید دوپه شده با کاتیونهای هولیمیم(III) ۱۴۵
- ۳-۱۲-۳) ویژگی های نوری ترکیبات سنتز شده با فرمول شیمیایی $Sb_{2-x}Ho_xSe_3$ ۱۴۶
- ۳-۱۲-۴) مقاومت الکتریکی نانومیله های آنتیموان سلنید دوپه شده با کاتیونهای هولیمیم..... ۱۴۸
- ۳-۱۳-۱) سنتز و شناسایی آنتیموان تلوریدبه روش هیدروترمال ۱۴۹
- ۳-۱۳-۱) مورفولوژی آنتیموان تلورید ۱۴۹
- ۳-۱۳-۲) خواص نوری نانوصفحه های آنتیموان تلورید..... ۱۵۱
- ۳-۱۴-۱) سنتز آنتیموان تلورید دوپه شده با کاتیونهای لوتسیم به روش هیدروترمال(III) ۱۵۱
- ۳-۱۴-۱) بررسی الگو های P-XRD ۱۵۱
- ۳-۱۴-۲) مورفولوژی آنتیموان تلورید دوپه شده با لوتسیم(III) ۱۵۹
- ۳-۱۴-۳) ویژگی نوری ترکیبات سنتز شده با فرمول شیمیایی $Sb_{2-x}Lu_xTe_3$ ۱۶۰
- ۳-۱۴-۴) مقاومت الکتریکی نانوذرات آنتیموان تلورید دوپه شده با کاتیون لوتسیم..... ۱۶۱
- ۳-۱۵-۱) سنتز آنتیموان تلورید دوپه شده با کاتیونهای ایتربیم (III) به روش هیدروترمال..... ۱۶۳
- ۳-۱۵-۱) بررسی الگوهای P-XRD ۱۶۳

۱۶۸.....	۲-۱۵-۳) مورفولوژی آنتیموان تلورید دوپه شده با کاتیونهای ایتربیم (III) ..
۱۷۰.....	۳-۱۵-۳) ویژگی نوری ترکیبات سنتز شده با فرمول شیمیایی $Sb_{2-x}Yb_xTe_3$..
۱۷۱.....	۴-۱۵-۳) مقاومت الکتریکی نانو صفحه های هگزاگونالی آنتیموان تلورید دوپه شده با کاتیون ایتربیم ..
۱۷۲.....	۱۶-۳) سنتز آنتیموان تلورید دوپه شده با کاتیونهای اربیم به روش هیدروترمال (III) ..
۱۷۲.....	۱-۱۶-۳) بررسی الگوهای P-XRD ..
۱۷۸.....	۲-۱۶-۳) مورفولوژی آنتیموان تلورید دوپه شده با کاتیونهای اربیم (III) ..
۱۷۹.....	۳-۱۶-۳) ویژگی نوری ترکیبات سنتز شده با فرمول شیمیایی $Sb_{2-x}Er_xTe_3$..
۱۸۰.....	۴-۱۶-۳) مقاومت الکتریکی نانو صفحه های هگزاگونالی آنتیموان تلورید دوپه شده با کاتیون اربیم ..
۱۸۱.....	۱۷-۳) سنتز آنتیموان تلورید دوپه شده با کاتیونهای هولمیم (III) ..
۱۸۱.....	۱-۱۷-۳) بررسی الگوهای P-XRD ..
۱۸۷.....	۲-۱۷-۳) مورفولوژی آنتیموان تلورید دوپه شده با کاتیونهای هولمیم (III) ..
۱۸۸.....	۳-۱۷-۳) ویژگی نوری ترکیبات سنتز شده با فرمول شیمیایی $Sb_{2-x}Ho_xTe_3$..
۱۹۰.....	۴-۲۷-۳) مقاومت الکتریکی نانوذرات آنتیموان تلورید دوپه شده با کاتیون هولمیم ..
۱۹۳.....	نتیجه گیری ..
۱۹۴.....	پیشنهادات ..
۱۹۵.....	منابع ..

فهرست اشکال

- شکل ۱-۱ انتقال الکترون از باند ظرفیتی به باند هدایتی ۴
- شکل ۲-۱ طیف فلورسانس کوانتوم دات CdSe با اندازه قابل تنظیم ۱۰
- شکل ۳-۱ ساختار کریستالی Sb_2S_3 ۱۶
- شکل ۴-۱ ویسکرهای منشوری Sb_2S_3 ۱۷
- شکل ۵-۱ (a) نانوتیوب های گرافیت (b) نانوتیوب های آنتیموان سولفید ۱۸
- شکل ۶-۱ ساختار کریستالی Sb_2Se_3 ۱۹
- شکل ۷-۱ ساختار زنجیری Sb_2Se_3 و تشکیل نانو میله از هسته اولیه ۲۱
- شکل ۸-۱ ساختار کریستالی Sb_2Te_3 ۲۲
- شکل ۹-۱ نمایش شماتیک تبدیل صفحه هگزاگونالی به حلقه هگزاگونالی ۲۴
- شکل ۱۰-۱ مکانیسم رشد پیشنهادی برای ایجاد نانو چنگال ۲۵
- شکل ۱۱-۱ مدل گاف انرژی برای لومینسانس کاتیونهای لانتانیدی دوپه شده در آنتیموان کالکوژنید ها ۲۹
- شکل ۱-۲ آروش سنتز آنتیموان سولفید به صورت شماتیک ۳۴
- شکل ۲-۲ آروش سنتز آنتیموان سولفید دوپه شده با کاتیونهای لانتانیدی به صورت شماتیک ۳۴
- شکل ۳-۲ آروش سنتز آنتیموان سلنید به صورت شماتیک ۳۷
- شکل ۴-۲ آروش سنتز آنتیموان تلورید دوپه شده با کاتیونهای لانتانیدی به صورت شماتیک ۴۰
- شکل ۱-۳ طیف P-XRD نمونه Sb_2S_3 سنتز شده در دمای $180^\circ C$ و مدت ۴۸ ساعت ۴۳
- شکل ۲-۳ آنالیز EDX نمونه Sb_2S_3 سنتز شده در دمای $180^\circ C$ و مدت ۴۸ ساعت ۴۳
- شکل ۳-۳ تصاویر SEM نانومیله های Sb_2S_3 سنتز شده در بزرگنمایی متفاوت ۴۴
- شکل ۴-۳ تصاویر TEM، (a) HRTEM و (b) SAED نانومیله های Sb_2S_3 سنتز شده دمای $180^\circ C$ و مدت ۴۸ ساعت ۴۴
- شکل ۵-۳ طیف فتولومینسانس برای نانومیله های آنتیموان سولفید (a) تحریک و (b) نشر ۴۵
- شکل ۶-۳ طیف جذبی نانومیله های آنتیموان سولفید ۴۵
- شکل ۷-۳ طیف P-XRD نانوذرات آنتیموان سولفید در دماهای (a) $180^\circ C$ ، (b) $150^\circ C$ و (c) $130^\circ C$ ۴۶

