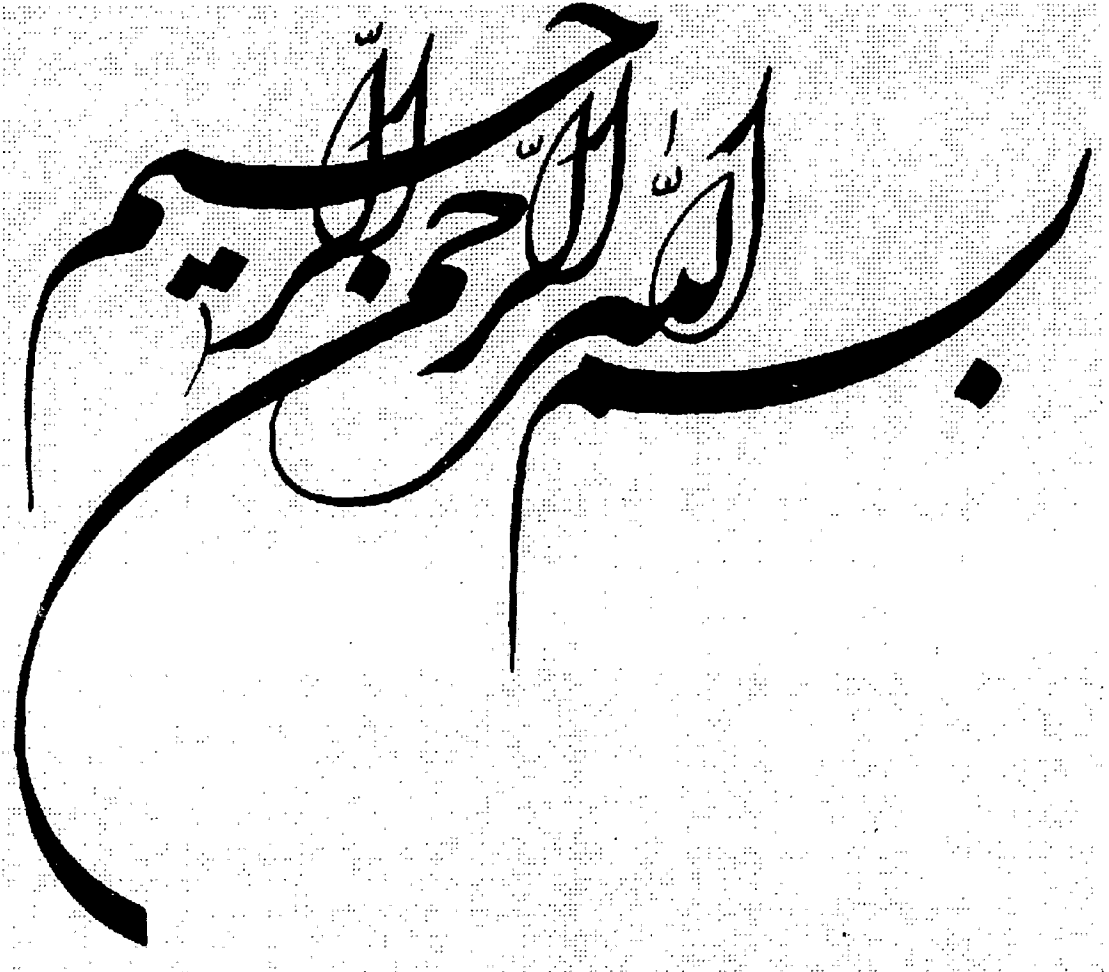


۱۷,۱,۱۰۰۲۵۷
۱۷,۱۰/۱



۱۰۴۲۰۲



دانشکده علوم

گروه فیزیک

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد رشته‌ی فیزیک
گرایش حالت جامد تجربی

عنوان پایان نامه:

بررسی تاثیر ضخامت و دما بر خواص ساختاری، اپتیکی و الکتریکی
فیلم های نازک Bi_2Te_3

استاد راهنما:

دکتر سید محمد الهی

نگارش:

عاطفه تقی زاده کجانی

۱۳۸۷ / ۹ / ۲۳

خرداد ماه ۱۳۸۷

۱۰۴۳۰۷

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات، ابتکارات
نوآو وری های ناشی از تحقیق موضوع این پایان نامه
متعلق به دانشگاه رازی است.



دانشگاه رازی
دانشکده علوم
گروه فیزیک

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد رشته ی فیزیک
گرایش حالت جامد تجربی

نام دانشجو:

عاطفه تقی زاده کجانی

تحت عنوان

بررسی تاثیر ضخامت و دما بر روی خواص ساختاری، اپتیکی و الکتریکی

فیلم های نازک Bi_2Te_3

به تصویب نهایی رسید.

