بسم الله الرحمن الرحیم

پژوهشکده علوم و فناوری نانو

پایان‌نامه

جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

در رشته علوم و فناوری نانو

گرایش نانوفیزیک

عنوان:

ساخت نانوسیم‌های مغناطیسی آلیاژی کبالت–روی به روش الکترونهشت پالسی و بررسی اثر تابکاری روی خواص ساختاری و مغناطیسی آنها

استاد راهنما:

دکتر محمد الماسی کاشی

استاد مشاور:

دکتر عبدالعلی رمضانی

به وسیله:

زهره فلاح

دی ماه ۱۳۸۹

دانشگاه کاشان

تاریخ :
شماره:
پیوست :

مدیریت تحصیلات تکمیلی دانشگاه

صورتجلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد/دکتری

نام و نام خانوادگی دانشجو : **زهره فلاح** شماره دانشجویی : ۸۷۵۳۱۲۶۰۰۴

رشته: علوم وفناوری نانو گرایش نانو فیزیک پژوهشکده: علوم وفناوری نانو

عنوان پایان‌نامه : ***" ساخت نانو سیم‌های مغناطیسی آلیاژی کبالت –روی به روش الکترونهشت پالسی و بررسی اثر تابکاری روی خواص ساختاری و مغناطیسی آنها "***

این پایان‌نامه به مدیریت تحصیلات تکمیلی به منظور بخشی از فعالیتهای تحصیلی لازم برای اخذ **درجه کارشناسی ارشد** ارائه می‌گردد. دفاع از پایان نامه در تاریخ ۸۹/۱۰/۲۰ مورد تأیید و ارزیابی هیأت داوران قرار گرفت و با نمره به عدد: ۱۹٫۹ به حروف: نوزده و نه دهم ودرجه عالی به تصویب رسید.

اعضاء هیأت داوران

عنوان	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	امضاء
۱.۱ استاد راهنما :	دکتر محمد الماسی کاشی	دانشیار	
۱.۲ استاد مشاور :	دکتر عبدالعلی رمضانی	دانشیار	
۳. متخصصان وصاحب نظران داخل دانشگاه:	دکتر مصطفی زاهدی فر دکتر سید احسان روزمه	دانشیار استادیار	
٤. نماینده تحصیلات تکمیلی دانشگاه :	دکتر بهرام جزی	دانشیار	

ابراهیم نعمتی نای
مدیر تحصیلات تکمیلی

تقدیم به:

همسرم

تشکر و قدردانی

سپاس و ستایش خداوند را که رحمتش همیشگی و نعمتش مستدام است. سپاس او را که توفیق فراگیری علم را بر من عطا فرمود و مرا در مشکلات و سختی‌ها یاری نمود تا این پایان-نامه را با موفقیت به پایان برسانم.

بر خود لازم می‌دانم که از اساتید بزرگوار و گرانقدرم، جناب آقای دکتر محمد الماسی کاشی و دکتر عبدالعلی رمضانی به عنوان اساتید راهنما و مشاور، که با ایثار مشتاقانه موهبت‌های علمی و راهنمایی‌های ارزنده و حمایت‌های پدرانه خویش، مرا در کسب علم و معرفت و فضائل اخلاقی یاری نمودند، مراتب سپاس قلبی و تشکر خالصانه خود را داشته باشم و از خداوند برای ایشان سلامتی و موفقیت روزافزون را خواستارم.

همچنین از اساتید بزرگوار، آقای دکتر مصطفی زاهدی‌فر و دکتر سید احسان روزمه به عنوان اساتید داور که این پایان‌نامه را مورد مطالعه قرار داده و در جلسه دفاعیه شرکت نموده‌اند تشکر می‌نمایم.

در پایان از همسر مهربانم، آقای مهندس محسن مهجور که با شکیبایی و حمایت‌های خویش همواره مرا یاری نمودند، کمال تشکر و قدردانی قلبی را دارم و برای ایشان توفیق روزافزون را آرزومندم.

