

به نام خدای خوبم



دانشکده فیزیک

گرایش نانوفیزیک

عنوان:

بررسی روشهای صنعتی سنتز نانوساختارهای اکسید فلزی

مرضیه گلی

استاد راهنما:

دکتر حمید هراتی زاده

پایان نامه ارشد جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

بهمن ۱۳۹۲

پیوست شماره ۲

دانشگاه صنعتی شاهرود

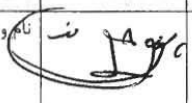
دانشکده : فیزیک

گروه : فیزیک

پایان نامه کارشناسی ارشد خانم مرضیه گلی

تحت عنوان: بررسی روشهای صنعتی سنتز نانوساختارهای اکسید فلزی

در تاریخ ۱۳۹۲/۱۱/۱۴ توسط کمیته تخصصی زیر جهت اخذ مدرک کارشناسی ارشد مورد ارزیابی و با درجه عالی مورد پذیرش قرار گرفت.

امضاء	اساتید مشاور	امضاء	اساتید راهنما
	نام و نام خانوادگی :		نام و نام خانوادگی : دکتر حمید هراتی زاده
	نام و نام خانوادگی :		نام و نام خانوادگی :

امضاء	نماینده تحصیلات تکمیلی	امضاء	اساتید داور
			نام و نام خانوادگی : دکتر محمدباقر رحمانی
	نام و نام خانوادگی :		نام و نام خانوادگی : دکتر سید ایمان حسینی
	دکتر مجتبی هاشم زاده		نام و نام خانوادگی :
			نام و نام خانوادگی :

## تعهد نامه

اینجانب **مرضیه گلی** دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته **نانوفیزیک** دانشکده **فیزیک** دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه "**بررسی روش‌های صنعتی سنتز نانوساختارهای اکسید فلزی**" تحت راهنمایی **دکتر حمید هراتی زاده** متعهد می شوم.

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است.
- در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است.
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است.
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه صنعتی شاهرود » و یا « Shahrood University of Technology » به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه ، در مواردی که از موجود زنده ( یا بافتهای آنها ) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری ، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است

### تاریخ

### امضای دانشجو

### مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، کتاب، برنامه های رایانه ای، نرم افزار ها و تجهیزات ساخته شده است ) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد. این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه

برای دست‌های زحمت‌کش پدرم

و

چشمان مهربان مادرم

## تشکر و قدردانی

حمد و سپاس و درود پروردگار یکتا را، خدایی را که لطف بی‌کرانش همواره شامل حال بندگان و از جمله بنده حقیر بوده است. بی‌شک انجام این تحقیق بدون همراهی بزرگوارانی که همواره در طی مسیر مرا یاری نمودند، میسر نبود. در این راه خود را مدیون استاد عزیز و گرانقدرم جناب آقای دکتر حمید هراتی زاده می‌دانم که علم و اخلاق را به من آموخت و بسیار خوشحالم که افتخار شاگردی ایشان را در این مرحله از زندگی داشته‌ام. از همکاری و مساعدت کارمندان محترم دانشکده فیزیک (خصوصاً سرکار خانم عرب، آقایان صفری و مهندس عسگری) و جناب آقای مهندس کبیریان در آزمایشگاه جذب اتمی و به‌ویژه سرکار خانم نوروزی در مدیریت خوابگاه خواهران تشکر و قدردانی می‌نمایم.

قدردانی می‌کنم از پدر و مادر گرانقدرم که سایه پر مهر و دعای خیرشان همواره آرامش‌بخش لحظات نگرانی و سخت زندگی من بوده‌است. از خانواده بزرگوaram به ویژه برادران عزیزم عباس و مجتبی و خواهران مهربانم زینب، زهرا، فاطمه، طیبه، عاطفه و خانواده شان، به خاطر تمامی زحماتی که متقبل شدند تشکر می‌کنم. از دوستان خوبم خانم‌ها محمدیان، حسین نیا، جلیلی ایزدی، نجفی، حسینیان، مشکوه و آقایان قزلو، ملکان، محمدیان، قرشی، مددی و ظفری و به‌علاوه از دوست عزیزم اعظم اشرفیان به خاطر تشویق و حمایتش که حضور گرمش را در کنارم نمونه بارز لطف خداوندگار می‌دانم، کمال تشکر و قدردانی را دارم.

