واحد مشهد

گروه شیمی

پایان نامه ی کارشناسی ارشد

رشته ی شیمی تجزیه

عنوان :

سنتز و نهش فیلم های نازک نانوکامپوزیت پلی آنیلین / نانو SiO_2 به روش پوشش اسپینی و بررسی خواص آن.

استاد راهنما

دکتر زرین اسحاقی

استاد مشاور

دکتر محمد رضا بنام

دانشجو :

حسن محمدی

زمستان ۱۳۹۰

چکیده

در این پژوهش ، پلیمر آنیلین و کامپوزیت پلی آنیلین نانو سیلیکات به روش اکسایش آنیلین خالص در حضور یون پروکسو سولفات (پتاسیم پروکسو سولفات) در محیط آبی اسیدی سنتز شده است . جهت شناسایی ترکیبات سنتز شده ،و مقابسه ی آنها با یکدیگر از روشهای طیف سنجی (IR) و (UV) استفاده شده است ، و تصویر میکروسکوپ الکترونی پویشی (SEM) آنها، برای مقایسه ی سطح مورد توجه قرار گرفته است.

برای بهینه سازی لایه نشانی مواد جامد ، با تکیه بر پلی آنیلین و کامپوزیت پلی آنیلین نانو سیلیکات و عوامل مؤثر بر لایه نشانی از قبیل نوع و شکل و چگونگی ماده بستر، مورد آزمایش قرار گرفته است. روش لایه نشانی چرخشی ، و دستگاه اسپین کوتینگ در لایه نشانی مورد استفاده قرار گرفته است. تحلیل نتایج طیفی لایه ها نشان می دهد ، انباشت سطحی پلیمر یا نانو کامپوزیت حین لایه نشانی با افزایش فاصله از مرکز شیشه ، لایه ی پلیمر یا کامپوزیت در محدوده ۲-٤cm از مرکز شیشه، کاهش یافته و در فاصله ی بیش از ٤cm پلیمر یا کامپوزیت بر روی سطح شیشه مشاهده نمی گردد.

حسن محمدی

اسفند ۱۳۹۰

سپاس و قدردانی

حمد و سپاس بیکران ، خداوند را که بار دیگر توانایی آموختن علم را به من ارزانی داشت و درسایه ی الطاف بیکرانش گذر سختی ها را برایم آسان نمود .

صمیمانه ترین سپاس را از سرکار خانم دکتر زرین اسحاقی که راهنمایی تدوین پایان نامه ام را پذیرفته و صبورانه در راه تعلیم و انتقال دانش و تجارب ارزشمندشان ، موجبات غنی تر شدن این پژوهش را فراهم نمودند ، دارم .

از استاد فرزانه و گرانقدر ، جناب آقای دکتر محمد رضا بنام که با نهایت سعی و تلاش با راهنمایی های خود به عنوان استاد مشاور مرا در انجام این پژوهش یاری رساندند کمال سپاسگزاری را دارم .

از استاد محترم سرکار خانم دکتر .... ثانوی که داوری این پژوهش را برعهده گرفتند تشکر می کنم .

از اساتید ارجمند جناب آقای دکتر نژاد علی ، جناب آقای دکتر دلاور ، جناب آقای دکتر رونقی ، و دیگر اساتید و مسئولین محترم که به نحوی در امر تحصیل و تکمیل پژوهش مرا یاری نمودند بی نهایت سپاسگزارم از خداوند منان سلامتی و بهترین فرداها را برایشان خواهانم .

حسن محمدی- اسفند ۱۳۹۰

تقدیم به :

ساحت مقدس امام مهربانی ها " علی ابن موسی الرضا (ع) "

