

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

١٠١٦٠٤

۸۷/۱/۱۰۳۱۲۵  
۸۴۲۲۵



دانشکده مهندسی

پایان نامه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی مواد (شناسایی و انتخاب مواد مهندسی)

بررسی امکان تولید ذرات نانو فلزات با استفاده از روش رسوب گذاری  
الکتروشیمیایی و میدان مغناطیسی

توسط:

نیکان اشرفی شه میرزادی

۱۳۸۷ / ۱۰ / ۲۱

معاونت اطلاعات و مدارک علمی  
شهر شاهرز

استاد راهنما:

دکتر محمد حسین شریعت

مهر ماه ۱۳۸۷

۱۰۸۶۰۴

به نام خدا

بررسی امکان تولید ذرات نانو فلزات با استفاده از روش رسوب گذاری  
الکتروشیمیایی و میدان مغناطیسی

به وسیله‌ی:

نیکان اشرفی شه‌میرزادی

پایان نامه

ارائه شده به تحصیلات تکمیلی دانشگاه به عنوان بخشی از فعالیت‌های تحصیلی  
لازم برای اخذ درجه کارشناسی ارشد

در رشته‌ی:


مهندسی مواد-شناسایی و انتخاب مواد

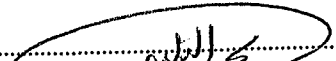
از دانشگاه شیراز

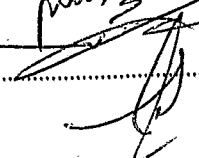
شیراز

جمهوری اسلامی ایران

ارزیابی شده توسط کمیته پایان نامه با درجه: عالی

دکتر محمد حسین شریعت، استاد بخش مهندسی مواد (رئیس کمیته) .....  


دکتر محمد ابراهیم بحر العلوم، دانشیار بخش مهندسی مواد .....  


دکتر عبدالغفار برزگر، استادیار بخش مهندسی مواد .....  


مهر ماه ۱۳۸۷

تقدیم به

پدر ، مادر و همسر عزیزم

## سپاسگزاری

اکنون که به لطف پروردگار این پایان نامه به اتمام رسیده است، به پاس حق شناسی لازم می‌دانم که از استاد عزیزم جناب آقای دکتر محمد حسین شریعت و اساتید مشاور جناب آقای دکتر بحرالعلوم و جناب آقای دکتر برزگر که با راهنمایی‌های ارزنده‌ی خویش، در پیشبرد و تکمیل این پروژه اینجانب را یاری نمودند، تشکر ویژه داشته باشم.

در پایان از پدر، مادر، پدر و مادر همسرم و به ویژه همسر مهربانم که دعای خیرشان همواره بدرقه‌ی راهم بود کمال تشکر و قدر دانی را دارم.

## چکیده

# بررسی امکان تولید ذرات نانو فلزات با استفاده از روش رسوب گذاری الکتروشیمیایی و میدان مغناطیسی

به وسیله‌ی:

نیکان اشرفی شهمیرزادی

از حدود یک دهه پیش توجه زیادی به مواد در اندازه های نانومتری صورت گرفته و پیشرفت در این زمینه به حدی رسیده که صرفاً تولید مواد در اندازه های نانومتری امری مهم تلقی نمی شود و امروزه هدف از ارائه روش های جدید کنترل خواص این ذرات در حین تولید می باشد. روش رسوب گذاری الکتروشیمیایی از سالها پیش به عنوان یکی از روش های رایج تولید پودر فلزات با درجه خلوص بالا مطرح بوده . در این تحقیق امکان استفاده از این روش به همراه یک میدان مغناطیسی قوی و استفاده از خواص مغناطیسی مواد دیامغناطیس برای رسیدن به ذرات در اندازه های نانومتری مورد بررسی قرار گرفته. طبق بررسی هایی که توسط میکروسکوپ الکترونی روی ذرات تولید شده به این روش صورت گرفته ذراتی در اندازه های ۲۲۰ نانومتر و محدوده اندازه ذرات مناسب تولید شده است. با توجه به محدودیت های موجود در تولید میدان های مغناطیسی قوی، رسیدن به ذراتی با ابعاد کوچکتر امکان پذیر نبود.

## فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۱- مقدمه: .....	۱
۲- مروری بر تحقیقات انجام شده: .....	۳
۲-۱- تاریخچه: .....	۳
۲-۲- روشهای تولید نانو ذرات: .....	۴
۲-۲-۱- روشهای شیمیایی تولید فلزات .....	۴
۲-۲-۱-۱- احیاء نمک های فلزات .....	۴
۲-۲-۱-۲- تجزیه شیمیایی و روشهای فتوشیمیایی : .....	۴
۲-۲-۱-۲-۱- تجزیه دمایی: .....	۴
۲-۲-۱-۲-۲- تجزیه فتوشیمیایی : .....	۵
۲-۲-۱-۳- احیاء از لیگاندها و جابجایی یون از ترکیبات آلی فلزی: .....	۵
۲-۲-۱-۴- روش های الکتروشیمیایی : .....	۵
۲-۲-۲- روش های فیزیکی تولید فلزات: .....	۶
۲-۳- تئوری: .....	۶
۲-۴- تشکیل کریستالها از رسوب گذاری الکتروشیمیایی .....	۷
۲-۵- فاکتورهای موثر روی فرایند رسوب گذاری الکتروشیمیایی : .....	۹
۲-۵-۱- پتانسیل یا جریان اعمالی : .....	۹
۲-۵-۲- آنیون: .....	۹
۲-۵-۳- یون های کمپلکس کننده و ترکیبات آلی پوشش دهنده سطح: .....	۱۰
۲-۵-۴- غلظت : .....	۱۰
۲-۵-۵- pH محلول : .....	۱۰
۲-۵-۶- اعمال میدان مغناطیسی: .....	۱۰

- ۱۱..... ۲-۵-۷- نوع کاتد:
- ۱۱..... ۲-۶-۶- تغویربهای تشکیل پودر از رسوب گذاری الکتروشیمیایی در دانسیته جریان های بالا:
- ۱۱..... ۲-۶-۱- تشکیل پودر ها در اثر احیاء ثانویه به همراه هیدروژن:
- ۱۲..... ۲-۶-۲- تشکیل پودر در اثر احیاء یون های کمپلکس شده:
- ۱۳..... ۲-۶-۳- تشکیل پودر در اثر خالی شدن لایه نفوذی اطراف کاتد:
- ۱۶..... ۲-۷-۷- معلق سازی مواد دیا مغناطیس با استفاده از اثر magneto-archimedes:
- ۱۸..... ۲-۷-۱- تاثیر غلظت:
- ۱۹..... ۲-۷-۲- تاثیر نوع یون پارامغناطیس:
- ۲۰..... ۲-۷-۳- تاثیر یون آنیون:
- ۲۲..... ۳- روش انجام تحقیق:
- ۲۲..... ۳-۱- طراحی و ساخت وسایل اصلی:
- ۲۳..... ۳-۲- مطالعات و آزمایشات اولیه:
- ۲۵..... ۳-۳- طراحی قسمت های مختلف آزمایش:
- ۲۵..... ۳-۳-۱- انتخاب فلز مورد نظر در رسوب گذاری:
- ۲۶..... ۳-۳-۲- طراحی کاتد:
- ۳۲..... ۳-۳-۳- انتخاب اجزای الکترولیت:
- ۳۳..... ۳-۳-۴- تعیین نوع مواد surfactant:
- ۳۴..... ۳-۳-۵- جداسازی ، شستشو و نگهداری پودرهای تولید شده:
- ۳۵..... ۳-۴-۴- تعیین نوع آزمایش ها:
- ۳۵..... ۳-۴-۱- نوع الکترولیت زمینه:
- ۳۶..... ۳-۴-۲- غلظت یون بیسموت در الکترولیت:
- ۳۶..... ۳-۴-۳- نوع و غلظت ماده surfactant:
- ۳۶..... ۳-۴-۴- میزان پتانسیل یا دانسیته جریان اعمالی:
- ۳۷..... ۳-۵- بررسی پودرهای تولید شده:
- ۳۸..... ۴- نتایج و بحث آزمایشات:
- ۳۸..... ۴-۱- مقدمه



- ۲-۴- مواد و دستگاه های مورد استفاده..... ۳۸
- ۳-۴- نمودار ها و نتایج بدست آمده برای تعیین نوع الکترولیت:..... ۴۰
- ۱-۳-۴- نمودار های جریان بر حسب پتانسیل در الکترولیت اشباع از  $MnCl_2$  ، اسید سولفوریک ۱M و دارای غلظت های مختلف بیسموت و ماده 2-Mercaptoethanol surfactant:..... ۴۰
- ۲-۳-۴- عکس های SEM و آنالیز EDX پودر های تولید شده با توجه به نمودار های بالا:..... ۴۴
- ۳-۳-۴- نمودار های جریان-پتانسیل بیسموت در الکترولیتهای مختلف:..... ۵۱
- ۴-۴- نمودارها و نتایج به دست آمده برای تعیین پتانسیل مناسب برای رسوب گذاری بیسموت به صورت پودر:..... ۵۴
- ۵-۴- آزمایش های مربوط به تعیین غلظت مناسب برای رسوب گذاری بیسموت به صورت پودر:..... ۵۹
- ۶-۴- نحوه تغییرات نمودار جریان- زمان در اثر اعمال میدان مغناطیسی:..... ۶۴
- ۷-۴- پودر های تولید شده در شرایط مختلف:..... ۶۹
- ۵- نتیجه گیری و پیشنهادها:..... ۸۸
- ۱-۶- نتیجه گیری:..... ۸۸
- ۲-۶- پیشنهاد ها:..... ۸۹
- ۶- فهرست منابع..... ۹۰

