



دانشکده فیزیک
گروه حالت جامد و الکترونیک

پایان نامه
برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته فیزیک

عنوان:

بررسی برخی خواص الکتریکی لایه های نازک نانو ساختار اکسید روی تهیه
شده به روش سل - ژل

استاد راهنما:

دکتر حسن بیدادی

دکتر مجتبی پرهیزکار

پژوهشگر:

سجاد قاسم بگلی

دی ماه ۱۳۹۰

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

نام خانوادگی: قاسم بگلی	نام: سجاد
عنوان پایان نامه: بررسی برخی خواص الکتریکی لایه های نازک نانو ساختار اکسید روی تهیه شده به روش سل - ژل	
استادان راهنما: دکتر مجتبی پرهیزکار-دکتر حسن بیدادی	
مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد	رشته: فیزیک
گرایش: حالت جامد و الکترونیک	تاریخ فارغ التحصیلی: دی ماه ۱۳۹۰
دانشگاه: تبریز	دانشکده: فیزیک
تعداد صفحه: ۱۵۴	
کلمات کلیدی: فیلم های نازک نانو ساختار اکسید روی، سل - ژل، غوطه وری، خواص الکتریکی، دمای باز پخت، ساختار ZnO	
<p>چکیده: نظر بر اینکه اکسید روی یک نیم رسانا با گاف باندی پهن می باشد به عنوان یک ماده ی مفید برای گسترش قطعات الکترونیکی و اپتوالکترونیکی مورد استفاده قرار می گیرد. اکسید روی علاوه بر کاربرد به عنوان یک رسانای شفاف و حسگر گازی، در ساخت واریستورها و سلولهای خورشیدی مورد استفاده قرار می گیرد. روش سل - ژل یک روش ساده، کم هزینه و جذاب برای تهیه لایه های نازک اکسید روی بوده و امکان تهیه لایه های با سطوح بزرگ و یکنواخت برای کاربردهای صنعتی را فراهم می کند.</p> <p>در این کار تجربی برای تهیه لایه های نازک اکسید روی از روش سل - ژل و غوطه وری در سلی از محلولهای زینک استات دی هیدرات، ایزوپروپانول و دی اتانول آمین به ترتیب به عنوان ماده اولیه، حلال و پایدارساز استفاده شده است. قبل از بررسی خواص فیزیکی، لایه ها تحت عملیات حرارتی قرار گرفته اند تا کیفیت آنها بالا رود. در این پروژه، لایه های نازک اکسید روی با استفاده از روش سل - ژل و از سلی با غلظت ۱.۱۵ مول بر لیتر و با ضخامت بهینه تهیه و در دماهای به ترتیب ۴۵۰، ۵۵۰ و ۶۰۰ درجه سانتیگراد بازپخت شده اند و پس از بازپخت، برخی از پارامترهای الکتریکی مانند مقاومت ویژه، رسانندگی الکتریکی، ضریب ثابت هال و گاف باندی برای نمونه هایی که در سه دمای مختلف بازپخت شده اند، اندازه گیری و نتایج باهم مقایسه شده اند. ضمناً ساختار لایه ها که در سه دمای مختلف بازپخت شده اند با استفاده از XRD و SEM مورد بررسی قرار گرفته اند. منحنی طیف های عبوری حاصل از فیلم ها نشان می دهد که در</p>	

ضخامت های پایین، درصد عبور بالا بوده و با افزایش ضخامت، فیلم ها کدرتر شده و درصد عبور کاهش می یابد، همچنین گاف بانندی با افزایش دمای بازپخت کاهش می یابد. تحلیل های XRD نشان می دهند که ساختار فیلم های تهیه شده چند بلوری بوده و فیلم ها دارای ساختار نانوکریستال با اندازه دانه های بین ۱۵ تا ۵۰ نانومتر بوده و در حالت پودری اندازه دانه ها تا ۹۰ نانومتر می رسد و با افزایش دمای بازپخت، قطر دانه ها بزرگتر شده و ساختار فیلم ها منظم تر و بلورینگی افزایش و میزان تخلخل ها کاهش می یابد. نتایج حاصل از اندازه گیری رسانندگی در دماهای مختلف با استفاده از یک زمپا نشان می دهند که با افزایش دما رسانندگی افزایش و مقاومت ویژه کاهش می یابد، زیرا ZnO یک نیمرسانای نوع n است که در آن تعداد حاملها با افزایش دما، افزایش پیدا می کند. نتایج حاصل از اندازه گیری ضریب ثابت هال حاکی از این است که این ضریب با افزایش دمای بازپخت کاهش پیدا می کند که به دلیل افزایش بلورینگی در ساختار فیلم هاست. نتایج حاصل از میکروسکوپ الکترونی SEM بیانگر افزایش بلورینگی و نظم شبکه کریستالی اکسید روی و نیز افزایش اندازه دانه ها به دلیل افزایش دمای بازپخت می باشد.

فهرست مطالب

عنوان

چکیده فارسی

چکیده انگلیسی

صفحه

فصل اول: بررسی منابع و پیشینه پژوهش

مقدمه

۱	مقدمه
	۱-۱) نانو ساختارها
۲	۱-۱-۲) طبقه بندی مواد با ساختارهای نانو از نظر اندازه و خواص
۳	۱-۲) لایه های نازک
۴	۱-۲-۱) تقسیم بندی انواع لایه ها
۴	۱-۲-۲) فرآیند رشد لایه های نازک
۷	۱-۲-۳) رشد لایه به لایه
۷	۱-۲-۴) هسته بندی سه بعدی، تشکیل، رشد و به هم پیوستن جزیره ها (سازوکار ولمر-وبر)
۸	۱-۲-۵) جذب سطحی تک لایه و هسته بندی بعدی روی این لایه (سازوکار استرانسکی - کراستائف)
۸	۱-۳) روش های ساخت لایه های نازک
۹	۱-۳-۱) روش های فیزیکی برای ساخت لایه های نازک
۱۰	۱-۳-۲) روش های شیمیایی برای ساخت لایه های نازک
۱۰	۱-۳-۳) روش های فیزیکی - شیمیایی برای ساخت لایه های نازک
۱۰	۱-۴) زیرلایه ها
۱۱	۱-۴-۱) انواع زیرلایه ها
۱۱	۱-۴-۲) آماده سازی زیرلایه ها
۱۲	۱-۵) روش های اندازه گیری ضخامت لایه ها
۱۲	۱-۵-۱) روش گرانی سنجی
۱۳	۱-۵-۲) اندازه گیری مقاومت الکتریکی
۱۳	۱-۶) تنوع روشهای آنالیز
۱۶	۱-۶-۱) خصوصیات ساختاری با XRD
۱۷	۱-۶-۲) سرشت سنجی ساختاری با میکروسکوپ SEM و TEM
۲۰	۱-۷) تنش لایه های نازک
۲۳	۱-۷-۱) اثر تنش روی مقاومت الکتریکی
۲۶	۱-۸) چسبندگی لایه های نازک

