

سورة التين



دانشکده علوم پایه

بر تعالی

## تأییدیه اعضای هیات داوران حاضر در جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد

اعضای هیئت داوران نسخه نهایی پایان نامه خانم/آقای امیر علیجان پور رشته: فیزیک تحت عنوان: «ساخت و مشخصه یابی نانو پودر آلفا کورد ریت به روش سنتز احتراقی محلولی» از نظر فرم و محتوا بررسی نموده و آن را برای اخذ درجه کارشناسی ارشد مورد تأیید قرار دادند.

اعضای هیات داوران	نام و نام خانوادگی	رتبه علمی	امضاء
۱- استاد راهنما	دکتر رسول ملک غر	دانشیار	
۲- استاد ناظر داخلی	دکتر احمد مشاعی	استادیار	
۳- استاد ناظر داخلی	دکتر اسماعیل ساعی ور	دانشیار	
۴- استاد ناظر خارجی	دکتر حمید رضا زارعی	استادیار	
۵- نماینده تحصیلات تکمیلی	دکتر احمد مشاعی	استادیار	

## آیین‌نامه حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهش‌های علمی دانشگاه تربیت مدرس

مقدمه: با عنایت به سیاست‌های پژوهشی و فناوری دانشگاه در راستای تحقق عدالت و کرامت انسانها که لازمه شکوفایی علمی و فنی است و رعایت حقوق مادی و معنوی دانشگاه و پژوهشگران، لازم است اعضای هیأت علمی، دانشجویان، دانش‌آموختگان و دیگر همکاران طرح، در مورد نتایج پژوهش‌های علمی که تحت عناوین پایان‌نامه، رساله و طرح‌های تحقیقاتی با هماهنگی دانشگاه انجام شده است، موارد زیر را رعایت نمایند:

ماده ۱- حق نشر و تکثیر پایان‌نامه/ رساله و درآمدهای حاصل از آنها متعلق به دانشگاه می باشد ولی حقوق معنوی پدید آورندگان محفوظ خواهد بود.

ماده ۲- انتشار مقاله یا مقالات مستخرج از پایان‌نامه/ رساله به صورت چاپ در نشریات علمی و یا ارائه در مجامع علمی باید به نام دانشگاه بوده و با تایید استاد راهنمای اصلی، یکی از اساتید راهنما، مشاور و یا دانشجو مسئول مکاتبات مقاله باشد. ولی مسئولیت علمی مقاله مستخرج از پایان‌نامه و رساله به عهده اساتید راهنما و دانشجو می باشد.

تبصره: در مقالاتی که پس از دانش‌آموختگی بصورت ترکیبی از اطلاعات جدید و نتایج حاصل از پایان‌نامه/ رساله نیز منتشر می‌شود نیز باید نام دانشگاه درج شود.

ماده ۳- انتشار کتاب، نرم افزار و یا آثار ویژه (اثری هنری مانند فیلم، عکس، نقاشی و نمایشنامه) حاصل از نتایج پایان‌نامه/ رساله و تمامی طرح‌های تحقیقاتی کلیه واحدهای دانشگاه اعم از دانشکده‌ها، مراکز تحقیقاتی، پژوهشکده‌ها، پارک علم و فناوری و دیگر واحدها باید با مجوز کتبی صادره از معاونت پژوهشی دانشگاه و براساس آئین‌نامه‌های مصوب انجام شود.

ماده ۴- ثبت اختراع و تدوین دانش فنی و یا ارائه یافته‌ها در جشنواره‌های ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی که حاصل نتایج مستخرج از پایان‌نامه/ رساله و تمامی طرح‌های تحقیقاتی دانشگاه باید با هماهنگی استاد راهنما یا مجری طرح از طریق معاونت پژوهشی دانشگاه انجام گیرد.

ماده ۵- این آیین‌نامه در ۵ ماده و یک تبصره در تاریخ ۸۷/۴/۱ در شورای پژوهشی و در تاریخ ۸۷/۴/۲۳ در هیأت رئیسه دانشگاه به تایید رسید و در جلسه مورخ ۸۷/۷/۱۵ شورای دانشگاه به تصویب رسیده و از تاریخ تصویب در شورای دانشگاه لازم‌الاجرا است.