- شکل ۳-۸ آنالیز EDX نانوذرات آنتیموان سولفید در دمای 180°C و مدت ۴۸ ساعت ۴۷
- شکل ۳-۹ تصویر SEM نانوذرات Sb_2S_3 سنتز شده در دمای 180°C و مدت ۴۸ ساعت در حضور PVP ۴۷
- شکل ۳-۱۰ تصویر AFM نانوذرات Sb_2S_3 سنتز شده در دمای 180°C و مدت ۴۸ ساعت ۴۸
- شکل ۳-۱۱ طیف جذبی نانوذرات Sb_2S_3 سنتز شده در دمای 180°C و مدت ۴۸ ساعت ۴۸
- شکل ۳-۱۲ الگوی P-XRD Sb_2S_3 سنتز شده در دمای 180°C و مدت ۴۸ ساعت ۴۹
- شکل ۳-۱۳ آنالیز EDX Sb_2S_3 سنتز شده در دمای 180°C و مدت ۴۸ ساعت ۴۹
- شکل ۳-۱۴ تصویر SEM نانومیله های Sb_2S_3 سنتز شده در بزرگنمایی متفاوت ۵۰
- شکل ۳-۱۵ تصویر AFM نانومیله های Sb_2S_3 سنتز شده ۵۰
- شکل ۳-۱۶ تصاویر TEM (a)، HRTEM، FFT (b) و SAED (c) نانومیله های Sb_2S_3 سنتز شده در دمای 180°C و مدت ۴۸ ساعت ۵۱
- شکل ۳-۱۷ طیف فتولومینسانس برای نانومیله های آنتیموان سولفید
- (a) تحریک و (b) نشر ۵۱
- شکل ۳-۱۸ طیف جذبی نانومیله های آنتیموان سولفید ۵۲
- شکل ۳-۱۹ تصویر SEM نانومیله های Sb_2S_3 در حال تشکیل در بزرگنمایی متفاوت ۵۲
- شکل ۳-۲۰ تصویر SEM نانومیله های Sb_2S_3 در محیط اسیدی در بزرگنمایی متفاوت ۵۳
- شکل ۳-۲۱ الگوی P-XRD آنتیموان سولفید دوپه شده با ۱٪ لوتسیم ۵۴
- شکل ۳-۲۲ الگوی P-XRD آنتیموان سولفید دوپه شده با ۲٪ لوتسیم ۵۵
- شکل ۳-۲۳ الگوی P-XRD آنتیموان سولفید دوپه شده با ۴٪ لوتسیم ۵۶
- شکل ۳-۲۴ الگوی P-XRD آنتیموان سولفید دوپه شده با ۵٪ لوتسیم ۵۷
- شکل ۳-۲۵ الگوی P-XRD آنتیموان سولفید ناخالص با ۶٪ لوتسیم ۵۸
- شکل ۳-۲۶ الگوی P-XRD آنتیموان سولفید ناخالص با ۶/۵٪ لوتسیم ۵۹
- شکل ۳-۲۷ آنالیز EDX ترکیب $\text{Sb}_{1.90}\text{Lu}_{0.1}\text{S}_3$ ۶۰

- شکل ۳-۲۸ تغییرات پارامترهای سلول واحد شبکه کریستالی $Sb_{2-x}Lu_xS_3$ ($x = 0$ to 0.1) بر اساس دوپه شدن Lu^{3+} به جای Sb^{3+} در شبکه کریستالی ۶۱
- شکل ۳-۲۹ تصویر SEM نانو میله های سنتز شده با فرمول شیمیایی $Sb_{1.90}Lu_{0.1}S_3$ ۶۲
- شکل ۳-۳۰ تصویر SEM نانو میله های سنتز شده با فرمول شیمیایی $Sb_{1.96}Lu_{0.04}S_3$ ۶۲
- شکل ۳-۳۱ تصاویر TEM نانو میله های سنتز شده با فرمول شیمیایی $Sb_{1.90}Lu_{0.1}S_3$ ۶۳
- شکل ۳-۳۲ طیفهای جذبی ترکیبات سنتز شده با فرمول شیمیایی $Sb_{2-x}Lu_xS_3$ ($a:x=0.04, b:x=0.06, c: x=0.1$) ۶۳
- شکل ۳-۳۳ طیف فتو لومینسانس ترکیبات سنتز شده با فرمول شیمیایی $Sb_{2-x}Lu_xS_3$ ($a:x=0.04, b:x=0.06, c: x=0.1$) ۶۴
- شکل ۳-۳۴ مقاومت الکتریکی ترکیبات سنتز شده با فرمول شیمیایی $Sb_{2-x}Lu_xS_3$ ۶۵
- شکل ۳-۳۵ مقاومت الکتریکی ترکیب $Sb_{1.90}Lu_{0.1}S_3$ با افزایش دما ۶۵
- شکل ۳-۳۶ الگوی P-XRD آنتیموان سولفیددوپه شده با ۱/۵٪ ایتربیم ۶۶
- شکل ۳-۳۷ طیف P-XRD آنتیموان سولفیددوپه شده با ۲/۵٪ ایتربیم ۶۷
- شکل ۳-۳۸ طیف P-XRD آنتیموان سولفیددوپه شده با ۳/۵٪ ایتربیم ۶۸
- شکل ۳-۳۹ الگوی P-XRD آنتیموان سولفیددوپه شده با ۴/۵٪ ایتربیم ۶۹
- شکل ۳-۴۰ الگوی P-XRD آنتیموان سولفیدنا خالص با ۵٪ ایتربیم ۷۰
- شکل ۳-۴۱ آنالیز EDX ترکیب $Sb_{1.91}Lu_{0.09}S_3$ ۷۱
- شکل ۳-۴۲ تغییرات پارامترهای سلول واحد شبکه کریستالی $Sb_{2-x}Yb_xS_3$ ($x = 0$ to 0.09) بر اساس دوپه شدن Yb^{3+} به جای Sb^{3+} در شبکه کریستالی ۷۲
- شکل ۳-۴۳ تصویر SEM نانو ذرات سنتز شده با فرمول شیمیایی (a) $Sb_{1.95}Yb_{0.05}S_3$ و (b) $Sb_{1.91}Yb_{0.09}S_3$ ۷۳
- شکل ۳-۴۴ تصویر TEM (a) و الگوی SAED (b) نانو ذرات $Sb_{1.91}Yb_{0.09}S_3$ ۷۴
- شکل ۳-۴۵ طیفهای جذبی ترکیبات سنتز شده با فرمول شیمیایی $Sb_{2-x}Yb_xS_3$ ($a:x=0.03, b:x=0.06, c: x=0.09$) ۷۵
- شکل ۳-۴۶ طیف فتو لومینسانس ترکیبات سنتز شده با فرمول شیمیایی $Sb_{2-x}Yb_xS_3$ ($a:x=0.03, b:x=0.06, c: x=0.09$) ۷۶
- شکل ۳-۴۷ مقاومت الکتریکی ترکیبات سنتز شده با فرمول شیمیایی $Sb_{2-x}Yb_xS_3$ ۷۶
- شکل ۳-۴۸ مقاومت الکتریکی ترکیب $Sb_{1.91}Yb_{0.09}S_3$ با افزایش دما ۷۷