و آنان که چون شمع می سوزند تا شب جهل را روشنایی بخشند

نام مقدس پدر و چهره ی بهشتی مادر

بهانه ی سبز زیستن ، همسر مهربانم

و شکوفه های عطرآگین زندگی ام ، نازنین و نادیا

فهرست مطالب

شماره	عنوان	صفحه
	فصل اول : کلیات پژوهش ، مروری بر تاریخچه ی نانو	
۱-۱-	مقدمه	۲
۱-۲-	تاریخچه	۳
۱-۳-	فولرین ها	۵
۱-٤-	تعریف نانو	٦
۱-٤-۱-	ازدیاد سطح	۷
۱-٤-۲-	کوانتیزه شدن ترازهای انرژی	۸
۱-۵-	تقسیم بندی هندسی نانو مواد	۹
۱-٦-	محدودیت کوانتومی	۱۲
۱-۷-	فن آوری نانو چیست ؟	۱۳
۱-۸-	فن آوری نانو و اقتصاد	۱٤
۱-۹-	چالشهای تولید و تجاری سازی فن آوری نانو در کشورها	۱۵
	فصل دوم : آشنایی با نانو کامپوزیتها	
۲-۱-	مقدمه	۱۷
۲-۲-	طبقه بندی نانو کامپوزیتها	۱۸
۲-۲-۱-	نانو کامپوزیتها ی پایه پلیمری	۱۸
۲-۲-۲-	نانو کامپوزیتهای پایه سرامیکی	۲۰
۲-۳-	نانو کامپوزیتهای پایه فلزی	۲۱
۲-۳-۱-	نانو کامپوزیتهای الماس – نانو لوله	۲۱
۲-۳-۲-	نانو کامپوزیتهای پایه پلیمری	۲۲
۲-٤-	روشهای ساخت نانو کامپوزیتها	۲۳
۲-٤-۱-	پلیمریزاسیون درجا	۲٤
۲-٤-۲-	پلیمریزاسیون روش محلول	۲٤
۲-٤-۳-	پلیمریزاسیون اختلاط مذاب	۲٤
۲-۵-	خواص نانو کامپوزیتها	۲۵

۲-٦-	کاربردهای پلی آنیلین نانو سیلیکات	۲۵
شماره	**عنوان**	**صفحه**
	فصل سوم : مباحث تجربی	
۳-۱-	دستگاه های مورد استفاده در پژوهش	۲۸
۳-۱-۱-	دستگاه اولترا سونیک	۲۸
۳-۱-۲-	دستگاه تکان دهنده (Shaker)	۲۸
۳-۱-۳-	ترازوی دیجیتالی	۲۸
۳-۱-٤-	دستگاه تهیه قرص و دستگاه های وابسته به آن	۲۸
۳-۱-۵-	دستگاه طیف سنج مادون قرمز	۲۹
۳-۱-٦-	دستگاه پوشش اسپینی – اسپین کوتینگ	۲۹
۳-۱-۷-	آون	۲۹
۳-۱-۸-	طیف سنج نوری فرابنفش – مرئی	۲۹
۳-۱-۹-	دستگاه برش شیشه	۳۰
۳-۱-۱۰-	همزن مغناطیسی	۳۰
۳-۲-	وسایل آزمایشگاهی ساده	۳۰
۳-۳-	مواد شیمیایی مورد استفاده در پژوهش	۳۰
۳-٤-	محلولهای مورد استفاده – تهیه شده از محلول استوک	۳۱
۳-۵-	آنیلین	۳۲
۳-٦-	پلی آنیلین	۳۳
۳-٦-۱-	سنتز پلی آنیلین دوپه شده	۳۸
۳-٦-۲-	مشاهدات حین انجام سنتز پلی آنیلین دوپه شده	۳۹
۳-٦-۳-	سنتز کامپوزیت پلی آنیلین نانو سیلیکات	٤۱
۳-٦-٤-	مواد مورد نیاز در تهیه ی کامپوزیت پلی آنیلین نانو سیلیکات	٤۲
۳-٦-۵-	سنتز کامپوزیت پلی آنیلین نانو سیلیکات	٤۲
۳-٦-٦-	مراحل جداسازی کامپوزیت پلی آنیلین نانو سیلیکات	٤۳
۳-۷-	طیف مادون قرمز پلی آنیلین	٤٤
۳-۷-۱-	تفسیر طیف مادون قرمز پلی آنیلین	٤۵
۳-۷-۲-	تفسیر طیف مادون قرمز کامپوزیت پلی آنیلین نانو سیلیکات	٤٦