عالمی

توسط هیأت داوران زیر بررسی و با درجه

در تاریخ ۱۳/۳/۸۷

امضاء

با مرتبه ی علمی دانشیار

دکتر سید محمد الهی

۱- استاد راهنمای پایان نامه

امضاء

با مرتبه ی علمی دانشیار

دکتر رستم مرادیان

۲- استاد داور داخل گروه

امضاء

با مرتبه ی علمی استادیار

دکتر مهدی حاج ولیئی

۳- استاد داور خارج از گروه

با سپاسگزاری از :

آقای دکتر سید محمد الهی استاد راهنمای این پایان نامه که در طول این دوره ، با کمک‌های بی‌دریغ خود مرا در انجام این پروژه یاری نمودند .

آقای دکتر رستم مرادیان مدیر محترم گروه فیزیک، که به عنوان استاد ممتحن داخلی در جلسه دفاعیه حضور داشتند .

آقای دکتر حاج ولیئی که به عنوان استاد ممتحن خارجی در جلسه دفاعیه حضور داشتند .

آقای دکتر فرج زاده که به عنوان نماینده تحصیلات تکمیلی در جلسه دفاعیه حضور داشتند .
خانم کرمی مسئول دفتر گروه فیزیک .

پدر، مادرو خواهران عزیزم که در تمام مراحل زندگی من مشوق و حامی من بودند .

دکتر حمید آقایی که بی مضایقه بنده را کمک نمودند .

خانواده محترم صفری و آقای محمدسعید صفری که مرا در گذران این مرحله یاری نمودند .

و دوستان عزیزم :

خانمها : هدی جعفری ، مریم مومنی ، مهوش زندی ، روجا نوروزی ، هانا نظری ، نسیم کشاورز ، زهرا بهادری ، ندا حاتمی ، مهرناز بهادری و خانم دکتر مژگان نجفی ، خانم امیری و خانم پدیدار و آقایان : دکتر احمد هادی زاده ، دکتر نادر قبادی ، ارسلان فتاحی زاده ، کلیه دوستانم در آزمایشگاههای حالت جامد و بیوشیمی که مرا در به اتمام رساندن این پایان نامه یاری نمودند .

تقدیم به :

پدر و مادر

مهربان و فداکارم

چکیده

در این پژوهش، نانوذرات Bi_2Te_3 به روش Sonochemical تهیه شده و سپس بوسیله دستگاه لایه نشانی VAS روی زیر لایه های شیشه ای نشاندگی می شوند. پس از تعیین ضخامت این لایه ها، لایه با ضخامت 70 nm جهت بررسی تاثیر دما بر روی خواص ساختاری، اپتیکی و الکتریکی انتخاب می شود. این لایه در دماهای 400، 420، 435 و 450 درجه کلین پخت داده شده است. با بررسی خطهای پراش اشعه ایکس از این نمونه ها، مشاهده می شود که اندازه دانه ها با افزایش دمای پخت افزایش می یابد. همچنین در بررسی اپتیکی و الکتریکی دیده شد که با افزایش دمای پخت گاف انرژی اپتیکی و انرژی فعالسازی نمونه های 70 nm، کاهش می یابد. رفتار الکتریکی این لایه ها مؤید نیمرسانا بودن آن ها می باشد. نمونه های با ضخامت 40 nm، 60، 100 و 110 برای بررسی اثر ضخامت بر خواص الکتریکی و لایه های با ضخامت 60، 70، 80 و 110 جهت بررسی این اثر بر خواص اپتیکی بکار گرفته شد. مشاهده گردید که همراه با افزایش ضخامت انرژی فعالسازی و گاف انرژی اپتیکی این نمونه ها کاهش می یابد.

در دو فصل اول این پایان نامه تئوری های بکارگرفته، مورد تحلیل قرار می گیرد. فصل سه شامل روشهای آزمایشگاهی است. در فصل چهار، نمودارها، اشکال و جداول مربوط به بررسی خواص آورده شده و در فصل پایانی به بیان نتایج آزمایشات پرداخته شده است.

