بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده فنی و مهندسی

گروه مهندسی مواد

پایان نامه تحصیلی برای دریافت درجه کارشناسی ارشد رشته مهندسی متالورژی

گرایش خوردگی و حفاظت از مواد

تولید نانوذرات مس به روش الکتروشیمیایی

استاد راهنما :

دکترمریم احتشام زاده

استاد مشاور :

دکترحسن هاشم پوررفسنجانی

مؤلف :

رابعه پوراکبری

شهریورماه ۱۳۸۸

دانشگاه شهید باهنر کرمان

این پایان نامه به عنوان یکی ازشرایط احراز کارشناسی ارشد به

گروه مهندسی موادو متالورژی

دانشکده فنی ومهندسی

دانشگاه شهیدباهنر کرمان

تسلیم شده است وهیچگونه مدرکی به عنوان فراغت ازتحصیل دوره مزبورشناخته نمی شود.

نام ونام خانوادگی: امضاء:

دانشجو: رابعه پور اکبری

استاد راهنما۱: دکتر مریم احتشام زاده

استاد مشاور: دکتر حسن هاشمی پور رفسنجانی

داور۱: دکتر امیرصرافی

داور۲: دکتر شهریار شرفی

نماینده تحصیلات تکمیلی : آقای دکتر حجت ا... رنجبر (دانشگاه شهید باهنر)

حق چاپ محفوظ و مخصوص به دانشگاه شهید باهنر کرمان است.

تقدیم به :

پدر و مادر مهربانم

که در طول حیات پربارشان با تحمل رنج ها و سختی ها به من درس صبر و استقامت آموختند و

همواره مرا ازحمایت و دعای خیرشان بهره مند نموده اند.

خواهران و برادران عزیزم

آنان که خاطره های قشنگ زندگیم با آنها سپری شد. آنان که محبتشان همیشگی است و تجلی گاه

آرزوهایم آینده روشن آنهاست.

تشکر و قدر دانی :

سپاس و ستایش شایسته پروردگاریست که در سایه رحمت بی پایانش توانستم گامی دیگر در عرصه علم و تحصیل بردارم.

در اینجا بر خود لازم می دانم که از زحمات و تلاش استاد بزرگوارو زحمتکش سرکار خانم دکتر مریم احتشام زاده که در انتخاب این موضوع و همچنین در کلیه مراحل این پروژه زحمات زیادی را متحمل شدند و راهنمای اینجانب بودند، همچنین از استاد مشاور این پروژه آقای دکتر حسن هاشمی پور رفسنجانی که مشوق من در طول این مدت بوده اند تقدیر و تشکر نمایم.

چکیده :

از میان نانوذرات فلزی گوناگون، نانوذرات مس به دلیل خواص کاتالیستی، هدایت الکتریکی و نوری ویژه، توجه بسیار زیادی را به خود جلب کرده اند. از جمله روشهای متداول جهت تولید نانوذرات مس با امکان کنترل اندازه، ساختار کریستالی و یکنواختی آنها می توان به روش الکتروشیمیایی(الکترولیز) اشاره نمود.

پودر مس الکترولیتی به دلیل ساختار متخلخل و دندریتی، هدایت حرارتی و الکتریکی بسیار خوب و درصد خلوص بالا در صنعت متالورژی پودر از جایگاه ویژه ای برخوردار است. برای تولید نانوپودر مس روشهای مختلفی نظیر روشهای شیمیایی،سایش لیزری، سونوشیمیایی و .... وجود دارد، اما مزیت استفاده از روش الکترولیز این است که می توان با این روش پودرهایی با درصد خلوص بسیار بالا و مورفولوژی موردنظر تولید کرد. از طرفی امکان تغییر پارامترهای مختلف در حین عملیات تولید، براحتی فراهم بوده و از لحاظ اقتصادی نیز این روش، بسیار مقرون به صرفه است.