## فهرست جدول ها

صفحه	عنوان و شماره
۱۷	جدول ۱ - میزان تاثیر پذیری مغناطیسی تعدادی از مواد مختلف و میدان عمود لازم برای معلق نگه داشتن آنها را در دو محیط هوا محلول $2/67 M$ $Dy(NO_3)_3$
۱۹	جدول ۲ - تعدادی از یون ها به همراه ساختار اوربیتالی لایه ظرفیت و ممان مغناطیسی آنها با واحد Bohr magneton
۴۰	جدول ۳ - نقاط مهم روی نمودار شکل ۱۱
۵۲	جدول ۴ - نقاط مهم روی نمودار شکل ۲۸

## فهرست شکل ها

عنوان و شماره	صفحه
شکل ۱- نحوه تغییرات pH و تاثیر پذیری مغناطیسی بدون بعد نسبت به غلظت یون $Dy^{3+}$ در محلول.....	۱۹
شکل ۲- دستگاه تولید میدان مغناطیسی با ۱۶۰۰ دور سیم و توانایی تحمل ۳ آمپر جریان.....	۲۳
شکل ۳- دستگاه تولید کننده میدان با ۱۰۰۰ دور سیم و توانایی تحمل ۱۰ آمپر جریان.....	۲۵
شکل ۴- نمودار پوره بیسموت در محیط آبی.....	۲۶
شکل ۵- قطب ها میدان مغناطیسی و نحوه قرار گرفتن آنها در محلول.....	۲۷
شکل ۶- نحوه توزیع عمودی شدت میدان در بین قطب های یک الکترومگنت با توان تولید میدانی به بزرگی ۱/۴ تسلا. مواد معلق شده به ترتیب از پایین به بالا تیتانیوم، سیلیسیم و کربن هستند که در محلول $2/67M$ $Dy(NO_3)_3$ معلق نگه داشته شده اند.....	۲۷
شکل ۷- تعدادی از کاتد های طراحی شده برای افزایش شدت میدان در محل رسوب گذاری روی سطح کاتد.....	۲۸
شکل ۸- جزئیات کاتد طراحی و استفاده شده در تحقیق.....	۳۱
شکل ۹- شماتیک کاتد مورد استفاده به همراه توزیع میدان مغناطیسی روی آن.....	۳۱
شکل ۱۰- نحوه تغییر میدان مغناطیسی در بین قطب ها با تغییر جریان اعمالی در سیم پیچ الکترومگنت.....	۳۹

- شکل ۱۱- نمودار جریان- پتانسیل بیسموت با غلظت های مختلف در محلول اشباع  $MnCl_2$  ..... ۴۰
- شکل ۱۲- نمودار جریان- پتانسیل بیسموت با غلظت های مختلف در محلول اشباع  $MnCl_2$  و ماده 2-Mercaptoethanol surfactant به میزان  $0.118M$  ..... ۴۱
- شکل ۱۳- نمودار جریان- پتانسیل بیسموت با غلظت  $0.1M$  در محلول اشباع  $MnCl_2$  و مقادیر مختلف ماده 2-Mercapto ethanol surfactant با سرعت اسکن  $2\text{ mv/s}$  ..... ۴۲
- شکل ۱۴- نمودار جریان- پتانسیل بیسموت با غلظت  $0.3M$  در محلول اشباع  $MnCl_2$  و مقادیر مختلف ماده 2-Mercapto ethanol surfactant با سرعت اسکن  $2\text{ mv/s}$  ..... ۴۳
- شکل ۱۵- نمودار جریان- پتانسیل بیسموت با غلظت  $0.5M$  در محلول اشباع  $MnCl_2$  و مقادیر مختلف ماده 2-Mercapto ethanol surfactant با سرعت اسکن  $5\text{ mv/s}$  ..... ۴۳
- شکل ۱۶- ذره پودر تولید شده در محلول  $MnCl_2$  حاوی  $0.1M$  بیسموت و  $0.2M$  2-Mercaptoethanol و پتانسیل  $350\text{mv}$ - نسبت به الکتروود کالومل در حضور میدان مغناطیسی با چگالی ۱ تسلا ..... ۴۵
- شکل ۱۷- ذره پودر تولید شده در شرایط بالا با بزرگنمایی بیشتر ..... ۴۶
- شکل ۱۸- ذره پودر تولید شده در شرایط بالا با بزرگنمایی بیشتر ..... ۴۶
- شکل ۱۹- آنالیز EDX ذره پودر شکل ۱۸ ..... ۴۷
- شکل ۲۰- ذره پودر تولید شده در محلول  $MnCl_2$  حاوی  $0.1M$  بیسموت و  $0.2M$  2-Mercaptoethanol و پتانسیل  $400\text{mv}$ - نسبت به الکتروود کالومل در حضور میدان مغناطیسی با چگالی ۱ تسلا ..... ۴۷
- شکل ۲۱- ذره پودر قبلی با بزرگنمایی بیشتر ..... ۴۸
- شکل ۲۲- آنالیز EDX ذره شکل ۲۱ ..... ۴۸