فصل دوم: مواد و روشها

۲۷	۱-۲) تاریخچه ای بر روش سل - ژل
۲۸	۱-۱-۲) سل - ژل
۳۲	۲-۱-۲) فرآیند سل - ژل
۳۳	۳-۱-۲) تهیه سل
۳۴	۴-۱-۲) ژلاسیون
۳۶	۵-۱-۲) اثر pH و عامل جوانه زا
۳۷	۶-۱-۲) نوع عامل کی لیت کننده
۳۸	۷-۱-۲) اثر اکسیژن
۳۸	۸-۱-۲) ضریب کمپلکس کننده
۳۸	۹-۱-۲) پارامترهای فیزیکی
۳۹	۱-۹-۱-۲) انباشت
۴۶	۲-۹-۱-۲) خشک سازی
۴۷	۳-۹-۱-۲) بازپخت یا دمای تکلیس
۴۸	۴-۹-۱-۲) اثر دمای زیرلایه
۴۸	۵-۹-۱-۲) اثر نوع کاتالیست
۴۹	۶-۹-۱-۲) اثر نوع زیرلایه
۵۰	۱۰-۱-۲) مزایا و معایب فرآیند سل - ژل
۵۱	۱۱-۱-۲) کاربردهای روش سل - ژل
۵۵	۲-۲) ساختار کریستالی اکسید روی
۵۷	۱-۲-۲) مواد نیمرسانا
۵۸	۲-۲-۲) نیمرساناهای ترکیبی
۵۹	۳-۲-۲) نیمرسانای غیر ذاتی
۶۱	۴-۲-۲) خواص الکتریکی لایه های نازک
۶۳	۵-۲-۲) هدایت الکتریکی
۶۵	۶-۲-۲) مقاومت ویژه (ρ)
۶۸	۷-۲-۲) تحرک پذیری
۶۹	۱-۷-۲-۲) تاثیر پراکندگی در تحرک پذیری
۷۰	۸-۲-۲) طریقه اندازه گیری رسانندگی و ضریب هال
۷۳	۹-۲-۲) ساختار نواری
۷۴	۱۰-۲-۲) گاف نواری
۷۵	۱-۱۰-۲-۲) گاف نواری مستقیم
۷۶	۲-۱۰-۲-۲) گاف نواری غیر مستقیم
۷۷	۱۱-۲-۲) شفافیت اپتیکی در نیمرساناها

۷۸	۲-۲-۱۲) ضریب شکست و جذب
۷۹	۲-۳) لایه های شفاف و رسانا
۷۹	۲-۳-۱) لایه های بسیار نازک فلزی
۷۹	۲-۳-۲) لایه های نازک اکسید نیمرسانا
۸۰	۲-۴) لایه های نازک TCO
۸۰	۲-۵) ترابرد الکتریکی لایه های نازک دی الکتریک
۸۲	۲-۵-۱) مکانیسم ترابرد الکتریکی ویژه (سدی و کپه ای)
۸۵	۲-۶) مرور منابع
۹۱	۲-۷) خواص پیزوالکتریکی اکسید روی

فصل سوم : نتیجه و بحث

۹۳	۳-۱) مقدمه:
۹۴	۳-۲) بررسی کارهای تجربی
۹۴	۳-۲-۱) تهیه محلول لایه نشانی
۹۴	۳-۳) روش لایه نشانی
۹۵	۳-۴) پارامتر های موثر
۹۶	۳-۴-۱) معرفی پارامترهای شیمیایی
۹۶	۳-۴-۲) معرفی پارامترهای فیزیکی
۹۶	۳-۴-۳) زیرلایه
۹۷	۳-۵) بررسی اثر خشک سازی
۹۹	۳-۶) روش آماده سازی و کنتاکت زنی نمونه ها
۱۰۰	۳-۷) مواد اولیه لازم برای تهیه محلول
۱۰۱	۳-۸) محلول اول
۱۰۲	۳-۹) محلول دوم
۱۰۷	۳-۱۰) خواص اپتیکی
۱۱۵	۳-۱۱) خواص الکتریکی
۱۱۵	۳-۱۱-۱) اندازه گیری ضریب هال
۱۱۹	۳-۱۱-۲) اندازه گیری رسانندگی
۱۲۱	۳-۱۱-۳) توصیف زمپا (<i>Cryostat</i>)
۱۲۷	۳-۱۲) خواص ساختاری
۱۳۸	۳-۱۳) بررسی فیلم ها با استفاده از میکروسکوپ الکترونی روبشی SEM

۱۴۰ ۳-۱۳-۱) تصاویر و نتایج حاصل از میکروسکوپ الکترونی روبشی برای پودرهای حاصل از رسوب محلول آماده شده. برای تهیه اکسید روی

۱۵۱ ۳-۱۴) نتایج

۱۵۳ ۳-۱۵) پیشنهادات

منابع

فهرست شکل‌های فصل اول

۲ شکل (۱-۱) : مقایسه چگالی حالت‌ها در مواد حجیم ، فیلم نازک ، نانو سیم و نقاط کوانتومی

۷ شکل (۱-۲): رشد لایه به لایه

۷ شکل (۱-۳): رشد جزیره ای

۸ شکل (۱-۴): رشد استرانسکی - کراستائف

۹ شکل (۱-۵): تقسیم بندی روشهای لایه نشانی بر حسب ضخامت

۱۳ شکل (۱-۶): اندازه گیری ضخامت با استفاده از پل و تستون

۱۵ شکل (۱-۷) نمایی از صفحات کریستالی

۱۹ شکل (۱-۸) نمایی از طرز کار میکروسکوپ الکترونی SEM

۲۱ شکل (۱-۹) تغییر شکل شیشه اسلاید و میکرواسلاید بر اثر تنش توسط لایه Zn بعد پخت در کوره

۲۱ شکل (۱-۱۰) اثر تنش ایجاد شده بر روی لایه نازک (a) قبل از عملیات حرارتی و بازپخت، (b) بعد از عملیات

۲۳ شکل (۱-۱۱) تنش در لایه‌های نازک: (a) لایه تحت تنش کششی جزئی، (b) واماندگی لایه بر اثر تنش کششی در طی انباشت لایه Ag/Li، (c) لایه تحت تنش فشردگی جزئی، (d) واماندگی لایه بر اثر تنش فشردگی پیری در Ag/Li لایه در محیط گاز آرگون،

۲۳ شکل (۱-۱۲) اثر دمای باز پخت بر کاهش تنش و کرنش و نیز افزایش اندازه دانه های بلور اکسید روی

۲۶ شکل (۱-۱۳) نمودار ضخامت لایه بر حسب چسبندگی در سرعت های مختلف لایه نشانی چرخشی