در این تحقیق پارامترهای موثر بر فرآیند تولید پودر مس الکترولیتی و تاثیر آنها بر اندازه دانه پودربررسی شده اند. پارامترهای برگزیده شامل دانسیته جریان و غلظت یون مس است. مشاهده شد که با افزایش دانسیته جریان، اندازه ذرات کاهش می یابد اما با افزایش غلظت مس اندازه ذرات افزایش می یابد. نانوپودر مس در یک دانسیته جریان و غلظت مناسب یون مس با حضور عامل افزودنی تجاری تولید شد. نتایج حاصل از uv حاکی از تشکیل نانوپودر مس است. تصاویر SEM و TEM ساختار پودر تولید شده را در شرایط مختلف نشان داد. نتایج حاصل از XRD و زتاپتانسیل و تصاویر TEM نشاندهنده اینست که توزیع اندازه ذرات تولید شده بین ۱۰۰-۱۰ نانومتر قرار دارد.

کلمات کلیدی: نانوپودر مس، روش الکتروشیمیایی، دانسیته جریان، غلظت یون مس، اندازه ذرات.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول : مقدمه ۱

۱-۱ پیش در آمدی بر مطالعه نانوذرات مس..... ۲

۱-۲ روش‌های تولید..... ۲

۱-۲-۱ چگالش بخار..... ۳

۱-۲-۲ سنتز شیمیایی..... ۳

۱-۲-۳ فرآیندهای حالت جامد..... ۳

۱-۳ روش الکتروشیمیایی..... ۴

فصل دوم : مروری بر تحقیقات گذشته ٦

۲-۱ نانوفناوری ۷

۲-۲ نانوذرات..... ۸

۲-۳ روشهای تولید..... ۱۰

۲ -۳-۱ چگالش بخار..... ۱۰

۲-۳-۱-۱ روش سیم انفجاری..... ۱۱

۲-۳-۱-۲ روش تبخیر در خلا بر روی مایعات روان..... ۱۱

۲-۳-۱-۳ رسوبدهی شیمیایی بخار..... ۱۱

۲-۳-۲ سنتز شیمیایی..... ۱۲
۲-۳-۳ فرآیندهای حالت جامد..... ۱۳
۲-۴ سنتز الکتروشیمیایی..... ۱۳
۲-۵ تولید پودر مس الکترولیتی..... ۱۴
۲-۶ پارامترهای موثر در تولید پودر مس الکترولیتی ۱۹
۲-۶-۱ دانسیته جریان..... ۲۰
۲-۶-۲ غلظت یون مس ۲۲
۲-۶-۳ غلظت اسید سولفوریک..... ۲۴
۲-۶-۴ غلظت یون کلر ۲۶
۲-۶-۵ مدت زمان انجام الکترولیز..... ۲۷
۲-۶-۶ فاصله دو الکترود از یکدیگر..... ۲۸
۲-۶-۷ درجه حرارت ۲۸
۲-۶-۸ همزدن الکترولیت..... ۲۷
۲-۶-۹ عوامل افزودنی..... ۳۱
۲-۷ تولید قطعات متالورژی پودر(P/M) از پودرهای مس الکترولیتی ۳۲
۲-۸ خصوصیات نانوذرات مس ۳۳
۲-۹ تولید نانو ذرات مس به روشهای گوناگون..... ۳۳
۲-۹-۱ روش الکتروشیمیایی ۳۳

۲-۹-۲ روش رسوب بخار در خلا..... ۳۴
۲-۹-۳ روش سایش لیزری ۳۴
۲-۹-۴ روشهای شیمیایی..... ۳۵
۲-۹-۴-۱ احیا در فاز آب ۳۵
۲-۹-۴-۲ احیا در فاز آلی ۳۷
۲-۹-۵ روش سونوشیمیایی ۳۸
۲-۹-۶ روش سونوشیمیایی ۴۱
فصل سوم : مواد و روش تحقیق..... ٤٥
۳-۱ مواد اولیه ۴۶
۳-۲ تجهیزات مورد استفاده ۴۶
۳-۲-۱ یکسو کننده جریان(رکتیفایر)..... ۴۶
۳-۲-۲ میکروسکوپ SEM و TEM..... ۴۶
۳-۲-۳ دستگاه طیف سنجی ماورابنفش..... ۴۷
۳-۲-۴ دستگاه زتاپتانسیل..... ۴۷
۳-۲-۵ دستگاه XRD..... ۴۷
۳-۳ طراحی آزمایش..... ۴۷
۳-۴ روش انجام آزمایش ۴۸
فصل چهارم : نتایج..... ۵۰
۴-۱ نتایج SEM..... ۵۱