مرضیه گلی

بهمن ۱۳۹۲

## چکیده

از مهم‌ترین و پرکاربردترین نانو مواد، نانوساختارهای اکسید فلزی می باشد. این مواد با توجه به کاربردهای وسیعی که در بسیاری از صنایع دارند توجه زیادی را به خود جلب کرده اند. علاوه بر این نانوساختارهای اکسید فلزی کاربردهای ارزشمندی در صنایع لاستیک، پزشکی، آرایشی و بهداشتی و... دارند. به دلیل کاربردهای زیادی که این نانوساختارها در صنعت دارند بایستی روش‌های مقرون بصره و ارزان قیمت برای تولید این نانوساختارها توسعه داده شود. در این میان روش‌های متعددی جهت سنتز نانوساختارهای اکسید فلزی پیشنهاد شده است که عمدتاً روش‌هایی پرهزینه و نیازمند به مواد اولیه گران قیمت و تجهیزات پیچیده می‌باشند بنابراین تعداد خیلی کمی از آنها کاربردهای تجاری دارند بنابراین از دیدگاه اقتصادی جهت تولید نانوساختارها مناسب نیستند.

هدف این پایان نامه ارائه روشی نیمه صنعتی و نسبتاً ارزان قیمت با امکانات موجود که عمدتاً در آزمایشگاه نانو دانشگاه صنعتی شاهرود طراحی و ساخته شده است، برای تولید نانوساختارهای اکسید فلزی می‌باشد.

نانوساختارهای اکسید مس به دو روش اکسیداسیون حرارتی و تخلیه الکتریکی در محیط مایع و نانوساختارهای اکسید روی به روش تخلیه الکتریکی در محیط مایع انجام شده است که روش‌هایی ساده و مقرون بصره می‌باشد که نیازی به تجهیزات آزمایشگاهی پیچیده ندارد و مواد اولیه ارزان قیمت در این روش‌ها استفاده شده است. از نکات بارز این روش‌ها در عین سادگی و ارزان قیمت بودن، وجود پارامترها و عوامل مؤثر زیادی بر سیستم سنتز می‌باشد.

در این میان می‌توان در روش اکسیداسیون حرارتی پارامترهایی همچون دما و زمان اکسیداسیون را نام برد و در روش تخلیه الکتریکی در محیط مایع می‌توان پارامترهای فاصله بین الکترودها، ولتاژ، جریان AC و DC، شرایط محیطی سنتز، قطر الکترودها و نحوه قرار گرفتن الکترودها را نام برد که

هر یک از آن‌ها را در حد امکانات موجود مورد مطالعه قرار گرفته است. تغییر سیستماتیک هر یک از این عوامل، سبب ایجاد نانو ساختارهای اکسید فلزی با ساختارهای مختلف و نرخ تولید متفاوت گردید که در بخش‌هایی از این پایان نامه چگونگی تأثیر هر یک از این عوامل بر خواص ساختاری و میزان تولید ارائه شده است.

جهت مشخصه یابی نانو ساختارها از آنالیزهای مختلفی شامل پراش اشعه ایکس، پراکندگی دینامیکی نور، میکروسکوپ الکترونی روبشی و فلوئورسانس اشعه ایکس استفاده شده است.

**کلمات کلیدی :** نانو ساختارهای اکسید فلزی، اکسیداسیون حرارتی، تخلیه الکتریکی، تولید انبوه



## لیست مقالات مستخرج از پایان نامه

1. **M.Goli** , H.Haratizadeh “ Investigation of Industrial Methods for Synthesis of Copper Oxide Nanostructures , International Porous and Powder Materials Symposium and Exhibition (PPM 2013) , Izmir-Turkey between September 3-6, 2013,Oral Presentation
2. **M.Goli** , H.Haratizadeh “Copper Oxide Nanostructures Synthesized by Using of Arc Discharge Method” 16th Iranian Physical Chemistry Conference University Of Mazandaran, Babolsar,Iran, 29-31 Oct.2013, Poster Presentation
3. **M.Goli** , H.Haratizadeh “Effect of Oxidation Time on The Formation of Copper Oxide Nanostructures” 16th Iranian Physical Chemistry Conference University Of Mazandaran, Babolsar,Iran, 29-31 Oct.2013, Poster Presentation
4. **M.Goli** , H.Haratizadeh “Investigation of Industrial Methods for Synthesis of Copper Oxide Nanostructures , Submitted to Journal of Nanomaterials,