فهرست شکل‌های فصل دوم

۳۰ شکل (۲-۱) مراحل مختلف فرایند سل - ژل برای سنتز مواد سرامیکی

۳۳ شکل (۲-۲): (a) ژل کلونیدی، (b) ژل پلیمری

۳۴ شکل (۲-۳): واکنش هیدرولیز و چگالش

۳۵ شکل (۲-۴) نمودار تغییرات ضخامت لایه بر حسب زمانهای مختلف غوطه وری

۳۷ شکل (۲-۵) نمودار تغییرات اندازه دانه های کریستال ZnO بر حسب مقدار pH محلول

۴۰ شکل (۲-۶) : مراحل مختلف انباشت با تکنیک غوطه وری

۴۱ شکل (۲-۷): نمایی از پروسه ژلاسیون در تکنیک غوطه وری

۴۳ شکل (۲-۸): نمودار الگو وار فرایند لایه نشانی چرخشی

۴۴ شکل (۲-۹): نمودار طرح وار نازک شدگی فیلم در فرایند لایه نشانی چرخشی (a) مرحله اول، (b) مرحله دوم

- شکل (۲-۱۰): نمایی از سیستم لایه نشانی الکتروفورز
- شکل (۲-۱۱): تصویر AFM و الگوی پراش X-ray از فیلم های اکسید روی تهیه شده به روش سل-ژل و باز پخت شده در دماهای مختلف، (a) دمای اتاق، (b) ۴۵۰ °C، (c) ۵۰۰ °C، (d) ۵۵۰ °C
- شکل (۲-۱۲): افزایش اندازه دانه های نانو کریستال $TiBiNa_5$ با افزایش دما. (ب) وابستگی اندازه دانه های بلوری به دما در نرخ های مختلف رشد بلور
- شکل (۲-۱۳): (a) ذرات ZnO بدون کاتالیست (b) با کاتالیست قلع تحت همان شرایط
- شکل (۲-۱۴): تصویر SEM (a) جهت گیری کاتوره ای نانو سیمهای ZnO بر روی زیرلایه سیلیکون (۱۰۰) و (b) ردیف شدن نانو سیم های ZnO بر روی زیرلایه میکا
- شکل (۲-۱۵): ساختار هگزاگونال ورتسایت ZnO، در این تصویر کره های بزرگ اتمهای اکسیژن و کره های کوچکتر اتمهای روی هستند
- شکل (۲-۱۶): تصویر سمت راست فاز زینک بلانند و سمت چپ فازنمک معدنی اکسید روی را نشان می دهد در این تصویر کره های بزرگ اتمهای اکسیژن و کره های کوچکتر اتمهای روی هستند.
- شکل (۲-۱۷): رسانندگی و مقاومت ویژه برای مواد مهم در هر سه گروه
- شکل (۲-۱۸): وابستگی مقاومت ویژه به دما برای فلزات شکل (الف) و برای نیمرساناها شکل (ب)
- شکل (۲-۱۹): آرایش با یک اتم پذیرنده (الف) و آرایش با یک اتم دهنده (ب)
- شکل (۲-۲۰): (الف) نمودار تاثیر درصد آلومینیم آلاینده شده و دمای بازپخت بر مقاومت ویژه اکسید روی تهیه شده به روش سل-ژل، (ب) تغییرات مقاومت ویژه نسبت به دماهای بازپخت گوناگون
- شکل (۲-۲۱): اندازه گیری مقاومت ویژه با استفاده از پروپ چهار سوزنی
- شکل (۲-۲۲): تاثیر ناخالصی بر مقاومت ویژه، تحرک پذیری و رسانندگی ZnO به صورت لایه نازک
- شکل (۲-۲۳): یک نیمرسانای تخت که جریان طولی I از آن عبور می کند
- شکل (۲-۲۴): تغییرات گاف باندی اکسید روی بر حسب ناخالصی بور
- شکل (۲-۲۵): جذب اپتیکی در نیمرسانای مستقیم در دمای صفر درجه کلوین.
- شکل (۲-۲۶): نمودار پاشندگی انرژی برای گاف مستقیم.
- شکل (۲-۲۷): نمودار پاشندگی انرژی برای گاف غیرمستقیم
- شکل (۲-۲۸): جذب نواری نیمه رساناها با گاف مستقیم و غیرمستقیم.
- شکل (۲-۲۹): شمایی طرح وار از شفافیت در نیمرساناها
- شکل (۲-۳۰): رسانش تحدید کیه ای (خطوط بریده برای $E=0$ است) (a) تحدید بار فضایی، (b) رسانش یونی کاتیون ها، (c) پول-فرانکل
- شکل (۲-۳۱): نمودار SDTA-TGA بر سل اکسید روی
- شکل (۲-۳۲): طیف FT-IR مربوط به سل (a)، فیلم های در دماهای (a) ۱۲۰ °C، (b) ۳۰۰ °C، (c) ۴۰۰ °C، (d) و ۴۵۰ °C را نشان می دهد.
- شکل (۲-۳۳): طرح پراش فیلم ها تحت عملیات گرمایش مختلف
- شکل (۲-۳۴): تصویر AFM های خشک سازی شده در دماهای ۳۰۰، ۴۰۰ و ۴۵۰ °C و بازپخت ۷۰۰ °C
- شکل (۲-۳۵): طرح پراش XRD اکسید روی در دمای خشک سازی ۲۵۰ °C و دمای بازپخت ۶۵۰ °C
- شکل (۲-۳۶): نمودار TG/DTA برای سل ۰.۷ M

- شکل (۲-۳۷): طرح پراش XRD فیلم های اکسید روی در دماهای خشک سازی متفاوت و و بازپخت 650°C ۹۰
- شکل (۲-۳۸): تصویر SEM فیلم های اکسید روی (a) خشک سازی شده در دمای 200°C ، (b) 225°C ، (c) 250°C ، ۹۰
- (d) 275°C و (e) 300°C و دمای بازپخت 650°C به مدت ۱ ساعت
- شکل (۲-۳۹): طیف عبوری فیلم های اکسید روی در دماهای خشک سازی مختلف و دمای بازپخت 650°C به ۹۱
- مدت ۱ ساعت.
- شکل (۲-۴۰) نمایی از خاصیت پیزوالکتریکی اکسید روی در موقع اعمال نیروی کشش و فشار ۹۱