«اینجانب امیر علی‌جان‌پور دانشجوی رشته فیزیکی حالت جامد ورودی سال تحصیلی ۸۷-۸۸ . مقطع کارشناسی ارشد دانشکده علوم متعهد می‌شوم کلیه نکات مندرج در آئین‌نامه حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهش‌های علمی دانشگاه تربیت مدرس را در انتشار یافته‌های علمی مستخرج از پایان‌نامه / رساله تحصیلی خود رعایت نمایم. در صورت تخلف از مفاد آئین‌نامه فوق‌الاشعار به دانشگاه وکالت و نمایندگی می‌دهم که از طرف اینجانب نسبت به لغو امتیاز اختراع بنام بنده و یا هر گونه امتیاز دیگر و تغییر آن به نام دانشگاه اقدام نماید. ضمناً نسبت به جبران فوری ضرر و زیان حاصله بر اساس برآورد دانشگاه اقدام خواهم نمود و بدینوسیله حق هر گونه اعتراض را از خود سلب نمودم»

امضا: .....

تاریخ: ۹۰/۱۰/۱۱

## آیین نامه چاپ پایان نامه (رساله) های دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان نامه (رساله) های تحصیلی دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس، مبین بخشی از فعالیتهای علمی - پژوهشی دانشگاه است بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه، دانش آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می شوند:

ماده ۱: در صورت اقدام به چاپ پایان نامه (رساله) ی خود، مراتب را قبلاً به طور کتبی به «دفتر نشر آثار علمی» دانشگاه اطلاع دهد.

ماده ۲: در صفحه سوم کتاب (پس از برگ شناسنامه) عبارت ذیل را چاپ کند:

«کتاب حاضر، حاصل پایان نامه کارشناسی ارشد/ رساله دکتری نگارنده در رشته **فیزیک حالت**

**جامد** است که در سال **۱۳۹۰** در دانشکده **علوم پایه**

دانشگاه تربیت مدرس به راهنمایی سرکار خانم/جناب آقای دکتر **رسول ملکفر**

، مشاوره سرکار خانم/جناب آقای دکتر و مشاوره سرکار خانم/جناب آقای دکتر از آن دفاع شده است.»

ماده ۳: به منظور جبران بخشی از هزینه های انتشارات دانشگاه، تعداد یک درصد شمارگان کتاب (در هر نوبت چاپ) را به «دفتر نشر آثار علمی» دانشگاه اهدا کند. دانشگاه می تواند مازاد نیاز خود را به نفع مرکز نشر در معرض فروش قرار دهد.

ماده ۴: در صورت عدم رعایت ماده ۳، ۵۰٪ بهای شمارگان چاپ شده را به عنوان خسارت به دانشگاه تربیت مدرس، تأدیه کند.


ماده ۵: دانشجو تعهد و قبول می کند در صورت خودداری از پرداخت بهای خسارت، دانشگاه می تواند خسارت مذکور را از طریق مراجع قضایی مطالبه و وصول کند؛ به علاوه به دانشگاه حق می دهد به منظور استیفای حقوق خود، از طریق دادگاه، معادل وجه مذکور در ماده ۴ را از محل توقیف کتابهای عرضه شده نگارنده برای فروش، تامین نماید.

ماده ۶: اینجانب **امیر علیجان پور** دانشجوی رشته **فیزیک حالت جامد** مقطع

**کارشناسی ارشد**

تعهد فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می شوم.

نام و نام خانوادگی: **امیر علیجان پور**

تاریخ و امضا:   
۹۵، ۷، ۳



دانشکده علوم پایه

پایان نامه دوره کارشناسی ارشد

فیزیک (حالت جامد)

# ساخت و مشخصه یابی نانوپودر آلفا کوردیریت به روش سنتز احتراقی محلولی

استاد راهنما:

دکتر رسول ملک فر

نگارش:

امیر علیجان پور

تیر ۱۳۹۰

تقدیم بہ پدر و مادر عزیز و مہربانم کہ ہرچہ امروز دارم نتیجہ زحمات دیروز

آن ہاست...

## مشکرو قدردانی

خدا را بسیار سپاس که بار دیگر لطف و رحمت خود را شامل این بنده حقیر نمود و قرار گرفتن در این جایگاه را در نامه سرنوشت من نگاشت.