- شکل ۳-۴۹ الگوی P-XRD آنتیموان سولفیددوپه شده با ۱/۵٪ ارییم..... ۷۸
- شکل ۳-۵۰ الگوی P-XRD آنتیموان سولفیددوپه شده با ۲/۵٪ ارییم..... ۷۹
- شکل ۳-۵۱ الگوی P-XRD آنتیموان سولفیددوپه شده با ۳/۵٪ ارییم..... ۸۰
- شکل ۳-۵۲ الگوی P-XRD آنتیموان سولفیددوپه شده با ۴/۵٪ ارییم..... ۸۱
- شکل ۳-۵۳ الگوی P-XRD آنتیموان سولفیدناخالص با ۵٪ ارییم..... ۸۲
- شکل ۳-۵۴ آنالیز EDX ترکیب $Sb_{1.91}Yb_{0.09}S_3$ ۸۳
- شکل ۳-۵۵ تغییرات پارامترهای سلول واحد شبکه کریستالی $Sb_{2-x}Er_xS_3$ ($x = 0$ to 0.09) بر اساس دوپه شدن Er^{3+} به جای Sb^{3+} در شبکه کریستالی..... ۸۴
- شکل ۳-۵۶ تصویر SEM نانوجل های سنتز شده با فرمول شیمیایی $Sb_{1.91}Er_{0.09}S_3$ ۸۵
- شکل ۳-۵۷ تصویر TEM و الگوی SAED نانوجل های $Sb_{1.91}Er_{0.09}S_3$ ۸۵
- شکل ۳-۵۸ طیفهای جذبی ترکیبات سنتز شده با فرمول شیمیایی $Sb_{2-x}Er_xS_3$ ($a: x=0.03, b: x=0.06, c: x=0.09$)..... ۸۶
- شکل ۳-۵۹ طیف فتو لومینسانس ترکیبات سنتز شده با فرمول شیمیایی $Sb_{2-x}Er_xS_3$ ($a: x=0.03, b: x=0.06, c: x=0.09$)..... ۸۷
- شکل ۳-۶۰ مقاومت الکتریکی ترکیبات سنتز شده با فرمول شیمیایی $Sb_{2-x}Er_xS_3$ ۸۸
- شکل ۳-۶۱ مقاومت الکتریکی ترکیب $Sb_{1.91}Er_{0.09}S_3$ با افزایش دما..... ۸۸
- شکل ۳-۶۲ الگوی P-XRD آنتیموان سولفیددوپه شده با ۱٪ هولیمیم..... ۸۹
- شکل ۳-۶۳ طیف P-XRD آنتیموان سولفیددوپه شده با ۲٪ هولیمیم..... ۹۰
- شکل ۳-۶۴ طیف P-XRD آنتیموان سولفیددوپه شده با ۴٪ هولیمیم..... ۹۱
- شکل ۳-۶۵ الگوی P-XRD آنتیموان سولفیددوپه شده با ۵٪ هولیمیم..... ۹۲
- شکل ۳-۶۶ الگوی P-XRD آنتیموان سولفید ناخالص با ۵/۵٪ هولیمیم..... ۹۳
- شکل ۳-۶۷ آنالیز EDX ترکیب $Sb_{1.90}Ho_{0.1}S_3$ ۹۴
- شکل ۳-۶۸ تغییرات پارامترهای سلول واحد شبکه کریستالی $Sb_{2-x}Ho_xS_3$ ($x = 0$ to 0.1) بر اساس دوپه شدن Ho^{3+} به جای Sb^{3+} در شبکه کریستالی..... ۹۵
- شکل ۳-۶۹ تصویر SEM نانومپله های سنتز شده با فرمول شیمیایی $Sb_{1.90}Ho_{0.1}S_3$ (a) و $Sb_{1.96}Ho_{0.04}S_3$ (b)..... ۹۶