۴-۱-۱ تصاویرSEM پودرهای مس تولید شده ۵۲
۴-۱-۲ تصاویرSEM نانو پودرهای مس تولید شده ۵۵
۴-۲ تصاویرTEM نانو پودرهای مس تولید شده..... ۵۷
۴-۳ نتایج UV..... ۵۹
۴-۴ نتایج زتا پتانسیل..... ۵۹
۴-۵ نتایج XRD پودرهای تولید شده..... ۶۰
فصل پنجم : بحث ٦٢
۵-۱ نتایج SEM..... ۶۳
۵-۱-۱ تا ثیر دانسیته جریان کاتد..... ۶۳
۵-۱-۲ تاثیر غلظت یون مس..... ۶۴
۵-۲ تولید نانو پودر مس..... ۶۴
۵-۳ نتایج TEM..... ۶۵
۵-۴ نتایج UV..... ۶۵
۵-۵ نتایج آنالیز زتاپتانسیل..... ۶۶
۵-۶ نتایج XRD..... ۶۶
فصل ششم : نتیجه گیری نهایی و پیشنهادات ٦٦
۶-۱ نتیجه گیری..... ۶۷
۶-۲ پیشنهادات..... ۶۷
منابع..... ٦٨

چکیده و کلمات کلیدی انگلیسی..... ۷۱

فهرست جداول و اشکال

عنوان **صفحه**

جدول(۲-۱) بیان برخی ویژگی های فیزیکی و شیمیایی نانوذارت ۹

جدول(۳-۱) شرایط انجام آزمایشات.....۴۸

شکل(۲-۱)پودرهای مس تولید شده تحت جریان ثابت mA ۵۷الف)کاتدپلاتین ب)کاتدآلومینیوم

.....۱۵

شکل(۲-۲) فرآیند تولید پودر مس الکترولیتی.....۱۸

شکل(۲-۳) شرایط آزاد شدن گاز هیدروژن بر روی کاتد و تشکیل پودر مس ۲۱

شکل(۲-۴)تاثیر دانسیته جریان کاتد بر اندازه دانه پودر مس الکترولیتی ۲۲

شکل(۲-۵) تصویر SEM پودر مس تولید شده در دانسیته جریانهای مختلف: A) A/dm^2 ۱۲/۵،

B) A/dm^2 ۲۵، C) A/dm^2 ۵۰.....۲۲

شکل (۲-۶) تاثیر غلظت یون مس بر روی اندازه دانه و دانسیته ظاهری پودر مس الکترولیتی۲۳.....

شکل(۲-۷)تصویرSEM پودر مس تولید شده در غلظتهای مختلف یون مس : A) mol/dm^{-3}

B) ۰/۰۶۳۵، C) ۰/۱۲۷۰ mol/dm^{-3}، D) ۰/۱۹۰۵ mol/dm^{-3} /۲۵۴۰ mol/dm^{-3}.....۲۳

شکل (۲-۸) تاثیر غلظت یون مس بر روی بازده جریان و دانسیته ظاهری پودر مس الکترولیتی .....

