

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



بسمه تعالی

تاییدیه اعضای هیات داوران حاضر در جلسه دفاع از رساله دکتری

خانم انسیه گنجی باباخانی رساله ۲۴ واحدی خود را با عنوان سنتز غشاء سرامیکی
پروسکایتی جهت استفاده در فرآیند اکسیداسیون جزئی متان در تاریخ
۱۳۸۹/۸/۲۴ ارائه کردند.

اعضای هیات داوران نسخه نهایی این رساله را از نظر فرم و محتوا تایید کرده و پذیرش
آنها برای تکمیل درجه دکتری مهندسی شیمی - مهندسی شیمی پیشنهاد می کنند.

عضو هیات داوران	نام و نام خانوادگی	رتبه علمی	امضا
استاد راهنما	دکتر جعفر توفیقی داریان	استاد	
استاد مشاور	دکتر خداداد نظری	استادیار	
استاد ناظر	دکتر محمدرضا امیدخواه نسرین	دانشیار	
استاد ناظر	دکتر حسن پهلوانزاده	استاد	
استاد ناظر	دکتر محمد سلطانیه	استاد	
استاد ناظر	دکتر محمدرضا جعفری نصر	دانشیار	
استاد ناظر	دکتر حسن پهلوانزاده	استاد	

این نسخه به عنوان نسخه نهایی پایان نامه / رساله مورد تأیید است.

اعضای استاد راهنما:

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 دانشکده ها، مراکز تحقیقاتی، پژوهشکده ها، پارک علم و فناوری و دیگر واحدها باید با مجوز کتبی صادره از معاونت پژوهشی دانشگاه و براساس آئین نامه های مصوب انجام شود.

ماده ۴- ثبت اختراع و تدوین دانش فنی و یا ارائه یافته ها 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 انسیه گنجی بابا خانی دانشجوی رشته مهندسی شیمی ورودی سال تحصیلی ۱۳۸۳ مقطع دکتری دانشکده فنی و مهندسی متعهد می شوم کلیه نکات مندرج در آئین نامه حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهش های علمی دانشگاه تربیت مدرس را در انتشار یافته های علمی مستخرج از پایان نامه / رساله تحصیلی خود رعایت نمایم. در صورت تخلف از مفاد آئین نامه فوق الاشعار به دانشگاه وکالت و نمایندگی می دهم 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: ۸۷/۸/۲۴

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 رساله دکتری نگارنده در رشته مهندسی شیمی است که در سال ۱۳۸۹ در دانشکده مهندسی شیمی دانشگاه تربیت مدرس به راهنمایی آقای دکتر جعفر توفیقی و مشاوره جناب آقای دکتر خداداد نظری از آن دفاع شده است.»

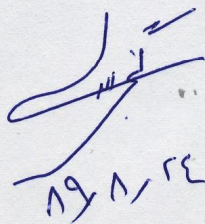
ماده ۳: به منظور جبران بخشی از هزینه های انتشارات دانشگاه، تعداد یک درصد شمارگان کتاب (در هر نوبت چاپ) را به «دفتر نشر آثار علمی» دانشگاه اهدا کند. دانشگاه می تواند مازاد نیاز خود را به نفع مرکز نشر در معرض فروش قرار دهد.

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.

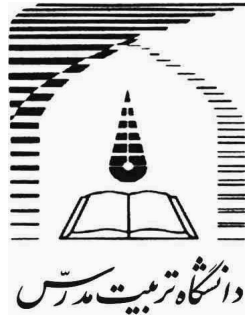
ماده ۶: اینجانب انسیه گنجی بابا خانی دانشجوی رشته مهندسی شیمی مقطع دکتری تعهد فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می شوم.

نام و نام خانوادگی: انسیه گنجی بابا خانی

تاریخ و امضا:



۱۳۸۸/۲۴



دانشگاه تربیت مدرس
دانشکده فنی و مهندسی

رساله برای دریافت درجه دکتری

رشته مهندسی شیمی

سنتز غشاء سرامیکی پروسکایتی جهت استفاده در فرآیند اکسیداسیون جزئی متان

نگارنده:

انسیه گنجی باباخانی

استاد راهنما:

دکتر جعفر توفیقی

استاد مشاور:

دکتر خداداد نظری

آبان ۱۳۸۹

تقدیم:

به مادر و پدر گرامی ام، به پاس محبت های بی دریغشان

به همسر عزیزم، به پاس کمک و رهنمودهای صمیمانه اش

و

به دخترم سهره، به پاس اوقاتی که به من بخشید.