- شکل ۲۳- ذرات کوچک پودر که در کنار پودر های درشت تر در شرایط پودر  
قبلی تولید شده اند. .... ۴۹
- شکل ۲۴- آنالیز EDX پودر های ریز تولید شده در شکل ۲۳. .... ۴۹
- شکل ۲۵- ذره پودر تولید شده در محلول  $MnCl_2$  حاوی  $0.05M$  بیسموت  
و  $0.2M$  2-Mercaptoethanol و پتانسیل  $350mv$ - نسبت به الکترو  
کالومل در حضور میدان مغناطیسی با چگالی ۱ تسلا که کاملاً توسط  
یک لایه سولفور پوشیده شده اند. .... ۵۰
- شکل ۲۶- آنالیز EDX پودر های شکل ۲۵. .... ۵۰
- شکل ۲۷- نمودار جریان- پتانسیل بیسموت در محلول الکترولیت اشباع  
 $MnSO_4$  حاوی  $1M$  HCl در دو غلظت یونن بیسموت با سرعت اسکن  
 $1mv/s$ . .... ۵۲
- شکل ۲۸- نمودار جریان- پتانسیل بیسموت با غلظت های مختلف در محلول  
الکترولیت  $MnSO_4$   $5.0g/100ml$  +  $MnCl_2$   $35g/100ml$  حاوی ۱  
مولار HCl و  $0.5cc$  محلول ۱٪ پلی وینیل الکل در ۲۰ ml الکترولیت. .... ۵۳
- شکل ۲۹- مقایسه نمودار جریان- پتانسیل بیسموت در چند الکترولیت  
مختلف. .... ۵۳
- شکل ۳۰- نمودار جریان- پتانسیل با غلظت های مختلف بیسموت در محلول  
اشباع  $MnCl_2$  و  $1cc$  محلول ۵٪ ژلاتین در ۲۰ ml الکترولیت در شرایط  
قطع میدان مغناطیسی و با سرعت اسکن  $2mv/s$ . .... ۵۵
- شکل ۳۱- نمودار جریان- پتانسیل بیسموت با غلظت  $0.1M$  در محلول  
اشباع  $MnCl_2$  و مقادیر مختلف ماده surfactant ژلاتین و در شرایط  
قطع میدان مغناطیسی با سرعت اسکن  $2mv/s$ . .... ۵۶
- شکل ۳۲- نمودار جریان- پتانسیل بیسموت در محلول اشباع  $MnCl_2$  حاوی  
 $0.3M$  بیسموت و  $0.5cc$  محلول ۵٪ ژلاتین در ۲۰ ml الکترولیت در  
شرایط قطع و وصل میدان مغناطیسی با سرعت اسکن  $2mv/s$ . .... ۵۷