از استاد ارجمند جناب آقای دکتر ملک فر، که به نوازه مشوق و راهبهای اینجانب بودند و بنده را در به پایان رساندن این مهم یاری نمودند کمال مشکرو

قدردانی را دارم.

از خانواده عزیز و مهربانم نیز که با صبر و بردباری و دعای خیرشان به نوازه تکیه گاه محکمی برایم بودند مشکروم.

از تمامی اساتید گرامی که در دوره کارشناسی ارشد افتخار حضور در محضرشان نصیب بنده گردید، بسیار سپاس گذارم.

در پایان لازم است از تمامی دوستان و بهرانانی که اوقات بسیار زیبایی را با آن ها گذراندم، و تمامی عزیزانی که در تدوین و نگارش این پایان نامه مرا

یاری نمودند، مشکرو قدردانی نمایم.

## چکیده

در این تحقیق تولید، مشخصه‌یابی ساختاری، اپتیکی و ریخت‌شناسی پودر شیشه-سرامیک کوردیریت  $Mg_2Al_4Si_5O_{18}$  که به وسیله روش سنتز احتراقی محلول تهیه شده، مورد بحث قرار گرفته است. پودر بدست آمده را در آسیاب قرار داده و سپس به مدت ۱ ساعت در دماهای  $900^\circ C$ ،  $1200^\circ C$ ،  $1300^\circ C$  مورد عملیات حرارتی قرار گرفته است. به منظور شناخت فازهای موجود، ساختار و ریخت‌شناسی قرص‌ها، از روش پراش اشعه ایکس (XRD)، طیف سنجی پس‌پراکندگی میکرو رامان، طیف سنجی جذبی مادون قرمز FT-IR و میکروسکپ الکترونی روبشی (SEM) استفاده گردیده است. با استفاده از پراش اشعه ایکس ریزساختار نمونه‌ها بر اساس نظریه پهن شدگی خطوط پراش و به کارگیری روش ریتولد تعیین و گزارش شده است. در بخش اول نظریه پهن شدگی خطوط پراش مطرح گردیده، سپس یکی از مهمترین روش‌های پالایش ساختار و ریز ساختار مواد بلوری معرفی شده است. در بخش دوم ساختار و ریز ساختار نمونه‌ها با استفاده از نرم افزار MAUD تعیین گردیده است. نتایج پراش اشعه ایکس نشان می‌دهد با افزایش دما، فازهای موجود در قرص‌ها به فازهای شیشه‌سرامیک موردنظر نزدیک‌تر می‌شود. با استفاده از نتایج طیف مادون قرمز نیز توانستیم فرایند تشکیل کوردیریت و حذف مولکول‌های آب را تحقیق کنیم. در انتها نیز طیف رامان کوردیریت نیز به اختصار مورد مطالعه قرار گرفته است.

کلمات کلیدی: شیشه‌سرامیک - سنتز احتراقی محلول - پراش اشعه ایکس - پهن شدگی -

ریزساختار - پراکندگی رامان - میکروسکوپ الکترونی روبشی.



## فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل اول : شیشه سرامیک کوردیریتی	
۱-۲- بررسی دیاگرام فازی سیستم $MgO-Al_2O_3-SiO_2$ (MAS) .....	۷
۱-۳- کوردیریت و تغییرات پلی مرفیک آن .....	۹
۱-۴- بلورشناسی کوردیریت .....	۱۳
۱-۵- کاربرد های شیشه سرامیکها .....	۱۸
۱-۵-۱- کاربرد شیشه سرامیکها در مهندسی .....	۱۸
۱-۵-۱-۱- پمپها، سوپاپها، کانالها، لوله ها .....	۱۸
۱-۵-۱-۲- مبدل حرارتی .....	۱۸
۱-۵-۱-۳- کاربرد شیشه سرامیک در ساختمان کوره .....	۱۹
۱-۵-۱-۴- کاربردهای دیگر .....	۱۹
۱-۵-۲- کاربرد شیشه سرامیکها در الکترونیک .....	۲۰
۱-۵-۲-۱- شیشه سرامیک برای پوشش دادن فلزات .....	۲۰
۱-۵-۲-۲- عایقها و بوشها .....	۲۱
۱-۵-۲-۳- عایقهای الکتریکی دما بالا .....	۲۱
۱-۵-۲-۴- خازنها .....	۲۲
۱-۵-۲-۵- مواد الکترواپتیک .....	۲۲
۱-۵-۳- کاربردهای نوری واپتیکی .....	۲۲
۱-۵-۳-۱- لامپهای ویژه .....	۲۲
۱-۵-۳-۲- اجزای لیزرها .....	۲۳

