بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه آزاد اسلامی

واحد تهران مرکزی

دانشکده علوم پایه، گروه شیمی

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد (M.Sc)

گرایش: شیمی آلی

عنوان:

بررسی و یا تاثیر جایگزینی نانو ذرات به جای فلزات مورد استفاده در ساختارهای آزا دارویی

استاد راهنما:

دکتر راهبه امیری

استاد مشاور:

دکتر زهرا فخروئیان

پژوهشگر:

حدیثه یزدانی نیاکی

تابستان ۱۳۹۰

تقدیم به:

پدر و مادر عزیزو مهربانم که همواره یار و یاور من بودم و به برادر عزیزم.

تشکر و قدردانی:

اینجانب بر خود لازم می دانم که از سرکار خانم دکتر راهبه امیری استاد راهنما و سرکار خانم دکتر زهرا فخروئیان استاد مشاور که در انجام این پروژه مرا یاری نمودند نهایت قدردانی را به عمل آورم و برای این بزرگواران آرزوی سلامتی و موفقیت روزافزون را داشته باشم.

تعهد نامه اصالت پایان نامه کارشناسی ارشد

اینجانب حدیثه یزدانی نیاکی دانشجوی کارشناسی ارشد رشته شیمی آلی با شماره دانشجویی ۸۷۰۸۵۱۳۴۶۰۰ اعلام می دارم که کلیه مطالب مندرج در این پایان نامه با عنوان: بررسی و یا تاثیر جایگزینی نانو ذرات به جای فلزات مورد استفاده در ساختارهای آزا دارویی، حاصل کار پژوهشی خود بوده و چنانچه دستاوردهای پژوهشی دیگران را مورد استفاده قرار داده باشم طبق ضوابط و رویه های جاری، آنرا ارجاع داده و در فهرست منابع و مآخذ ذکر نموده ام. علاوه بر آن تاکید می نمایم که این پایان نامه قبلا برای احراز هیچ مدرک هم سطح، پایین تر یا بالاتر ارائه نشده و چنانچه در هر زمان خلاف آن ثابت شود بدین وسیله متعهد می شوم در صورت ابطال مدرک تحصیلی ام توسط دانشگاه، بدون کوچکترین اعتراض آنرا بپذیرم.

تاریخ و امضاء

بسمه تعالی

در تاریخ: ۱۳۹۰/۶/۲۹

دانشجوی کارشناسی ارشد شیمی آلی آقای/خانم حدیثه یزدانی نیاکی

از پایان‌نامه خود دفاع نموده و با نمره ۲۰ بحروف بیست و با درجه عالی مورد تصویب قرار گرفت.

امضاء استاد راهنما

بسمه تعالی

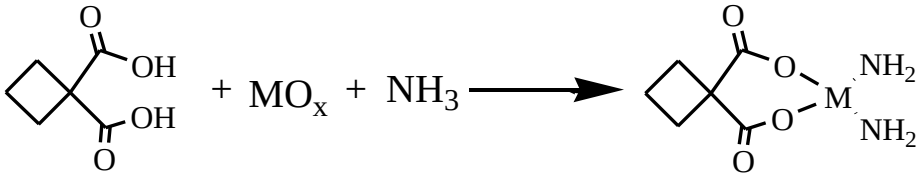
دانشکده

****

(این چکیده به منظور چاپ در پژوهش‌نامه دانشگاه تهیه شده است)

نام واحد دانشگاهی: تهران مرکزی **کد واحد: ۱۰۱**	**کد شناسایی پایان‌نامه:** ۱۰۱۳۰۳۰۸۸۹۱۰۱۱
عنوان پایان‌نامه: بررسی و یا تاثیر جایگزینی نانو ذرات به جای فلزات مورد استفاده در ساختارهای آزا دارویی	
نام و نام خانوادگی دانشجو: حدیثه یزدانی نیاکی **شماره دانشجوئی:** ۸۷۰۸۵۱۳۴۶۰۰ **رشته تحصیلی: شیمی آلی**	**تاریخ شروع پایان‌نامه:** ۱۳۸۹/۱۰/۰۵ **تاریخ اتمام پایان‌نامه: ۱۳۹۰/۶/۲۹**
نام و نام خانوادگی استاد راهنما: دکتر راهبه امیری **دهخوارقانی** **نام و نام خانوادگی استاد مشاور: دکتر ذهرا فخروئیان**	
آدرس و شماره تلفن: تهران –سردار جنگل –ایران زمین جنوبی–کوچه حیدری مقدم غربی – پلاک ۲۰۷ طبقه آخر –۰۲۱۴۴۴۱۳۰۲۵	