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	فصل اول : مروری بر نانو تکنولوژی و تئوری آن
۲	مقدمه
۲	۱-۱- نانو مواد و دسته بندی آن ها
۳	۱-۲- خواص نانو مواد
۵	۱-۳- دسته بندی نانو مواد
۸	۱-۴- طیف وسیع کاربردها
۹	۱-۵- روشهای اندازه گیری یا تخمین اندازه ذرات
۱۰	۱-۶- تقریب جرم مؤثر
۱۱	۱-۷- طیف نمائی جذبی
۱۲	۱-۸- چگالی حالات
۱۳	۱-۹- Blue shift
۱۴	۱-۱۰- ساختار هندسی
۱۵	۱-۱۱- ساختار الکترونیکی
۱۷	۱-۱۲- انحرافات (نوسانات) کوچک
۱۷	۱-۱۳- نانو ذرات نیم رسانا
۱۸	۱-۱۴- روشهای تولید نانو ذرات
۱۸	۱-۱۴-۱- چگالش بخار
۱۹	۱-۱۴-۲- سنتز شیمیایی
۲۰	۱-۱۴-۳- فرآیندهای حالت جامد
۲۱	فصل دوم : خواص الکتریکی ، ساختاری و نوری لایه های نازک نیم رسانا
۲۲	مقدمه
۲۲	۲-۱- تقسیم جامد ها به رساناها ، نیم رساناها و دی الکتریک ها
۲۲	۲-۱-۱- رساناها
۲۲	۲-۱-۲- نیم رسانا ها و دی الکتریک ها
۲۳	۲-۲- رسانندگی نیم رسانا
۲۳	۲-۲-۱- رسانندگی الکترونی
۲۴	۲-۲-۲- رسانندگی حفره ای
۲۴	۲-۳- خواص الکتریکی لایه های نازک نانوذره نیم رسانا
۲۴	۲-۳-۱- خواص لایه های نازک
۲۶	۲-۳-۲- رسانش در لایه های نازک نیم رسانا
۲۷	۲-۴- چگالی حالتها
۲۸	۲-۴-۱- حالتها ی جایگزیده
۳۰	۲-۵- وابستگی رسانش به دما
۳۱	۲-۶- پراش اشعه X در نانوبلورها

۳۳	۷-۲- میکروسکوپ الکترونی AFM
۳۳	۱-۷-۲- نحوه عملکرد AFM
۳۵	۲-۷-۲- کاربردها
۳۶	فصل سوم: روشهای آزمایشگاهی
۳۷	مقدمه
۳۷	۱-۳- ساختاری بیسموت تلوراید
۳۹	۲-۳- روش تهیه نانو ذرات
۳۹	۱-۲-۳- روش Sonochemical
۴۱	۲-۲-۳- مراحل مقدماتی تهیه نمونه
۴۲	۳-۲-۳- مراحل آزمایش
۴۳	۳-۳- روش تهیه نمونه
۴۳	۱-۳-۳- آماده کردن زیر لایه های شیشه ای
۴۵	۲-۳-۳- تهیه لایه های نازک
۴۵	۳-۳-۳- روش الکتروود گذاری
۴۶	۴-۳- شرح دستگاه اندازه گیری خواص الکتریکی
۴۷	فصل چهارم: نمودارهای تجربی
۴۸	مقدمه
۴۸	۱-۴- پراش اشعه X از نمونه های مختلف
۴۸	۱-۱-۴- تخمین اندازه نانو ذرات بلوری نمونه ها
۴۸	۲-۱-۴- منحنی های XRD و کمیت های مربوط
۵۵	۲-۴- عکس های میکروسکوپ نیروی اتمی
۵۶	۱-۲-۴- عکس های فیلم های ۱۱۰ و ۴۰ nm
۶۰	۲-۲-۴- عکس های نمونه ۷۰ nm پخت شده در دماهای ۴۰۰ و ۴۵۰ درجه کلوین
۶۴	۳-۴- اندازه گیری گاف انرژی نوری
۷۳	۴-۴- روش اندازه گیری هدایت الکتریکی
۷۳	۱-۴-۴- روشهای اندازه گیری رسانندگی الکتریکی
۷۳	۲-۴-۴- روش چهار نقطه لایه های نازک
۷۵	۳-۴-۴- روش بالا بردن دمای نمونه
۸۴	فصل پنجم: بحث و نتیجه گیری
۸۵	مقدمه
۸۵	۱-۵- بحث و نتیجه گیریهای حاصل از مطالعه طرح پراش اشعه X نمونه های مختلف
۸۸	۲-۵- بحث در مورد عکس های AFM
۹۱	۳-۵- مطالعات اپتیکی
۹۴	۴-۵- بستگی مقاومت به دما
۹۵	۵-۵- اثر کوانتومی
۹۶	۶-۵- مطالعات و مشخصات الکتریکی