.....۲۴

شکل (۲-۹) تصویرSEM پودر مس تولید شده در غلظتهای مختلف اسید سولفوریک:

۲۴.....۲mol/dm^{-3} (D ،۱/۶۶mol/dm^{-3} (C ،۱/۳۳mol/dm^{-3} (B ،۱mol/dm^{-3} (A

شکل (۲-۱۰) تاثیر غلظت اسید سولفوریک بردانسیته ظاهری وبازده جریان پودرمس الکترولیتی

.....۲۵

شکل(۲-۱۱) تاثیر غلظت یون کلر بر دانسیته ظاهری پودر مس الکترولیتی.....۲۶

شکل (۲-۱۲) تاثیر مدت زمان انجام الکترولیز بر دانسیته ظاهری پودر مس الکترولیتی ۲۷

شکل (۲-۱۳)تاثیر درجه حرارت بردانسیته ظاهری پودر مس الکترولیتی درغلظتهای یون مس

۲۵gr/lit (b)، ۲۰ gr/lit (a) ۲۸

شکل(۲-۱۴)تصویر SEMپودر مس تولید شده در دانسیته جریانهای مختلف :

۵۰ A/dm^2(C، ۲۵ A/dm^2(B ، ۱۲/۵A/dm^2(A.....۲۹

شکل (۲-۱۵)تصویر SEM پودر مس تولید شده در دانسیته جریانهای مختلف :A)۱۲/۵A/dm^2،

۵۰A/dm^2(C، ۲۵ A/dm^2(B.....۲۹

شکل(۲-۱۶) تاثیر سرعت همزدن الکترولیت بر دانسیته ظاهری پودر مس الکترولیتی در دانسیته

جریانهای (a) ۱۸۰۰ A/m^2 ، (b) ۳۰۰۰ A/m^2.....۳۰

شکل(۲-۱۷) تصاویر(a) SEM و (b) TEM نانوذرات مس خالص.....۳۴

شکل(۲-۱۸)نانو سیمهای مس تولیدی به روش رسوب بخار در خلا.....۳۴

شکل(۲-۱۹)نانو ذرات مس تولیدی به روش سایش لیزری.....۳۵

شکل (۲-۲۰) UV – Visible Absorption محلولهای حاوی نانوکامپوزیت Cu/PVA

تولید شده توسط a) HH b) SFS.....۳۷

شکل(۲-۲۱) تصویر TEMنانوذرات مس تولید شده ۳۸

شکل (۲- ۲۲) پراش سنج اشعه a x) کمپلکس CHC، b) محصولات به دست آمده از روش حرارتی، c)محصولات به دست آمده از روش سونوشیمیایی در اتمسفر آرگون (* نشان دهنده اکسید مس و• نشان دهنده مس)، d) محصولات به دست آمده از روش سونوشیمیایی دراتمسفرآرگون و هیدروژن ۴۰

شکل(۲-۲۳)تصاویرTEMنانوذرات مس تهیه شده از روش حرارتی a)۳۰۰nm و b)۴۰nm

.....۴۰

شکل(۲-۲۴)تصاویرTEMنانوذرات مس تهیه شده ازروش سونوشیمیایی a)۳۰۰nmوb)۱۵nm .