- شکل ۳۳- نمودار جریان- پتانسیل بیسموت با غلظت  $0.03M$  در محلول اشباع  $MnCl_2$  و مقادیر مختلف ماده surfactant ژلاتین، در حضور میدان مغناطیسی و با سرعت اسکن  $2\text{ mv/s}$ ..... ۵۷
- شکل ۳۴- نمودار جریان- پتانسیل بیسموت با غلظت  $0.01M$  در محلول اشباع  $MnCl_2$  و مقادیر مختلف ماده surfactant پلی وینیل الکل با سرعت اسکن  $2\text{ mv/s}$ ..... ۵۸
- شکل ۳۵- نمودار جریان- پتانسیل با غلظت های مختلف بیسموت در محلول اشباع  $MnCl_2$  و  $1\text{ cc}$  محلول  $1\%$  پلی وینیل الکل در  $20\text{ ml}$  الکتروولیت با سرعت اسکن  $2\text{ mv/s}$ ..... ۵۸
- شکل ۳۶- نمودار جریان بر حسب زمان رسوب گذاری در محلول  $MnCl_2$  حاوی غلظت های مختلف بیسموت و  $0.5\text{ cc}$  محلول  $0.5\%$  ژلاتین در  $20\text{ ml}$  الکتروولیت در پتانسیل  $400\text{ mv}$ - نسبت به الکتروود کالومل..... ۶۰
- شکل ۳۷- نمودار جریان بر حسب زمان رسوب گذاری در محلول  $MnCl_2$  حاوی  $0.03\text{ M}$  بیسموت و  $2\text{ cc}$  محلول  $0.5\%$  ژلاتین در  $20\text{ ml}$  الکتروولیت در پتانسیل های مختلف..... ۶۰
- شکل ۳۸- نمودار جریان بر حسب زمان رسوب گذاری در محلول  $MnCl_2$  حاوی  $0.03\text{ M}$  بیسموت و  $2\text{ cc}$  محلول  $0.5\%$  ژلاتین در  $20\text{ ml}$  الکتروولیت در پتانسیل های مختلف..... ۶۱
- شکل ۳۹- نمودار جریان بر حسب زمان رسوب گذاری در محلول  $MnCl_2$  حاوی  $0.03\text{ M}$  بیسموت در پتانسیل  $400\text{ mv}$ - نسبت به الکتروود کالومل و مقادیر مختلف ژلاتین..... ۶۱
- شکل ۴۰- نمودار جریان بر حسب زمان رسوب گذاری در محلول  $MnCl_2$  حاوی غلظت های مختلف بیسموت و  $0.5\text{ cc}$  محلول  $1\%$  پلی وینیل الکل در  $20\text{ ml}$  الکتروولیت در پتانسیل  $450\text{ mv}$ - نسبت به الکتروود کالومل..... ۶۲
- شکل ۴۱- نمودار جریان بر حسب زمان رسوب گذاری در محلول  $MnCl_2$  حاوی  $0.03\text{ M}$  بیسموت و  $0.5\text{ cc}$  محلول  $1\%$  پلی وینیل الکل در  $20\text{ ml}$  الکتروولیت در پتانسیل های مختلف..... ۶۳

- شکل ۴۲- نمودار جریان بر حسب زمان رسوب گذاری در محلول  $MnCl_2$  حاوی  $0.03 M$  بیسموت در پتانسیل  $-400\text{ mV}$  نسبت به الکتروود کالومل و مقادیر مختلف پلی وینیل الکل..... ۶۳
- شکل ۴۳- نمودار جریان بر حسب زمان رسوب گذاری در محلول  $MnCl_2$  حاوی  $0.03 M$  بیسموت در پتانسیل  $-450\text{ mV}$  نسبت به الکتروود کالومل و مقادیر مختلف ژلاتین و در حالت های قطع و وصل میدان مغناطیسی با چگالی ۱ تسلا..... ۶۴
- شکل ۴۴- نمودار جریان بر حسب زمان رسوب گذاری در محلول  $MnCl_2$  حاوی  $0.03 M$  بیسموت در پتانسیل های مختلف نسبت به الکتروود کالومل و مقدار  $0.5\text{ cc}$  محلول  $1\%$  پلی وینیل الکل در حالت های قطع و وصل میدان مغناطیسی با چگالی ۱ تسلا..... ۶۵
- شکل ۴۵- نمودار جریان بر حسب زمان رسوب گذاری در محلول  $MnCl_2$  حاوی  $0.03 M$  بیسموت در پتانسیل  $-350\text{ mV}$  نسبت به الکتروود کالومل و مقادیر مختلف ژلاتین و در حضور میدان مغناطیسی با چگالی ۱ تسلا..... ۶۵
- شکل ۴۶- نمودار جریان بر حسب زمان رسوب گذاری در محلول  $MnCl_2$  حاوی  $0.03 M$  بیسموت در پتانسیل  $-400\text{ mV}$  نسبت به الکتروود کالومل و مقادیر مختلف ژلاتین و در حضور میدان مغناطیسی با چگالی ۱ تسلا..... ۶۶
- شکل ۴۷- نمودار جریان بر حسب زمان رسوب گذاری در محلول  $MnCl_2$  حاوی  $0.03 M$  بیسموت در پتانسیل  $-450\text{ mV}$  نسبت به الکتروود کالومل و مقادیر مختلف ژلاتین و در حضور میدان مغناطیسی با چگالی ۱ تسلا..... ۶۶
- شکل ۴۸- نمودار جریان بر حسب زمان رسوب گذاری در محلول  $MnCl_2$  حاوی  $0.03 M$  بیسموت و  $2\text{ cc}$  محلول  $5\%$  ژلاتین در  $20\text{ ml}$  الکتروولیت در پتانسیل های مختلف در حضور میدان مغناطیسی با چگالی ۱ تسلا..... ۶۷
- شکل ۴۹- نمودار جریان بر حسب زمان رسوب گذاری در محلول  $MnCl_2$  حاوی  $0.03 M$  بیسموت در پتانسیل  $-350\text{ mV}$  نسبت به الکتروود