۵-۷- مروری بر نتایج

مراجع

۱۰۱

۱۰۳

فهرست نمودارها

صفحه	عنوان
۶۵	نمودار (۱-۴) : طیف جذبی نمونه ۶۰ nm
۶۵	نمودار (۲-۴) : طیف جذبی نمونه ۷۰ nm
۶۶	نمودار (۳-۴) : طیف جذبی نمونه ۸۰ nm
۶۶	نمودار (۴-۴) : طیف جذبی نمونه ۱۱۰ nm
۶۷	نمودار (۵-۴) : رسم گاف انرژی نوری نمونه ۶۰ nm
۶۷	نمودار (۶-۴) : رسم گاف انرژی نوری نمونه ۷۰ nm
۶۸	نمودار (۷-۴) : رسم گاف انرژی نوری نمونه ۸۰ nm
۶۸	نمودار (۸-۴) : رسم گاف انرژی نوری نمونه ۱۱۰ nm
۶۹	نمودار (۹-۴) : طیف جذبی نمونه ۷۰ nm با دمای پخت ۴۰۰ درجه کلوین
۶۹	نمودار (۱۰-۴) : طیف جذبی نمونه ۷۰ nm با دمای پخت ۴۲۰ درجه کلوین
۷۰	نمودار (۱۱-۴) : طیف جذبی نمونه ۷۰ nm با دمای پخت ۴۳۵ درجه کلوین
۷۰	نمودار (۱۲-۴) : طیف جذبی نمونه ۷۰ nm با دمای پخت ۴۵۰ درجه کلوین
۷۱	نمودار (۱۳-۴) : رسم گاف انرژی نوری نمونه ۷۰ nm پخت شده در دمای ۴۰۰ درجه کلوین
۷۱	نمودار (۱۴-۴) : رسم گاف انرژی نوری نمونه ۷۰ nm پخت شده در دمای ۴۲۰ درجه کلوین
۷۲	نمودار (۱۵-۴) : رسم گاف انرژی نوری نمونه ۷۰ nm پخت شده در دمای ۴۳۵ درجه کلوین
۷۲	نمودار (۱۶-۴) : رسم گاف انرژی نوری نمونه ۷۰ nm پخت شده در دمای ۴۵۰ درجه کلوین
۷۷	نمودار (۱۷-۴) : نمودار محاسبه انرژی فعال سازی برای نمونه ۴۰ nm
۷۷	نمودار (۱۸-۴) : نمودار محاسبه انرژی فعال سازی برای نمونه ۶۰ nm
۷۸	نمودار (۱۹-۴) : نمودار محاسبه انرژی فعال سازی برای نمونه ۱۰۰ nm
۷۸	نمودار (۲۰-۴) : نمودار محاسبه انرژی فعال سازی برای نمونه ۱۱۰ nm
۷۹	نمودار (۲۱-۴) : نمودار مقایسه انرژی فعال سازی بین ضخامت های مختلف
۸۰	نمودار (۲۲-۴) : نمودار محاسبه انرژی فعال سازی برای نمونه ۷۰ nm
۸۰	نمودار (۲۳-۴) : نمودار محاسبه انرژی فعال سازی برای نمونه ۷۰ nm در دمای پایین (۵۰ - ۳۰۰ درجه کلوین)
۸۱	نمودار (۲۴-۴) : نمودار محاسبه انرژی فعال سازی برای نمونه ۷۰ nm پخت شده در دمای ۴۰۰ درجه کلوین
۸۱	نمودار (۲۵-۴) : نمودار محاسبه انرژی فعال سازی برای نمونه ۷۰ nm پخت شده در دمای ۴۲۰ درجه کلوین
۸۲	نمودار (۲۶-۴) : نمودار محاسبه انرژی فعال سازی برای نمونه ۷۰ nm پخت شده در دمای ۴۳۵ درجه کلوین
۸۲	نمودار (۲۷-۴) : نمودار محاسبه انرژی فعال سازی برای نمونه ۷۰ nm پخت شده در دمای ۴۵۰ درجه کلوین
۸۳	نمودار (۲۸-۴) : نمودار مقایسه محاسبه انرژی فعال سازی بین نمونه پخت نشده با نمونه های پخت داده شده در دماهای مذکور (نمونه های ۷۰ nm)
۹۲	نمودار (۱-۵) : تغییرات ضریب جذب بر حسب ضخامت

- ۹۴ نمودار (۲-۵) : منحنی های مقاومت بر حسب دما برای فیلم ۴۰ nm
- ۹۵ نمودار (۳-۵) : تغییرات $\ln \sigma$ بر حسب ضخامت برای فیلم های نازک Bi_2Te_3
- ۹۹ نمودار (۴-۵) : تغییرات انرژی فعال سازی بر حسب L^2 برای فیلم های پخت شده