تقدیر و تشکر

سپاس ایزد منان را که توفیق سوق به عرصه دانش و اندیشه را به من عنایت فرمود.

در آغاز از استاد راهنمای محترمم، جناب آقای دکتر توفیقی، که در انجام این رساله با رهنمودهای ارزنده اشان ، بنده را یاری نمودند، تشکر و قدردانی می نمایم.

از آقای دکتر نظری از پژوهشگاه صنعت نفت، که تجارب ارزشمند خود را در این زمینه در اختیار بنده گذاشتند سپاسگزارم.

از کلیه همکارانم در پژوهشکده گاز به ویژه همکارانم در واحد تبدیلات گاز که در طی این پروژه ، همکاری و همیاری کرده اند، تشکر می نمایم.

چکیده

دو گروه از مواد پروسکایتی $Ba_xSr_{1-x}Co_{0.8}Fe_{0.2}O_{3-\delta}$ ($x=0, 0.3, 0.5, 0.7, 0.9, 1$) و $Ba_{0.5}Sr_{0.5}Co_{0.8}Fe_{0.1}M_{0.1}O_{3-\delta}$ ($M=Cr, Ce, Mn, Fe, Co, Al, Ni$) با استفاده از روش کمپلکس EDTA و سیترات تهیه شدند. در این تحقیق، با روش ترکیب آنالیزهای XRD، O_2 -TPD، H_2 -TPR و TGA-DTA، اثر جانشینی جزئی استرانسیم با باریوم در سایت A مواد پروسکایتی $(SCFO)SrCo_{0.8}Fe_{0.2}O_{3-\delta}$ بر ساختار کریستالی، میزان آزاد شدن اکسیژن از شبکه کریستالی مواد و پایداری فازی، مورد بررسی قرار گرفت. همچنین با دستگاه ساخته شده دما بالا، عبوردهی اکسیژن از این غشاء ها مطالعه شد. در بین این مواد $Ba_{0.5}Sr_{0.5}Co_{0.8}Fe_{0.2}O_{3-\delta}$ ، در تمامی دماها، عبوردهی نسبتا بالایی را نشان داد، به طوریکه در دمای $950^\circ C$ ، میزان عبور دهی اکسیژن به $2/25 \text{ cm}^3/\text{cm}^2 \cdot \text{min}$ رسید. ضمن اینکه هیچکدام از آنالیز های مورد استفاده، انتقال فازی در این نمونه را، حتی در دماهای بالا نیز نشان ندادند و الگوی پراش اشعه ایکس بعد از آنالیز O_2 -TPD نشان داد که ورود باریوم در ساختار $SrCo_{0.8}Fe_{0.2}O_{3-\delta}$ باعث تثبیت ساختار پروسکایتی این غشاها بعد از فرآیند عبوردهی اکسیژن می شود.

اثر پارامترهای عملیاتی چون دما، فشارجزیی اکسیژن در جریان بالادستی، شدت جریان بالادستی و پایین دستی و ضخامت غشاء بر شار اکسیژن عبوری از غشاء $Ba_{0.5}Sr_{0.5}Co_{0.8}Fe_{0.2}O_{3-\delta}$ مطالعه گردید. دمای عملیات بین $950^\circ C - 700^\circ C$ ، شدت جریان هوا و هلیوم (به عنوان گاز حامل)، به ترتیب برابر cm^3/min و $17-125$ و $13-200 \text{ cm}^3/\text{min}$ و فشار جزئی اکسیژن برابر $1-0 \text{ atm}$ بود. مطالعه وابستگی شار اکسیژن به ضخامت، جهت بررسی مرحله کنترل کننده در عبور اکسیژن برای این غشاء مورد استفاده قرار گرفت. نتایج نشان داد که اگر در شرایط عملیاتی صنعتی با افزایش فشار هوا، فشار جزئی اکسیژن به 1 atm برسد، شار عبور اکسیژن غشاء به حدود $(5 \text{ cc}/\text{min cm}^2)$ می رسد که این مقدار بسیار به لحاظ اقتصادی در مقیاس صنعتی، مقبول می باشد. افزایش شدت جریان هلیوم و هوا به ترتیب بالاتر از حدود 50 و $100 \text{ ml}/\text{min}$ ، تاثیری بر میزان عبور دهی اکسیژن ندارد. همچنین ملاحظه شد که با کاهش ضخامت غشاء از $1/9 \text{ mm}$ به $1/65 \text{ mm}$ ، انرژی فعالیت تغییر خیلی کمی کرده است و با کاهش بیشتر ضخامت غشاء از $1/65$ تا