چکیده پایان‌نامه (شامل خلاصه، اهداف، روش‌های اجرا و نتایج به‌دست آمده): با توجه به اینکه کربوپلاتین یکی از داروهای ضد سرطان متداول می باشد بر آن شدیم که برای اولین باردر زمینه فناوری نانو , به بررسی تاثیر جایگزینی فلزات نانو در ساختار دارویی فوق پرداخته شود , به این صورت که فلز نانو را جایگزین فلز موجود در ساختار دارویی (کربوپلاتین) نموده و اثر بخشی و خاصیت بیولوژیکی دارو و خواص شیمیایی آن را مورد بررسی قرار دهیم. در این تحقیق از نانو اکسید فلزات واسطه که دارای ظرفیت های گوناگون می باشد استفاده شده است و همچنین نتایج ترکیبات به دست آمده را با همان اکسید فلزات به صورت بالک مقایسه شده است .نتایج حاصله را از طریق روش های متفاوت اسپکتروسکوپی(....,XRD وSEM)و آزمون بیولوژیکی مورد شناسایی و ارزیابی قرار دادیم.



M= نانو ذره فلز

نظر استاد راهنما برای چاپ در پژوهش‌نامه دانشگاه مناسب / مناسبنیست تاریخ و امضاء:

فهرست مطالب

فصل اول- فن آوری نانو

مقدمه..... ۱

۱ ـ ۱ - نانو مواد صفر بعدی..... ۵

۱ ـ ۲ - نانو مواد یک بعدی..... ۵

۱ ـ ۳ - نانو مواد دو بعدی..... ۶

۱ ـ ۴ - نانومواد سه بعدی..... ۶

فصل دوم – روش های ساخت مواد نانومتری

مقدمه..... ۱۰

۲ ـ ۱ - رویکرد بالا به پایین..... ۱۱

۲ ـ ۲ - رویکرد پایین به بالا..... ۱۲

۲ ـ ۳ - استراتژی های سنتز نانو ساختارهای یک بعدی..... ۲۰

۲ ـ ۴ - رشد به کمک اکسید..... ۲۷

۲ ـ ۵ - رشد بخار- جامد..... ۲۸

۲ ـ ۶ - واکنش های کربوترمال..... ۲۹

۲ ـ ۷ - رشد محلول نانو سیم ها..... ۳۰

فصل سوم – کلیات داروها

تعاریف اولیه از شیمی دارویی..... ۳۱

۳-۱- سیر تاریخی شیمی دارویی..... ۳۱

۳-۲- جنبه های بنیادی داروها..... ۳۲

۳-۳- شکل داروها..... ۳۳
۳-۴- کاربرد داروها..... ۳۳
۳-۵- فعالیت زیستی داروها..... ۳۳
۳-۶- طبقه بندی داروها..... ۳۴
۳-۷- بیماری و داروها..... ۳۵
۳-۸- منشاء داروها..... ۳۵
۳-۹- مراحل بررسی ایمنی دارو..... ۴۰
۳-۱۰- عوارض جانبی و اثرات ناخواسته داروها..... ۴۲

فصل چهارم- فلزات در پزشکی

مقدمه و نمای کلی..... ۴۴
۴-۱- کمبود فلز و بیماری..... ۴۷
۴-۲- اثرات سمی فلزات..... ۵۰
۴-۳- فلزات سرطان زا..... ۵۵
۴-۴- بحث و بررسی فلزات بکار رفته جهت شناسایی و انجام شیمی درمانی..... ۵۷