فهرست اشکال

صفحه	عنوان
۶	شکل ۱-۱
۷	شکل ۲-۱
۱۱	شکل ۳-۱ : رابطه انرژی - تکانه برای یک نیمرسانای گاف مستقیم
۱۲	شکل ۴-۱ : نمودار طیف جذبی بر حسب طول موج نانوذرات <i>Cds</i> و <i>ZnS</i>
۱۳	شکل ۵-۱ : مقایسه چگالی حالات مواد Bulk ، فیلم نازک ، سیم نانو و نقاط کوانتومی
۱۴	شکل ۶-۱ : محدودیت اندازه نانومتری باعث یک blue - shift در انرژی گاف نواری نسبت به بلور Bulk شده است
۱۵	شکل ۷-۱ : نمایش اینکه چگونه ترازهای انرژی یک فلز هنگامی که تعداد اتمهای ماده کاهش می یابد تغییر می کنند : a) باند ظرفیت یک فلز Bulk ؛ b) خوشه فلزی بزرگ که دارای ۱۰۰ اتم بوده و جدایی در گاف نواری داریم ؛ c) خوشه فلزی کوچک که شامل ۳ اتم است.
۱۶	شکل ۸-۱ : محاسبات چگالی حالات برای ترازهای انرژی تحریکی نانوذرات B_6 ، B_8 ، B_{12} .
۱۸	شکل ۹-۱ : طیف جذب اپتیکی CdSe برای دو نانوذره با اندازه های 20 Å و 40 Å
۱۹	شکل ۱۰-۱ : فرایند تهیه پودر به روش سیم انفجاری
۲۹	شکل ۱-۲ : تابع موج در مدل آندرسون
۲۹	شکل ۲-۲ a : چاه پتانسیل برای شبکه بلوری (چگالی حالتها با سایه نشان داده شده است) b : چاه پتانسیل برای شبکه آندرسون
۳۱	شکل ۳-۲ : نمودار رسانش بر حسب $1/T$ در ناحیه ذاتی
۳۲	شکل ۴-۲ : پراش اشعه X از P صفحه محدود
۳۴	شکل ۵-۲ : شماتیک اصول عملکرد
۳۵	شکل ۶-۲ : منحنی تابعیت نیروی وارد بر سوزن از فاصله سوزن از سطح
۳۸	شکل ۱-۳ : ساختار لایه ای Bi_2Te_3 . در هر لایه ، پنج صفحه اتمی قرار دارد و لایه ها عمود بر محور c بلوری قرار گرفته اند .
۳۹	شکل ۲-۳ : نمایشی از سلول واحد ماده عمود بر محور c بلوری
۴۰	شکل ۳-۳
۴۴	شکل ۴-۳ : نمایی از بوته دستگاه VAS درون دستگاه
۴۴	شکل ۵-۳ : دستگاه لایه نشانی VAS ساخت کشور فرانسه
۴۵	شکل ۶-۳ : ماسک الکتروود گذاری
۴۹	شکل ۱-۴ : طرح پراش اشعه x نمونه پودری خشک شده در دمای اتاق تهیه شده به روش sonochemical در مدت چهار ساعت
۵۰	شکل ۲-۴ : طرح پراش اشعه x و کمیت های مربوط فیلم اصلی با ضخامت ۷۰ nm
۵۱	شکل ۳-۴ : طرح پراش اشعه x و کمیت های مربوط فیلم ۷۰ nm پخت شده در دمای ۴۰۰ درجه کلوین
۵۲	شکل ۴-۴ : طرح پراش اشعه x و کمیت های مربوط فیلم ۷۰ nm پخت شده در دمای ۴۲۰ درجه کلوین

- شکل ۴-۵: طرح پراش اشعه x و کمیت های مربوط فیلم ۷۰ nm پخت شده در دمای ۴۳۵ درجه ۵۳ کلوین
- شکل ۴-۶: طرح پراش اشعه x و کمیت های مربوط فیلم ۷۰ nm پخت شده در دمای ۴۵۰ درجه ۵۴ کلوین
- شکل ۴-۷: عکس ریخت شناسی (Topography) سه بعدی نمونه ۴۰ nm ۵۶
- شکل ۴-۸: عکس ریخت شناسی یک بعدی نمونه ۴۰ nm از منظر بالای فیلم ۵۶
- شکل ۴-۹: نمودارها و کمیت های به دست آمده از اسکن نمونه ۴۰ nm ۵۷
- شکل ۴-۱۰: عکس ریخت شناسی (Topography) سه بعدی نمونه ۱۱۰ nm ۵۸
- شکل ۴-۱۱: عکس ریخت شناسی یک بعدی نمونه ۱۱۰ nm از منظر بالای فیلم ۵۸
- شکل ۴-۱۲: نمودارها و کمیت های به دست آمده از اسکن نمونه ۱۱۰ nm ۵۹
- شکل ۴-۱۳: عکس ریخت شناسی (Topography) سه بعدی نمونه ۷۰ nm پخت شده در دمای ۴۰۰ درجه کلوین ۶۰
- شکل ۴-۱۴: عکس ریخت شناسی یک بعدی نمونه ۷۰ nm پخت شده در دمای ۴۰۰ از منظر بالای فیلم ۶۰
- شکل ۴-۱۵: نمودارها و کمیت های به دست آمده از اسکن نمونه ۷۰ nm پخت شده در دمای ۴۰۰ درجه کلوین ۶۱
- شکل ۴-۱۶: عکس ریخت شناسی (Topography) سه بعدی نمونه ۷۰ nm پخت شده در دمای ۴۵۰ درجه کلوین ۶۲
- شکل ۴-۱۷: عکس ریخت شناسی یک بعدی نمونه ۷۰ nm پخت شده در دمای ۴۵۰ از منظر بالای فیلم ۶۲
- شکل ۴-۱۸: نمودارها و کمیت های به دست آمده از اسکن نمونه ۷۰ nm پخت شده در دمای ۴۵۰ درجه کلوین ۶۳
- شکل ۴-۱۹: ۷۴
- شکل ۴-۲۰: دستگاه چهار سیمه به کار رفته در این پروژه ۷۴
- شکل ۴-۲۱: هیتر استفاده شده ۷۶
- شکل ۴-۲۲: نمایی از دستگاه اندازه گیری هدایت الکتریکی ۷۶
- شکل ۵-۱: (a) و (c) توزیع ارتفاع [بر اساس تعداد] و (b) و (d) bearing ratio [بر اساس درصد] ۸۹ برای دو فیلم ۴۰ و ۱۱۰ nm (به ترتیب)
- شکل ۵-۲: (a) و (c) توزیع ارتفاع [بر اساس تعداد] و (b) و (d) bearing ratio [بر اساس درصد] ۹۰ برای دو فیلم ۷۰ nm پخت شده در دمای ۴۰۰ و ۴۵۰ درجه کلوین (به ترتیب)