.....۴۰

شکل(۲-۲۵) شماتیک یک سونوترود ۴۲

شکل(۲-۲۶) دستگاه سونوالکتروشیمیایی ۴۲

شکل(۲-۲۷)تصاویر TEMنانوذرات مس: a) mA/cm^2 ۵۵ b) mA/cm^2 ۷۰ و c) mA/cm^2-

d, 100) تصویر HRTEM نانوذرات مس تولید شده در دانسیته جریانmA/cm^2 ۵۵ .....۴۳

شکل (۴-۱)تصویر SEM پودر مس در غلظت ۱۰gr با دانسیته جریان A/m^2 ۲۰۰۰.....۵۱

شکل (۴-۲)تصویر SEM پودر مس در غلظت ۱۰gr با دانسیته جریان A/m^2 ۳۰۰۰.....۵۲

شکل (۴-۳)تصویر SEM پودر مس در غلظت ۵gr با دانسیته جریان A/m^2 ۲۰۰۰.....۵۲

شکل (۴-۴)تصویر SEM پودر مس در غلظت ۵gr با دانسیته جریان A/m^2 ۳۰۰۰.....۵۳

شکل (۴-۵)تصویر SEM پودر مس در غلظت ۲/۵gr با دانسیته جریان A/m^2 ۲۰۰۰ .....۵۳

شکل (۴-۶)تصویر SEM پودر مس در غلظت ۲/۵gr با دانسیته جریان $۳۰۰۰A/m^2$.....۵۴

شکل (۴-۷)تصویر SEM نانو پودر مس که درون ماده افزودنی قرار دارد.....۵۵

شکل(٤-8)تصویرSEMنانوپودرمس که درکادرمستطیل مشخص شده شکل قبل قرارگرفته است ۵۵

شکل (۴-۹)تصویر TEM نانو پودر مس تولید شده.....۵۶

شکل (۴-۱۰)تصویر TEM نانو پودر مس تولید شده ۵۶

شکل (۴-۱۱)تصویر TEM نانو پودر مس تولید شده ۵۷

شکل(۴-۱۲) UV – Visible Absorption محلول حاوی نانوپودر مس.....۵۷

شکل(۴-۱۳) توزیع اندازه نانوذرات تهیه شده با استفاده از دستگاه زتا پتانسیل ۵۸

شکل (۴-۱۴) آنالیز XRD پودر مس تهیه شده ۵۸

شکل (۴-۱۵) آنالیز XRD پودر مس تهیه شده ۵۹

فصل اول

مقدمه

۱-۱ پیش درآمدی بر مطالعه نانوذرات مس

نانوذرات فلزی و نیمه هادی در دهه های اخیر توجه بسیار زیادی را به دلیل خواص فیزیکی و شیمیایی که بستگی به شکل و اندازه آنها دارد، به خود جلب کرده اند. به طور کلی خواص اتمی یک ماده به مقدار قابل ملاحظه ای از حالت بالک آن ماده متفاوت است. به دلیل اثر کوانتومی، خواص نانوذرات توسط اندازه ذره و مورفولوژی سطح مشخص می شود.

فلزات گروه بزرگی از کاتالیستها را تشکیل می دهند و چون مساحت سطحی فاکتور مهمی در کاتالیز است، نانوذرات فلزی با داشتن نسبت بسیار بزرگ مساحت سطح به حجم به طور وسیعی بررسی شده اند. در میان آنها مس و آلیاژهای آن در اندازه های نانومتری بیشتر از حد معمول در کاتالیز استفاده شده اند. کنترل اندازه، شکل و خواص سطحی نانوذرات جهت بررسی کاتالیزهای بر پایه مس مهم و ضروری است. نانوذرات مس همچنین به عنوان جانشینی برای نانوذرات طلا، نقره و پلاتین در بسیاری از کاربردهای دیگر از جمله هدایت گرمایی و میکروالکترونیکها در نظر گرفته شده است. به عنوان مثال در میکرومونتاژ وسایل هادی از قبیل الکترودها، خطوط هادی و اتصالات، فن آوری چاپ جت جوهر به عنوان جانشینی برای لیتوگرافی قدیمی به کار گرفته شده است. علاوه براین معمولا در چاپ المنتهای هادی موجود در وسابل الکترونیکی از طلا و نقره استفاده می شود. بنابراین با درنظر گرفتن قیمت بالای این فلزات، مس به عنوان یک ماده هادی و ارزان قیمت انتخاب مناسبی برای این کاربردهاست[۱].

۱-۲ روش‌های تولید

برای تولید نانوذرات روش‌های بسیار متنوعی وجود دارد .این روش‌ها اساساً به سه گروه تقسیم می‌شوند:

- چگالش از یک بخار

- سنتز شیمیایی

- فرآیندهای حالت جامد نظیر آسیاب کردن[۲].