## فهرست مطالب

عنوان	صفحه
<b>افصل اول : آشنایی با نانوساختارهای اکسید فلزی و کاربردهای صنعتی آن ....</b>	۱
۱-۱ مقدمه ای بر نانوساختارها.....	۲
۱-۲ نانوساختارهای اکسید فلزی و کاربردهای آن.....	۳
• کاتالیزت :.....	۶
• جاذب : .....	۶
• حسگرهای گازی .....	۷
۱-۳ اهمیت تولید انبوه نانوساختارهای اکسید فلزی .....	۷
<b>افصل دوم روش های سنتز نانوساختارهای اکسید فلزی.....</b>	۹
۱-۲ سنتز نانوساختارهای اکسید فلزی.....	۱۰
۲-۲ روش اکسیداسیون حرارتی.....	۱۱
۲-۲-۱ مکانیسم اکسیداسیون .....	۱۲
۲-۲-۲ انرژی آزاد گیبس .....	۱۷
۲-۲-۳ نمودار الینگام .....	۲۰
۲-۲-۴ مکانیسم رشد نانوسیمهای اکسید فلزی.....	۲۱
۲-۳ روش تخلیه قوس الکتریکی.....	۲۷
۲-۳-۱ تقسیم بندی تخلیه الکتریکی .....	۲۹