۲۳	.....آینه های تلسکوپ.....۳-۳-۵-۱
۲۳	.....شفافیت شیشه سرامیک نسبت به نور مادون قرمز.....۴-۳-۵-۱
۲۳	.....استفاده در صنایع هوایی.....۴-۵-۱
۲۳	.....رادومها(Radomes).....۱-۴-۵-۱
۲۴	.....کاربرد شیشه سرامیک به عنوان محافظ حرارتی.....۵-۵-۱
۲۴	.....کاربرد شیشه سرامیک در صنایع هسته‌ای.....۶-۵-۱
۲۵	.....کاربرد شیشه سرامیک‌ها در دندانپزشکی.....۷-۵-۱
	<b>فصل دوم: سنتز احتراقی نانو مواد.....</b>
۲۷	.....مقدمه:.....۱-۲
۳۰	.....سنتز نانو مواد:.....۲-۲
۳۴	.....سنتز احتراقی حجمی(VCS):.....۱-۲-۲
۳۷	.....سنتز احتراقی محلول(SCS):.....۲-۲-۲
۳۹	.....مکانیزم واکنش احتراقی اوره و نیترات آلومینیوم:.....۳-۲-۲
۴۱	.....محاسبات ترمودینامیکی.....۴-۲-۲
۴۲	.....نقش سوخت‌ها.....۵-۲-۲
۴۵	.....دستورالعملی برای ساخت اکسیدهای فلزی مختلف.....۶-۲-۲
۴۷	.....دستورالعملی برای ساخت نانوموادها.....۷-۲-۲
۴۹	.....خصوصیات برجسته روش احتراقی محلول:.....۸-۲-۲
۵۰	.....احتراق سل‌ژل خود منتشر شونده(SSGC):.....۳-۲
۵۵	.....فعالیت‌های تجربی.....۴-۲
۵۵	.....مراحل ساخت آزمایشگاهی نانو پودر شیشه-سرامیک.....۱-۴-۲

۵۵	..... اندازه‌گیری مواد اولیه
۵۶	..... ۲-۱-۴-۲- طریقه ساخت مواد اولیه
	<b>فصل سوم: بررسی شکل، اندازه و تعیین ریزساختار کوردیریت با استفاده از XRD و SEM ...</b>
۶۳	..... ۱-۳- مطالعه و تعیین ریزساختار کوردیریت با استفاده از پراش
۶۳	..... ۱-۱-۳- مقدمه
۶۴	..... ۲-۱-۳- علل پهن‌شدگی خطوط پراش
۶۵	..... ۲-۲-۱-۳- پهن‌شدگی در اثر دستگاه
۶۵	..... ۳-۲-۱-۳- پهن‌شدگی ناشی از نمونه
۶۷	..... ۳-۱-۳- روش ویلیامسون - هال [۴۶]
۶۸	..... ۴-۱-۳- روش ریتولد
۶۹	..... ۲-۴-۱-۳- محاسبه نمایه پراش
۷۰	..... ۳-۴-۱-۳- تابع شکل پیک
۷۲	..... ۴-۴-۱-۳- محاسبه کرنش و اندازه بلورک‌ها
۷۳	..... ۵-۱-۳- پهن‌شدگی همسانگرد و ناهمسانگرد خطوط پراش
۷۵	..... ۶-۱-۳- تجزیه و تحلیل پراش پرتوی X (XRD) نانو پودر شیشه-سرامیک $Mg_2Al_4Si_5O_{18}$
۸۱	..... ۲-۶-۱-۳- پالایش داده‌های پراش
۸۳	..... ۳-۶-۱-۳- تعیین پارامترهای ساختاری
۸۵	..... ۴-۶-۱-۳- تعیین اندازه بلورک‌ها و کرنش شبکه
۸۸	..... ۲-۳- بررسی نمونه‌های تولید شده توسط تصویربرداری میکروسکوپ الکترونی (SEM)
۸۸	..... ۱-۲-۳- تصویر برداری با استفاده از میکروسکوپ نوری
۹۰	..... ۲-۲-۳- میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM)