فهرست جداول

صفحه	عنوان
۴	جدول ۱-۱
۴۲	جدول ۱-۳: وزن مواد مورد استفاده
۴۹	جدول ۱-۴: لیست پیک های اصلی پودر نانو ذره Bi_2Te_3
۵۰	جدول ۲-۴: خطهای پراش فیلم اصلی با ضخامت ۷۰ nm
۵۱	جدول ۳-۴: خطهای پراش فیلم ۷۰ nm پخت شده در دمای ۴۰۰ درجه کلوین
۵۲	جدول ۴-۴: خطهای پراش فیلم ۷۰ nm پخت شده در دمای ۴۲۰ درجه کلوین
۵۳	جدول ۵-۴: خطهای پراش فیلم ۷۰ nm پخت شده در دمای ۴۳۵ درجه کلوین
۵۴	جدول ۶-۴: خطهای پراش فیلم ۷۰ nm پخت شده در دمای ۴۵۰ درجه کلوین
۸۷	جدول ۱-۵: پارامترهای ساختاری فیلم های نازک پخت شده Bi_2Te_3 nm ۷۰
۸۹	جدول ۲-۵: مقادیر مربوط به اسکن نمونه ۴۰ و ۱۱۰ nm
۹۰	جدول ۳-۵: مقادیر مربوط به اسکن نمونه پخت شده در دمای ۴۰۰ و ۴۵۰ درجه کلوین
۹۲	جدول ۴-۵: تغییرات ضریب جذب بر حسب ضخامت
۹۳	جدول ۵-۵: تغییرات گاف انرژی نوری با ضخامت
۹۳	جدول ۶-۵: تغییرات گاف نوری بر حسب دمای پخت برای نمونه با ضخامت ۷۰ nm
۹۷	جدول ۷-۵: تغییرات انرژی فعالسازی بر حسب ضخامت برای فیلم های نازک Bi_2Te_3
۹۷	جدول ۸-۵: تغییرات انرژی فعالسازی بر حسب دمای پخت برای فیلم های نازک Bi_2Te_3
۱۰۰	جدول ۹-۵: تغییرات شیفیت در نوار ظرفیت با ضخامت فیلم در رابطه با اثر اندازه کوانتومی

فصل اول
مروری بر نانو تکنولوژی
و تئوری آن

مقدمه

چهل سال پیش ریچارد فاینمن^۱، متخصص کوانتوم نظری و دارنده جایزه نوبل، در سخنرانی معروف خود در سال ۱۹۵۹ با عنوان "آن پایین، فضای بسیاری هست"، به بررسی بُعد رشدنیافته‌ای از علم مواد پرداخت. وی در آن زمان اظهار کرد: "اصول فیزیک، تا آن جایی که من توانایی فهمیدن آن را دارم، بر خلاف امکان ساختن اتم به اتم چیزها حرفی نمی‌زنند." او فرض را بر این قرار داد که اگر دانشمندان فرا گرفته‌اند چگونه ترانزیستورها و دیگر سازه‌ها را با مقیاس‌های کوچک بسازند، پس ما خواهیم توانست که آن‌ها را کوچک و کوچک‌تر کنیم. تا آنجا که اتم‌ها را در مقابل دیگری به گونه‌ای قرار دهیم که بتوانیم کوچک‌ترین محصول مصنوعی و ساختگی ممکن را ایجاد کنیم. بنابراین جرقه آغاز فناوری نانو به زمان سخنرانی فاینمن باز می‌گردد اما عبارت "نانوفناوری"^۲ اولین بار توسط "نوریوتاینگوچی" استاد دانشگاه علوم توکیو در سال ۱۹۷۴ "استفاده شد. اما در واقع باید "کی‌اریک در کسلر" را پدر نانوفناوری نامید چرا که نانوفناوری در سال ۱۹۸۶ در کتابی از وی با عنوان موتورهای آفرینش بسط داده شد.