- شکل ۳-۷۰ تصویر TEM نانو میله های $Sb_{1.90}Ho_{0.1}S_3$ ۹۷
- شکل ۳-۷۱ طیفهای جذبی ترکیبات سنتز شده با فرمول شیمیایی $Sb_{2-x}Ho_xS_3$ (a:x= 0.04, b:x=0.08, c: x=0.1) ۹۸
- شکل ۳-۷۲ طیف فتو لومینسانس ترکیبات سنتز شده با فرمول شیمیایی $Sb_{2-x}Ho_xS_3$ (a:x= 0.04, b:x=0.08, c: x=0.1) ۹۹
- شکل ۳-۷۳ مقاومت الکتریکی ترکیبات سنتز شده با فرمول شیمیایی $Sb_{2-x}Ho_xS_3$ ۱۰۰
- شکل ۳-۷۴ مقاومت الکتریکی ترکیب $Sb_{1.90}Ho_{0.1}S_3$ با افزایش دما ۱۰۰
- شکل ۳-۷۵ الگوی Sb_2Se_3 P-XRD سنتز شده ۱۰۱
- شکل ۳-۷۶ آنالیز EDX Sb_2Se_3 سنتز شده ۱۰۱
- شکل ۳-۷۷ تصویر SEM نانومیله های سنتز شده Sb_2Se_3 در دمای $180^\circ C$ و مدت ۴۸ ساعت ۱۰۲
- شکل ۳-۷۸ تصویر TEM، HRTEM و الگوی SAED نانومیله های سنتز شده Sb_2Se_3 در $180^\circ C$ و مدت ۴۸ ساعت ۱۰۳
- شکل ۳-۷۹ طیف جذبی نانو میله های آنتیموان سلنید ۱۰۴
- شکل ۳-۸۰ طیف فتولومینسانس برای نانومیله های آنتیموان سلنید ۱۰۴
- شکل ۳-۸۱ الگوی P-XRD آنتیموان سلنید دوپه شده با ۱٪ لوتسیم ۱۰۵
- شکل ۳-۸۲ الگوی P-XRD آنتیموان سلنید دوپه شده با ۲٪ لوتسیم ۱۰۶
- شکل ۳-۸۳ الگوی P-XRD آنتیموان سلنید دوپه شده با ۵٪ لوتسیم ۱۰۷
- شکل ۳-۸۴ الگوی P-XRD آنتیموان سلنید دوپه شده با ۶٪ لوتسیم ۱۰۸
- شکل ۳-۸۵ الگوی P-XRD آنتیموان سلنیدنا خالص با ۷/۵٪ لوتسیم ۱۰۹
- شکل ۳-۸۶ الگوی P-XRD آنتیموان سلنیدنا خالص با ۷٪ لوتسیم ۱۱۰
- شکل ۳-۸۷ آنالیز EDX ترکیب $Sb_{1.88}Lu_{0.12}Se_3$ ۱۱۱
- شکل ۳-۸۸ تغییرات پارامترهای سلول واحد شبکه کریستالی $Sb_{2-x}Lu_xSe_3$ (x = 0 to 0.12) بر اساس دوپه شدن Lu^{3+} به جای Sb^{3+} در شبکه کریستالی ۱۱۱
- شکل ۳-۸۹ تصویر SEM نانو ذرات سنتز شده با فرمول شیمیایی $Sb_{1.88}Lu_{0.12}Se_3$ با بزرگنمایی مختلف ۱۱۲
- شکل ۳-۹۰ تصویر (a) TEM و الگوی SAED (b) نانو ذرات $Sb_{1.88}Lu_{0.12}Se_3$ ۱۱۳
- شکل ۳-۹۱ طیفهای جذبی ترکیبات سنتز شده با فرمول $Sb_{2-x}Lu_xSe_3$ (a:x= 0.06, b:x=0.08, c: x=0.12) ۱۱۳

- شکل ۳-۹۲ طیف فتو لومینسانس ترکیبات سنتز شده با فرمول شیمیایی $Sb_{2-x}Lu_xSe_3$ ($x=0.06, x=0.08, x=0.12$) ۱۱۴
- شکل ۳-۹۳ مقاومت الکتریکی ترکیبات سنتز شده با فرمول شیمیایی $Sb_{2-x}Lu_xSe_3$ ۱۱۵
- شکل ۳-۹۴ هدایت الکتریکی ترکیب $Sb_{1.88}Lu_{0.12}Se_3$ با افزایش دما ۱۱۵
- شکل ۳-۹۵ الگوی P-XRD آنتیموان سلنید دوپه شده با ۲٪ ایتريم ۱۱۶
- شکل ۳-۹۶ الگوی P-XRD آنتیموان سلنید دوپه شده با ۴٪ ایتريم ۱۱۷
- شکل ۳-۹۷ الگوی P-XRD آنتیموان سلنید دوپه شده با ۵٪ ایتريم ۱۱۸
- شکل ۳-۹۸ الگوی P-XRD آنتیموان سلنید دوپه شده با ۶٪ ایتريم ۱۱۹
- شکل ۳-۹۹ الگوی P-XRD آنتیموان سلنید نا خالص با ۶/۵٪ ایتريم ۱۲۰
- شکل ۳-۱۰۰ آنالیز EDX ترکیب $Sb_{1.88}Yb_{0.12}Se_3$ ۱۲۱
- شکل ۳-۱۰۱ تغییرات پارامترهای سلول واحد شبکه کریستالی $Sb_{2-x}Yb_xSe_3$ ($x = 0$ to 0.12) بر اساس دوپه شدن Yb^{3+} به جای Sb^{3+} در شبکه کریستالی ۱۲۱
- شکل ۳-۱۰۲ تصویر SEM نانوجل های سنتز شده با فرمول شیمیایی $Sb_{1.88}Yb_{0.12}Se_3$ ۱۲۲
- شکل ۳-۱۰۳ تصویر TEM (a) و الگوی SAED (b) نانوجل های $Sb_{1.88}Yb_{0.12}Se_3$ ۱۲۳
- شکل ۳-۱۰۴ طیفهای جذبی ترکیبات سنتز شده با فرمول شیمیایی $Sb_{2-x}Yb_xSe_3$ ($a:x=0.04, b:x=0.06, c:x=0.12$) ۱۲۴
- شکل ۳-۱۰۵ طیف فتو لومینسانس ترکیبات سنتز شده با فرمول شیمیایی $Sb_{1.88}Yb_{0.12}Se_3$ (a) تحریک (b) نشر ۱۲۵
- شکل ۳-۱۰۶ مقاومت الکتریکی ترکیبات سنتز شده با فرمول شیمیایی $Sb_{2-x}Yb_xSe_3$ ۱۲۵
- شکل ۳-۱۰۷ مقاومت الکتریکی ترکیب $Sb_{1.88}Yb_{0.12}Se_3$ با افزایش دما ۱۲۶
- شکل ۳-۱۰۸ الگوی P-XRD آنتیموان سلنید دوپه شده با ۲٪ ایتريم ۱۲۷
- شکل ۳-۱۰۹ الگوی P-XRD آنتیموان سلنید دوپه شده با ۴٪ ایتريم ۱۲۸
- شکل ۳-۱۱۰ الگوی P-XRD آنتیموان سلنید دوپه شده با ۵٪ ایتريم ۱۲۹
- شکل ۳-۱۱۱ الگوی P-XRD آنتیموان سلنید دوپه شده با ۶٪ ایتريم ۱۳۰
- شکل ۳-۱۱۲ الگوی P-XRD آنتیموان سلنید نا خالص با ۶/۵٪ ایتريم ۱۳۱
- شکل ۳-۱۱۳ الگوی P-XRD آنتیموان سلنید نا خالص با ۷٪ ایتريم ۱۳۲