۲-۳-۲ مشخصات ولتاژ - جریان در تخلیه الکتریکی ..... ۳۲

۲-۳-۳ پلاسمای قوس الکتریکی ..... ۳۶

۲-۳-۴ ساز و کار فرآیند تخلیه قوس الکتریکی ..... ۳۷

### **فصل سوم مروری بر مقالات و پژوهش‌های انجام شده..... ۴۱**

۳-۱-۳ تحقیقات صورت گرفته در زمینه سنتز نانوساختارهای اکسید مس..... ۴۲

۳-۱-۱-۳ سنتز و مشخصه یابی نانوگل های اکسید مس به روش هیدروترمال داخلی

مایکروویو..... ۴۲

۳-۱-۲ سنتز ، مکانیزم رشد و خواص حسگری نانوسیم‌های CuO در مقیاس‌های

بزرگ..... ۴۳

۳-۱-۳ تولید نانوسیم‌های اکسید مس به روش اکسیداسیون حرارتی ..... ۴۴

۳-۱-۴ مشخصه یابی مقطع عرضی نانوسیم‌های اکسید مس رشد یافته به وسیله روش

اکسیداسیون حرارتی ..... ۴۶

۳-۲ تحقیقات صورت گرفته در زمینه سنتز نانوساختارهای اکسید فلزی به روش تخلیه

الکتریکی..... ۴۸

۳-۲-۱ نانوساختارهای کربنی ..... ۴۹

۳-۲-۲ سنتز نانو ساختارهای اکسید روی به روش تخلیه قوس الکتریکی در آب ..... ۴۹

۳-۲-۳ بررسی سنتز نانوذرات طلا و نقره به روش تخلیه قوس الکتریکی در آب مقطر ... ۵۰

### **فصل چهارم بررسی روش‌های صنعتی سنتز نانوساختارهای CuO و مقایسه**

نرخ تولید..... ۵۳

۴-۱	خواص و کاربردهای صنعتی اکسید مس.....	۵۴
۴-۲	اکسیداسیون حرارتی.....	۵۵
۴-۲-۱	اکوره الکتریکی ۱۱۰۰ درجه .....	۵۶
۴-۳	نتایج سنتز به روش اکسیداسیون حرارتی .....	۵۶
۴-۳-۱	بررسی اثر دمای اکسیداسیون.....	۵۸
۴-۳-۲	بررسی اثر زمان اکسیداسیون .....	۶۴
۴-۴	تخلیه الکتریکی در مایعات.....	۶۹
۴-۴-۱	ساخت راکتور .....	۷۰
۴-۵	نتایج سنتز به روش تخلیه الکتریکی در مایعات.....	۷۱
۴-۵-۱	تأثیر جریان AC و DC بر فرآیند سنتز .....	۷۲
۴-۵-۲	بررسی اثر ولتاژ .....	۷۵
۴-۵-۳	بررسی اثر فاصله ی بین الکترودها.....	۷۶
۴-۵-۴	بررسی شرایط محیطی در فرآیند سنتز CuO.....	۸۰
۴-۵-۵	بررسی اثر قطر الکترودها در میزان تولید نانوساختارهای CuO .....	۸۳
۴-۵-۶	نحوه قرار گرفتن الکترودها در میزان تولید نانوساختارهای CuO .....	۸۵
۴-۶	سنتز نانوساختارهای اکسید مس به روش تخلیه قوس الکتریکی.....	۸۸
۴-۷	نتایج حاصل از طیف سنجی XRF.....	۸۹
۴-۸	نتایج حاصل از آنالیز اندازه ذرات (Particle Size Analyzer).....	۹۲
۴-۹	خلاصه فصل .....	۹۲

## فصل پنجم بررسی روش‌های صنعتی سنتز نانوساختارهای ZnO و مقایسه نرخ

- تولید..... ۹۵
- ۱-۵ خواص و کاربردهای صنعتی اکسید روی..... ۹۶
- ۲-۵ نتایج سنتز نانوساختارهای اکسید روی به روش تخلیه قوس الکتریکی در  
مایعات..... ۹۸
- ۱-۲-۵ بررسی اثر فاصله ی بین الکترودها..... ۹۹
- ۲-۲-۵ بررسی اثر ولتاژ..... ۱۰۳
- ۳-۲-۵ بررسی شرایط محیطی در فرآیند سنتز ZnO..... ۱۰۴
- ۴-۲-۵ بررسی نحوه قرار گرفتن الکترودها در میزان تولید نانوساختارهای ZnO..... ۱۰۷
- ۳-۵ سنتز نانوساختارهای اکسید روی به روش تخلیه قوس الکتریکی..... ۱۰۹
- ۴-۵ نتایج حاصل از طیف سنجی XRF..... ۱۱۰
- ۵-۵ نتایج حاصل از آنالیز پراکندگی نور (DLS)..... ۱۱۱
- ۶-۵ خلاصه فصل..... ۱۱۲
- ۷-۵ بحث و نتیجه گیری..... ۱۱۳
- ۸-۵ چشم انداز آینده..... ۱۱۴
- منابع..... ۱۱۴