فهرست شکل های فصل سوم

- شکل (۳-۱) نمایی از روش لایه نشانی غوطه وری ۹۴
- شکل (۳-۲) نمایی از کوره و دستگاه لایه نشانی غوطه وری ۹۵
- شکل (۳-۳) نمایی از دستگاه تمیزکننده ی مافوق صوتی برای تمیز کردن زیرلایه های شیشه ای ۹۷
- شکل (۳-۴) نمایی از نحوه خشک کردن لایه های اکسید روی در کوره ۹۹
- شکل (۳-۵) رسوب ایجاد شده در اثر استفاده از دی اتانول آمین نامرغوب ۱۰۲
- شکل (۳-۶) نحوه تهیه محلول و استفاده از هیتر برای گرم کردن محلول تا دمای 60°C درجه ی سانتیگراد ۱۰۳
- شکل (۳-۷) نمونه هایی از لایه و زیرلایه های شیشه ای و لایه های تهیه شده در روی آنها روش سل-ژل ۱۰۳
- شکل (۳-۸) نمودار ضخامت لایه ها برحسب تعداد لایه نشانی در دمای بازپخت 450°C درجه ی سانتیگراد ۱۰۴
- شکل (۳-۹) نمودار ضخامت لایه ها برحسب تعداد لایه نشانی در دمای بازپخت 500°C درجه ی سانتیگراد ۱۰۵
- شکل (۳-۱۰) نمودار ضخامت لایه ها برحسب تعداد لایه نشانی در دمای بازپخت 550°C درجه ی سانتیگراد ۱۰۵
- شکل (۳-۱۱) نمودار ضخامت لایه ها برحسب تعداد لایه نشانی در دمای بازپخت 600°C درجه ی سانتیگراد ۱۰۶
- شکل (۳-۱۲) نمایی از روش لایه نشانی غوطه وری و محلول شفاف برای تهیه فیلم های نازک ۱۰۶
- شکل (۳-۱۳) نمودار ضخامت لایه ها برحسب تعداد لایه نشانی در دمای بازپخت 450°C ، 500°C و 600°C درجه ی سانتیگراد ۱۰۷
- شکل (۳-۱۴): الگوی تداخل عبور لایه های نازک ۱۰۷
- شکل (۳-۱۵) نمودار طیف عبوری نمونه های بازپخت شده در دمای 450°C درجه ی سانتیگراد ۱۰۹
- شکل (۳-۱۶) نمودار طیف عبوری چهار نمونه با ضخامت های تقریباً یکسان ولی بازپخت شده در دماهای 450°C ، 500°C و 600°C درجه ی سانتیگراد ۱۰۹
- شکل (۳-۱۷) نمودار طیف جذبی نمونه های با ضخامت های مختلف ولی بازپخت شده در دمای 500°C درجه ی سانتیگراد ۱۱۰
- شکل (۳-۱۸) نمودار طیف جذبی نمونه های با ضخامت های مختلف ولی بازپخت شده در دمای 450°C درجه ی سانتیگراد ۱۱۰
- شکل (۳-۱۹) نمودار طیف جذبی چهار نمونه به ضخامت های مختلف ولی بازپخت شده در دمای یکسان 600°C درجه ی سانتیگراد. ۱۱۱
- شکل (۳-۲۰) نمودار طیف جذبی چهار نمونه با ضخامت های یکسان (۶ بار لایه نشانی شده) ولی بازپخت شده در دماهای 450°C ، 500°C و 600°C درجه ی سانتیگراد. ۱۱۱
- شکل (۳-۲۱) نمودار طیف جذبی چهار نمونه با ضخامت های یکسان (۹ بار لایه نشانی شده) ولی بازپخت شده در دماهای 450°C ، 500°C و 600°C درجه ی سانتیگراد. ۱۱۲

- شکل (۲۲-۳) نمودار تائوک برای نمونه‌ی (۹ بار لایه نشانی شده) و بازپخت شده دردمای ۴۵۰ درجه‌ی سانتیگراد جهت برآورد گاف انرژی ۱۱۳
- شکل (۲۳-۳) نمودار تائوک برای نمونه‌ی (۹ بار لایه نشانی شده) و بازپخت شده دردمای ۵۰۰ درجه‌ی سانتیگراد جهت برآورد گاف انرژی ۱۱۳
- شکل (۲۴-۳) نمودار تائوک برای نمونه‌ی (۹ بار لایه نشانی شده) و بازپخت شده دردمای ۶۰۰ درجه‌ی سانتیگراد جهت برآورد گاف انرژی ۱۱۴
- شکل (۲۵-۳) نمودار تائوک برای نمونه‌های با ضخامت یکسان (۶ لایه) ولی بازپخت شده دردمای ۴۵۰ ، ۵۰۰ ، ۵۵۰ و ۶۰۰ درجه‌ی سانتیگراد جهت برآورد گاف انرژی ۱۱۴
- شکل (۲۶-۳)، ساختار آزمایش اثر هال به روش شش اتصال ۱۱۷
- شکل (۲۷-۳)، نمایی از دستگاهها و وسایل مورد نیاز برای آزمایش اثر هال به روش شش اتصال ۱۱۸
- شکل (۲۸-۳) تصویر زمپا ۱۲۱
- شکل (۲۹-۳) نحوه قرار گرفتن نمونه در مدار ۱۲۲
- شکل (۳۰-۳) نمودار مقاومت ویژه و رسانندگی برحسب دما برای فیلم اکسید روی بازپخت شده در دمای ۴۵۰ درجه‌ی سانتیگراد ۱۲۳
- شکل (۳۱-۳) نمودار مقاومت ویژه و رسانندگی برحسب دما برای فیلم اکسید روی بازپخت شده در دمای ۶۰۰ درجه‌ی سانتیگراد ۱۲۳
- شکل (۳۲-۳) نحوه اندازه گیری رسانندگی و مقاومت ویژه در دماهای مختلف با استفاده از زمپا ۱۲۴
- شکل (۳۳-۳) نمودار مقاومت ویژه برحسب دما و رسانندگی فیلم اکسید روی بازپخت شده در دمای ۵۵۰ درجه‌ی سانتیگراد ۱۲۴
- شکل (۳۴-۳) نمودار مقاومت ویژه برحسب دما برای فیلم‌های اکسید روی بازپخت شده در دمای ۴۵۰ ، ۵۵۰ و ۶۰۰ درجه‌ی سانتیگراد. ۱۲۵
- شکل (۳۵-۳) نمودار رسانندگی برحسب عکس دما برای فیلم‌های اکسید روی بازپخت شده در دمای ۴۵۰ ، ۵۵۰ و ۶۰۰ درجه‌ی سانتیگراد. ۱۲۶
- شکل (۳۶-۳) نمودار XRD فیلم اکسید روی بازپخت شده در دمای ۴۵۰ درجه سانتیگراد و ۱۲ بار لایه نشانی شده ۱۲۷
- شکل (۳۷-۳) نمودار XRD فیلم اکسید روی بازپخت شده در دمای ۴۵۰ درجه سانتیگراد و ۱۱ بار لایه نشانی شده ۱۲۷
- شکل (۳۸-۳) نمودار XRD فیلم اکسید روی بازپخت شده در دمای ۴۵۰ درجه سانتیگراد و ۶ بار لایه نشانی شده ۱۲۸
- شکل (۳۹-۳) نمودار XRD فیلم اکسید روی بازپخت شده در دمای ۴۵۰ درجه سانتیگراد و ۶ ، ۱۱ و ۱۲ بار لایه نشانی شده به روش سل-ژل. ۱۲۸
- شکل (۴۰-۳) نمودار XRD فیلم اکسید روی بازپخت شده در دمای ۵۵۰ درجه‌ی سانتیگراد ۶ و ۵ بار لایه نشانی شده ۱۳۱
- شکل (۴۱-۳) نمودار XRD فیلم اکسید روی بازپخت شده در دمای ۵۵۰ درجه‌ی سانتیگراد و ۹ بار لایه نشانی شده ۱۳۱