۰/۸۴mm، انرژی فعالیت از ۴۱/۵ به ۵۵/۸۹ kJ/mol افزایش می یابد. این مشاهده نشانگر آنست که در ضخامتهای بالای ۱/۶۵mm، شار عبور اکسیژن توسط مرحله نفوذ از توده کنترل می شود و در مقادیر پایینتر ضخامت غشاء، مرحله تبدیلی سطحی نیز تاثیرگذار بوده است.

در مرحله بعد، اثر جانشینی جزئی آهن با سایر کاتیونهای Al, Co, Cr, Ce, Ni, Mn, Fe در سایت B مواد پروسکایتی $Ba_{0.5}Sr_{0.5}Co_{0.8}Fe_{0.2}O_{3-\delta}$ بر ساختار فازی، میزان عبور دهی اکسیژن، پایداری فازی و انحراف استوکیومتری مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد زمانی که نیکل در سایت B کمپلکس اکسیدی BSCFO، جانشین آهن می شود، میزان عبوردهی اکسیژن را از ۲/۲ تا $3/2 \text{ cm}^3/\text{cm}^2 \cdot \text{min}$ افزایش میدهد، ضمن اینکه روی خواص احیاء پذیری تاثیر منفی ندارد و همچنین ساختار فازی آن بعد از فرآیند دفع و جذب اکسیژن پایدار می ماند. لذا پروسکایت $Ba_{0.5}Sr_{0.5}Co_{0.8}Fe_{0.1}Ni_{0.1}O_{3-\delta}$ برای فرآیند غشاء راکتور واکنش اکسیداسیون جزئی متان انتخاب شد و عملکرد آن با غشاء $Ba_{0.5}Sr_{0.5}Co_{0.8}Fe_{0.2}O_{3-\delta}$ مورد مقایسه قرار گرفت. دمای عملیات بین $950 - 750^\circ\text{C}$ ، شدت جریان هوا و متان رقیق شده، به ترتیب برابر $50 - 250 \text{ cm}^3/\text{min}$ و $15 - 60 \text{ cm}^3/\text{min}$ و غلظت متان ۷۰٪-۱۰٪ بود. زمان رسیدن به حالت پایدار غشاء BSCFNiO حدود ۵ ساعت است که این مقدار یک سوم زمان حالت پایدار BSCFO می باشد. غشاء راکتور BSCFNiO عملکرد خوبی نشان داد به طوریکه در دمای 850°C ، میزان تبدیل متان، گزینش پذیری CO و شار عبور اکسیژن به ترتیب برابر ۹۸٪، ۹۷/۵٪ و $11/7 \text{ cm}^3/\text{cm}^2 \cdot \text{min}$ حاصل شد. میزان تبدیل متان و شار اکسیژن برای غشاء BSCFNiO، به ترتیب به اندازه ۲۲/۵٪ و ۲۵/۸٪ بیشتر از غشاء BSCFO است حال آنکه گزینش پذیری CO چندان تغییر نکرده است.

جهت بررسی پایداری غشاء بعد از واکنش، آنالیزهای XRD و SEM بر روی غشاء مصرف شده انجام شد و نتایج نشان داد که بعد از واکنش، برای دو سطح غشاء که در معرض هوا و در معرض محیط احیاء کننده قرار گرفته بودند، ساختار پروسکایتی حفظ شده است.

کلید واژه‌ها: غشاء راکتور، غشاء سرامیکی، پروسکایت، اکسیداسیون جزئی متان، گاز سنتز