فصل پنجم – نانو داروها

مقدمه ای بر نانو تکنولوژی در داروها..... ۶۳
۵-۱- بخش های نانو تکنولوژی..... ۶۶
۵-۲- نانو داروها..... ۷۰
۵-۳- داروشناسی بیولوژیک..... ۷۲
۵-۴- نانو دارو رسانی..... ۷۸
۵-۵- ساختار مولکولی نانو کپسولهای جامد محصور شده دو لایه سیس پلاتین.....۸۷

فصل ششم – آزمایشات تجربی

۶-۱- بخش اول

۶-۱-۱- مواد شیمیایی مورد استفاده در آزمایش..... ۹۶

۶-۲- بخش دوم

۶-۲-۱- سنتز اولیه دارو با استفاده از نانو ذرات اکسید روی..... ۹۸

۶-۲-۲- تفسیر طیف های مربوط به محصول نهایی تهیه شده با نانو ذرات اکسید روی و اکسید روی بالک..... ۱۰۰

۶-۲-۳- سنتز اولیه داروها با استفاده از نانو ذرات اکسید کلسیم..... ۱۱۳

۶-۲-۴- سنتز اولیه داروها با استفاده از نانو ذرات اکسید منگنز..... ۱۱۴

۶-۲-۵- دستگاههای مورد استفاده در آزمایش..... ۱۱۶

۶-۳- بخش سوم

۶-۳-۱- اثرات ضد میکروبی نمونه تهیه شده بر روی باکتری های بیماری زا..... ۱۱۷

۶-۳-۲- مورفولوژی باکتری های مورد استفاده..... ۱۱۸

۶-۳-۳- روش سنجش قطرهاله مهار رشد..... ۱۱۹

۶-۳-۴- روش حداقل غلظت بازدارندگی ۱۱۹

۶-۳-۵- نتایج آزمایشات میکروبی..... ۱۲۱

بحث و نتیجه گیری کلی..... ۱۲۳

طیف هاو تصاویر مربوط به آزمایشات تجربی و شناسایی محصولات

طیف FT- IR..... ۱۲۴

طیف ^{1}HNM..... ۱۲۸

طیف ^{13}CNM ۱۳۲ .....

تصاویر SEM ۱۳۴

تصاویر XRD ۱۴۲

تصاویر مربوط به آزمایشات میکروبی ۱۴۴

منابع و مراجع ۱۴۶

چکیده انگلیسی ۱۵۲

فصل اول

فن آوری نانو

مقدمه

امروزه علم و فناوری نانو توجه بسیاری از دانشمندان و صنعتگران را به خود جلب کرده و به یکی از مهمترین زمینه های تحقیقاتی در علوم فیزیک، شیمی، مهندسی و بیولوژی تبدیل شده است. توسعه روش های سنتز جدید ، بررسی مشخصات جدید ، توسعه ابزارهای بررسی مشخصات، توسعه مدل ها و تئوری های جدید در مقیاس نانو، توسعه مواد جدید و یافتن کاربردهای تازه برخی از زمینه های مورد توجه می باشند[۱-۳] یک نانومتر ، یک میلیاردیم متر و یک هفتصد و پنجاه هزارم پهنای تار موی انسان است. نانوتکنولوژی در ارتباط با ساختارهائی از ماده است که ابعادی کمتر از ۱۰۰ نانومتر داشته باشند. ماده در مقیاس زیر ۱۰۰ نانومتر دارای۴ تا ۴۰۰ اتم است [۱].

خواص مواد در مقیاس نانو از جمله خواص فیزیکی، شیمیائی و مکانیکی وابسته به ابعاد می‌باشد. این ویژگی در مواد حجیم یافت نمی شود. وقتی ابعاد ماده تا مقیاس زیر ۱۰۰ نانومتر کوچک می‌شوند، قوانین کلاسیک فیزیک تغییر کرده و مواد خواص جدیدی از خود بروز می‌دهند. از این رو محدودهٔ زیر ۱۰۰ نانومتر حائز اهمیت است.