- شکل ۳-۱۱۴ آنالیز EDX ترکیب $Sb_{1.88}Er_{0.12}Se_3$ ۱۳۳
- شکل ۳-۱۱۵ تغییرات پارامترهای سلول واحد شبکه کریستالی $Sb_{2-x}Er_xSe_3$ ($x = 0$ to 0.12) بر اساس دوپه شدن Er^{3+} به جای Sb^{3+} در شبکه کریستالی ۱۳۳
- شکل ۳-۱۱۶ تصویر SEM نانوجل های سنتز شده با فرمول شیمیایی $Sb_{1.88}Er_{0.12}Se_3$ ۱۳۴
- شکل ۳-۱۱۷ تصویر TEM (a) والگوی SAED (b) نانوجل های $Sb_{1.88}Er_{0.12}Se_3$ ۱۳۴
- شکل ۳-۱۱۸ طیفهای جذبی ترکیبات سنتز شده با فرمول شیمیایی $Sb_{2-x}Er_xSe_3$ ($a:x=0.04, b:x=0.06, c:x=0.12$) ۱۳۵
- شکل ۳-۱۱۹ طیفهای فتو لومینسانس ترکیبات سنتز شده با فرمول شیمیایی $Sb_{2-x}Er_xSe_3$ ($a:x=0.04, b:x=0.08$) ۱۳۶
- شکل ۳-۱۲۰ طیف فتو لومینسانس ترکیبات سنتز شده با فرمول شیمیایی $Sb_{1.88}Er_{0.12}Se_3$ (a) تحریک (b) نشر ۱۳۶
- شکل ۳-۱۲۱ مقاومت الکتریکی ترکیبات سنتز شده با فرمول شیمیایی $Sb_{2-x}Er_xSe_3$ ۱۳۷
- شکل ۳-۱۲۲ مقاومت الکتریکی ترکیب $Sb_{1.88}Er_{0.12}Se_3$ با افزایش دما ۱۳۷
- شکل ۳-۱۲۳ الگوی P-XRD آنتیموان سلنید دوپه شده با ۲٪ هولمیم ۱۳۹
- شکل ۳-۱۲۴ الگوی P-XRD آنتیموان سلنید دوپه شده با ۴٪ هولمیم ۱۴۰
- شکل ۳-۱۲۵ الگوی P-XRD آنتیموان سلنید دوپه شده با ۵٪ هولمیم ۱۴۱
- شکل ۳-۱۲۶ الگوی P-XRD آنتیموان سلنید ناخالص با ۵/۵٪ هولمیم ۱۴۲
- شکل ۳-۱۲۷ الگوی P-XRD آنتیموان سلنید ناخالص با ۶٪ هولمیم ۱۴۳
- شکل ۳-۱۲۸ آنالیز EDX ترکیب $Sb_{1.90}Ho_{0.1}Se_3$ ۱۴۴
- شکل ۳-۱۲۹ تغییرات پارامترهای سلول واحد شبکه کریستالی $Sb_{2-x}Ho_xSe_3$ ($x = 0$ to 0.1) بر اساس دوپه شدن Ho^{3+} به جای Sb^{3+} در شبکه کریستالی ۱۴۴
- شکل ۳-۱۳۰ تصویر SEM نانو میله های سنتز شده با فرمول شیمیایی $Sb_{1.90}Ho_{0.1}Se_3$ ۱۴۵
- شکل ۳-۱۳۱ تصویر SEM نانو میله های سنتز شده با فرمول شیمیایی $Sb_{1.94}Ho_{0.06}Se_3$ ۱۴۶
- شکل ۳-۱۳۲ تصویر TEM (b) HRTEM والگوی SAED (c) نانو میله های $Sb_{1.90}Ho_{0.1}Se_3$ ۱۴۶
- شکل ۳-۱۳۳ طیف جذبی ترکیبات سنتز شده با فرمول شیمیایی $Sb_{2-x}Ho_xSe_3$ ۱۴۷
- شکل ۳-۱۳۴ طیف فتو لومینسانس ترکیبات سنتز شده با فرمول شیمیایی $Sb_{2-x}Ho_xSe_3$ ۱۴۸

- شکل ۳-۱۳۵ مقاومت الکتریکی ترکیبات سنتز شده با فرمول شیمیایی $Sb_{2-x}Ho_xSe_3$ ۱۴۸
- شکل ۳-۱۳۶ مقاومت الکتریکی ترکیب $Sb_{1.90}Ho_{0.1}Se_3$ با افزایش دما ۱۴۸
- شکل ۳-۱۳۷ الگوی P-XRD Sb_2Te_3 سنتز شده ۱۴۹
- شکل ۳-۱۳۸ آنالیز EDX Sb_2Te_3 سنتز شده ۱۴۹
- شکل ۳-۱۳۹ تصویر SEM نانوصفحه های هگزاگونالی سنتز شده Sb_2Te_3 در دمای $180^\circ C$ و مدت ۴۸ ساعت ۱۵۰
- شکل ۳-۱۴۰ تصویر TEM (a) والگوی SAED (b) نانوصفحه های هگزاگونالی سنتز شده Sb_2Te_3 در $180^\circ C$ و مدت ۴۸ ساعت ۱۵۰
- شکل ۳-۱۴۱ طیف فتولومینسانس برای نانوصفحه های آنتیموان تلورید ۱۵۱
- شکل ۳-۱۴۲ طیف جذبی نانو صفحه های آنتیموان تلورید ۱۵۱
- شکل ۳-۱۴۳ الگوی P-XRD آنتیموان تلورید دوپه شده با ۱٪ لوتسیم ۱۵۳
- شکل ۳-۱۴۴ الگوی P-XRD آنتیموان تلورید دوپه شده با ۲٪ لوتسیم ۱۵۴
- شکل ۳-۱۴۵ الگوی P-XRD آنتیموان تلورید دوپه شده با ۳٪ لوتسیم ۱۵۵
- شکل ۳-۱۴۶ الگوی P-XRD آنتیموان تلورید ناخالص با ۳/۵٪ لوتسیم ۱۵۶
- شکل ۳-۱۴۷ الگوی P-XRD آنتیموان تلورید ناخالص با ۴٪ لوتسیم ۱۵۷
- شکل ۳-۱۴۸ آنالیز EDX ترکیب $Sb_{1.94}Lu_{0.06}Te_3$ ۱۵۸
- شکل ۳-۱۴۹ تغییرات پارامترهای سلول واحد شبکه کریستالی $Sb_{2-x}Lu_xTe_3$ ($x = 0$ to 0.06) بر اساس دوپه شدن Lu^{3+} به جای Sb^{3+} در شبکه کریستالی ۱۵۸
- شکل ۳-۱۵۰ تصویر SEM نانو ذرات سنتز شده با فرمول شیمیایی $Sb_{1.94}Lu_{0.06}Te_3$ ۱۵۹
- شکل ۳-۱۵۱ تصاویر TEM (a,b)، HRTEM (c) والگوی SAED (d) نانو ذرات $Sb_{1.94}Lu_{0.06}Te_3$ ۱۶۰
- شکل ۳-۱۵۲ طیفهای جذبی ترکیبات سنتز شده با فرمول شیمیایی $Sb_{2-x}Lu_xTe_3$ ۱۶۱
- شکل ۳-۱۵۳ طیف فتولومینسانس ترکیبات سنتز شده با فرمول شیمیایی $Sb_{2-x}Lu_xTe_3$ ($x=0.04$, $x=0.06$) ۱۶۱
- شکل ۳-۱۵۴ مقاومت الکتریکی ترکیبات سنتز شده با فرمول شیمیایی $Sb_{2-x}Lu_xTe_3$ ۱۶۲
- شکل ۳-۱۵۵ مقاومت الکتریکی ترکیب $Sb_{1.94}Lu_{0.06}Te_3$ با افزایش دما ۱۶۲