- شکل (۴۲-۳) نمودار XRD فیلم‌های اکسیدروی بازپخت شده در دمای ۵۵۰ درجهی سانتیگراد ۵، ۶ و ۹ بار لایه نشانی شده. ۱۳۳
- شکل (۴۳-۳) نمودار XRD فیلم اکسید روی بازپخت شده در دمای ۶۰۰ درجهی سانتیگراد ۶ و ۹ بار لایه نشانی شده. ۱۳۴
- شکل (۴۴-۳) نمودار XRD پودر حاصل از رسوب محلول آماده شده برای تهیه اکسید روی بازپخت شده در دمای ۴۵۰ ، ۵۵۰ و ۶۰۰ درجهی سانتیگراد. ۱۳۵
- شکل (۴۵-۳) نمودار XRD پودر حاصل از رسوب محلول آماده شده برای تهیهی اکسید روی بازپخت شده در دمای ۴۵۰ ، ۵۵۰ و ۶۰۰ درجهی سانتیگراد. ۱۳۷
- شکل (۴۶-۳) نمودار XRD فیلم‌های اکسید روی بازپخت شده در دمای ۴۵۰ ، ۵۵۰ و ۶۰۰ درجهی سانتیگراد. ۱۳۸
- شکل (۴۷-۳) میکروسکوپ الکترونی روبشی SEM دانشگاه تربیت مدرس تهران. ۱۳۸
- شکل (۴۸-۳) نمودار پایه های فلزی برای نصب فیلم های اکسید روی جهت SEM. ۱۳۹
- شکل (۴۹-۳) دستگاه ایجاد لایه بسیار نازک طلا بر روی فیلم‌های اکسید روی. ۱۳۹
- شکل (۵۰-۳) نمودار SEM پودر های اکسید روی بازپخت شده در دمای ۴۵۰ درجهی سانتیگراد و مقیاس ۱ میکرومتر. ۱۴۰
- شکل (۵۱-۳) نمودار SEM پودرهای اکسید روی بازپخت شده در دمای ۴۵۰ درجهی سانتیگراد و مقیاس ۵۰۰ نانومتر. ۱۴۱
- شکل (۵۲-۳) نمودار SEM پودرهای اکسید روی بازپخت شده در دمای ۵۵۰ درجهی سانتیگراد و مقیاس ۵۰۰ نانومتر. ۱۴۱
- شکل (۵۳-۳) نمودار SEM پودرهای اکسید روی بازپخت شده در دمای ۶۰۰ درجهی سانتیگراد و مقیاس ۵۰۰ نانومتر. ۱۴۲
- شکل (۵۴-۳) نمودار SEM فیلم‌های اکسیدروی بازپخت شده در دمای ۴۵۰ درجه سانتیگراد و ۶ بار لایه نشانی شده. با مقیاس ۵۰۰ نانومتر. ۱۴۳
- شکل (۵۵-۳) نمودار SEM فیلم‌های اکسیدروی بازپخت شده در دمای ۴۵۰ درجه سانتیگراد و ۹ بار لایه نشانی شده. با مقیاس ۵۰۰ نانومتر. ۱۴۳
- شکل (۵۶-۳) نمودار SEM فیلم‌های اکسیدروی بازپخت شده در دمای ۵۰۰ درجه سانتیگراد و ۶ بار لایه نشانی شده. با مقیاس ۵۰۰ نانومتر. ۱۴۴
- شکل (۵۷-۳) نمودار SEM فیلم‌های اکسیدروی بازپخت شده در دمای ۵۰۰ درجه سانتیگراد و ۹ بار لایه نشانی شده. با مقیاس ۵۰۰ نانومتر. ۱۴۴
- شکل (۵۸-۳) نمودار SEM فیلم‌های اکسیدروی بازپخت شده در دمای ۵۰۰ درجهی سانتیگراد و ۹ بار لایه نشانی شده. با مقیاس ۵۰۰ نانومتر. ۱۴۵
- شکل (۵۹-۳) نمودار SEM فیلم‌های اکسیدروی بازپخت شده در دمای ۵۵۰ درجهی سانتیگراد و ۶ بار لایه نشانی شده. با مقیاس ۵۰۰ نانومتر. ۱۴۶
- شکل (۶۰-۳) نمودار SEM فیلم‌های اکسیدروی بازپخت شده در دمای ۵۵۰ درجهی سانتیگراد و ۹ بار لایه نشانی شده. با مقیاس ۵۰۰ نانومتر. ۱۴۶
- شکل (۶۱-۳) نمودار SEM فیلم‌های اکسیدروی بازپخت شده در دمای ۶۰۰ درجهی سانتیگراد و ۶ بار لایه نشانی شده. با مقیاس ۵۰۰ نانومتر. ۱۴۷

- ۱۴۷ شکل (۶۲-۳) نمودار SEM فیلم‌های اکسیدروی بازپخت شده در دمای ۶۰۰ درجه‌ی سانتیگراد و ۹ بار لایه نشانی شده با مقیاس ۵۰۰ نانومتر
- ۱۴۸ شکل (۶۳-۳) نمودار SEM فیلم‌های اکسید روی بازپخت شده در دمای ۵۰۰ درجه‌ی سانتیگراد
- ۱۴۹ شکل (۶۴-۳) نمودار آنالیز EDAX (که درصد و مقدار خلوص ترکیبات را نشان می‌دهد) نمونه‌های اکسید روی بازپخت شده در دمای ۴۵۰ درجه‌ی سانتیگراد (نمونه ۱ پودر اکسیدروی بازپخت شده و نمونه ۲ فیلم اکسیدروی بازپخت شده است)
- ۱۵۰ شکل (۶۵-۳) نمودار آنالیز EDAX نمونه اکسید روی بازپخت شده در دمای ۶۰۰ درجه‌ی سانتیگراد (نمونه ۱۰ فیلم اکسیدروی بازپخت شده است)