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	فصل اول: مقدمه
۲	۱-مقدمه
۵	فصل دوم: مروری بر تحقیقات گذشته
۶	۱-۲ غشاء ها و دسته بندی آنها
۱۰	۲-۲ غشاء - راکتورها
۱۰	۳-۲ مزایا و معایب غشاء - راکتورها
۱۱	۴-۲ اضافه کردن کنترل شده مواد واکنش دهنده
۱۲	۵-۲ گاز سنتز
	۶-۲ توجیه فرآیند تولید گاز سنتز با استفاده از راکتورهای غشایی از نوع سرامیکهای
۱۵	پروسکائیتی
۱۹	۷-۲ مواد پروسکائیتی
۲۱	۸-۲ تعریف بعضی از واژه ها
۲۱	۱-۸-۲ نقص های ساختار بلوری
۲۲	۲-۸-۲ موضع خالی
۲۳	۳-۸-۲ اتم های مهمان در شبکه یونی
۲۴	۴-۸-۲ غشاء های هدایتگر
۲۵	۵-۸-۲ دانسیته تئوری
۲۶	۹-۲ کاربرد غشاء های هدایتگر یونی الکترونی در جداسازی اکسیژن

۲۹	۱۰-۲ عمده پروسکایتهای مورد تحقیق در تولید گاز سنتز
۳۲	۱۱-۲ سنتز پودرهای پروسکایتی و ساخت غشاء
۳۲	۱-۱۱-۲ سنتز پودرهای پروسکایتی
۳۴	۲-۱۱-۲ شکل دهی غشاء
۳۵	۱۲-۲ چالش های موجود جهت استفاده از غشاء های پروسکایتی برای تولید گاز سنتز
	۱-۱۲-۲ بررسی اثر کاتیونهای مختلف بر روی خواص عبوردهی اکسیژن و استحکام
۳۶	غشاء
۳۸	۲-۱۲-۲ استفاده از غشاء های پروسکایتی دو فازی
	۳-۱۲-۲ استفاده از پایه های متخلخل سرامیکی برای لایه نازک غشاء پروسکایتی و یا
۳۹	نانو کریستال کامپوزیتی
۴۲	فصل سوم: تجهیزات ، مواد و آنالیزها
۴۳	۱-۳ مواد شیمیایی
۴۴	۲-۳ طراحی و ساخت راکتور و سامانه آزمایشی
۴۴	۱-۲-۳ طراحی و ساخت راکتور
۴۵	۲-۲-۳ سامانه آزمایشگاهی
۴۶	۳-۳ سنتز مواد پروسکایتی و ساخت غشاء
۴۷	۴-۳ ساخت کاتالیست اکسیداسیون جزئی متان
۵۰	۵-۳ تعیین مشخصات مواد سنتز شده و غشاء های ساخته شده
۵۱	۱-۵-۳ شرحی بر آنالیزهای بکار رفته
۵۳	۲-۵-۳ تعیین عبوردهی اکسیژن و عملکرد واکنش اکسیداسیون جزئی متان
۵۵	فصل چهارم: نتایج و تجزیه و تحلیل آنها
۵۶	۱-۴- مقدمه

- ۵۷ ۲-۴ جانشینی جزئی استرانسیوم با باریم در سایت A گروه پروسکایتی SCFO
- ۵۷ ۱-۲-۴ بررسی ساختار فازی $Ba_xSr_{1-x}Co_{0.8}Fe_{0.2}O_{3-\delta}$
- ۵۸ ۲-۲-۴ نتایج آنالیز H_2 -TPR برای مواد BSCFO
- ۶۱ ۳-۲-۴ نتایج آنالیز O_2 -TPD برای مواد BSCFO
- ۶۶ ۴-۲-۴ نتایج آنالیز ترموگراویمتری برای مواد BSCFO
- ۷۴ ۵-۲-۴ بررسی پایداری ساختاری مواد در دمای بالا و فشار جزئی پایین اکسیژن
- ۷۶ ۶-۲-۴ تعیین دمای سینترینگ مناسب برای غشاء های BSCFO
- ۸۰ ۷-۲-۴ نتایج تستهای راکتوری برای غشاء های BSCFO
- ۳-۴ بررسی اثر پارامترهای عملیاتی بر میزان عبور اکسیژن از غشاء
- ۸۳ $Ba_{0.5}Sr_{0.5}Co_{0.8}Fe_{0.2}O_{3-\delta}$
- ۴-۴ بررسی جانشینی جزئی کاتیون های مختلف در سایت B گروه پروسکایتی
- ۹۲ BSCFO
- ۹۲ ۱-۴-۴ بررسی ساختار فازی BSCFMO
- ۹۳ ۲-۴-۴ نتایج آنالیز H_2 -TPR برای مواد BSCFMO
- ۹۷ ۳-۴-۴ نتایج آنالیز O_2 -TPD برای مواد BSCFMO
- ۱۰۰ ۴-۴-۴ نتایج آنالیز ترموگراویمتری برای مواد BSCFMO
- ۵-۴-۴ بررسی پایداری ساختاری مواد در دمای بالا و فشار جزئی پایین اکسیژن برای
- ۱۰۹ مواد BSCFMO
- ۱۱۰ ۶-۴-۴ تعیین دمای سینترینگ مناسب برای غشاء های BSCFMO
- ۱۱۰ ۷-۴-۴ نتایج تستهای راکتوری غشاء های BSCFMO