- شکل ۳-۱۵۶ P-XRD آنتیموان تلورید دوپه شده با ۱٪ ایتربیم ۱۶۴
- شکل ۳-۱۵۷ P-XRD آنتیموان تلورید دوپه شده با ۲٪ ایتربیم ۱۶۵
- شکل ۳-۱۵۸ P-XRD آنتیموان تلورید دوپه شده با ۲/۵٪ ایتربیم ۱۶۶
- شکل ۳-۱۵۹ P-XRD آنتیموان تلوریدنا خالص با ۳٪ ایتربیم ۱۶۷
- شکل ۳-۱۶۰ تغییرات پارامترهای سلول واحد شبکه کریستالی $Sb_{2-x}Yb_xTe_3$ ($x = 0$ to 0.05) بر اساس دوپه شدن Yb^{3+} به جای Sb^{3+} در شبکه کریستالی ۱۶۸
- شکل ۳-۱۶۱ تصویر SEM نانو صفحه های هگزاگونالی سنتز شده با فرمول شیمیایی $Sb_{1.95}Yb_{0.05}Te_3$ با بزرگنمایی متفاوت ۱۶۹
- شکل ۳-۱۶۲ تصویر TEM (a) و الگوی SAED (b) نانو صفحه های هگزاگونالی سنتز شده با فرمول شیمیایی $Sb_{1.95}Yb_{0.05}Te_3$ ۱۶۹
- شکل ۳-۱۶۳ طیفهای جذبی ترکیبات سنتز شده با فرمول شیمیایی $Sb_{2-x}Yb_xTe_3$ ۱۷۰
- شکل ۳-۱۶۴ طیف فتو لومینسانس ترکیبات سنتز شده با فرمول شیمیایی $Sb_{2-x}Yb_xTe_3$ ($= 0.02, x=0.05$) ۱۷۱
- شکل ۳-۱۶۵ مقاومت الکتریکی ترکیبات سنتز شده با فرمول شیمیایی $Sb_{2-x}Yb_xTe_3$ ۱۷۱
- شکل ۳-۱۶۶ مقاومت الکتریکی ترکیب $Sb_{1.95}Yb_{0.05}Te_3$ با افزایش دما ۱۷۲
- شکل ۳-۱۶۷ P-XRD آنتیموان تلورید دوپه شده با ۱٪ اربیم ۱۷۳
- شکل ۳-۱۶۸ P-XRD آنتیموان تلورید دوپه شده با ۱/۵٪ اربیم ۱۷۴
- شکل ۳-۱۶۹ P-XRD آنتیموان تلورید دوپه شده با ۲٪ اربیم ۱۷۵
- شکل ۳-۱۷۰ P-XRD آنتیموان تلوریدنا خالص با ۲/۵٪ اربیم ۱۷۶
- شکل ۳-۱۷۱ آنالیز EDX ترکیب $Sb_{1.96}Er_{0.04}Te_3$ ۱۷۷
- شکل ۳-۱۷۲ تغییرات پارامترهای سلول واحد شبکه کریستالی $Sb_{2-x}Er_xTe_3$ ($x = 0$ to 0.04) بر اساس دوپه شدن Er^{3+} به جای Sb^{3+} در شبکه کریستالی ۱۷۷
- شکل ۳-۱۷۳ تصویر SEM نانو صفحه های هگزاگونالی سنتز شده با فرمول شیمیایی $Sb_{1.96}Er_{0.04}Te_3$ ۱۷۸

شکل ۳-۱۷۴ تصویر TEM(a) و الگوی SAED(b) نانو صفحه های هگزاگونالی سنتز شده شده با فرمول شیمیایی

۱۷۹.....Sb_{1.96}Er_{0.04}Te₃

شکل ۳-۱۷۵ طیفهای جذبی ترکیبات سنتز شده با فرمول شیمیایی Sb_{2-x}Er_xTe₃ ۱۷۹.....

شکل ۳-۱۷۶ طیف فتو لومینسانس ترکیبات سنتز شده با فرمول شیمیایی Sb_{2-x}Er_xTe₃ (x= 0.02, x=0.04) ۱۸۰.....

شکل ۳-۱۷۷ مقاومت الکتریکی ترکیبات سنتز شده با فرمول شیمیایی Sb_{2-x}Er_xTe₃ ۱۸۰.....

شکل ۳-۱۷۸ مقاومت الکتریکی ترکیب Sb_{1.96}Er_{0.04}Te₃ با افزایش دما ۱۸۱.....

شکل ۳-۱۷۹ الگوی P-XRD آنتیموان تلورید دوپه شده با ۱٪ هولمیم ۱۸۲.....

شکل ۳-۱۸۰ الگوی P-XRD آنتیموان تلورید دوپه شده با ۱/۵٪ هولمیم ۱۸۳.....

شکل ۳-۱۸۱ الگوی P-XRD آنتیموان تلورید دوپه شده با ۲٪ هولمیم ۱۸۴.....

شکل ۳-۱۸۲ الگوی P-XRD آنتیموان تلوریدنا خالص با ۲/۵٪ هولمیم ۱۸۵.....

شکل ۳-۱۸۳ آنالیز EDX Sb_{1.96}Ho_{0.04}Te₃ ۱۸۶.....

شکل ۳-۱۸۴ تغییرات پارامترهای سلول واحد شبکه کریستالی Sb_{2-x}Ho_xTe₃ (x = 0 to 0.04) بر اساس دوپه شدن

Ho³⁺ به جای Sb³⁺ در شبکه کریستالی ۱۸۶.....

شکل ۳-۱۸۵ تصویر SEM نانو ذرات سنتز شده با فرمول شیمیایی Sb_{2-x}Ho_xTe₃ (a,b:x= 0.02 , c,d: x= 0.04) ۱۸۷.....