چکیده

با توجه به اهمیت و کاربردهای ویژه نانوسیم‌های آلیاژی مغناطیس-غیرمغناطیس در افزایش ذخیره‌ی اطلاعات حافظه‌های مغناطیسی عمودی و هم‌چنین در پدیده GMR، اقدام به ساخت آرایه نانوسیم‌های مغناطیسی CoZn در قالب حفره‌دار آلومینا کردیم. در این روش، ابتدا نانوحفره‌های منظم با آرایش شش‌گوشی با قطر ۳۰ نانومتر و فاصله بین حفره‌ای ۱۰۰ نانومتر، با روش آندایز دومرحله‌ای ساخته شدند. سپس نانوسیم‌های CoZn به روش الکترونهشت پالس متناوب داخل نانوحفره‌ها رشد داده شدند.

اثر زمان‌های خاموشی مختلف ۰ ، ۱۰ ، ۲۰ ، ۵۰ ، ۱۰۰ ، ۲۰۰ ، ۴۰۰ و ۶۰۰ ms و غلظت‌های مختلف ۰/۰۱۵ ، ۰/۰۳ ، ۰/۰۴۵ ، ۰/۰۶ ، ۰/۰۹ ، ۰/۱۲ و ۰/۱۵ M روی، بر خواص مغناطیسی و ساختاری و ترکیب آلیاژی نانوسیم‌های CoZn مورد بررسی قرار گرفتند. در نانوسیم‌های CoZn در هر غلظت، با افزایش زمان خاموشی (به خصوص زمان‌های خاموشی بالاتر از ۲۰۰ ms) با توجه به پدیده الکترولس، درصد کبالت در نانوسیم‌ها افزایش می‌یابد، این پدیده ما را قادر می‌سازد که در یک محلول ثابت، با تنظیم زمان خاموشی نانوسیم‌هایی با درصدهای مشخص کبالت و روی را بدست آوریم، این روش می‌تواند روش ساده و مقرون به صرفه‌ای برای بدست آوردن نانوسیم‌های چندلایه با استفاده از یک محلول ثابت باشد. با افزایش ماده مغناطیسی کبالت در نانوسیم‌های CoZn، وادارندگی و مغناطش و نسبت مربعی افزایش می‌یابند.

پس از بررسی دماهای مختلف تابکاری، عمل مهم تابکاری در دمای بهینه ۵۸۰ درجه سانتی‌گراد بر روی نانوسیم‌ها انجام شد. عمل تابکاری تاثیر چشمگیری در بهبود خواص مغناطیسی نانوسیم‌های CoZn ایجاد کرد که میزان تاثیر آن روی خواص مغناطیسی به شرایط الکترونهشت و غلظت محلول بستگی داشت طوریکه درصد افزایش مغناطش با تابکاری در نانوسیم‌های با درصد کمتر کبالت، بیشتر بود. بیشترین وادارندگی ۲۱۷۶ Oe برای نمونه‌ای در زمان خاموشی ۲۰۰ ms در غلظت ۰/۰۳ M روی و بیشترین نسبت مربعی ۰/۹۶ برای نانوسیم‌های در غلظت ۰/۰۱۵ M روی، بعد از تابکاری مشاهده شد. نتایج آنالیز پرتو اشعه X برای نانوسیم‌های CoZn ساختاری شبه آمورف همراه با ریزبلورها را نشان داد که بیان کننده‌ی این است که عامل ساختار بلوری، تاثیر مهمی را در تغییر خواص مغناطیسی ایجاد نمی‌کند.