سه حالت مشهور ماده جامد، مایع و گاز هستند. اما حالت دیگری به‌نام حالت سطحی یا فصل مشترکی می‌توان داشت [۲-۱] . در سطح مواد، جهان فیزیکی بسیار متفاوت خواهد بود و برخی از خواص جالب فیزیکی از حالت «سطح» ناشی می گردد. وقتی ماده به مقیاس نانومتری می‌رود سطح به حجم بسیار بیشتری نسبت به مقیاس های بالاتر دارد و خواص فیزیکی متفاوتی نیز خواهد داشت[۳]. خواص شیمیائی و خواص مکانیکی نیز با کاهش مقیاس تغییری قابل ملاحظه همچون خواص فیزیکی خواهند داشت [۴ -۵] .

برخی از دلایلی که برای وابسته به ابعاد بودن خواص نانومواد ذکر شده است عبارت از نسبت سطح به حجم بالا ، اثر حصر کوانتمی ، تغییر در ساختار کریستالی ، کاهش عیوب شبکه ، پدیدهٔ تشریک مساعی در میان تعداد محدودی از اتم ها یا ملکول ها قبل از شروع رفتارهای مواد حجیم ، تغییر شکاف باند ماده و کاهش دانسیتهٔ حالات انرژی ($D(E)$) ماده در مقیاس نانومتری می باشند[۶-۷].

تاریخچه نانوتکنولوژی از سال ۱۹۵۹ آغاز می‌شود. زمانی که «ریچارد فین من» [۱] برندهٔ جایزهٔ نوبل فیزیک در یک سخنرانی امکان پذیری ساخت ماده در مقیاس اتمی، با کنار هم گذاشتن اتم ها را بیان کرد. در سال ۱۹۷۴ «نوریو تانیگوچی [۲]» واژهٔ «نانوتکنولوژی» را ابداع کرد. واژه ای که برای رساندن تفاوت بین مهندسی در مقیاس نانو و مقیاس میکرو با هزار برابر تفاوت، ساخته شد.

در ابتدا مشکل اصلی دیدن مواد در مقیاس نانو بود، این مشکل در سال ۱۹۸۱ به‌وسیله‌ی پژوهشگران IBM حل شد. آنها ابزاری اختراع کردند که میکروسکوپ تونل زنی روبشی [۳] یا STM نامیده شد که به آنها اجازه می داد نمونه هائی تا سطوح اتمی را به تصویر بکشند. این پژوهشگران به خاطر این تلاش در سال ۱۹۸۶ جایزهٔ نوبل فیزیک را دریافت کردند.

---

۱. Richard Feynman

۲. Nurio Tuniguchi

۳. Scanning Tunneling Microscope

در همین سال اولین مقالهٔ علمی در زمینهٔ نانوتکنولوژی با نام «طراحی پروتئین به‌عنوان مسیری برای ساخت ملکولی» توسط اریک درکسلر [۴] منتشر شد که اشاره به این داشت که ماشین های ملکولی پیچیده و وظیفه مند می‌توانند ساخته شوند. د ر سال ۱۹۸۵ گروهی از پژوهشگران دانشگاه رایس با هدایت ریچارد اسمالی[۵] موفق به کشف ملکولی شبیه به توپ فوتبال از ۶۰ اتم کربن شدند که C60 یا فولرین نامیده شد.

در سال ۱۹۸۶ پژوهشگران IBM با اختراع نوعی میکروسکوپ به نام میکروسکوپ نیروی اتمی (AFM) که می توانست اتم های منفرد را به تصویر بکشد. گام دیگری در پیشرفت نانوتکنولوژی برداشتند. با این ابزار جدید اتم های منفرد از ط ریق تماس فیزیکی با نوک تیز یک پروب پیمایشگر می توانستند جابجا شده و دستکاری شوند. در دهۀ ۱۹۸۰ توسعۀ نانوتکنولوژی به کندی اما با جریانی ثابت روی می داد.