شکل ۳-۱۸۶ تصاویر TEM (a,b), HRTEM (c) و SAED (d) نانو ذرات Sb_{1.96}Ho_{0.04}Te₃ ۱۸۸.....

شکل ۳-۱۸۷ طیف جذبی ترکیبات سنتز شده با فرمول شیمیایی Sb_{2-x}Ho_xTe₃ ۱۸۹.....

شکل ۳-۱۸۸ طیف فتو لومینسانس ترکیبات سنتز شده با فرمول شیمیایی Sb_{2-x}Ho_xTe₃ ۱۸۹.....

شکل ۳-۱۸۹ مقاومت الکتریکی ترکیبات سنتز شده با فرمول شیمیایی Sb_{2-x}Ho_xTe₃ ۱۹۰.....

شکل ۳-۱۹۰ مقاومت الکتریکی ترکیب Sb_{1.96}Ho_{0.04}Te₃ با افزایش دما ۱۹۰.....

فهرست جداول

جدول ۱-۲	مواد مورد استفاده	۳۱
جدول ۲-۲	مقادیر استفاده شده از آنتیموان کلراید و لوتسیم اکسیدبرای تهیه $Sb_{2-x}Lu_xS_3$	۳۵
جدول ۳-۲	مقادیر استفاده شده از آنتیموان کلراید و ایتربیم اکسیدبرای تهیه $Sb_{2-x}Yb_xS_3$	۳۵
جدول ۴-۲	مقادیر استفاده شده از آنتیموان کلراید و اربیم اکسیدبرای تهیه $Sb_{2-x}Er_xS_3$	۳۶
جدول ۵-۲	مقادیر استفاده شده از آنتیموان کلراید و هولمیم اکسیدبرای تهیه $Sb_{2-x}Ho_xS_3$	۳۶
جدول ۶-۲	مقادیر استفاده شده از آنتیموان کلراید و لوتسیم اکسیدبرای تهیه $Sb_{2-x}Lu_xSe_3$	۳۸
جدول ۷-۲	مقادیر استفاده شده از آنتیموان کلراید و ایتربیم اکسیدبرای تهیه $Sb_{2-x}Yb_xSe_3$	۳۸
جدول ۸-۲	مقادیر استفاده شده از آنتیموان کلراید و اربیم اکسیدبرای تهیه $Sb_{2-x}Er_xSe_3$	۳۹
جدول ۹-۲	مقادیر استفاده شده از آنتیموان کلراید و هولمیم اکسیدبرای تهیه $Sb_{2-x}Ho_xSe_3$	۳۹
جدول ۱۰-۲	مقادیر استفاده شده از آنتیموان کلراید و لوتسیم اکسیدبرای تهیه $Sb_{2-x}Lu_xTe_3$	۴۱
جدول ۱۱-۲	مقادیر استفاده شده از آنتیموان کلراید و ایتربیم اکسیدبرای تهیه $Sb_{2-x}Yb_xTe_3$	۴۱
جدول ۱۲-۲	مقادیر استفاده شده از آنتیموان کلراید و اربیم اکسیدبرای تهیه $Sb_{2-x}Er_xTe_3$	۴۲
جدول ۱۳-۲	مقادیر استفاده شده از آنتیموان کلراید و هولمیم اکسیدبرای تهیه $Sb_{2-x}Ho_xTe_3$	۴۲
جدول ۱-۳	گاف انرژی محاسبه شده برای غلظت‌های مختلف لوتسیم در ترکیبات $Sb_{2-x}Lu_xS_3$	۶۳
جدول ۱-۳	گاف انرژی محاسبه شده برای غلظت‌های مختلف ایتربیم در ترکیبات $Sb_{2-x}Yb_xS_3$	۷۴
جدول ۳-۳	گاف انرژی محاسبه شده برای غلظت‌های مختلف اربیم در ترکیبات $Sb_{2-x}Er_xS_3$	۸۶
جدول ۴-۳	گاف انرژی محاسبه شده برای غلظت‌های مختلف هولمیم در ترکیبات $Sb_{2-x}Ho_xS_3$	۹۷
جدول ۱-۳	گاف انرژی محاسبه شده برای غلظت‌های مختلف لوتسیم در ترکیبات $Sb_{2-x}Lu_xSe_3$	۱۱۴
جدول ۵-۳	گاف انرژی محاسبه شده برای غلظت‌های مختلف ایتربیم در ترکیبات $Sb_{2-x}Yb_xSe_3$	۱۲۳
جدول ۶-۳	گاف انرژی محاسبه شده برای غلظت‌های مختلف اربیم در ترکیبات $Sb_{2-x}Er_xSe_3$	۱۳۵

- جدول ۳-۸ گاف انرژی محاسبه شده برای غلظت‌های مختلف هولمیم در ترکیبات $Sb_{2-x}Ho_xSe_3$ ۱۴۷
- جدول ۳-۹ گاف انرژی محاسبه شده برای غلظت‌های مختلف لوتسیم در ترکیبات $Sb_{2-x}Lu_xTe_3$ ۱۶۱
- جدول ۳-۱۰ گاف انرژی محاسبه شده برای غلظت‌های مختلف ایتربیم در ترکیبات $Sb_{2-x}Yb_xTe_3$ ۱۷۰
- جدول ۳-۱۱ گاف انرژی محاسبه شده برای غلظت‌های مختلف اریتم در ترکیبات $Sb_{2-x}Er_xTe_3$ ۱۷۹
- جدول ۳-۱۲ گاف انرژی محاسبه شده برای غلظت‌های مختلف هولمیم در ترکیبات $Sb_{2-x}Ho_xTe_3$ ۱۸۹

۱-۱) نانوفناوری

در عصری که بسیاری از موضوعات تحقیقاتی تکرار گذشته بود ناگهان جرقه ای زده شد و انقلاب هزاره سوم را بوجود آورد. انقلابی که دریچه ای رو به دنیایی تازه بر روی دانشمندان و محققان گشود. این انقلاب بسیار عام و همگانی است و تمام علوم اعم از شیمی، فیزیک، زیست شناسی، پزشکی و بسیاری از علوم دیگر را در بر می گیرد. این جرقه چیزی جز سخنرانی ریچارد فاینمن^۱ برنده جایزه نوبل فیزیک در سال ۱۹۶۵ نیست. روشن نیست در چه زمانی انسان ها برای اولین بار به مزایای موادی در ابعاد نانو آگاهی یافته اند. می دانیم که چهار صد سال پس از میلاد مسیح، شیشه سازان رومی، شیشه های حاوی فلزات در اندازه های نانو را تهیه کرده اند. عتیقه ای از این دوران مرسوم به «جام لیکورگاس» در موزه بریتانیا در لندن نگهداری می شود. این جام که یادآور مرگ کینگ لیکورگاس است از شیشه سدیم درست شده و حاوی ذرات نقره و طلا در ابعاد نانو می باشد. رنگ جام هنگامی که یک منبع نورانی در درون آن قرار گیرد، از سبز به سرخ تیره تغییر می کند. اغلب، تنوع رنگ های زیبای پنجره های کلیسای قرون وسطی به وجود ذرات فلزات با ابعاد نانو در درون شیشه مربوط می شود.