## فهرست شکل‌ها

شکل	صفحه
شکل ۱-۲: تشکیل لایه اکسیدی بر روی فلز [۱۱].....	۱۲
شکل ۲-۲: تصویر شماتیک فصل مشترک فلز- اکسید و اکسید- اکسیژن [۱۲].....	۱۴
شکل ۳-۲: نمودار شماتیک از ۴ مکانیسم ممکن جهت انتقال یون‌ها در واکنش اکسیداسیون (a) انتقال یون‌های اکسیژن از طریق مکانیسم درون شبکه اکسیژن (b) انتقال یون‌های اکسیژن بوسیله مکانیسم تهی‌جای اکسیژن (c) انتقال یون‌های فلزی توسط مکانیسم درون شبکه فلز (d) انتقال یون‌های فلز توسط مکانیسم تهی‌جای فلز [۱۲].....	۱۶
شکل ۴-۲: انطباق $\Delta G^0$ بر حسب دمای اکسیداسیون و فشار اکسیژن در رابطه‌ی	
$\Delta G_0 = RT \ln P_{O_2}$ [۱۲].....	۲۱
شکل ۵-۲: نمودار الینگام برای برخی فلزات [۱۲].....	۲۱
شکل ۶-۲: مدل جوانه زنی اکسید فلزی (a) غیرواکنشی (b) واکنش‌پذیر (c) نمودار $\Delta G_N$ وابسته به $r$ [۱۲-۱۳].....	۲۴
شکل ۷-۲: تصویر شماتیک ۴ مرحله مکانیسم رشد نانوسیم‌های اکسید فلزی [۱۲].....	۲۶
شکل ۸-۲: تقسیم بندی تخلیه الکتریکی.....	۲۹
شکل ۹-۲: نواحی مختلف تخلیه الکتریکی.....	۳۰
شکل ۱۰-۲: منحنی مشخصه جریان- ولتاژ در تخلیه الکتریکی.....	۳۳
شکل ۱۱-۲: تصویر نقطه کاتدی و میکرو ذرات به وجود آمده ناشی از فشار ستون پلاسما.....	۳۶
شکل ۱۲-۲: تشکیل پلاسما و جوانه زنی اولیه نانوذرات.....	۳۹
شکل ۱۳-۲: نمای کلی مراحل چگالش و رشد نانوساختارها در محیط آب [۱۸].....	۴۰
شکل ۱-۳: تصویر SEM نانوگل‌های خاردار اکسید مس [۱۹].....	۴۳

- شکل ۳-۲: نانوسیم‌های رشد یافته در زمان ۷۲ ساعت در دماهای (a)  $400^{\circ}\text{C}$ ، (b)  $430^{\circ}\text{C}$ ، (c)  $470^{\circ}\text{C}$ ، (d)  $450^{\circ}\text{C}$  ..... ۴۴
- شکل ۳-۳: تصاویر SEM دمای  $400^{\circ}\text{C}$  در زمان‌های ۵/۰، ۲، ۴ و ۸ ساعت ..... ۴۵
- شکل ۳-۴: تصاویر SEM در دماهای متفاوت (a)  $300^{\circ}\text{C}$ ، (b، c)  $500^{\circ}\text{C}$  در ۸ ساعت و (d) ..... ۴۵
- شکل ۳-۵: طیف XRD ورقه مس و ورقه‌های مس در دماهای  $300^{\circ}\text{C}$ ،  $400^{\circ}\text{C}$  و  $500^{\circ}\text{C}$  ..... ۴۶
- شکل ۳-۶: تصاویر SEM نانوسیم‌ها در دماهای (A)  $300^{\circ}\text{C}$ ، (B)  $400^{\circ}\text{C}$ ، (C)  $500^{\circ}\text{C}$ ، (D)  $600^{\circ}\text{C}$ ، (E)  $700^{\circ}\text{C}$  و (F)  $800^{\circ}\text{C}$  در زمان ۲ ساعت ..... ۴۷
- شکل ۳-۷: آنالیز DLS نمونه‌های سنتز شده در جریان‌های ۱۵، ۱۰، ۵ آمپر ..... ۴۹
- شکل ۳-۸: تصاویر SEM نانوذرات (A) نقره، (B) طلا ..... ۵۰
- شکل ۴-۱: کوره الکتریکی ساخت شرکت نانوشات ..... ۵۶
- شکل ۴-۲: فویل مس بعد از اکسیداسیون ..... ۵۸
- شکل ۴-۳: طیف XRD مربوط به نمونه‌های  $k_1$ :  $200^{\circ}\text{C}$ ،  $k_2$ :  $400^{\circ}\text{C}$ ،  $k_3$ :  $500^{\circ}\text{C}$  ..... ۵۹
- شکل ۴-۴: طیف XRD مربوط به نمونه‌های  $k_4$ :  $600^{\circ}\text{C}$ ،  $k_5$ :  $700^{\circ}\text{C}$  ..... ۶۰
- شکل ۴-۵: طیف XRD مربوط به نمونه  $k_6$  ..... ۶۰
- شکل ۴-۶: تصاویر SEM نمونه‌ی  $K_2$  ( $400^{\circ}\text{C}$ ) ..... ۶۱
- شکل ۴-۷: تصاویر SEM نمونه‌ی  $K_4$  ( $600^{\circ}\text{C}$ ) ..... ۶۲
- شکل ۴-۸: تصاویر SEM نمونه‌ی  $K_5$  ( $700^{\circ}\text{C}$ ) ..... ۶۳
- شکل ۴-۹: تصاویر SEM نمونه‌ی  $K_6$  ( $800^{\circ}\text{C}$ ) ..... ۶۳
- شکل ۴-۱۰: طیف XRD مربوط به نمونه‌های  $S_1$  (۴ ساعت،  $S_2$  (۱۲ ساعت،  $S_3$  (۱۸ ساعت ..... ۶۶
- شکل ۴-۱۱: طیف XRD نمونه‌های  $S_4$  و  $S_5$  ..... ۶۶
- شکل ۴-۱۲: تصویر SEM از مقطع عرضی نمونه  $S_5$  ..... ۶۷