۳-۷-۳-	مقایسه ی طیف های مادون قرمز	٤٧
شماره	**عنوان**	**صفحه**
۳-۷-٤-	مقایسه ی خواص فیزیکی و شیمایی پلی آنیلین و نانو کامپوزیت	٤٩
۳-٦-٥-	مقایسه ی سطح پلی آنیلین و کامپوزیت با میکروسکوپ الکترونی	٥٠
۳-۸-	لایه نشانی مولکولی	٥٢
۳-۸-۱-	روشهای مختلف لایه نشانی مولکولی	٥٢
۳-۸-۱-۱-	لایه نشانی به روش بخار شیمیایی	٥٢
۳-۸-۱-۲-	اسپری پیرولیز	٥٣
۳-۸-۱-۳-	پوشش اسپینی	٥٣
۳-۹-	بهینه سازی شرایط پوشش دهی سطح	٥٥
۳-۹-۱-	اثر نوع ماده ی پایه جهت ایجاد پوشش	٥٥
۳-۹-۲-	اثر شکل ماده ی پایه در بهینه سازی پوشش	٥٦
۳-۹-۳-	اثر سطح فعال شده با سطح غیر فعال بر چسبندگی پوششها	٥٨
۳-۹-٤-	اثر اندازه ذرات دیسپرس شده بر پایداری محلول	٦٠
۳-۹-٥-	اثر نوع حلال بر یکنواختی پوششها	٦٢
۳-۱۰-	لایه نشانی مولکولی	٦٤
۳-۱۰-۱-	انجام لایه نشانی مولکلوی	٦٧
۳-۱۱-	طیف فرابنفش	٦٩
۳-۱۲-	نتیجه گیری	٧١
۳-۱۳-	پیشنهادات و راهکارها	٧٣
	منابع و مآخذ و ضمائم	٧٤

فهرست تصاویر

تصاویر فصل اول

شماره	عنوان تصویر	صفحه
۱-۱-	میکروسکوپ تونلی	٤
۱-۲-	فولرین و کریستال	٥
۱-۳-	اثر ریز شدن مواد در افزایش سطح	۷
۱-٤-	تغییر ترازهای انرژی به نوارهای انرژی	۸
۱-٥-	نانو ذرات طلا به صورت کلوئیدی	۹
۱-٦-	الف- نانوذرات اکسید آهن ب-شمای فولرین	۱۰
۱-۷-	الف- نانو وایر اکسید آهن ب- دسته نانو تیوپ کربن	۱۰
۱-۸-	الف – نانو فیلم آرسنایدبرروی کوارتز ب- نانو فیلم	۱۱
۱-۹-	الف- آلومینوم نانو کریستالین ب- نانوذره ی اکسید تیتانیوم	۱۱

تصاویر فصل دوم

شماره	عنوان تصویر	صفحه
۲-۱-	نانو کامپوزیت نیترید سیلیسیم	۲۰
۲-۲-	نانو کامپوزیت الماس – نانو لوله	۲۲

فهرست تصاویر

تصاویر فصل سوم

شماره	عنوان تصویر	صفحه
۳-۱-	طیف مادون قرمز آنیلین	۳۲
۳-۲-	واکنش اکسایش کاتیون آنیلینیوم توسط یون پروکسوسولفات	۳۳
۳-۳-	مراحل تولید پلی آنیلین	۳۵
۳-٤-	فرمهای دوپه شده و غیر دوپه شده و تبدیل آنها به یکدیگر	۳۷
۳-۵-	نمودار گرمای تشکیل نسبت به دما	٤۱
۳-٦-	دستگاه طیف بینی مادون قرمز	٤٤
۳-۷-	طیف مادون قرمز پلی آنیلین دوپه شده	٤۵
۳-۸-	طیف مادون قرمز کامپوزیت پلی آنیلین نانو سیلیکات	٤٦
۳-۹-	تصویر سطح پلی آنیلین گرفته شده با میکروسکوپ الکترونی به روش SEM	۵۰
۳-۱۰-	تصویر سطح نانو کامپوزیت گرفته شده با میکروسکوپ الکترونی به ...	۵۱
۳-۱۱-	دستگاه اسپین کوتینگ	۵٤
۳-۱۲-	دستگاه اولتراسونیک	٦۱
۳-۱۳-	دستگاه فرابنفش مدل ۲۵۵۰	٦۹
۳-۱٤-	طیف جذبی الف- پلی آنیلین ب- نانو کامپوزیت	۷۰