در ۱۹۸۹ پژوهشگران IBM با استفاده از میکروسکوپ تونل زنی روبشی (STM) ۳۵ اتم گزنون را جابجا کرده و طوری کنار یکدیگر قرار دادند که واژۀ I-B-M ساخته شود . این اولین توصیف از توانائی ردیف کردن دقیق اتم های منفرد و دستکاری در مقیاس اتمی بود. در دهۀ ۱۹۹۰ پیشرفت های بیشتری حاصل شد.

در ۱۹۹۱ محقق ژاپنی شرکت NEC به نام سومیو ایجیمیا نانولوله کربنی را کشف کرد که ارتباط نزدیکی با فولرین داشت. نانولولۀ کربنی شبیه یک فولرین کشیده شده و استوانه ای بود و خواص بی‌نظیری چون وزن بسیار کم و استحکام بسیار بالا داشت. یکی نانولولۀ کربنی یک ششم وزن فولاد و استحکامی ۱۰۰ برابرآن دارد [۸] .

---

۴. Eric Drexler

۵. Richard Smally

پیشرفت های بعدی سریع تر انجام گرفت. سیم های کوانتمی، ترانزیستورهای نانولوله ای و کلیدهای آلی تک ملکولی از پیشرفت های بعدی بود ند . در ۱۹۹۳ اولین نانوساختار از نانولوله های کربنی ساخته شد . در ۱۹۹۶ سیم کوانتمی که یک تک زنجیرۀ ملکولی بود م داری بین یک صفحۀ طلا و نوک STM تشکیل داد. ترانزیستور با نانولۀ کربنی در ۱۹۹۸ ساخته شد. کلید آلی با یک تک ملکولی نیز در ۱۹۹۹ توسط محققین ساخته شد.

یکی از مهمترین تجربیات در این زمینه ایجاد «حصار کوانتمی» یا « Quantum Corral» بود. با قرار دادن یک اتم مغناطیسی در یک سر حلقه ای بیضوی شکل از اتم ها مشاهده شد که سرابی از همان اتم در جهت مخالف آن ایجاد می شد. حصار کوانتمی پتانسیل لازم برای انتقال اطلاعات بدون سیم در مقیاس نانو را نشان داد [۹] .

توسعۀ روش های سنتز جدید، بررسی مشخصات جدید و توسعۀ ابزار بررسی مشخصات، توسعۀ مدل ها و تئوری های جدید و توسعۀ مواد جدید [۱۰] .

توسعۀ مواد جدید نانومتری ، یک ضرورت برای ورود به عرصۀ نانوتکنولوژی می‌باشند . نقش علم و مهندسی مواد و علوم فیزیک و شیمی در این دوران کاملاً مشهود و غیرقابل انکار می‌باشد. نانومواد یا موادی که حداقل یکی از ابعاد آنها کوچکتر از ۱۰۰ نانومتر باشد دروازه ورود به دنیای نانو و اولین گام برای رسیدن به اهداف نانوفناوری (ساخت ماشین ها ، وسایل و سیستم های وظیفه مند در مقیاس نانو) می باشند [۱۱-۱۳] .

نانو مواد را می توان برحسب ابعاد آنها به نانومواد صفربعدی (۰D)، یک بعدی (۱D)، دوبعدی (2D) وسه بعدی (3D) تقسیم نمود. وقتی ابعاد یک ماده کم می شود تا به ابعاد نانومتری (زیر ۱۰۰ نانومتر) برسد دانسیتۀ حالات انرژی (D(E)) ماده نیز متفاوت شده و خواص متفاوتی نسبت به ماده حجیم بروز می کند. [۱۴-۱۵] از آنجا که طول موج الکترون ها در نیمه هادی ها در محدودۀ

نانومتری است ساختارهای با ابعاد کم (زیر ۱۰۰ نانومتر) را نانوساختار نیز می نامند، انواع نانوساختارها عبارتند از:

۱-۱- نانومواد صفر بعدی (0D)

نانو موادی هستند که هر سه بعد آنها کمتر از ۱۰۰ نانومتر باشد؛ مانند نانوپودرها یا نانو ذرات ایجاد شده بر روی یک زیرلایه. اگر نانو مواد صفر بعدی نیمه هادی باشند به آنها نقطهٔ کوانتمی نیز می گویند که خواص نوری آنها مدنظر است[۱۶] .