۱-۲-۱ چگالش بخار

از این روش برای ایجاد نانوذرات سرامیکی فلزی و اکسید فلزی استفاده می‌شود. این روش شامل تبخیر یک فلز جامد و سپس چگالش سریع آن برای تشکیل خوشه‌های نانومتری است که به

صورت پودر ته‌نشین می‌شوند. از روش‌های مختلفی می‌توان برای تبخیر فلز استفاده نمود و تغییر دستگاهی که امکان تبخیر را به وجود می‌آورد، طبیعت و اندازهٔ ذرات را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در هنگام ایجاد نانوذرات فلزی برای جلوگیری از اکسیداسیون از گازهای بی‌اثر استفاده می‌شود، حال آنکه برای تولید نانوذرات سرامیکی اکسیدفلزی از اکسیژن هوا استفاده می‌شود. مهم‌ترین مزیت این روش پایین بودن میزان آلودگی است. در نهایت اندازهٔ ذره با تغییر پارامترهایی نظیر دما و محیط گاز و سرعت تبخیر کنترل می‌شود[۳].

۱-۲-۲ سنتز شیمیایی

عمدتاً استفاده از روش سنتز شیمیایی شامل رشد نانوذرات در یک واسطهٔ مایع، حاوی انواع واکنشگرهاست. در روش‌های شیمیایی، اندازهٔ نهایی ذره را می‌توان یا با توقف فرآیند در هنگامی که اندازهٔ مطلوب به دست آمد، یا با انتخاب مواد شیمیایی تشکیل‌دهندهٔ ذرات پایدار؛ و یا توقف رشد در یک اندازهٔ خاص، کنترل نمود. این روش‌ها معمولاً کم هزینه و پر حجم هستند، اما آلودگی حاصل از مواد شیمیایی می‌تواند یک مشکل باشد و می‌تواند یکی از استفاده‌های رایج نانوذرات، یعنی پخت آنها برای ایجاد روکش‌های سطحی، را دچار مشکل نماید. معمولا این روشها به چهار نوع طبقه بندی می شوند : روش خود مونتاژی محدود، روش الگوی نرم یا سخت، روش فیزیکی شیمیایی، روش محلول نرم[۴].

۱-۲-۳ فرآیندهای حالت جامد

از روش آسیاب یا پودر کردن می‌توان برای ایجاد نانوذرات استفاده نمود. خواص نانوذرات حاصل تحت تأثیر نوع مادهٔ آسیاب‌کننده، زمان آسیاب و محیط اتمسفری آن قرار می‌گیرد. از این روش می‌توان برای تولید نانوذراتی از مواد استفاده نمود که در دو روش قبلی به آسانی تولید نمی‌شوند. آلودگی حاصل از مواد آسیاب‌کننده خود می‌تواند یک مسئله باشد[۳].

۱-۳ روش الکتروشیمیایی

این روش در واقع جزو زیر مجموعه سنتز شیمیایی است، اگر چه تاکنون از الکتروشیمی(الکترولیز) به عنوان راهی برای تولید تعداد زیادی از نانو ذرات استفاده نشده، اما باید در نظر داشت که این روش دارای مزایایی نسبت به روش شیمیایی در سنتز ذرات کوچک فلزی است. در این روش امکان تولید ذراتی با خلوص بالا که بتوانند به خوبی پرس و زینتر شوند، وجود دارد. در کنار این، در سالهای اخیر ثابت شده که با انواع مختلف الکترولیز نه تنها امکان

تولید پودرهایی با محدوده وسیعی از خواص وجود دارد بلکه پیش بینی خواص ویژه ای که در تعیین کیفیت پودر و هدف مورد نظر مهم هستند نیز امکانپذیر است[۵].
پودر مسی که به روش الکتروشیمی تولید می شود، به دلیل خواص منحصر به فردش در صنایع مختلف از جمله متالورژی پودر، صنعت اتومبیل سازی، صنایع برق و الکترونیک و همچنین در ساخت زغالهای صنعتی کاربرد فراوانی دارد. ساختار متخلل و دندریتی، درصد خلوص بالا و هدایت حرارتی و الکتریکی بسیار خوب این پودر موجب استفاده از آن در کاربردهای گوناگون شده است. امتیاز استفاده از روش الکترولیز این است که می توان پارامترهای مختلف تولید را در راستای رسیدن به محصولی با کیفیت بالا، به راحتی تغییر داده و پودرهایی با درصد خلوص بسیار بالا و مورفولوژی و دانه بندی مطلوب تولید کرد. همچنین از لحاظ اقتصادی، هزینه دستگاهها و تجهیزات مورد استفاده در این روش نسبت به روشهای دیگر کمتر بوده و لذا صرفه جویی اقتصادی نیز یکی دیگر از مزایای تولید پودر مس به روش الکترولیز است.