فهرست جداول

شماره	عنوان جدول	صفحه
۳-۱-	مقایسه ی مدهای ارتعاشی – کششی پیوندها در پلی آنیلین و ...	٤٧
۳-۲-	مقایسه ی خصوصیات و ویژگیهای ظاهری پلی آنیلین و نانو کامپوزیت	٤٩
۳-۳-	مقایسه ی سه ماده ی پلاستیک ، شیشه و کوارتز در بکارگیری به عنوان ماده پایه	٥٦
۳-٤-	مقایسه ی شکل شیشه ها جهت استفاده در دستگاه اسپین کوتینگ	٥٧
۳-٥-	مقایسه ی سطح شیشه فعال شده با سطح شیشه ی غیر فعال	٥٩
۳-٦-	اثر اندازه ی ذرات پراکنده شده (دیسپرس شده) پلی آنیلین بر پایداری محلول	٦١
۳-۷-	اثر اندازه ی ذرات پراکنده شده (دیسپرس شده) نانو کامپوزیت بر پایداری محلول	٦٢
۳-۸-	مقایسه ی نقش حلال در ایجاد یکنواختی پوشش ها	٦٣

مقدمه

فناوری نانو با داشتن جنبه های منحصربه فرد و کاملا جدید، باعث شده است که به عنوان یک مفهوم و موضوع جدید درحوزه ی سیاست گذاری علم و فناوری مدنظر قرار گیرد. با این حال، بررسی و ارزیابی میزان سرمایه گذاری ها و مشارکت شرکت ها در توسعه فناوری نانو، هنوز هم خیلی ضعیف انجام می شود.

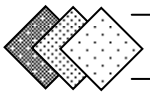
خوشبینانه ترین پیش بینی بازار، ارزش بازار محصولات فناوری نانو را تا سال ۲۰۱۵ ، حدود ۳۱۰۰ میلیارد دلار برآورد می کند. این روند منجر به ایجاد ۲ میلیون شغل در سطح جهان خواهد شد. این میزان حجم بازار برای محصولات فناوری نانو تا سال ۲۰۱۵ ، تقریبا ۱۰ برابر حجم بازار پیش بینی شده برای محصولات زیست فناوری تا سال ۲۰۱۵ ، و برابر با ارزش بازار محصولات فناوری در این سال است.

اطلاعات و ارتباطات کشورهای مختلف دنیا، سرمایه گذاری های کلانی در تحقیق و توسعه این حوزه انجام داده و شرکت های زیادی نیز در این حوزه فعالیت می کنند تا پایان سال ۲۰۱۰ میلادی، دولت های کشورهای مختلف دنیا نزدیک به ۵۰ میلیارد دلار در تحقیق و توسعه فناوری نانو سرمایه گذاری نمودند[۱].

نانو کامپوزیتهای سیلیکاتی در تحقق اهداف نقش بسزایی می توانند داشته باشند ، زیرا ، ساختار صفحه مانند نانوذرات سیلیکات و قابلیتهای ویژه سطحی این مواد موجب می شود، بتوان با افزودن اندکی سیلیکات به نانومواد، ساختار فیزیکی مناسبی برای محافظ های گازی (نفوذپذیری گازی کم) یا موادی با وزن مولکولی پایین تولید کرد .این هدف، از طریق افزایش میانگین مسیری که یک مولکول باید برای نفوذ به ماده طی کند قابل دستیابی است .این کار می تواند برای سیستم های سوخت اتومبیلها و فیلم هایی با کاربردهای متنوع از جمله بسته بندی مواد شیمیایی و مواد غذایی مؤثر باشد .همچنین این مواد می توانند در کاربردهای تعویق آتشگیری هم استفاده شوند .نانوذرات توانائی های نسبتاً زیادی برای به تأخیرانداختن آتش در فضاهای محدود دارند، که می تواند آنها را جایگزین مناسبی برای تأخیراندازهای آتش مبتنی بر هالوژن ها استفاده کرد.