۹۳	..... استفاده های عمومی؛ ۱-۲-۲-۳
۹۴	..... نمونه‌هایی از کاربرد SEM؛ ۲-۲-۲-۳
۹۴	..... نمونه‌ها و آماده‌سازی آن‌ها؛ ۳-۲-۲-۳
۹۵	..... بررسی نمونه‌های نانویی پودر شیشه‌سرامیک کوردیریت با SEM ۳-۲-۳
	<b>فصل چهارم: بررسی طیفهای FTIR و RAMAN کوردیریت و تغییرات آن‌ها با دما.....</b>
۹۹	..... بررسی طیف FTIR کوردیریت و تغییر آن با دما..... ۱-۴
۹۹	..... طیف سنجی تبدیل فوریه مادون قرمز (FTIR) ۱-۱-۴
۹۹	..... تئوری ۱-۱-۱-۴
۱۰۱	..... تجزیه کیفی ۲-۱-۱-۴
۱۰۲	..... کاربردها..... ۳-۱-۱-۴
۱۰۸	..... بررسی طیف رامان کوردیریت و تغییر آن با دما..... ۲-۴
۱۰۸	..... مقدمه ۱-۲-۴
۱۰۹	..... مدل دبای ۲-۲-۴
۱۱۰	..... ارتعاشات شبکه..... ۳-۲-۴
۱۱۳	..... پدیده پراکندگی رامان ۴-۲-۴
۱۱۴	..... دستگاه طیف سنجی رامان ۵-۲-۴
۱۱۶	..... بررسی طیف رامان کوردیریت تولید شده به دو روش متفاوت ۶-۲-۴
۱۱۶	..... اطلاعات بلورشناسی بریل و کوردیریت: ۱-۶-۲-۴
۱۱۸	..... طیف رامان سیلیکات‌های حلقوی..... ۲-۶-۲-۴
	<b>فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات.....</b>
۱۲۳	..... نتیجه گیری ۱-۵

۱۲۸ .....: ۲-۵- پیشنهادات

۱۲۹ .....: منابع و مأخذ:

## فهرست شکل‌ها

عنوان	صفحه
شکل ۱-۱: ترکیبات استتاتیت بوسیله سطح A و کوردیریت C و سرامیک‌های فورستریتی D مشخص شده است. نقطه E مربوط به تالک کلسینه شده و F مربوط به کائولین کلسینه شده می‌باشد [۹].	۸
شکل ۲-۱: الگوی پراش بین زوایای $29^\circ$ و $\Delta = 0/27.30^\circ$ کوردیریت طبیعی [۹]	۱۲
شکل ۳-۱: سیلیکات حلقوی $Si_6O_{18}$ [۹]	۱۴
شکل ۴-۱: ساختار بریل، طرحیاز (۰۰۰۱) خطچینها محیط بیرونی را نشان میدهند [۱۸]	۱۵
شکل ۵-۱: تصویری از ساختار بریل (به محور C توجه کنید) [۱۸]	۱۵
شکل ۶-۱: ساختار کوردیریت [۱۸]	۱۷
شکل ۱-۲: مثلث آتش [۲۰]	۲۷
شکل ۲-۲: مدهای سنتز احتراقی: SHS [۳۲]	۳۲
شکل ۳-۲: مدهای سنتز احتراقی: VCS [۳۲]	۳۲
شکل ۴-۲: سنتز احتراقی محلول مد VSC [۳۲]	۳۳
شکل ۵-۲: تصویر SEM اکسید آهن تولید شده [۳۸]	۳۶
شکل ۶-۲: VSC [۳۲]	۳۷
شکل ۷-۲: مکانیزم سنتز احتراقی $\alpha-Al_2O_3$ [۲۰]	۴۰
شکل ۸-۲: تولید مواد مختلف با سنتز احتراقی محلول [۲۰]	۴۶
شکل ۹-۲: خلقت نانویی آتش. (۱) $SrAl_2O_4$ . (۲) فسفرهای کمیاب زمین. (۳) کف زیرکونیا. (۴) مونولیت لانه زنبوری پوشش داده شده با $Pd/CeO_2$ . (۵) تصویر TEM زیرکونیا. (۶) تصویر TEM	
PZT, (۷) رنگدانه صورتی. (۸) $NiFe_2O_4$ [۲۰]	۵۰
شکل ۱۰-۲: مد سل ژل احتراقی خودمنتشر شونده [۳۲]	۵۱