- کالومل و مقادیر مختلف پلی وینیل الکل، در حضور میدان مغناطیسی با چگالی ۱ تسلا..... ۶۷
- شکل ۵۰- نمودار جریان بر حسب زمان رسوب گذاری در محلول  $MnCl_2$  حاوی  $0.03 M$  بیسموت در پتانسیل  $-400 mv$  نسبت به الکتروود کالومل و مقادیر مختلف پلی وینیل الکل، در حضور میدان مغناطیسی با چگالی ۱ تسلا..... ۶۸
- شکل ۵۱- نمودار جریان بر حسب زمان رسوب گذاری در محلول  $MnCl_2$  حاوی  $0.03 M$  بیسموت در پتانسیل  $-450 mv$  نسبت به الکتروود کالومل و مقادیر مختلف پلی وینیل الکل، در حضور میدان مغناطیسی با چگالی ۱ تسلا..... ۶۸
- شکل ۵۲ - ذرات پودر با اندازه متوسط  $330$  نانومتر تولید شده در محلول  $MnCl_2$  حاوی  $0.03 M$  بیسموت و  $2 cc$  محلول  $5\%$  ژلاتین در  $20 ml$  الکتروولیت در پتانسیل  $-350 mv$  نسبت به الکتروود کالومل در حضور میدان مغناطیسی با چگالی ۱ تسلا ..... ۶۹
- شکل ۵۳- آنالیز EDX پودر های شکل ۵۲..... ۷۰
- شکل ۵۴- ذرات پودر با اندازه متوسط  $680$  نانومتر تولید شده در محلول  $MnCl_2$  حاوی  $0.03 M$  بیسموت و  $2 cc$  محلول  $5\%$  ژلاتین در  $20 ml$  الکتروولیت در پتانسیل  $-350 mv$  نسبت به الکتروود کالومل در شرایط عدم حضور میدان مغناطیسی با چگالی ۱ تسلا..... ۷۰
- شکل ۵۵- آنالیز EDX پودرهای شکل ۵۴..... ۷۱
- شکل ۵۶- ذرات پودر با اندازه متوسط  $420$  نانومتر تولید شده در محلول  $MnCl_2$  حاوی  $0.03 M$  بیسموت و  $2 cc$  محلول  $5\%$  ژلاتین در  $20 ml$  الکتروولیت در پتانسیل  $-400 mv$  نسبت به الکتروود کالومل در حضور میدان مغناطیسی با چگالی ۱ تسلا..... ۷۱
- شکل ۵۷- ذره پودر با اندازه متوسط  $3.07$  میکرومتر تولید شده در محلول  $MnCl_2$  حاوی  $0.03 M$  بیسموت و  $2 cc$  محلول  $5\%$  ژلاتین در  $20 ml$  الکتروولیت در پتانسیل  $-400 mv$  نسبت به الکتروود کالومل در شرایط عدم حضور میدان مغناطیسی با چگالی ۱ تسلا..... ۷۲