- شکل ۴-۱۳ : تصاویر SEM نانوسیم های سنتز شده در نمونه S<sub>5</sub> ..... ۶۷
- شکل ۴-۱۴ : نمای کلی مکانیزم رشد نانوسیمهای CuO ..... ۶۸
- شکل ۴-۱۵ : طرحواره راکتور ساخته شده در دانشگاه صنعتی شاهرود ..... ۷۰
- شکل ۴-۱۶ : الف ( نمونه سنتز شده با جریان DC ب) نمونه سنتز شده با جریان AC ..... ۷۳
- شکل ۴-۱۷ : طیف XRD نمونه سنتز شده با منبع جریان AC ..... ۷۴
- شکل ۴-۱۸ : طیف XRD نمونه سنتز شده با منبع جریان DC ..... ۷۴
- شکل ۴-۱۹ : طیف XRD نمونه های V<sub>1</sub> ، V<sub>2</sub> ، V<sub>3</sub> ..... ۷۶
- شکل ۴-۲۰ : طیف XRD نمونه های D<sub>1</sub> ، D<sub>2</sub> ، D<sub>3</sub> ، D<sub>4</sub> ..... ۷۸
- شکل ۴-۲۱ : تصاویر SEM نمونه های سنتز شده در فواصل مختلف الف ( ۷mm ب) ۵mm
- پ ( ۳mm ت) ۱mm ..... ۷۸
- شکل ۴-۲۲ : زنجیره مولکول های آب ..... ۷۹
- شکل ۴-۲۳ : مکانیزم تشکیل نانو گل های اکسید مس در مقایسه با گل های خاردار ..... ۷۹
- شکل ۴-۲۴ : طیف XRD مربوط به نمونه ی N<sub>1</sub> (A : قبل از شستشو ، B) پس از شستشو .. ۸۱
- شکل ۴-۲۵ : طیف XRD مربوط به نمونه ی N<sub>2</sub> (A : قبل از شستشو ، B) پس از شستشو . ۸۱
- شکل ۴-۲۶ : طیف XRD مربوط به نمونه های N<sub>3</sub> (A : قبل از شستشو ، B) پس از شستشو ۸۲
- شکل ۴-۲۷ : طیف XRD نمونه G<sub>1</sub> : اکسید مس سنتز شده با الکتروود به قطر ۲ میلی متر... ۸۳
- شکل ۴-۲۸ : طیف XRD نمونه G<sub>2</sub> : اکسید مس سنتز شده با الکتروود به قطر ۸ میلی متر.... ۸۴
- شکل ۴-۲۹ : طیف XRD نمونه T<sub>1</sub> ..... ۸۶
- شکل ۴-۳۰ : طیف XRD نمونه T<sub>2</sub> الف) بدون بازپخت ب) بازپخت در دمای ۴۰۰°C ..... ۸۷
- شکل ۴-۳۱ : طیف XRD نمونه T<sub>3</sub> الف) بدون بازپخت ب) بازپخت در دمای ۴۰۰°C ..... ۸۷
- شکل ۴-۳۲ : طیف XRD نمونه های سنتز شده در روش قوس الکتریکی ..... ۸۹
- شکل ۴-۳۳ : نتایج حاصل از آنالیز XRF نمونه T<sub>3</sub> قبل از بازپخت ..... ۹۰