کلمات کلیدی:

قالب حفره‌دار آلومینا، الکترونهشت پالسی، تابکاری و نانوسیم‌های مغناطیسی

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: مباحث تئوری ۱

مقدمه ۲

۱-۱-مواد مغناطیسی ۳

۱ـ۲ـ بررسی رفتار مغناطیسی مواد ۵

۱ـ۲ـ۱ـ منحنی پسماند ۵

۱ـ۲ـ۲ـ ناهمسانگردی مغناطیسی ۶

۱ـ۲ـ۲ـ۱ـ ناهمسانگردی شکلی ۷

۱ـ۲ـ۲ـ۲ـ ناهمسانگردی بلوری ۷

۱ـ۲ـ۲ـ۳ـ ناهمسانگردی تنشی ۸

۱ـ۳ـ نانوسیم‌ها و کاربردها ۸

۱ـ۴ـ نانوسیم‌های مغناطیسی و کاربردها ۹

۱ـ۴ـ۱ـ مقاومت مغناطیسی بزرگ (GMR) در نانوسیم‌های مغناطیسی ۹

۱ـ۴ـ۲ـ نانوسیم‌های مغناطیسی به عنوان محیط‌های ثبت مغناطیسی ۱۰

۱ـ۵ـ گزارشی از تحقیقات انجام شده در مورد خواص مغناطیسی نانوسیم‌های آلیاژی متشکل از مواد مغناطیسی و غیرمغناطیسی ۱۱

۱ـ۵ـ۱ـ خواص مغناطیسی نانوسیم‌های $Co_{1-x}Zn_x$ ۱۲

۱ـ۵ـ۲ـ خواص مغناطیسی نانوسیم‌های Co-Zn-P ۱۳

۱ـ۵ـ۳ـ خواص مغناطیسی نانوسیم‌های Ni-Zn ۱۵

۱ـ۵ـ۴ـ خواص مغناطیسی نانوسیم‌های Co_xPb_{1-x} ۱۷

۱ـ۵ـ۵ـ بررسی خواص مغناطیسی نانوسیم‌های $Co_{1-x}Cr_x$ ۲۰

۱ـ۵ـ۶ـ بررسی خواص مغناطیسی نانوسیم‌های Co_xPd_{1-x} ۲۲

۱ـ۵ـ۷ـ بررسی خواص مغناطیسی نانوسیم‌های $Co_{1-x}Pt_x$ ۲۵

۱ـ۵ـ۸ـ خواص مغناطیسی نانوسیم‌های $Co_{100-x}\ Sn_x$ ۲۹

۱ـ۵ـ۹ـ خواص مغناطیسی نانوسیم‌های CoCu ۳۰
فصل دوم: روش‌های ساخت نانوسیم‌ها ۳۳
۲ـ۱ـ روش‌های ساخت نانوسیم‌ها ۳۴
۲ـ۲ـ آماده کردن بستر برای آندایز ۳۵
۲ـ۳ـ فرآیند آندایز ۳۶
۲ـ۳ـ۱ـ آندایز نرم ۳۷
۲ـ۳ـ۲ـ آندایز سخت ۳۸
۲ـ۳ـ۳ـ آندایز شتابدار ۳۹
۲ـ۴ـ رابطه‌ی پارامترهای قالب آلومینا با شرایط در آندایز ۳۹
۲ـ۵ـ روش‌های انباشت در قالب آلومینای حفره‌دار ۴۲
۲ـ۶ـ انواع روش‌های الکتروانباشت ۴۲
۲ـ۶ـ۱ـ الکتروانباشت مستقیم ۴۳
۲ـ۶ـ۲ـ الکتروانباشت متناوب ۴۳
۲ـ۶ـ۳ـ الکتروانباشت پالسی ۴۴
فصل سوم: فعالیت‌های انجام شده و تحلیل نتایج ۴۵
مقدمه ۴۶
۳ـ۱ـ ساخت نانوسیم‌های Co_xZn_{1-x} ۴۷
. ۳ـ۱ـ۱ـ ساخت قالب اکسید آلومینا با روش آندایز دو مرحله‌ای ۴۷
۳ـ۱ـ۱ـ۱ـ آماده کردن نمونه‌ها برای آندایز مرحله‌ی اول ۴۷
۳ـ۱ـ۱ـ۲ـ آندایز مرحله‌ی اول ۴۹
۳ـ۱ـ۱ـ۳ـ سونش شیمیایی لایه اکسید ۵۰
۳ـ۱ـ۱ـ۴ـ آندایز مرحله‌ی دوم ۵۰
۳ـ۱ـ۱ـ۵ـ نازک سازی لایه سدی ۵۳
۳ـ۱ـ۲ـ ساخت نانوسیم‌های Co_xZn_{1-x} به روش الکتروانباشت پالس متناوب ۵۴
۳ـ۲ـ تعیین ترکیب شیمیایی و بررسی خواص مغناطیسی و اثرتابکاری بر آن در نانوسیم‌های مغناطیسی Co_xZn_{1-x} ۵۷
۳ـ۳ـ بدست آوردن دمای بهینه‌ی تابکاری ۵۹