- شکل ۲-۱۱: مقایسه دما برای (۱) SSGC و (۲) VSC [۳۲] ..... ۵۲
- شکل ۲-۱۲: میکرو ساختار  $LaFeO_3$  سنتز شده با (a) SSGS (b) VSC [۳۲] ..... ۵۳
- شکل ۲-۱۳: حساسیت سرعت احتراق به تغییر دمای اولیه  $T_0$  [۳۸] ..... ۵۴
- شکل ۲-۱۴: تصویر پودر نمونه ۱ بعد از عملیات احتراقی ..... ۵۸
- شکل ۲-۱۵: تصویر پودر نمونه ۲ بعد از عملیات احتراقی ..... ۵۸
- شکل ۲-۱۶: کوره هریوس بکار رفته برای عملیات حرارتی ..... ۵۹
- شکل ۲-۱۷: پودر بدست آمده بعد از عملیات حرارتی ..... ۵۹
- شکل ۲-۱۸: دستگاه پرس به کار رفته برای قرص کردن نمونه‌ها ..... ۶۰
- شکل ۲-۱۹: تصاویر قرص‌های تولید شده قبل و بعد از عملیات حرارتی ..... ۶۱
- شکل ۳-۱: پراش براگ (الف) از بلورک بدون کرنش (ب) از بلورک با کرنش همگن (ج) از بلورک با کرنش ناهمگن ..... ۶۷
- شکل ۳-۲: دستگاه XRD به کار رفته در دانشگاه تربیت مدرس ..... ۷۵
- شکل ۳-۳: نمودار XRD شیشه-سرامیک در دمای  $900^\circ C$  برای ۱ ساعت ..... ۷۶
- شکل ۳-۴: نمودار XRD شیشه-سرامیک در دمای  $1200^\circ C$  برای ۱ ساعت ..... ۷۷
- شکل ۳-۵: نمودار XRD شیشه-سرامیک در دمای  $1300^\circ C$  برای ۱ ساعت ..... ۷۸
- شکل ۳-۶: الگوی پراش کوردیریت سنتز شده با روش احتراق با شعله ..... ۷۹
- شکل ۳-۷: نقش پراش مشاهده شده (آبی)، نقش پراش محاسبه شده (مشکی)، و تفاضل آن‌ها برای کوردیریت سنتز شده به روش احتراقی با شعله ..... ۸۲
- شکل ۳-۸: نقش پراش مشاهده شده (آبی)، نقش پراش محاسبه شده (مشکی)، و تفاضل آن‌ها برای کوردیریت سنتز شده به روش احتراقی بدون شعله ..... ۸۳
- شکل ۳-۹: ساختار اتمی کوردیریت ..... ۸۴

- شکل ۳-۱۰: شکل بلورک شبیه سازی شده توسط نرم افزار MAUD در حالت ناهمگن ..... ۸۵
- شکل ۳-۱۱: سطح قرص تهیه شده از نمونه ۱ با استفاده از میکروسکوپ نوری با مقیاس ۵۰ میکرومتر ... ۸۹
- شکل ۳-۱۲: سطح قرص تهیه شده از نمونه ۲ با استفاده از میکروسکوپ نوری با مقیاس ۵۰ میکرومتر ... ۸۹
- شکل ۳-۱۳: میکروسکوپ الکترونی روبشی و سامانه لایه نشانی طلا ..... ۹۱
- شکل ۳-۱۴: تصاویر SEM پودر نمونه شماره ۱ با مقیاس نمایش داده شده ..... ۹۵
- شکل ۳-۱۵: تصاویر SEM از سطح قرص تهیه شده از پودر نمونه شماره ۱ با مقیاس نمایش داده شده. ۹۶
- شکل ۳-۱۶: تصاویر SEM از سطح قرص تهیه شده از پودر نمونه شماره ۱ با مقیاس نمایش داده شده ... ۹۶
- شکل ۴-۱: ارتعاشهای کششی متقارن و نامتقارن در یک مولکول [۶۰] ..... ۱۰۰
- شکل ۴-۲: نمودار ساده یک طیف نورسنج مادون قرمز [۶۰] ..... ۱۰۱
- شکل ۴-۳: سامانه طیف سنجی مادون قرمز تبدیل فوریهای (FT-IR) دانشگاه تربیت مدرس ..... ۱۰۲
- شکل ۴-۴: طیف مادون قرمز شیشه-سرامیک در دمای  $900^{\circ}\text{C}$  برای ۱ ساعت ..... ۱۰۴
- شکل ۴-۵: طیف بازتابی مادون قرمز شیشه-سرامیک در دمای  $1200^{\circ}\text{C}$  برای ۱ ساعت ..... ۱۰۵
- شکل ۴-۶: طیف مادون قرمز شیشه-سرامیک در دمای  $1300^{\circ}\text{C}$  برای ۱ ساعت ..... ۱۰۶
- شکل ۴-۷: طیف مادون قرمز همه نمونه ها در یک شکل ..... ۱۰۷
- شکل ۴-۸: دستگاه طیف سنج رامان دانشگاه تربیت مدرس ..... ۱۱۵
- شکل ۴-۹: طیف رامان نانوپودر کوردیریت تولید شده به روش احتراقی با شعله ..... ۱۱۷
- شکل ۴-۱۰: طیف رامان نانوپودر کوردیریت تولید شده به روش احتراقی بدون شعله ..... ۱۱۸