فصل اول در سبب و منافع و موانع و اصول

۱-۱) نانو ساختارها

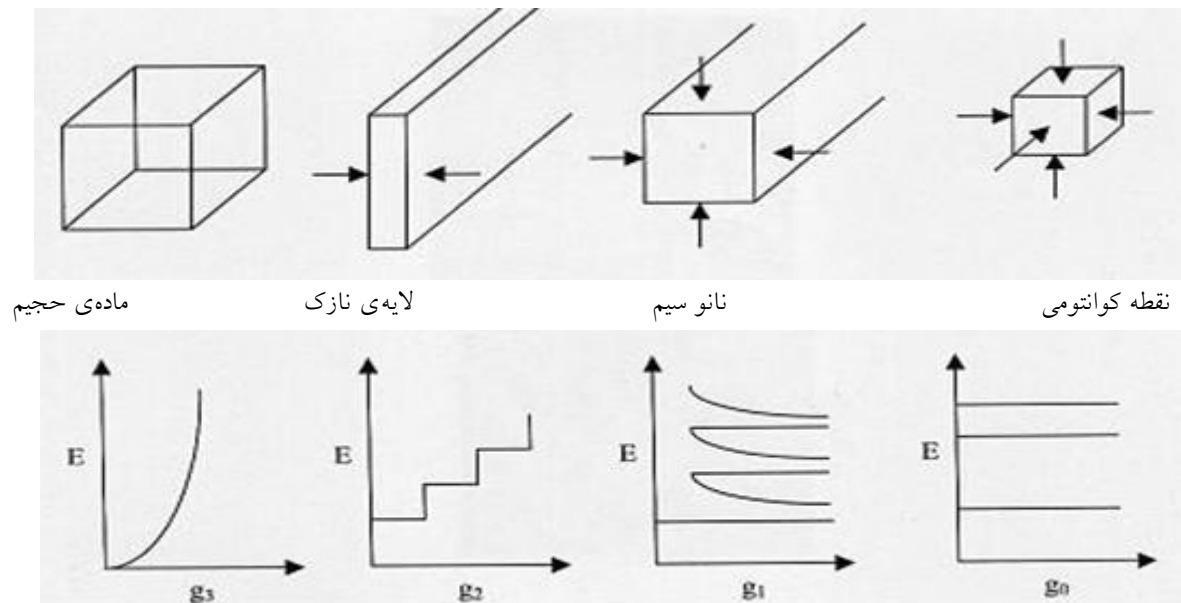
نانو فناوری یک روش مناسب برای ساخت و طراحی ساختارهای کارآمدی است که حداقل دارای یک بعد در ابعاد نانو متری باشد. چنین مواد و سیستمهایی می توانند به طور منطقی طراحی شوند که به خاطر اندازه شان، دارای ویژگیها و رفتارهای فیزیکی و شیمیایی جدیدی خواهند بود. وقتی مواد در ساختاری بین اتمها و مواد توده‌ای یعنی بین یک تا صد نانو متر قرار گیرند در این محدوده اغلب رفتار فیزیکی بسیار متفاوتی با اتمها و مواد توده‌ای از خود نشان می دهند. خصوصیات مواد در نانو مقیاس را نمی توان با توجه به ویژه‌گی‌های مواد در مقیاسهای بزرگتر پیش بینی کرد. تغییرات مهم در رفتار نانو مواد نه تنها با تغییر مداوم رفتاری مواد در اندازه‌های کوچک، بلکه در اثر ظهور پدیده‌های جدیدی نظیر، محدودیت اندازه کوانتومی، ترابری شبه موجی و غلبه پدیده‌های سطحی نیز صورت می گیرد. اگر بتوانیم اندازه و شکل مواد را کنترل کنیم، خواهیم توانست خصوصیات مواد و عملکرد قطعاتی را که هم اکنون می سازیم، بهبود دهیم. ساخت، ترکیب و مجتمع سازی مواد و قطعات در مقیاس نانو، انقلابی در علم و فناوری ایجاد می کنند که ما می توانیم اصول و خصوصیات پنهان آنها را کشف و به کار گیریم.

در سال ۱۹۵۹ ریچارد فاینمن، برنده جایزه نوبل، سخنرانی معروف خود را ارائه داد. او شنوندگان خود را با دیدگاهی از کشفیات جدید که می توان با ساخت مواد و قطعات، در مقیاس مولکولی و اتمی بدان ها دست یافت، ترغیب کرد. در کنفرانس سال ۱۹۶۰ تحت عنوان فضای زیادی در مواد با مقیاس پایین وجود دارد، به بحث در مورد قابلیت ها و امکان تولید مواد نانو مقیاس پرداخت [۲]. وی خاطر نشان کرد، برای انجام این کار به یک رده ابزارهای اندازه گیری نیاز است تا بتوان خصوصیات و رفتار این ساختارهای کوچک را تشخیص داده و بتوان در آنها تغییراتی ایجاد کرد. در دهه هشتاد وسایل اندازه گیری که دارای تواناییها و خصوصیات مورد نظر فاینمن بود، اختراع شد. با اختراع این وسایل اندازه گیری که شامل میکروسکوپ های تونل زنی اتمی و میکروسکوپ های میدان نزدیک می باشند، ابزار لازم برای اندازه گیری و دست کاری مواد با ساختارهای نانو، فراهم گردید. واضح است مقیاسی که ما با آن سر و کار داریم، نانومتر است و یک نانو، یک میلیاردیم یک متر می باشد. این اندازه با تقریب، چهار برابر قطر یک اتم منفرد می باشد. یک مکعب با طول ۲/۵ نانومتری، در حدود ۱۰۰۰ اتم را در خود جای می دهد. کوچک ترین مدارات مجتمع، ۲۵۰ نانومتری می باشند که شامل یک میلیون اتم در یک لایه مربعی با ارتفاع اتمی است.

این پرسش مطرح می شود که چرا این مقیاس به این اندازه مهم است، اینگونه می توان پاسخ داد که خصوصیات موج گونه الکترون ها در درون مرزهای این نانوذرات و برهمکنش های اتمی توسط تغییر اندازه مواد به نحو اثرگذاری قابل توجه است. با ایجاد ساختارهای نانومتری، کنترل خصوصیات اساسی مواد مانند اثر نوری، الکتریکی، دمای ذوب، رفتار مغناطیسی و حتی رنگ آنها بدون تغییر ترکیب شیمیائی مواد، امکان پذیر خواهد بود. به کارگیری این پتانسیل نهفته، باعث ایجاد محصولات و فناوری های جدید و بسیار کارآمدی خواهد شد که تا کنون امکان پذیر نبوده است.

۱-۱-۲) طبقه بندی مواد با ساختارهای نانو از نظر اندازه و خواص

ویژگی های مواد تحت تاثیر تغییر در ویژگیهای الکترونیکی و اپتیکی به عنوان تابعی از اندازه ذره هستند. شکل (۱-۱) به طور شماتیکی چگالی حالات را برای مواد توده ای (Bulk) در مقایسه با فیلم نازک، سیم نانو و نقاط کوانتومی نشان می دهد:



شکل (۱-۱): مقایسه چگالی حالات در مواد حجیم، فیلم نازک، نانو سیم و نقاط کوانتومی، [۲].