اما باید گفت نانوفناوری اولین بار در طبیعت و به دست توانایی خداوند صورت گرفته است. اگر به اطراف خود با میکروسکوپ الکترونی با قدرت بالا بنگرید پدیده های نانومتری بسیاری را خواهید دید. از بال زیبای پروانه ها گرفته تا برگ نیلوفر آبی از واکنش های پیچیده ی درون سلول ها تا غروب دل انگیز خورشید. در همه این پدیده ها از نانوفناوری کمک گرفته شده است به گونه ای که می توان گفت طبیعت بدون نانوفناوری معنایی ندارد. در حالی که کلمه نانوفناوری نسبتاً جدید است. وجود مجموعه های فعال و ساختارهایی با ابعاد نانومتر تازگی ندارد و در حقیقت چنین ساختارهایی به اندازه طول عمر حیات در روزی زمین وجود داشته اند، آبالون که نوعی نرم تن یا حلزون است، پوسته های صدفی بسیار سختی را می سازد که دارای رویه های درونی با نمای قوس و قزحی می باشند. چنین رویه هایی از آجرهای سختی از کلسیم کربنات با ابعاد نانو درست شده اند که به کمک چسبی مرکب از مخلوطی از یک کربوهیدرات و پروتئین در کنار هم قرار گرفته اند. ترک های بوجود آمده در سطح بیرونی، به دلیل وجود آجرهایی با ساختار نانو، قادر به گسترش در سرتاسر پوسته صدفی نمی باشند. پوسته های صدفی، نمایشی طبیعی از ساختاری را نشان می دهند که از ذراتی به ابعاد نانو درست شده و می تواند بسیار سخت باشد.

¹ - Richard Feynman

انگیزه اصلی دانشمندان به پژوهش در روی موادی با ابعاد و ساختار نانو در سه دهه اخیر را می توان به آگاهی آنان در ناهمسانی ویژگی های اینگونه مواد با خصوصیات موادی در ابعاد بزرگتر یا ریزتر دانست. این ویژگیها شامل خواص شیمیایی، فیزیکی، نوری و مکانیکی بوده و بطور کلی میتوان گفت که مواد با ابعاد نانوبه حالت انفرادی یا مجتمع از رفتارهای منحصر بفردی برخوردارند. بسیاری از مواد زیستی با نقش کلیدی خود در ادامه حیات انسان و دیگر موجودات زنده از نظر ابعاد در ردیف نانو مواد گفته می شود که از ابعادی ما بین ۱۰ تا ۱۰۰ نانو متر برخوردارند. پروتئین ها بطور کلی دارای اندازه هایی کمتر از ۱۰ نانومتر بوده و اندازه هر مولکول DNA در حد ۱۰ نانو متر می باشد. نانوذرات مغناطیسی موجود در بازار تجارت از ابعادی در حدود ۱۰۰ نانو متر برخوردار بوده و اندازه باکتری در حوالی ۱۰۰۰ نانو متر قرار می گیرد. فن آوری که بکار گیری آگاهانه اطلاعات در فرایند های صنعتی است چنانچه در ارتباط با موادی در ابعاد نانو بکار رود به نام نانوفناوری نامیده می شود. نخستین گام برای ورود به دنیای نانو فناوری در سال ۱۹۷۴ توسط ناریو تانیگوچی^۱ در دانشگاه توکیو برداشته شد. وی به فناوری اندازه گیری دقیق و درست موادی با ابعاد ۱ نانومتر دست یافت. در سال ۱۹۸۱ موسسه IBM میکروسکوپ تونل زنی روبشی STM را ابداع کرد. در سال ۱۹۸۵ فولرن که از آرایش ویژه و گوی مانند ۶۰ اتم کربن در قالب بهم پیوستن ۱۲ حلقه پنج ضلعی و ۲۰ حلقه شش ضلعی بوجود آمد ابداع گردید. اندازه این مولکول درشت با خواص فیزیکی کاملاً متفاوت از دیگر گونه های کربنی نظیر الماس و گرافیت در حدود ۱ نانومتر است. در سال ۱۹۹۱ نانو لوله های کربنی، به صورت ریز سوزن هایی از کربن گرافیتی، به قطر ۴ تا ۳۰ نانومتر و طول ۱۰۰ تا ۱۰۰۰ نانومتر تهیه شدند که باز هم از ویژگی های کاملاً متفاوت از گرافیت برخوردار بودند. سال ۱۹۹۳، سال تهیه مواد نمیه رسانا در ابعاد نانومتر، از ترکیباتی نظیر کادمیم سلفید، کادمیم سلنید و کادمیم تلورید است که از آنها به عنوان نقطه های کوآنتمی، به دلیل ابعاد ریز و ویژگی های منحصر به فردشان نام برده می شود. در سال ۲۰۰۰ اولین موتور DNA، شبیه انبرک های خودکار ساخته شد که ممکن است با استفاده از آن بتوان رایانه هایی هزار مرتبه قویتر از رایانه های موجود درست کرد. این موتور DNA می تواند به مولکول های هادی الکتریسیته وصل شده و همانند کلیدهای اصلی در رایانه ها کار کند. در سال ۲۰۰۱، نمونه های اولیه پیل های سوختی، که در آنها از نانولوله های کربنی استفاده شده بود، تهیه شدند و در سال ۲۰۰۲، نانو موادی به شکل ریز فورچه هایی به طول ۱۰ تا ۱۰۰ نانومتر، برای از بین بردن لکه های لباس تهیه گردید. جالب توجه است بدانیم که طبیعت با تولید و پرورش ذرات و موجوداتی در ابعاد نانو، از آنها در تحقق پدیده های طبیعی استفاده می کند. نانو ذرات معلق در هوا، با ابعادی مابین ۱۰۰ تا ۱۰۰۰ نانومتر، موجب تراکم بخار آب موجود در ابرها و پیدایش قطرات باران و یا دانه های برف

^۱ - Taniguchi