- ۱۱۴ ۵-۴ بررسی واکنش اکسیداسیون جزئی متان در راکتور غشائی
- ۱۱۴ ۱-۵-۴ بررسی عملکرد غشاء راکتور BSCFNiO در زمانهای اولیه واکنش باکاتالیست
احیاء نشده Ni/Al_2O_3
- ۱۱۷ ۲-۵-۴ آزمایشات راکتوری برای واکنش اکسیداسیون جزئی متان در شرایط پایدار
- ۳-۵-۴ مکانیسم فرآیند اکسیداسیون جزئی متان و تبدیل آن به گاز سنتز در راکتور
۱۲۳ غشائی
- ۱۲۵ ۴-۵-۴ تاثیر پارامترهای عملیاتی بر عملکرد غشاء راکتور اکسیداسیون جزئی متان
- ۱۳۰ ۵-۵-۴ بررسی پایداری غشاء بعد از واکنش
- ۱۳۵ فصل پنجم: نتیجه گیری و پیشنهادات
- ۱۳۹ منابع

فهرست جدولها

شماره صفحه	عنوان جدول
۱۳	۱-۲ واکنشهای تولید گاز سنتز و کاربردهای آن
۱۵	۲-۲ واکنشهای مختلف تولید گاز سنتز
۲۷	۳-۲ غشاء های هدایتگر یونی- الکترونی مورد مطالعه در مراجع مختلف ، جهت جداسازی اکسیژن
۳۱	۴-۲ غشاء های هدایتگر یونی- الکترونی مورد مطالعه در مراجع مختلف ، جهت فرآیند تولید گاز سنتز
۴۳	۱-۳ مواد شیمیایی برای سنتز و ساخت غشاء های پروسکایتی
۵۶	۱-۴ فرمول اختصاری مواد مورد مطالعه
۷۶	۲-۴ دانسیته اندازه گیری شده به روش ارشمیدس برای مواد پروسکایتی BSCFO (gr/cm^3)
۸۲	۳-۴ عبوردهی اکسیژن از غشاهای BSCF0182 و BSCF5582 در تحقیق حاضر و سایر منابع در دمای 900°C ، همه داده ها به $L=1\text{ mm}$ نرمالایز شده اند.
۸۳	۴-۴ پارامترهای عملیاتی مورد بررسی در عبور دهی اکسیژن از غشاء $\text{Ba}_{0.5}\text{Sr}_{0.5}\text{Co}_{0.8}\text{Fe}_{0.2}\text{O}_{3-\delta}$ و محدوده آنها
۹۰	۵-۴ میزان انرژی اکتیواسیون غشاء $\text{Ba}_{0.5}\text{Sr}_{0.5}\text{Co}_{0.8}\text{Fe}_{0.2}\text{O}_{3-\delta}$ در ضخامتهای مختلف
۱۰۱	۶-۴ مقادیر انحراف استوکیومتری (δ) برای مواد پروسکایتی BSCFMO بر حسب دما
۱۱۰	۷-۴ دانسیته اندازه گیری شده با روش ارشمیدس برای مواد BSCFMO در دماهای مختلف
۱۱۳	۸-۴ انرژی فعالیت مواد اکسیدی BSCFMO
۱۱۷	۹-۴ پارامترهای عملیاتی مورد بررسی در فرآیند غشاء راکتور POM و محدوده آنها
۱۱۸	۱۰-۴ تبدیل متان ، گزینش پذیری CO و شار اکسیژن عبوری در دمای 850°C برای دو غشاء BSCFNiO و BSCFO