- شکل ۴-۳۴ : نتایج حاصل از آنالیز XRF نمونه  $T_3$  پس از بازپخت ..... ۹۱
- شکل ۴-۳۵ : نتایج حاصل از آنالیز XRF نمونه  $G_2$  ..... ۹۱
- شکل ۴-۳۶ : نمودار اندازه توزیع ذرات نانوساختارهای  $CuO$  ..... ۹۲
- شکل ۵-۱ : انواع ساختارهای گزارش شده در مورد اکسید روی ..... ۹۶
- شکل ۵-۲ : ساختار متقارن غیرمرکزی در اکسید روی و بروز خاصیت پیزوالکتریک ..... ۹۷
- شکل ۵-۳ : طیف XRD نمونه های  $D_{1z}$  ،  $D_{2z}$  ،  $D_{3z}$  و  $D_{4z}$  ..... ۱۰۰
- شکل ۵-۴ : تصاویر SEM نانوجل های اکسید روی سنتز شده در فاصله ی ۷ میلی متر ..... ۱۰۱
- شکل ۵-۵ : تصاویر SEM نانوذرات اکسید روی سنتز شده در فاصله ی ۵ میلی متر ..... ۱۰۱
- شکل ۵-۶ : تصاویر SEM نانوذرات اکسید روی سنتز شده در فاصله ی ۳ میلی متر ..... ۱۰۱
- شکل ۵-۷ : تصاویر SEM نانو میله های اکسید روی سنتز شده در فاصله ی ۱ میلی متر ... ۱۰۲
- شکل ۵-۸ : طیف XRD نمونه های  $ZnO$  در ولتاژهای مختلف ..... ۱۰۴
- شکل ۵-۹ : طیف XRD مربوط به نمونه ی  $N_{1z}$  (A) قبل از شستشو ، (B) پس از شستشو . ۱۰۵
- شکل ۵-۱۰ : طیف XRD مربوط به نمونه ی  $N_{2z}$  (A) قبل از شستشو ، (B) پس از شستشو ۱۰۶
- شکل ۵-۱۱ : تصاویر SEM نانومیله های اکسید روی نمونه  $N_{1z}$  ..... ۱۰۶
- شکل ۵-۱۲ : تصاویر SEM نانو ذرات اکسید روی نمونه  $N_{2z}$  ..... ۱۰۶
- شکل ۵-۱۳ : تصویر الکترودهای  $Zn$  قبل و بعد از تخلیه الکتریکی ..... ۱۰۸
- شکل ۵-۱۴ : طیف پراش پرتو ایکس نمونه  $T_{1z}$  ..... ۱۰۸
- شکل ۵-۱۵ : طیف پراش پرتو ایکس نمونه  $T_{2z}$  ..... ۱۰۸
- شکل ۵-۱۶ : طیف XRD نمونتهای  $A_{1z}$  و  $A_{2z}$  ..... ۱۱۰
- شکل ۵-۱۷ : نمودار مربوط به آنالیز عنصری XRF نمونه  $T_{1z}$  ..... ۱۱۱
- شکل ۵-۱۸ : نمودار اندازه توزیع ذرات نانوساختارهای  $ZnO$  ..... ۱۱۲