## فهرست جدول‌ها

عنوان	صفحه
جدول ۱-۱: خانواده‌های سیلیکاتی طبقه‌بندی شده بر اساس محصولات متراکم چهاروجهی $\text{SiO}_4$ [۹] .....	۱۳
جدول ۱-۲: بعضی از خواص نانویی اکسیدهای تولید شده به روش VCS [۳۲] .....	۳۶
جدول ۲-۲: سوخت‌های متداول در سنتز احتراقی محلول [۲۰] .....	۴۴
جدول ۳-۲: نانو اکسیدهای تولید شده با سنتز احتراقی محلول [۲۰] .....	۴۸
جدول ۴-۲: دستور طراحی شده برای سنتز احتراقی محلول کوردیریت .....	۵۶
جدول ۵-۲: مشاهدات تجربی مربوط به واکنش‌های احتراقی .....	۵۶
جدول ۱-۳: محاسبه اندازه ذرات توسط داده‌های شکل (۳-۵) .....	۸۰
جدول ۲-۳: محاسبه اندازه ذرات توسط داده‌های شکل (۳-۶) .....	۸۱
جدول ۳-۳: ضرایب اطمینان حاصل از پالایش نمونه های کوردیریت مختلف با فرض پهن‌شدگی همسانگرد و پهن‌شدگی ناهمسانگرد .....	۸۲
جدول ۴-۳: ثابت‌های شبکه، حجم یاخته واحد و چگالی در نمونه‌های کوردیریت تولید شده .....	۸۳
جدول ۵-۳: اندازه بلورک‌ها و کرنش در نمونه کوردیریت سنتز شده توسط احتراق با شعله .....	۸۶
جدول ۶-۳: اندازه بلورک‌ها و کرنش در نمونه کوردیریت سنتز شده توسط احتراق بدون شعله .....	۸۷
جدول ۱-۴: نتایج بدست آمده برای نوارهای ارتعاشی کوردیریت در محدوده مشخص شده .....	۱۲۱

## فصل اول

شیشه سرامیک‌های کوردیریتی

## ۱-۱- شیشه سرامیک کوردیریتی

شیشه سرامیک‌های بر پایه‌ی  $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$  از دیرگذاری خوبی برخوردارند. فاز غالب در این نوع مواد، مولایت می‌باشد.  $(2\text{SiO}_2\text{-}3\text{Al}_2\text{O}_3)$  دمای ذوب بالای این ترکیب و طبیعت دیر گداز بودن فاز شیشه باقی مانده باعث دیر گذاری این مواد و مقاومت در مقابل تغییر ابعاد آن‌ها می‌شود. این مواد می‌توانند با  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  برای ایجاد حالت فلورسانس (در ناحیه‌ی  $900\text{-}650\text{ nm}$ ) آرایش شوند. اضافه نمودن  $\text{MgO}$  به سیستم  $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$  سبب کاهش دیرگذاری شیشه‌ی سرامیک می‌شود. فاز غالب در این حالت کوردیریت است. در سالهای اخیر افزایش  $\text{MgO}$  به دلیل شکل‌گیری و آماده‌سازی خوب شیشه آن در دمای بالا، کاربرد زیادی پیدا کرده و گفته شده که اثر اکسیدها بر روی دیرگذاری شیشه سرامیک‌ها به خاطر حضور آن‌ها در فاز شیشه باقیمانده می‌باشد. البته برخی از اکسیدها می‌توانند در فاز شیشه نمانده و به فاز بلورین رفته و دیرگذاری را افزایش دهند، مثلاً در سیستم  $\text{PbO-Al}_2\text{O}_3$  بسته به نسبت  $\text{PbO/Al}_2\text{O}_3$  دیرگذاری تغییر می‌کند و هرچه  $\text{Al}_2\text{O}_3$  بیشتر باشد دمای دیرگذاری بیشتر می‌شود. در ترکیباتی از این نوع، مقدار زیادی از  $\text{PbO}$  به صورت فاز‌هایی از قبیل تیتانات سرب ظاهر می‌شود.