ویلیام کهلر اولین کسی بود که توانست، پودر مس الکترولیتی را تولید کند. در دهه ۱۹۵۰ تحقیقات کهلر توسط محققان دیگر تکمیل شده و عملا پودر مس الکترولیتی قابل کاربرد در صنعت، به بازار عرضه شد و توانست جوابگوی نیازهای عملی شرکتهای ساخت قطعات متالورژی پودر باشد[۶].

هدف از انجام این پروژه تولید نانوپودر مس الکترولیتی در شرایط مطلوب می باشد.

تاریخچه نانو، روشهای تولید نانوذرات، تولید پودر مس به روش الکترولیز، پارامترهای موثر بر تولید پودر مس الکترولیتی، کاربردهای پودر مس الکترولیتی، خواص نانوذرات مس و تولید نانوذرات مس به روشهای گوناگون مرور خواهند شد. مواد اولیه برای انجام هر آزمایش، تجهیزات مورد استفاده در انجام آزمایشات و تجهیزات بکار برده شده برای آنالیز نتایج مورد بحث و بررسی قرار می گیرد. نتایج حاصل از آزمایشات انجام شده مورد بحث و بررسی قرار خواهد گرفت.

فصل دوم

مروری بر تحقیقات گذشته

۲-۱ نانو فناوری

تعاریف زیادی برای فناوری نانو وجود دارد، اما تعریفی کامل است که سه خصوصیت ذیل را در برگیرد :

۱- توسعه فناوری و تحقیقات در سطوح اتمی ، مولکولی و یا ماکرومولکولی در مقیاس اندازه ای ۱ تا ۱۰۰ نانومتر

۲- خلق و استفاده از ساختارها و ابزار و سیستمهایی که به خاطر اندازه کوچک یا حد میانه آنها، خواص و عملکرد نوینی دارند

۳- توانایی کنترل یا دستکاری در سطوح اتمی

در مقالات و نوشته های عمومی واژه فناوری نانو گاهی به هر فرآیند کوچکتر از اندازه‌های میکرون اطلاق می گردد که می‌تواند فرآیند لیتوگرافی را نیز شامل شود. به همین دلیل بسیاری از دانشمندان هنگامی که می‌خواهند درباره فناوری نانو به معنی واقعی و علمی کلمه صحبت کنند از آن به عنوان فناوری نانومولکولی یاد می‌کنند که به معنی فناوری نانو در ابعاد مولکولی می‌باشد. می‌توان چنین ساختارهایی در ابعاد مولکولی را به کمک انتخاب مناسب مراحل واکنش‌های شیمیایی تولید کرد. همچنین می‌توان چنین ساختارهایی را از طریق دستکاری اتم‌ها روی سطح، به وسیله میکروسکوپ‌های نیروی اتمی به دست آورد. در واقع جرقه آغاز فناوری نانو به زمان سخنرانی فاینمن باز می‌گردد. چهل سال پیش ریچارد فاینمن ، متخصص کوانتوم نظری و دارنده جایزه نوبل، در سخنرانی معروف خود در سال ۱۹۵۹ با عنوان "آن پایین، فضای بسیاری هست"، به بررسی بُعد رشد نیافته‌ای از علم مواد پرداخت. وی در آن زمان اظهارکرد: "اصول فیزیک، تا آن جایی که من توانایی فهمیدن آن را دارم، بر خلاف