نانو ذرات به محدوده کوانتومی تعلق دارند که در آن حاملهای بار به یک ناحیه کوچک در راستای سه جهت در فضا محدود می شوند. ویژگیهای فیزیکی نانو ذرات نیمرسانا تغییرات متمایزی در مقایسه با مواد توده ای دارند. نانوذرات تغییرات مشخصی در ویژگیهای اپتیکی با تغییر اندازه نشان می دهند [۱]، [۲]، [۳].

۱-۲) لایه‌های نازک

استفاده از ورقه‌های نازک فلزی به منظور حفاظت و تزئین از قدیم مورد توجه انسان قرار داشته است. تهیه این ورقه‌ها در وهله اول با استفاده از چکش خواری بعضی از فلزات و بعد روش آبکاری معمول بوده است. احتمالاً اولین لایه نازک به روش الکترولیز در سال ۱۸۳۸ ساخته شد. در سال ۱۸۵۲ بانسن^۱ و گرو^۲ توانستند بترتیب با استفاده از روش واکنش شیمیایی و کندوپاش توسط تخلیه الکتریکی لایه‌های نازکی از فلزات را تهیه کنند. در سال ۱۸۵۸ مایکل فارادی با گذراندن جریان الکتریکی زیاد از یک سیم فلزی و تبخیر آن توانست لایه نازک فلزی بدست آورد (روش تبخیر حرارتی)، این عمل در محیط گازی بی اثر انجام شد. امروزه بسیاری از قطعات مدرن و پیچیده نوری و الکترونیکی بصورت لایه‌های نازک ساخته می‌شوند. یک ماده جامد زمانی به شکل لایه نازک (ساختار دو بعدی) در می‌آید که ذرات ماده مذکور (اتم‌ها، مولکول‌ها و یا یون‌ها) در طی یک فرآیند فیزیکی یا شیمیایی کاملاً کنترل شده بر روی یک زیرلایه نشانده شوند. نظر به اینکه در تهیه لایه نازک از یک ماده می‌توان از فاز بخار و یا مایع آنها استفاده نمود لذا روش نهشتن آنها بر روی بستر می‌تواند به یکی از دو حالت کلی یعنی نهشتن در فاز بخار و نهشتن در فاز مایع انجام گیرد. باید به این نکته توجه داشت که تنها ضخامت کم لایه‌های نازک نیست که به آنها خواص ویژه و متمایزی می‌دهد، بلکه نانوساختارهای آنها که در طول تهیه لایه شکل می‌گیرد از اهمیت بیشتری برخوردار است. لایه‌هایی که مستقیماً با پاشیدن مواد و یا کشیدن خمیری از مواد بر روی زیرلایه شکل می‌گیرند (صرف نظر از ضخامت آنها) لایه‌های نازک به حساب نمی‌آیند. بلکه لایه‌های ضخیم نامیده می‌شوند، بلکه خواص آنها با خواص لایه نازک همان ماده متفاوت است. خواص لایه نازک از ماده با خواص همان ماده به شکل توده یکسان نیست. زیرا در یک لایه نازک:

الف- ضخامت خیلی کم است

ب- نسبت سطح به حجم آن خیلی زیاد است

ج- دارای ساختار فیزیکی ویژه‌ای است که مستقیماً مربوط به فرآیند رشد لایه می‌باشد

بعضی از پدیده‌هایی که مربوط به ضخامت کم لایه‌های نازک می‌شوند عبارتند از:

تداخل نوری، تونل زنی الکترونی در لایه‌های عایق، مقاومت ویژه بالا و پایین بودن ضریب مقاومت حرارتی، ازدیاد میدان مغناطیسی آستانه و دمای بحرانی اثر جوزفسون و مغناطش سطحی و بالا بودن نسبت

^۱Bunson

^۲Grove

سطح به حجم لایه های نازک مربوط به ضخامت کم آنها است و نیز ریز ساختارهای آنها پدیده های دیگری را از قبیل جذب سطحی گازها، پخش و فعالیت واسطه ای ایجاد می کند.

۱-۲-۱) تقسیم بندی انواع لایه ها

تقسیم بندی انواع لایه ها را بر اساس رسانایی و ضخامت آنها انجام می دهیم. بر حسب رسانایی، لایه ها را به سه دسته رسانا، نیم رسانا و عایق (نارسانا) تقسیم می کنیم. لایه های رسانا لایه هایی هستند که در آنها باند ظرفیت نیمه پر است و یا باند رسانش و باند ظرفیت باهم همپوشانی می کنند. به همین دلیل در مورد اخیر باند رسانش این لایه ها سرشار از الکترون های آزاد است. از جمله کاربردهای لایه های رسانا می توان به استفاده آنها در ساخت مقاومت ها، اتصالات الکتریکی و همچنین قطعات الکترونیکی در مدارهای الکترونیکی اشاره کرد. اما لایه های عایق یا نارسانا لایه هایی هستند که در آنها بین باندهای ظرفیت و رسانش یک گاف انرژی از مرتبه بین 5 eV تا 10 eV وجود دارد. از جمله کاربردهای این نوع لایه ها می توان به ساخت مواد و لایه های عایق از آنها و همچنین کاربرد آنها در جداسازی فلزات از هم یا جدا کردن فلزات از نیم رساناها که در مدارها و قطعات الکترونیکی بسیار دیده می شوند، اشاره کرد. اما لایه های نیم رسانا لایه هایی هستند که گاف انرژی آنها در بازه 1 eV تا 5 eV است و به همین دلیل دارای بیشترین کاربردها در صنایع الکترونیک و میکروالکترونیک و در ساخت قطعات مختلف می باشند. از لحاظ ضخامت هم لایه ها را به سه دسته لایه های ضخیم، نازک و خیلی نازک تقسیم می کنیم. لایه های ضخیم لایه هایی هستند که دارای ضخامتی در حد چند هزار نانومتر هستند. اما لایه های نازک به لایه هایی می گوئیم که دارای ضخامتی در حد چند صد نانومتر باشند. همچنینی لایه های بسیار نازک، لایه هایی هستند که ضخامتی از مرتبه چند نانومتر دارند.