---

[۱] ماه نامه فن آوری نانو ، سال هشتم دی ۱۳۸۸ – شماره ۱۰ – پیاپی ۱٤



فصل اول

کلیات پژوهش

نانو مواد و فن آوری نانو

۱-۱- مقدمه

فناوری نانو با داشتن جنبه های منحصربه فرد و کاملا جدید، باعث شده است که به عنوان یک مفهوم و موضوع جدید درحوزه ی سیاست گذاری علم و فناوری مدنظر قرار گیرد. با این حال، بررسی و ارزیابی میزان سرمایه گذاری ها و مشارکت شرکت ها در توسعه فناوری نانو، هنوز هم خیلی ضعیف انجام می شود.

خوشبینانه ترین پیش بینی بازار، ارزش بازار محصولات فناوری نانو را تا سال ۲۰۱۵ ، حدود ۳۱۰۰ میلیارد دلار برآورد می کند. این روند منجر به ایجاد ۲ میلیون شغل در سطح جهان خواهد شد. این میزان حجم بازار برای محصولات فناوری نانو تا سال ۲۰۱۵ ، تقریبا ۱۰ برابر حجم بازار پیش بینی شده برای محصولات زیست فناوری تا سال ۲۰۱۵ ، و برابر با ارزش بازار محصولات فناوری در این سال است. اطلاعات و ارتباطات کشورهای مختلف دنیا، سرمایه گذاری های کلانی در تحقیق و توسعه این حوزه انجام داده و شرکت های زیادی نیز در این حوزه فعالیت می کنند تا پایان سال ۲۰۱۰ میلادی، دولت های کشورهای مختلف دنیا نزدیک به ۵۰ میلیارد دلار در تحقیق و توسعه فناوری نانو سرمایه گذاری نمودند[۱].

نانو کامپوزیتهای سیلیکاتی در تحقق اهداف نقش بسزایی می توانند داشته باشند ، زیرا ، ساختار صفحه مانند نانوذرات سیلیکات و قابلیتهای ویژه سطحی این مواد موجب می شود، بتوان با افزودن اندکی سیلیکات به نانومواد، ساختار فیزیکی مناسبی برای محافظ های گازی (نفوذپذیری گازی کم) یا

[۱] ماه نامه فن آوری نانو ، سال هشتم دی ۱۳۸۸ – شماره ۱۰ – پیاپی ۱٤

موادی با وزن مولکولی پایین تولید کرد .این هدف، از طریق افزایش میانگین مسیری که یک مولکول باید برای نفوذ به ماده طی کند قابل دستیابی است .این کار می تواند برای سیستم های سوخت اتومبیلها و فیلم هایی با کاربردهای متنوع از جمله بسته بندی مواد شیمیایی و مواد غذایی مؤثر باشد .همچنین این مواد می توانند در کاربردهای تعویق آتشگیری هم استفاده شوند .نانوذرات توانائی های نسبتاً زیادی برای به تأخیرانداختن آتش در فضاهای محدود دارند، که می تواند آنها را جایگزین مناسبی برای تأخیراندازهای آتش مبتنی بر هالوژن ها استفاده کرد.

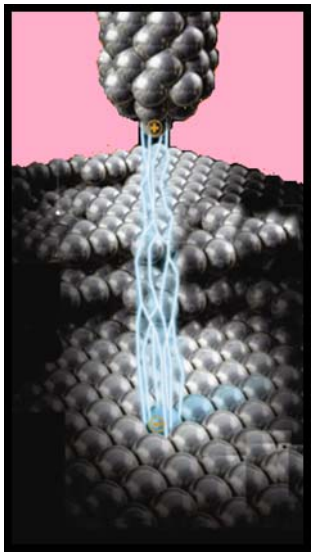
۱-۲- تاریخچه

در ۲۹ دسامبر ۱۹۵۹ ریچارد فاینمن برنده جایزه نوبل در رشته ی فیزیک، در کنفرانسی که تحت عنوان « فضای زیادی در آن پایین وجود دارد» که در جلسه سالیانه جامعه فیزیک آمریکا ارائه داد .ایده ای را برای دستکاری و کنترل اشیای بسیار ریز از طریق جابجایی و چیدن اتم به اتم یک ماده ارائه داد.