۱-۱- نانو مواد و دسته بندی آن ها

نانوفناوری، توانمندی تولید و ساخت مواد، ابزار و سیستم‌های جدید با در دست گرفتن کنترل در مقیاس نانومتری یا همان سطوح اتمی و مولکولی، و استفاده از خواصی است که در این سطوح ظاهر می‌شوند. یک نانومتر برابر با یک میلیاردم متر (۹-۱۰ متر) می‌باشد. این اندازه ۱۸۰۰۰ بار کوچکتر از قطر یک تار موی انسان است. به طور میانگین ۳ تا ۶ اتم در کنار یکدیگر طولی معادل یک نانومتر را می‌سازند که این خود به نوع اتم بستگی دارد. به طور کلی، فناوری نانو، گسترش، تولید و استفاده از ابزار و موادی است که ابعادشان در حدود ۱-۱۰۰ نانومتر می‌باشد.

فناوری نانو به سه سطح قابل تقسیم است: مواد، ابزارها و سیستم‌ها. موادی که در سطح نانو در این فناوری به کار می‌رود، را نانو مواد می‌گویند. ماده‌ی نانو ساختار، به هر ماده‌ای که حداقل یکی از ابعاد آن در مقیاس نانومتری (زیر ۱۰۰ نانومتر) باشد اطلاق می‌شود. این تعریف به وضوح انواع بسیار زیادی از ساختارها، اعم از ساخته دست بشر یا طبیعت را شامل می‌شود. منظور از یک ماده‌ی نانو ساختار، جامدی

^۱Richard Feynman

^۲Nanotechnology

است که در سراسر بدنه آن انتظام اتمی، کریستال های تشکیل دهنده و ترکیب شیمیایی در مقیاس چند نانومتری گسترده شده باشند. در حقیقت این مواد متشکل از کریستال ها یا دانه های نانومتری هستند که هر کدام از آنها ممکن است از لحاظ ساختار اتمی، جهات کریستالوگرافی یا ترکیب شیمیایی با یکدیگر متفاوت باشند. همه مواد از جمله فلزات، نیمه هادی ها، شیشه ها، سرامیک ها و پلیمرها در ابعاد نانو می توانند وجود داشته باشند. همچنین محدوده فناوری نانو می تواند به صورت ذرات بی شکل (آمورف)، کریستالی، آلی، غیر آلی و یا به صورت منفرد، مجتمع، پودر، کلوئیدی، سوسپانسیونی یا امولسیونی باشد.

۱-۲- خواص نانو مواد

با گذر از مقیاس میکرو به نانو، با تغییر برخی از خواص فیزیکی و شیمیایی روبه رو می شویم که دو مورد مهم از آنها عبارتند از: افزایش نسبت مساحت سطحی به حجم و ورود اندازه ذره به قلمرو اثرات کوانتومی. افزایش نسبت مساحت سطحی به حجم که به تدریج با کاهش اندازه ی ذره رخ می دهد، باعث غلبه یافتن رفتار اتم های واقع در سطح ذره به رفتار اتم های درونی می شود. این پدیده بر خصوصیات ذره در حالت انزوا و بر تعاملات آن با دیگر مواد اثر می گذارد. افزایش سطح، واکنش پذیری نانو مواد را به شدت افزایش می دهد زیرا تعداد مولکولها یا اتمهای موجود در سطح در مقایسه با تعداد اتمها یا مولکولهای موجود در توده ی نمونه بسیار زیاد است، به گونه ای که این ذرات به شدت تمایل به آگلومره (agglomeration) یا کلوخه ای شدن دارند. به عنوان مثال در مورد نانوذرات فلزی، به محض قرار گیری در هوا، به سرعت اکسید می شوند. در بعضی مواقع برای حفظ خواص مطلوب نانومواد، جهت پیشگیری از واکنش بیشتر، یک پایدار کننده را بایستی به آنها اضافه کرد که آنها را قادر می سازد تا در برابر سایش، فرسودگی و خوردگی مقاوم باشند.

البته این خاصیت مزایایی هم در بر دارد. مساحت سطحی زیاد، عاملی کلیدی در کارکرد کاتالیزورها و ساختارهایی همچون الکترودها می باشد. به عنوان مثال با استفاده از این خاصیت می توان کارایی کاتالیزورهای شیمیایی را به نحو مؤثری بهبود بخشید و یا در تولید نانو کامپوزیت ها با استفاده از این مواد، پیوندهای شیمیایی مستحکم تری بین ماده زمینه و ذرات برقرار شده و استحکام آن به شدت افزایش می یابد. علاوه بر این، افزایش سطح ذرات، فشار سطحی را کاهش داده و منجر به تغییر فاصله بین ذرات یا فاصله بین اتم های ذرات می شود. تغییر در فاصله بین اتم های ذرات و نسبت سطح به حجم بالا در نانوذرات، تأثیر متقابلی در خواص ماده دارد. تغییر در انرژی آزاد سطح، پتانسیل شیمیایی را تغییر می دهد. این امر در خواص ترمودینامیکی ماده (مثل نقطه ذوب) تأثیر گذار است.