۱ – ۲ – نانومواد یک بعدی (1D)

نانو موادی هستند که دو بعد آنها زیر ۱۰۰ نانومتر است و فقط در یک بعد بیش‌تر از ۱۰۰ nm هستند. این نانوساختارها در صورتی که از دیدگاه خواص فیزیکی و نیمه هادی مورد بررسی قرار گیرند سیم کوانتمی نامیده می شوند. برخی از نانو ساختارهای یک بعدی عبارتند از: نانولوله ، نانو سیم، نانومیله، نانو تسمه، نانو نوار، نانو کابل و نانوفنر [۱۷] .

۱ – ۳ – نانو مواد دو بعدی (2D)

نانو موادی هستند که فقط یک بعد آنها زیر ۱۰۰ نانومتر است و دو بعد بیش‌تر از ۱۰۰ نانومتر دارند.انواع آنها عبارتند از نانولایه ها که اگر نیمه هادی باشند چاه کوانتمی نامیده می‌شوند و نانوحلقه ها. واژه کوانتمی در در سه نوع نانوساختار نقطه، سیم و چاه کوانتمی به علت تغییرات خواص ناشی از ماهیت مکانیک کوانتمی فیزیک در مقیاس های خیلی کوچک استعمال شده است [۱۸].

۱ – ۴ – نانومواد سه بعدی (3D)

نانوساختارهائی هستند که اجزاء آنها نانو مواد صفر، یک یا دو بعدی می‌باشند مانند نانوکمپوزیت ها، قطعاتی که نانوذرات در آنها پراکنده شده اند و مواد نانوکریستالی [۱۹] .

معمولاً نانوساختارها یک نوع وظیفه مندی (functionallity) از خود نشان می دهند که می توانند به عنوان یک ماده وظیفه مند (functional) کلیدی در نانوتکنولوژی مطرح باشند. این نانوساختارهای وظیفه مند میتوانند به عنوان اجزاء بنیادی سیستم های هوشمند به کار روند.

پس از کشف نانولوله های کربنی به عنوان یک نانوساختار یک بعدی توجه دانشمندان به نانوساختارهای یک بعدی دیگری جلب شد. این نانوساختارها می توانند شکل های هندسی متفاوتی داشته باشند که درهمه آنها دو بعد زیر ۱۰۰ نانومتر و یک بعد بیش از ۱۰۰ نانومتر دیده می شود. نانوسیمها، نانومیله ها و نانوتسمه ها گروه مهمی از نانوساختارهای یک بعدی را تشکیل می‌دهند که الگوهائی برای ارتباط بین خواص الکتریکی، نوری و سایر خواص با محدودیتهای اندازه و ابعاد ایجاد می‌کنند.

هم‌چنین نانوسیم های معدنی به‌عنوان قطعاتی فعال در وسایل و دستگاهای جدید ایفای نقش می‌کنند. در چند سال اخیر نانوسیم های متنوعی از مواد معدنی سنتز شده و مشخصات آنها مورد بررسی قرار گرفته است. برخی از این نانوسیم ها عبارتند از :

۱. نانوسیم ها عنصری

Bi, Sb, Pb, Sn, In, B, Ge, Si, Cu, Ni, Co, Fe, Ag, Au, Te, Sc ، نیمه هادیهای ترکیبی و ...

۲. نانوسیم های اکسیدی

SiO_2 , Sb_2O_5 , Sb_2O_3, SnO_2 , In_2O_3 , Go_2O_3, Al_2O_3, MgO ,V_2O_5 ,ZnO, Cu_xO , WO_x , TiO_2, GeO_2 , MnO_2, Mn_3O_4 .