او توضیح داد که چگونه می توان ٢٤ جلد از دایره‌المعارف بریتانیکا را روی سر یک سوزن بنویسد. او حروف نوشته هایی را بالا آورد و گفت که می شود این حروف را $\frac{1}{25000}$ برابر کوچک تر از اندازه‌ی طبیعی اش روی تکه ای فلز نوشت یا حک کرد . در ادامه فاینمن توضیح داد که چگونه می توان چنین نوشته های کوچکی را به کمک میکروسکوپ‌های الکترونی خواند . روش مد نظر او نوشتن متن هایی بسیار ریز و کوچکتر کردن اندازه آنها بدون تغییر وضوح بود. اما این کار باید چگونه انجام شود؟ او گفت می‌توان هر حرف الفبا را با ٦ یا ٧ بیت یا رقم دودویی (صفر ویک) از اطلاعات نشان داد. او همچنین پیشنهاد کرد که از فضای درون فلز هم می توان علاوه بر سطح بیرونی آن برای حک

کردن اطلاعات استفاده کرد. وی افزود اگر هر بیت معادل ۱۰۰ اتم باشد تمام اطلاعات کتابهای جهان در مکعبی به ضلع $\frac{1}{200}$ اینچ می‌تواند نوشته شود،(اندازه ای حدود یک ذره غبار) . وی از احتمالات بی شمار دنیای مولکول‌ها سخن به میان آورد که امروز دنیای نانو نامیده شده است .

در سال ۱۹۸۱، گرد بینیگ[1] و هنریک روهرر[2] از موسسه تحقیقاتی IBM زوریخ موفق به ساخت میکروسکوپ تونلی پویشی (STM) [3] شدند که به دانشمندان امکان می داد که برای اولین بار بتوانند اتم‌ها را ببینند و آن ها را جابجا کنند، آنها دریافتند که با استفاده از یک میدان الکتریکی و نوع خاصی کاوشگر با نوکی بسیار کوچک می‌توانند اتم‌ها را به شکلی که می‌خواهند جابجا کنند. از آن زمان میکروسکوپ تونلی پویشی به توسعه میکروسکوپ نیروی اتمی AFM[4] منجر شد که یکی از ابزارهای مهم و ارزشمند در حوزه نانو بحساب می‌آید .



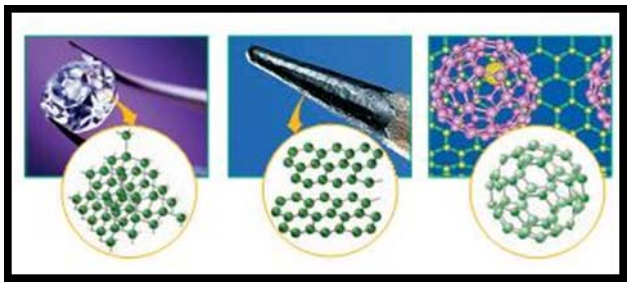
شکل شماره (۱-۱) میکروسکوپ تونلی ، مأخذ : www.nono.ir

[1] Gerd Binnig
[2] Heinrich Rohrer
[3] Scanning Tunneling Microscope
[4] Atomic Force Microscope

به مرور نظریه های جدیدی درباره‌ی ماده بوجود آمد. و این محصولات از آن جهت بسیار مهم جلوه می نمودند ، که با آنها می‌توانستیم هر اتمی را به تنهایی ببینیم و یا آنها را دستکاری کنیم . به واسطه این اختراع بزرگ روهرر و بینیگ در سال ۱۹۸٦ جایزه نوبل فیزیک را دریافت کردند. در سال ۱۹۸۹، دون ایگلر توانست حروف IBM را از ۳۵ اتم زنون ساخته و از موفقیتش عکس بگیرد. در سپتامبر ۱۹۸۵ نوع جدیدی از کربن، یعنی C_{60} توسط سه تن از شیمیدانان مبتکر که در دانشگاه رایس که در هوستون گرد هم آمده بودند ،کشف شد.

۱-۳- فولرین ها[1]

خانواده‌ی جدید کربن، فولرین نامیده شد. فولرین‌ها مولکول‌هایی شبیه به توپ فوتبال و قفسی شکل هستند و با C_{60} نشان داده می شوند.