- شکل ۵۸- ذرات پودر با اندازه متوسط  $2/40$  میکرومتر تولید شده در محلول  $MnCl_2$  حاوی  $0/03M$  بیسموت و  $2$  cc محلول  $5\%$  ژلاتین در  $20ml$  الکترولیت در پتانسیل  $-450mv$  نسبت به الکتروود کالومل در حضور میدان مغناطیسی با چگالی  $1$  تسلا..... ۷۲
- شکل ۵۹- ذره پودر با اندازه متوسط  $3$  میکرومتر تولید شده در محلول  $MnCl_2$  حاوی  $0/03M$  بیسموت و  $2$  cc محلول  $5\%$  ژلاتین در  $20ml$  الکترولیت در پتانسیل  $-450mv$  نسبت به الکتروود کالومل در شرایط عدم حضور میدان مغناطیسی با چگالی  $1$  تسلا..... ۷۳
- شکل ۶۰- ذرات پودر با اندازه متوسط  $430$  نانومتر تولید شده در محلول  $MnCl_2$  حاوی  $0/03M$  بیسموت و  $1$  cc محلول  $5\%$  ژلاتین در  $20ml$  الکترولیت در پتانسیل  $-400mv$  نسبت به الکتروود کالومل در حضور میدان مغناطیسی با چگالی  $1$  تسلا..... ۷۳
- شکل ۶۱- آنالیز EDX پودرهای شکل ۶۰..... ۷۴
- شکل ۶۲- ذرات پودر با اندازه متوسط  $350$  نانومتر تولید شده در محلول  $MnCl_2$  حاوی  $0/03M$  بیسموت و  $1$  cc محلول  $5\%$  ژلاتین در  $20ml$  الکترولیت در پتانسیل  $-450mv$  نسبت به الکتروود کالومل در حضور میدان مغناطیسی با چگالی  $1$  تسلا..... ۷۴
- شکل ۶۳- ذرات پودر با اندازه متوسط  $400$  نانومتر تولید شده در محلول  $MnCl_2$  حاوی  $0/02M$  بیسموت و  $1$  cc محلول  $5\%$  ژلاتین در  $20ml$  الکترولیت در پتانسیل  $-400mv$  نسبت به الکتروود کالومل در حضور میدان مغناطیسی با چگالی  $1$  تسلا..... ۷۵
- شکل ۶۴- آنالیز EDX پودرهای شکل ۶۳..... ۷۵
- شکل ۶۵- ذرات پودر با اندازه متوسط  $3/18$  میکرومتر تولید شده در محلول  $MnCl_2$  حاوی  $0/02M$  بیسموت و  $1$  cc محلول  $5\%$  ژلاتین در  $20ml$  الکترولیت در پتانسیل  $-450mv$  نسبت به الکتروود کالومل در حضور میدان مغناطیسی با چگالی  $1$  تسلا..... ۷۶
- شکل ۶۶- پودرهای شکل ۶۵ در بزرگنمایی بیشتر..... ۷۶

- شکل ۶۷- آنالیز EDX پودر های شکل ۵۶..... ۷۷
- شکل ۶۸- تاثیر اعمال میدان مغناطیسی با چگالی ۱ تسلا و افزایش پتانسیل  
 اعمالی روی اندازه ذرات..... ۷۸
- شکل ۶۹- تاثیر غلظت بیسموت روی اندازه ذرات تولید شده..... ۷۹
- شکل ۷۰- ذرات پودر با اندازه متوسط ۳۶۰ نانومتر تولید شده در محلول  
 $MnCl_2$  حاوی  $0.03M$  بیسموت و ۱ cc محلول ۱٪ پلی وینیل الکل در  
 ۲۰ ml الکترولیت در پتانسیل  $-400\text{mv}$  نسبت به الکتروود کالومل در  
 حضور میدان مغناطیسی با چگالی ۱ تسلا..... ۷۹
- شکل ۷۱- پودر های تولید شده در شرایط قبل در بزرگنمایی بیشتر..... ۸۰
- شکل ۷۲- آنالیز EDX پودر های شکل ۷۱..... ۸۰
- شکل ۷۳- ذرات پودر با اندازه متوسط ۴۸۰ نانومتر تولید شده در محلول  
 $MnCl_2$  حاوی  $0.03M$  بیسموت و ۱ cc محلول ۱٪ پلی وینیل الکل در  
 ۲۰ ml الکترولیت در پتانسیل  $-450\text{mv}$  نسبت به الکتروود کالومل در  
 حضور میدان مغناطیسی با چگالی ۱ تسلا..... ۸۱
- شکل ۷۴- آنالیز EDX پودر های شکل ۷۳..... ۸۱
- شکل ۷۵- ذرات پودر با اندازه متوسط ۸۹۰ نانومتر تولید شده در محلول  
 $MnCl_2$  حاوی  $0.03M$  بیسموت و ۱ cc محلول ۱٪ پلی وینیل الکل در  
 ۲۰ ml الکترولیت در پتانسیل  $-400\text{mv}$  نسبت به الکتروود کالومل در  
 شرایط عدم حضور میدان مغناطیسی با چگالی ۱ تسلا..... ۸۲
- شکل ۷۶- ذرات پودر با اندازه متوسط ۱ میکرو متر تولید شده در محلول  
 $MnCl_2$  حاوی  $0.03M$  بیسموت و ۱ cc محلول ۱٪ پلی وینیل الکل در  
 ۲۰ ml الکترولیت در پتانسیل  $-450\text{mv}$  نسبت به الکتروود کالومل در  
 شرایط عدم حضور میدان مغناطیسی با چگالی ۱ تسلا..... ۸۲
- شکل ۷۷- ذرات پودر با اندازه متوسط ۲۲۰ نانومتر تولید شده در محلول  
 $MnCl_2$  حاوی  $0.03M$  بیسموت و ۱/۵ cc محلول ۱٪ پلی وینیل الکل  
 در ۲۰ ml الکترولیت در پتانسیل  $-400\text{mv}$  نسبت به الکتروود کالومل در  
 حضور میدان مغناطیسی با چگالی ۱ تسلا..... ۸۳