۱-۲-۲) فرآیند رشد لایه های نازک

تشکیل و ساختار لایه نازک

پژوهش هایی که در آزمایشگاه های کاوندیش انگلستان (۱۹۲۰) بر روی لایه های نازک تبخیری انجام شد، مفهوم علمی تشکیل هسته ای که رشد می کند و هم آمیخته می شود را روشن تر نمود. تمام گذارهای فاز شامل، تشکیل لایه نازک، فرآیندهای هسته سازی و رشد در طی مراحل اولیه تشکیل لایه، به معنی نشستن دائمی تعدادی کافی از اتم ها یا مولکولهای ماده تبخیر شده بر روی مکانی از سطح است. در مرحله

هسته سازی، تعداد زیادی از چنین پدیده‌هایی اتفاق می‌افتند. اگرچه تحقیقات بسیاری بر روی مراحل اولیه تشکیل لایه با استفاده از میکروسکوپ الکترونی تراگسیلی (TEM) متمرکز شده است، اما این امر که بین زمان پایان تشکیل هسته و شروع رشد هسته فاصله مشخصی وجود داشته باشد هنوز مورد تردید است. بلافاصله پس از قرار دادن زیرلایه در معرض بخار ماده، توزیع یکنواختی از خوشه‌ها یا جزایر کوچک بسیار متحرک مشاهده می‌شود. در این مرحله هسته اولیه بر اثر برخورد اتم‌ها با خوشه‌های زیر بحرانی به سرعت رشد کرده در حالی که چگالی جزایر به سرعت اشباع می‌شود. مرحله بعدی شامل بهم پیوستن جزایر بوسیله پدیده هم‌آمیزی است که به ذاته بویژه در دمای بالای زیر لایه مایع‌گون می‌باشد، که چگالی جزیره را کاهش داده و موجب برهنگی موضعی زیرلایه می‌شود. در نتیجه در آن مکان هسته سازی بعدی رخ می‌دهد. جنبه‌های بلور شناختی و جهت‌گیری‌ها، بیشتر بر روی جزایر و سطح مشترک ذرات انباشته شده، اما جهت‌گیری نکرده، حفظ می‌شود. بهم‌آمیزی تا هنگام تشکیل یک شبکه اتصالی، با کانال‌هایی که بین آنها پر نشده، توسعه پیدا می‌کند و ادامه می‌یابد. با انباشت بیشتر، کانال‌ها پر می‌شوند و کوچک می‌گردند و حفره‌های جداگانه‌ای را بجای می‌گذارند. سرانجام حفره‌ها نیز کاملاً پر می‌شوند. چنین لایه‌ای که کاملاً بدون کانال و دارای تعداد اندکی حفره است را لایه پیوسته می‌نامند. معمولاً این مجموعه اتفاقها در طی مراحل اولیه انباشت تا هنگامی که ضخامت لایه به چند صد آنگستروم برسد، رخ می‌دهد [5]، [4]. تعداد زیادی از مشاهدات در مورد تشکیل لایه به سه گروه اصلی رشد اشاره کرده‌اند: (۱) جزیره‌ای (ولمر-وبر)، (۲) لایه‌ای (فرانک-واندرمرو) و (۳) استرانسکی-کراستانوف (SK).

رشد جزیره‌ای هنگامی رخ می‌دهد که کوچکترین خوشه‌های پایدار، روی سطح زیر لایه تشکیل شوند و در سه بعد رشد کنند تا جزایر را تشکیل دهند. این امر زمانی اتفاق می‌افتد که اتم‌ها یا مولکول‌های موجود در لایه انباشته شده، با نیروی بیشتری نسبت به زیرلایه یکدیگر را جذب کنند. اکثر لایه‌های فلزی بر روی عایق‌ها، بلور هالیدهای قلیایی، گرافیت و زیرلایه‌های میکا، این حالت رشد را از خود نشان می‌دهند. در طی رشد لایه‌ای، ویژگی‌های متضادی دیده می‌شود، در اینجا رشد کوچکترین هسته پایدار بطور قاطع در دو بعد رخ می‌دهد که منجر به تشکیل سطوح تخت می‌گردد. در این حالت رشد اتم‌ها بیشتر از آنکه بهم وابسته باشند به زیرلایه وابسته‌اند، بنابراین تک لایه اول با لایه بعدی که قدرت پیوند آن کمتر است، پوشانده می‌شود. با این شرط که انرژی پیوند تا رسیدن به مقدار مربوط به ماده توده‌ای بطور پیوسته کاهش می‌یابد، حالت رشد پایدار تداوم می‌یابد. مهمترین مثال از این حالت رشد، رشد برآرایی تک بلوری مربوط به لایه‌های نازک نیم‌رسانا می‌باشد.

رشد استرانسکی-کراستانوف، یک ترکیب میانی از دو حالت فوق الذکر می باشد. پس از تشکیل یک یا چند تک لایه، رشد لایه بعدی نامساعد می شود و جزایر جدیدی تشکیل می شوند. گذار از رشد دو بعدی به سه بعدی کاملاً شناخته شده نیست، اما هر عاملی که کاهش در انرژی ویژه پیوند لایه را آشفته سازد ممکن است عامل آن باشد. برای مثال، به سبب عدم تطبیق شبکه لایه-زیرلایه، انرژی کرنش در لایه در حال رشد، جمع می شود. در هنگام آزادسازی، انرژی بالا، در سطح مشترک لایه میانی لایه نشانی شده، ممکن است باعث تشکیل جزیره گردد. این حالت رشد معمول است و در دستگاه های فلز-فلز و فلز-نیمرسانا مشاهده شده است. یکی از پدیده‌هایی که اهمیت دارد ریخت شناسی واقعی دانه بندی مربوط به لایه‌های بسبلور و لایه‌های نازک می باشد. این ساختار دانه بندی خارجی همراه با ناراستی درونی، حفره یا تخلخل ها معمولاً بسیاری از خواص مکانیکی لایه ها را تعیین می کنند. برای مثال، ساختار ستونی که بطور جالبی در لایه‌های آمورف و بسبلورین توسعه می یابد، اثرات اساسی روی خواص مغناطیسی، نورشناختی، الکتریکی و مکانیکی دارد. اصلاح ساختار لایه بوسیله بمباران یونی یا پردازش با لیزر، هم در طی انباشت و هم پس از آن، یکی از موضوعات جالب پژوهشی روز می باشد. هر فرآیند مربوط به نهشتن لایه نازک شامل سه مرحله اصلی است.

الف- تبدیل ماده به صورت ذرات اتم، مولکول و یا یون مناسب

ب- انتقال آنها از منبع تولید تا بستر در داخل یک محیط مناسب

ج- چگالش این ذرات بر روی زیرلایه و ایجاد لایه‌ای بصورت جامد

شکل گیری یک لایه نازک با فرآیند های هسته سازی و رشد^۳ انجام می گیرد. این عمل به صورت یک فرآیند آماری مداوم و متشکل از هسته سازی، پخش سطحی کنترل شده سه بعدی هسته ها و تشکیل جزیره های بزرگتر، شکل گیری ساختار مشبک و به دنبال آن عمل پر شدن حفره ها و کانال ها خلاصه می شود. با توجه به پارامترهای ترمودینامیکی نهشتن و سطح زیرلایه، هسته سازی اولیه و مراحل رشد می تواند به یکی از صورتهای زیر انجام گیرد.

به طور کلی تغییرات انرژی برهمکنشی اتم ها با سیستم را به صورت زیر می توان نشان داد:

$$\Delta G_{\text{interface}} \propto \gamma_s - \gamma_{sf} + \gamma_f \quad (1.1)$$

^۳Nucleation and growth processes