شکل شماره (۱-۲) در این تصویر مولکول فولرین و کریستال های آن نشان داده شده است. مأخذ : www.nono.ir

مولکولهای فولرین، گرافیت و الماس و نحوه آرایش اتم های کربن در هر کدام از این ساختارها ساختار باکی بال (C_{60}) شبیه به توپ فوتبال است. ریشه اصلی کشف فولرین به مطالعات

[1] Fullerenes

اسمالی[1] و کروتو[2] ، بر روی دستگاه ساخت اسمالی برای مطالعه مولکول‌ها و خوشه های اتمی در دهه ۸۰ میلادی بر می‌گردد. کروتو به تکنیک خوشه های اتمی[3] و اسمالی به تکنیک تبخیر لیزری[4] علاقه داشت .

این گروه پژوهشگران تلاش کردند که با استفاده از دستگاهی به نام طیف سنج جرمی شکل ساختار فولرینها را تعیین کنند و در نهایت موفق به کشف ساختار فولرینها شدند. این مولکول جدید کربن C_{60} باکی بال لقب گرفت . اسمالی کارل و کروتو بخاطر کشف حیرت آورشان جایزه ی نوبل سال ۱۹۹۶ را در شیمی از آن خود کردند. اسمالی به دلیل قدرت سخنوری درمورد تحقیق روی باکی بال ها و فولرین ها، و بعدها فناوری نانو در کنار روهرر و بنینگ پدر فناوری نانو لقب گرفت. فاینمن اغلب پدربزرگ فناوری نانو خوانده می شود.

۱-٤- تعریف نانو

در منابع برای نانومواد تعاریف متفاوتی ارائه شده است ، اما دو مشخصه در اغلب این تعاریف می گنجد.

- اول اینکه مواد نانوساختار یا به اصطلاح نانومواد، حداقل در یک بعد اندازه ی کمتر از ۱۰۰ نانومتر دارند. یک نانومتر برابر با یک میلیاردم متر ($۱۰^{-۹}$متر) می باشد، این اندازه ۱۸۰۰۰ بار کوچکتر از قطر یک تار موی انسان است.

[1] Smalley
[2] Kroto
[3] atomic clusters
[4] laser Ablation

- دوم اینکه نانوساختارها باید خواصی مرتبط با اندازه و متفاوت از حالت توده ای ماده را داشته باشند. یعنی با تغییر اندازه به ابعاد نانو ، تغییر بسیار زیادی را در خواص مواد نسبت به حالت توده ای مشاهده می کنیم . و این تغییرات عموماً حاصل از ایجاد یک یا چند پدیده زیر می باشد:

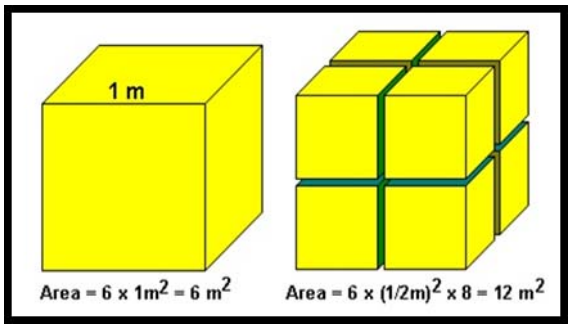
۱- ازدیاد سطح

۲- کوانتیزه شدن ترازهای انرژی

۳- اهمیت یافتن نیروهای واندروالس

۱-٤-۱-ازدیادسطح

در هر فرایند شیمیایی چنانچه یکی از واکنش دهندها جامد باشد ، اندازه ی سطح اهمیت پیدا می کند. زیرا از دیدگاه سینیتیک واکنش، ابتدا باید اتمهای سطح واکنش دهند تا بقیه اتمها در معرض واکنش دهنده قرار گرفته و واکنش ادامه پیدا کند. از شکل زیر به سادگی می توان دریافت با کوچک شدن اجزا، سطح و نسبت سطح به حجم افزایش می یابد. در مثال ساده زیر با تقسیم مکعب اولیه به ۸ قسمت سطوح آن ۲ برابر می شود. اما این افزایش سطح یا نسبت سطح به حجم چه تاثیری دارد؟