- شکل ۷۸- ذرات پودر تولید شده در شرایط شکل ۷۷ با بزرگنمایی بیشتر..... ۸۳
- شکل ۷۹- ذرات پودر با اندازه متوسط ۴۲۰ نانومتر تولید شده در محلول  $MnCl_2$  حاوی  $0.03M$  بیسموت و  $1/5$  cc محلول ۱٪ پلی وینیل الکل در ۲۰ ml الکترولیت در پتانسیل  $450\text{mv}$ - نسبت به الکتروود کالومل در حضور میدان مغناطیسی با چگالی ۱ تسلا..... ۸۴
- شکل ۸۰- ذرات پودر با اندازه متوسط ۲۲۰ نانومتر تولید شده در محلول  $MnCl_2$  حاوی  $0.03M$  بیسموت و  $0.5$  cc محلول ۱٪ پلی وینیل الکل در ۲۰ ml الکترولیت در پتانسیل  $400\text{mv}$ - نسبت به الکتروود کالومل در حضور میدان مغناطیسی با چگالی ۱ تسلا..... ۸۴
- شکل ۸۱- ذرات پودر با اندازه متوسط ۲۱۰ نانومتر تولید شده در محلول  $MnCl_2$  حاوی  $0.03M$  بیسموت و ۲ cc محلول ۱٪ پلی وینیل الکل در ۲۰ ml الکترولیت در پتانسیل  $400\text{mv}$ - نسبت به الکتروود کالومل در حضور میدان مغناطیسی با چگالی ۱ تسلا..... ۸۵
- شکل ۸۲- تاثیر اعمال میدان مغناطیسی با چگالی ۱ تسلا و پتانسیل اعمالی روی اندازه پودر های تولید شده..... ۸۶
- شکل ۸۳- تاثیر میزان ماده surfactant ژلاتین روی اندازه ذرات تولید شده..... ۸۷

## ۱- مقدمه:

از حدود یک دهه پیش مواد و ذرات در محدوده اندازه نانومتر ( $100\text{nm}$ ) به میزان زیادی مورد توجه و بررسی قرار گرفته اند. این میزان توجه به این دلیل است که پیشبینی می شود مواد در اندازه های حدود  $1-10\text{nm}$  دارای خواص غیرعادی باشند که می تواند منجر به ایجاد فناوری های جدیدی شود. قسمتی از این خواص غیرعادی را به یک سری عوامل که از اندازه کوچک این ذرات ناشی می شود نسبت داده می شوند و می توان از این میان به موارد زیر اشاره کرد:

۱- این ذرات و خواصشان جایی بین مواد در اندازه های بزرگ و اتمها یا مولکول های تنها قرار دارد.

۲- در این ذرات تعداد زیادی از اتمهای تشکیل دهنده، در سطح ذره قرار دارند.

۳- الکترونها در این ذرات به فضاهایی محدود می شوند که در حدود اندازه عرض تعدادی اتم است و می تواند به اثرات کوانتومی منجر شود.

با توجه به خواص غیر عادی مورد انتظار، این مواد دارای کاربردهای بلقوه زیادی از جمله استفاده در نقاط کوانتومی<sup>۱</sup>، حسگرها، دیودهای تولید کننده نور، استفاده در کاتالیزور هایی با قدرت انتخاب و بازدهی بیشتر و ... اشاره کرد. امروزه پیشرفتهای قابل ملاحظه در تولید انواع مختلف مواد در اندازه های نانومتری به وجود آمده به طوری که دیگر رسیدن به اندازه های نانومتری در مواد مختلف، مشکلی جدی تلقی نمی شود و در حال حاضر کنترل خصوصیتی نظیر شکل، گستردگی محدوده اندازه، نوع مواد پوشش دهنده سطح، نوع ساختار یا شبکه کریستالی، میزان اکسید های سطحی ذرات و هزینه تولید و ... انگیزه اصلی ارائه روش های جدید در این زمینه می باشد.

روش رسوب گذاری الکتروشیمیایی به دلیل دارا بودن فاکتور های متعدد برای کنترل شرایط و همچنین ارزان بودن نسبی روش نسبت به روش های شیمیایی مورد توجه محققین قرار گرفته و تولید ذرات نانومتری فلزات با این روش به طور موفقیت آمیز صورت گرفته است. از طرفی تولید پودر فلزات از طریق رسوبگذاری الکتروشیمیایی یکی از مهمترین روش های تولید فلزات با درصد خلوص بالا به حساب می آید که در این روش با کنترل شرایط رسوب گذاری، فلزات به صورت پودر و با چسبندگی کم به کاند تولید می شوند که به راحتی می توان

<sup>1</sup> Quantum dot