۳. نانوسیم های نیتریدی

BN , AlN , InN, Si_3N_4 , Si_2N_2O , GaN ,…

۴. نانوسیم های کاربیدی

کاربیدهای Ti, Si,G, B, Al

۵. نانوسیم های کالکوژنید (Chalcogenide)

سولفیدهای Zr,Hf,Ti , کالکوژنید بیسموت ,Ag_2Se, NiS, CdS, CdSe, PbS, PbSe , NbS_2, $NbSe_2$, Cus, CuSe, ZnS, ZnSe

از میان همه عناصر و ترکیباتی که نانوساختار آنها مورد پژوهش واستفاده قرار گرفته است، اکسیدهای وظیفه مند [۶] توجه عمده ای را به خود جلب کرده اند [۲۰]. خواص فیزیکی و شیمیائی اکسیدها می توانند از طریق نسبت کاتیون به آنیون وعیوب موجود در آنها کنترل گردند، بنابراین می توان آنها را اجزاء اصلی سیستم های هوشمند به حساب آورد. ساختارهای اکسیدهای وظیفه مند بسیار پراکنده و متعدد بوده و پدیده ها و کاربردهای جدید و پایان ناپذیری در آنها دیده میشود. این ویژگیهای منحصر بفرد ، اکسیدها را پراکنده ترین دسته مواد کرده است. خواص اکسیدها همه زمینه های فیزیک مادهٔ چگال و شیمی حالت جامد از جمله نیمه رسانائی ، ابر رسانائی، مغناطیس، فروالکتریسیته و پیزوالکتریسیته را در بر می گیرد. برخی از این اکسیدهای وظیفه مند که نانوساختار

[۶]. Functional Oxides

آنها مورد توجه قرار گرفته عبارت از $ZnO, SiO_2, SnO_2, In_2O_3, Ga_2O_3, CdO, PbO_2,$ MgO MoO_3 و CuO می باشند.

شاید گسسترده ترین مطالعات از نظر ساختار ، خواص، سنتز وکاربرد در مورد ZnO انجام گرفته است. اکسید روی یک نیمه هادی با شکاف باند وسیع ۳/۳۷ الکترون ولت و انرژی پیوند اکسایتون معادل meV ۶۰ که بزرگتر از انرژی حرارتی در دمای اتاق است، می‌باشد.

ساختار بلوری پایدار ZnO که در نانوساختارهای آن مشاهده می شود « وورتزیت [۷] هگزاگونال » است. در این ساختار اتم های اکسیژن ساختار بلوری hcp داشته و نیمی از مکان های تتراهدرال توسط اتم های Zn اشغال شده اند. ۴ اتم در هر واحد شبکه این ساختار وجود دارد. ZnO به خاطر خواص جالب و منحصربه فرد خود، توجه بسیاری از پژوهشگران را جلب کرده است. در مقیاس نانومتری خواص نوری، الکتریکی، مکانیکی و با تقویت شدن بوسیلهٔ عناصر فرومغناطیس خواص مغناطیسی جالبی از خود نشان می دهد . نتیجه این خواص کاربردهای اپتوالکترونیک گسترده از جمله انواع دیودهای نوری و لیزری، دیودهای شاتکی، صفحات نمایشگر تشعشع میدانی، پیل های خورشیدی، پروب های نوری و فلورسانس می باشد [۲۱] .

خواص دیگری چون پیزوالکتریسیته و حساسیت سطحی به جذب شونده ها آن را مفید برای استفاده در ترانسدیوسرها و سنسورها کرده است. به خاطر خواص مکانیکی خوب در مقیاس نانو ، کاندیدی برای پروب های میکروسکوپ نیروی اتمی شده است.

با تقویت شدن بوسیلهٔ عناصر فرومغناطیس کاندید مناسبی برای آرایه‌های حافظه گشته است. خواص و کاربردهای بسیار دیگری نیز در مراجع گزارش شده است. این مقدمهٔ کوچک اهمیت ZnO در نانوتکنولوژی را تا حدودی نشان می‌دهد [۲۳-۲۲].

---

[۷].Wurtzite