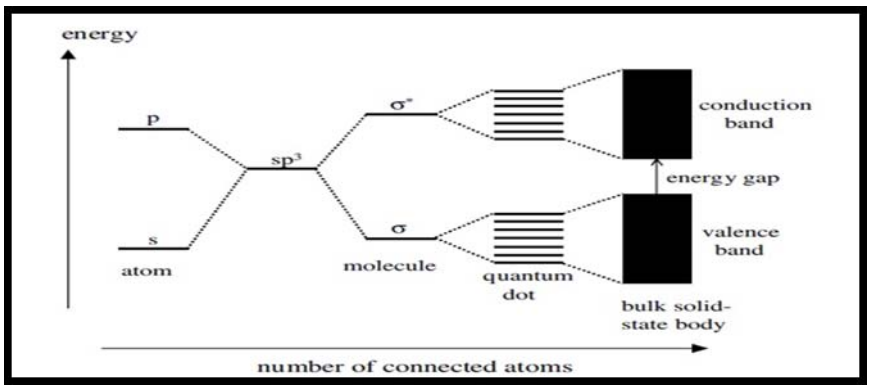


شکل شماره (۱-۳) اثر ریز شدن مواد در افزایش سطح آنها ، مأخذ : www.nono.ir

بطور کلی بسیاری از خواص سطح یک ماده با ویژگیهای درون آن متفاوت است و این پدیده باعث پیدایش علومی چون فیزیک، شیمی و مهندسی سطح گریده است . اما به بیان ساده اتمها و مولکولهایی که در مجاورت سطح ماده قرار می گیرند نسبت به اتمهای درون ماده پیوندهای کمتری داشته و به تعبیر ترمودینامیکی ناپایدارتر هستند این ناپایداری موجب افزایش انرژی ماده می شود ، این انرژی ، انرژی سطحی نامیده می شود. بعلاوه تراز های انرژی در سطح بصورت مجزا هستند درحالیکه درون ماده این ترازها به هم فشرده و ساختار نواری انرژی ایجاد می کنند. از نقطه نظر آماری، در ابعاد نانو نسبت سطح به حجم افزایش یافته ، بنابراین خواص میانگین از سطح پیروی می کنند و خواص جدیدی بارز می شوند.

۱-٤-۲- کوانتیزه شدن ترازهای انرژی

به تبدیل مقادیر پیوسته به یکسری حالات گسسته کوانتیزه شدن گفته می شود. به تعبیر ساده دریک جامد بالک، ترازهای انرژی در هم فشرده و به صورت یک نوار در می آیند (شکل ۱-٤). از دیدگاه عملی یک الکترون می تواند انرژیهای متفاوتی دریافت کند تا به تراز انرژی بالاتر برود. اما در یک نانوساختار الکترون باید دقیقاً مقدار مشخصی انرژی دریافت کند تا به تراز بالاتر صعود کند.



شکل شماره (۱-٤

) تغییر ترازهای انرژی به نوار های انرژی از اتم منفرد تا حالت بالک ، مأخذ : www.nono.ir

تغییر اندازه ذرات کلوئیدی طلا با اندازه های متفاوت ، تغییر رنگ محلول را به دنبال دارد . مثال عملی دیگر، کرمهای ضد آفتاب است. این کرمها حاوی ذرات TiO_2 و ZnO هستند و امواج فرابنفش را جذب می کنند اما به دلیل بزرگ بودن اندازه ذرات (میکرومتر) نور مرئی را جذب و به همان شکل بازتاب می دهند که باعث می شود سفید رنگ به نظر برسند. رنگی که ما از اجسام می بینیم در حقیقت طول موجی است که جسم قادر به جذب آن نیست یعنی یک جسم قرمز رنگ تمام طول موجهای نور مرئی را جذب اما نور قرمز را بازتابش می کند. با کوچکتر شدن اندازه ذرات در حدود نانومتر تنها امواج فرابنفش جذب شده و نور مرئی از آنها عبور می کند لذا کرم حاوی نانو ذرات بی رنگ به نظر می رسد .

شکل (۱-۵) نانوذرات طلا را نمایش می دهد که بصورت کلوئیدی در اندازه متفاوت رنگهای متفاوتی ایجاد می کنند.

مأخذ : www.nono.ir