شیشه سرامیک‌های شفاف از نوع  $\text{Mas MgO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$  می‌تواند به وسیله‌ی  $\text{TiO}_2$  و یا  $\text{ZrO}_2$  جوانه زنی شده که در آن‌ها فازهای بلورین اسپینل منیزیمی (مشتق شده از  $\beta$  کوارتز stuffed) و یا فاز بلورین  $\text{MgO}.4\text{Al}_2\text{O}_3.6\text{TiO}_2$  تشکیل می‌گردد. این شیشه سرامیک‌های شفاف می‌توانند تا دمای حدود  $1000^\circ\text{C}$  را بدون هیچگونه اتلافی در میزان عبور نور تحمل نماید [۱].

در بررسی شیشه‌های سرامیک‌های آلومینو سیلیکاتی با تیتان به عنوان عامل جوانه‌زا، نوع آلومینوسیلیکات منیزیمی بیشترین استحکام را دارا می‌باشد که این، بواسطه‌ی حضور مقدار زیادی فاز کوردیریت در ترکیب آن‌هاست.

شیشه‌های سرامیک‌های دارای ترکیب آلومینوسیلیکات لیتیمی با دارا بودن ضریب انبساط حرارتی پایین و مقاومت بالا در برابر شوک حرارتی از اهمیت خاصی برخوردار هستند، ولیکن استحکام مکانیکی آن‌ها از شیشه‌های سرامیک‌های نوع آلومینو سیلیکات منیزیمی کمتر است که این امر بدلیل وجود مقدار قابل توجهی فاز "بتا اسپندومن" در این سیستم می‌باشد این فاز دارای ضریب انبساط حرارتی پایینی است و می‌تواند حول ذرات بلور در فاز شیشه باقیمانده ایجاد تنش‌های کششی نموده و در نتیجه سبب کاهش استحکام مکانیکی شود.

با وجود اهمیت سیستم  $\text{Li}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$  سه دلیل عمده جهت جایگزینی  $\text{MgO}$  بجای  $\text{Li}_2\text{O}$  ذکر شده است:

- (۱) منیزیا به مقدار قابل ملاحظه‌ای ارزان‌تر از  $\text{Li}_2\text{O}$  می‌باشد.
- (۲) به حد زیادی، خواص شیشه‌سازی مذاب را بهبود می‌بخشد.
- (۳) امکان دستیابی به سیستم بلورین کوردیریت را فراهم می‌کند.

اما عیب عمده اینکه با حذف  $\text{Li}_2\text{O}$  جوانه‌زنی بسیار سخت می‌گردد که از عواملی چون  $\text{TiO}_2$ ،  $\text{SnO}_2$ ،  $\text{ZrO}_2$  استفاده می‌شود [۲]. افزایش  $\text{MgO}$  باعث افزایش دمای ذوب که به منزله‌ی افزایش فوق‌انجماد در دمای بلوریزاسیون است، شده که این امر از نظر ترمودینامیکی، و کاهش چسبندگی<sup>۱</sup> در دمای بلوریزاسیون از نظر جنبشی، به نفع بلوریزاسیون می‌باشد. افزایش میزان فاز بلورین در این سیستم یا مربوط به افزایش تدریجی فوق‌انجماد بوده و یا اگر هم کاهش یافته‌ی عامل کاهش چسبندگی غالب بوده است.

---

<sup>1</sup> Viscosity