به محض آنکه ذرات به اندازه کافی کوچک شوند، شروع به رفتار مکانیک کوانتومی می کنند. خواص

جدول (۱-۱)

خصوصیات	امثال ها
کاتالیستی	اثر کاتالیستی بهتر، به دلیل نسبت سطح به حجم بالاتر
الکتریکی	افزایش هدایت الکتریکی در سرامیک ها و نانو کامپوزیت های مغناطیسی، افزایش مقاومت الکتریکی در فلزات
مغناطیسی	افزایش مغناطیسیته با اندازه بحرانی دانه ها، رفتار سوپرپارامغناطیسیته ذرات
نوری	خصوصیات لوئورستی، افزایش اثر کوانتومی کریستال های نیمه هادی
بیولوژیکی	افزایش نفوذ پذیری از بین حصارهای بیولوژیکی (غشاء و سد مغز خون و غیره) و بهبود زیست سازگاری

نقاط کوانتومی مثالی از این دست است. نقاط کوانتومی کریستال هایی در اندازه نانو می باشد که از خود نور ساطع می کنند. انتشار نور توسط این نقاط در تشخیص پزشکی کاربرد های فراوانی دارد. این نقاط گاهی اتم های مصنوعی نامیده می شوند؛ چون الکترونهاى آزاد آنها مشابه الکترونهاى محبوس در اتمها، حالات گسسته و مجازی از انرژی را اشغال می کنند.

علاوه بر این، کوچک تر بودن ابعاد نانو ذرات از طول موج بحرانی نور، آنها را نامرئی و شفاف می نماید. این خاصیت باعث شده است تا نانو مواد برای مصارفی چون بسته بندی، مواد آرایشی و روکش ها مناسب باشند.

مواد در مقیاس نانو، رفتار کاملاً متفاوت، نامنظم و کنترل نشده ای از خود بروز می دهند. با کوچکتر شدن ذرات خواص نیز تغییر خواهد کرد. مثلاً فلزات، سخت تر و سرامیک نرم تر می شود. بر خى از ویژگیهای نانو مواد در جدول ۱-۱ به طور خلاصه آمده است.

۱-۳- دسته بندی نانو مواد

مواد در مقیاس نانو به دسته های زیر قابل تقسیم می باشد:

۱. نانو لایه ها
۲. نانو پوشش ها
۳. نانو خوشه ها
۴. نانو سیم ها
۵. نانو لوله ها
۶. نانو حفره ها
۷. نانو ذرات

۱. نانولایه ها :

در دنیای کنونی تغییرات سطحی به یک فرایند مهم و اساسی تبدیل شده است. در این مورد روش هایی شامل ایجاد لایه های نازک یا پوشش ها بر روی سطوح، افزایش کارآیی و محافظت سطوح را به دنبال دارد. رسوب یک لایه نازک (نانولایه) برای پوشش دهی در اکثر صنایع جایگاه مهمی یافته است. نانولایه ها دارای یک ساختار نانو ذره ای می باشند که این ساختار یا از توزیع نانوذرات در لایه ایجاد می شود و یا به وسیله یک فرایند کنترل شده، یک نانو ساختار در حین رسوب ایجاد می شود. فیلم های نانویی لایه نازک، که بر روی سطح یک زیر پایه نشانده می شوند کاربردهای عمدتاً الکترونیکی دارند. همانند زیرلایه ها، خازن ها، قطعات حافظه، آشکارسازهای مادون قرمز و راهنماهای موجی.

۲. نانو پوشش ها :

پوشش ها دارای کاربردهای متنوعی از صنایع اتومبیل گرفته تا صنایع لوزام خانگی هستند. این پوشش ها سطوحی را که در معرض آسیب های محیطی مانند باران، برف، نمک ها، رسوب های اسیدی، اشعه ماوراء بنفش، نور آفتاب و رطوبت می باشند را محافظت می نماید. ضمناً پوشش ها قابلیت خش برداشتن، تکه تکه شدن و یا آسیب دیدگی در زمان استفاده، ساخت و حمل و نقل را دارند. با یافتن راه هایی می توان از آسیب دیدن روکش ها جلوگیری کرد. فناوری نانو ایجاد نانو پوشش ها را پیشنهاد می کند.

نانو پوشش های حفاظتی برای افزایش مقاومت در مقابل خوردگی، افزایش سختی سطوح و حفاظت در مقابل عوامل مخرب محیطی می باشند. علاوه بر آن، فناوری نانو از خش برداشتن، تکه تکه شدن و خورده شدن روکش ها جلوگیری می کند. از موارد استفاده نانو پوشش ها می توان به روکش های ضد انعکاس در