# فهرست جدول‌ها

عنوان	صفحه
جدول ۱-۲: مشخصات فیزیکی پلاسمای ناشی از انواع تخلیه الکتریکی [۱۷].....	۳۷
جدول ۱-۳: نانوساختارهای اکسید فلزی مورد بررسی در تحقیقات صورت گرفته به روش	
اکسیداسیون حرارتی.....	۴۸
جدول ۲-۳: نانوساختارهای اکسید فلزی مورد بررسی در تحقیقات صورت گرفته به روش تخلیه	
الکتریکی.....	۵۱
جدول ۱-۴: کدشناسایی و مشخصات نمونه های سنتز شده به روش اکسیداسیون حرارتی در	
زمان ثابت.....	۵۸
جدول ۲-۴: خلاصه ای از نتایج حاصل از سنتز CuO در دماهای متفاوت و آنالیز طیف XRD	
مربوط به آنها.....	۶۴
جدول ۳-۴: کدشناسایی و مشخصات نمونه های سنتز شده به روش اکسیداسیون حرارتی در	
دمای ثابت.....	۶۵
جدول ۴-۴: خلاصه ای از نتایج حاصل از سنتز CuO در زمانهای متفاوت و آنالیز طیف XRD	
مربوط به آنها.....	۶۸
جدول ۵-۴: کدشناسایی و مشخصات نمونه های سنتز شده در ولتاژهای متفاوت.....	۷۵
جدول ۶-۴: خلاصه ای از نتایج حاصل از سنتز CuO در ولتاژهای متفاوت و آنالیز طیف XRD	
مربوط به آنها.....	۷۶
جدول ۷-۴: کدشناسایی و مشخصات نمونه های سنتز شده در فواصل مختلف بین الکترودها	۷۷
جدول ۸-۴: خلاصه ای از نتایج حاصل از سنتز CuO در فواصل مختلف و آنالیز طیف XRD	
مربوط به آنها.....	۸۰

- جدول ۹-۴ : کدشناسایی و مشخصات نمونه های سنتز شده در محیط NaCl ..... ۸۰
- جدول ۱۰-۴ : خلاصه ای از نتایج حاصل از سنتز CuO در شرایط محیطی مختلف و آنالیز طیف XRD مربوط به آنها ..... ۸۲
- جدول ۱۱-۴ : کدشناسایی و مشخصات نمونه ها ..... ۸۳
- جدول ۱۲-۴ : خلاصه ای از نتایج حاصل از سنتز CuO با الکترودهایی با قطر متفاوت ..... ۸۵
- جدول ۱۳-۴ : کدشناسایی و مشخصات نمونه ها ..... ۸۶
- جدول ۱۴-۴ : خلاصه ای از نتایج حاصل از سنتز CuO ..... ۸۸
- جدول ۱۵-۴ : کدشناسایی و مشخصات نمونه های سنتز شده در روش قوس الکتریکی ..... ۸۹
- جدول ۱۶-۴ : خلاصه ای از نتایج حاصل از سنتز CuO در روش قوس الکتریکی ..... ۹۰
- جدول ۱۷-۴ : بررسی شرایط بهینه در میزان تولید نانوساختارهای اکسید مس ..... ۹۳
- جدول ۱-۵ : کدشناسایی و مشخصات نمونه های سنتز شده در فواصل مختلف بین الکترودها ..... ۹۹
- جدول ۲-۵ : خلاصه ای از نتایج حاصل از سنتز ZnO در فواصل مختلف و آنالیز طیف XRD مربوط به آنها ..... ۱۰۲
- جدول ۳-۵ : کدشناسایی و مشخصات نمونه های سنتز شده در ولتاژهای متفاوت ..... ۱۰۳
- جدول ۴-۵ : خلاصه ای از نتایج حاصل از سنتز ZnO در ولتاژهای مختلف و آنالیز طیف XRD مربوط به آنها ..... ۱۰۴
- جدول ۵-۵ : کدشناسایی و مشخصات نمونه های سنتز شده در محیط NaCl ..... ۱۰۵
- جدول ۶-۵ : خلاصه ای از نتایج حاصل از سنتز ZnO در شرایط محیطی مختلف و آنالیز طیف XRD ..... ۱۰۷
- جدول ۷-۵ : کدشناسایی و مشخصات نمونه ها ..... ۱۰۷
- جدول ۸-۵ : خلاصه ای از نتایج حاصل از سنتز ZnO ..... ۱۰۹
- جدول ۹-۵ : کدشناسایی و مشخصات نمونه های سنتز شده در روش قوس الکتریکی ..... ۱۰۹

جدول ۵-۱۰: خلاصه ای از نتایج حاصل از سنتز ZnO در روش قوس الکتریکی .....

جدول ۵-۱۱: بررسی شرایط بهینه در میزان تولید نانوساختارهای اکسید روی .....