فهرست شکل ها

شماره صفحه	عنوان شکل
۱۰	۱-۲ فرآیند غشاء راکتور
۱۴	۲-۲ میزان منابع اثبات شده گاز طبیعی در سالهای مختلف
۲۰	۳-۲ یک ساختار ایده آل از پروسکایت با فرمول La(Sr)CoO_3
۲۳	۴-۲ موضع خالی اکسیژن در ساختار پروسکایت
۲۴	۵-۲ انواع غشاء های هدایتگر ، الف- هدایتگر یونی ب- هدایتگر یونی و الکترونی ج- غشاء های دو فازی
۴۵	۱-۳ راکتور کوارتزی جهت آزمایشهای عبوردهی اکسیژن
۴۶	۲-۳ سامانه آزمایشگاهی جهت آزمایشهای عبوردهی اکسیژن و تولید گاز سنتز
۵۷	۱-۴ الگوی XRD مواد اکسیدی $\text{Ba}_x\text{Sr}_{1-x}\text{Fe}_{0.2}\text{Co}_{0.8}\text{O}_{3-\delta}$ با زوایای بین ۰ تا ۸۵ درجه
۵۸	۲-۴ بلندترین پیک XRD ساختار $\text{Ba}_x\text{Sr}_{1-x}\text{Fe}_{0.2}\text{Co}_{0.8}\text{O}_{3-\delta}$ در زوایای بین ۳۰/۰ تا ۳۵/۰
۵۹	۳-۴ نتایج آنالیز H_2 -TPR برای مواد BSCF
۶۳	۴-۴ نتایج آنالیز O_2 -TPD برای مواد BSCFO
۶۷	۵-۴ نتایج آنالیز TGA و DTG برای مواد BSCFO
۷۰	۶-۴ نتایج آنالیز DTA برای مواد اکسیدی BSCFO
۷۴	۷-۴ گرادیان غلظت جاهای خالی اکسیژن (ΔC_V) در طول غشاء برای مواد BSCFO ، محاسبه شده از نتایج TGA، در دماهای مختلف
۷۵	۸-۴ الگوی پراش اشعه ایکس برای مواد اکسیدی BSCFO بعد از آنالیز O_2 -TPD
۷۷	۹-۴ تصاویر میکروسکوپ الکترونی مواد پروسکایتی $\text{Ba}_x\text{Sr}_{1-x}\text{Fe}_{0.2}\text{Co}_{0.8}\text{O}_{3-\delta}$ در دماهای مختلف

- ۸۱ $Ba_xSr_{1-x}Fe_{0.2}Co_{0.8}O_{3-\delta}$ اکسیدی کمپلکسهای اکسیژن برای عبوردهی اکسیژن برای کمپلکسهای اکسیدی $Ba_xSr_{1-x}Fe_{0.2}Co_{0.8}O_{3-\delta}$ در دماهای مختلف
- ۸۴ ۱۱-۴ تغییرات عبوردهی اکسیژن بر حسب فشار جزئی اکسیژن در جریان بالا دستی در دماهای مختلف برای مواد BSCFO
- ۸۶ ۱۲-۴ تغییرات عبوردهی اکسیژن بر حسب $(P_1^{0.5}-P_2^{0.5})$ و $\ln(P_1/P_2)$ در دماهای مختلف برای مواد BSCFO
- ۸۷ ۱۳-۴ وابستگی شار عبور اکسیژن به شدت جریان گاز حامل (هلیوم) از غشاء $Ba_{0.5}Sr_{0.5}Co_{0.8}Fe_{0.2}O_{3-\delta}$ در دمای $950^\circ C$
- ۸۸ ۱۴-۴ وابستگی شار عبور اکسیژن به شدت جریان هوا از غشاء $Ba_{0.5}Sr_{0.5}Co_{0.8}Fe_{0.2}O_{3-\delta}$ در دمای $950^\circ C$
- ۹۰ ۱۵-۴ تابعیت دمایی شار عبور اکسیژن در ضخامت های مختلف غشاء BSCF5582
- ۹۱ ۱۶-۴ تابعیت آرنیوسی شار عبور اکسیژن بر حسب دما برای مواد BSCF5582 در ضخامتهای مختلف
- ۹۲ ۱۷-۴ نمودار $k_{L1/L2}$ بر حسب دما برای ضخامتهای مختلف برای غشاء BSCF5582
- ۹۳ ۱۸-۴ الگوی پراش اشعه ایکس برای مواد اکسیدی BSCFMO (M=Cr, Ce, Mn, Fe, Co, Al, Ni) که در دمای $950^\circ C$ کلسینه شده اند.
- ۹۴ ۱۹-۴ پروفایل H_2 -TPR مواد BSCFMO(M=Al, Ni, Co, Ni, Fe, Ce, Mn, Cr)
- ۹۸ ۲۰-۴ پروفایل O_2 -TPD مواد $Ba_{0.5}Sr_{0.5}Co_{0.8}Fe_{0.1}M_{0.1}O_{3-\delta}$ (M= Al, Ni, Cr, Mn, Co, Fe, Ce)
- ۱۰۱ ۲۱-۴ نتایج آنالیز ترمو گراویمتری برای مواد پروسکایتی BSCFMO (M= Al, Ce, Cr, Mn, Ni, Co, Fe)
- ۱۰۵ ۲۲-۴ نتایج آنالیز DTA برای مواد اکسیدی BSCFMO (M= Al, Ce, Cr, Mn, Ni)

Co, Fe)

- ۱۰۹ ۲۳-۴ الگوی پراش اشعه ایکس برای مواد اکسیدی BSCFMO(M=Al, Ni, Co, Ni, Fe, Ce, Mn, Cr) بعد از آنالیز O₂-TPD
- ۱۱۲ ۲۴-۴ میزان عبوردهی اکسیژن برای کمپلکس های اکسیدی BSCFMO(M=Al, Ni, Co, Ni, Fe, Ce, Mn, Cr) در دماهای مختلف
- ۱۱۵ ۲۵-۴ نتایج عملکرد راکتور در زمان های اولیه واکنش POM برای غشاء BSCFNiO در دمای ۸۵۰ °C، غلظت متان ۰.۵٪، شدت جریان متان رقیق شده ۴۰ ml/min و شدت جریان هوا برابر ۲۰۰ ml/min.
- ۱۱۹ ۲۶-۴ اثر دما بر عملکرد راکتور غشاء BSCFNiO. شدت جریان خوراک (۰.۵٪ متان + ۰.۵٪ گاز حامل) برابر ۴۰ ml/min و شدت جریان هوا برابر ۲۰۰ ml/min است.
- ۱۲۰ ۲۷-۴ اثر دما بر عملکرد راکتور غشاء BSCFO. شدت جریان خوراک (۰.۵٪ متان + ۰.۵٪ گاز حامل) برابر ۴۰ ml/min و شدت جریان هوا برابر ۲۰۰ ml/min است.
- ۱۲۲ ۲۸-۴ تابعیت آرنیوسی شار عبور اکسیژن بر حسب دما برای مواد BSCFNiO
- ۱۲۲ ۲۹-۴ مقایسه شار عبور اکسیژن در شرایط هوا- هلیوم و هوا- گاز سنتز برای غشاء BSCFNiO
- ۱۲۷ ۳۰-۴ اثر شدت جریان خوراک (۰.۵٪ متان + ۰.۵٪ گاز حامل) بر عملکرد راکتور غشاء BSCFNiO در دمای ۸۵۰ °C و شدت جریان هوا برابر ۲۰۰ ml/min
- ۱۲۸ ۳۱-۴ اثر غلظت متان در خوراک بر عملکرد راکتور غشاء BSCFNiO در دمای ۸۵۰ °C. شدت جریان خوراک و هوا به ترتیب برابر ۴۰ ml/min و ۲۰۰ ml/min است.
- ۱۲۹ ۳۲-۴ اثر شدت جریان هوا بر عملکرد راکتور غشاء BSCFNiO در دمای ۸۵۰ °C. شدت جریان خوراک و غلظت متان به ترتیب برابر ۴۰ ml/min و ۰.۵٪ است.
- ۱۳۲ ۳۳-۴ تصاویر SEM از سطح غشاء BSCFNiO ، الف- غشاء تازه، ب- سطح غشاء

مصرف شده در تماس با هوا، ج- سطح غشاء مصرف شده در سمت واکنش

۳۴-۴ الگوی پراش اشعه ایکس غشاء BSCFNiO برای سطح غشاء تازه، سطح غشاء

مصرف شده در تماس با هوا و سطح غشاء مصرف شده در سمت واکنش

فهرست نمودارها

شماره صفحه	عنوان نمودار
۷	۱-۲ طبقه بندی غشاء ها بر اساس جنس
۴۷	۱-۳ روش ساخت غشاء پروسکایتی
۴۸	۲-۳ الگوریتم تحقیق در این رساله

فصل اول: مقدمه