۳ـ۴ـ تعیین خواص مغناطیسی نانوسیم‌های Co_xZn_{1-x} در غلظت ۰/۰۱۵ M با زمان خاموشی و بررسی اثر تابکاری..... ۶۱
۳ـ۵ـ تعیین ترکیب شیمیایی و خواص مغناطیسی نانوسیم‌های Co_xZn_{1-x} در غلظت ۰/۰۳ M روی با زمان خاموشی و بررسی اثر تابکاری..... ۶۵
۳ـ۶ـ تعیین ترکیب شیمیایی و خواص مغناطیسی نانوسیم‌های Co_xZn_{1-x} در غلظت ۰/۰۴۵ M روی با زمان خاموشی و بررسی اثر تابکاری..... ۷۰
۳ـ۷ـ تعیین خواص مغناطیسی نانوسیم‌های Co_xZn_{1-x} در غلظت ۰/۰۶ M روی با زمان خاموشی و بررسی اثر تابکاری..... ۷۴
۳ـ۸ـ تعیین ترکیب شیمیایی و خواص مغناطیسی نانوسیم‌های Co_xZn_{1-x} در غلظت ۰/۰۹ M روی با زمان خاموشی و بررسی اثر تابکاری..... ۷۹
۳ـ۹ـ تعیین ترکیب شیمیایی و خواص مغناطیسی نانوسیم‌های Co_xZn_{1-x} در غلظت ۰/۱۲ M روی با زمان خاموشی و بررسی اثر تابکاری..... ۸۷
۳ـ۱۰ـ تعیین ترکیب شیمیایی و خواص مغناطیسی نانوسیم‌های Co_xZn_{1-x} در غلظت ۰/۱۵ M روی با زمان خاموشی و بررسی اثر تابکاری..... ۹۱
۳ـ۱۱ـ جمع بندی کلی نتایج آنالیز EDS و مغناطیسی نانوسیم‌های Co_xZn_{1-x} در همه‌ی غلظت‌ها قبل و بعد از تابکاری..... ۹۵
۳ـ۱۲ـ تعیین ترکیب شیمیایی و خواص مغناطیسی نانوسیم‌های Co_xZn_{1-x} در زمان خاموشی ۰ ms (ac) با غلظت روی و بررسی اثر تابکاری..... ۹۹
۳ـ۱۳ـ تعیین ترکیب شیمیایی و خواص مغناطیسی نانوسیم‌های Co_xZn_{1-x} در زمان خاموشی ۲۰۰ ms با غلظت روی و بررسی اثر تابکاری..... ۱۰۲
۳ـ۱۴ـ نتایج حاصل از پراش اشعه‌ی X..... ۱۰۴
نتیجه گیری..... ۱۱۱
فهرست منابع..... ۱۱۴

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل (۱-۱) : طرحی از رفتار ماده فرومغناطیس در a) غیاب و b) حضور میدان مغناطیسی ...۴

شکل (۱-۲) : نمونه ای از یک حلقه‌ی پسماندمغناطیسی و پارامترهای مغناطیسی متناظر.....۵

شکل (۱-۳) : تصویر SEM از قالب اکسید آلومینیوم ۱۲

شکل (۱-۴) : الگوی پراش اشعه X نانوسیم های $Co_{1-x}Zn_x$ با ترکیبات مختلف ۱۲

شکل (۱-۵) : حلقه های پسماندمغناطیسی نانوسیم‌های $Co_{.۷۴}Zn_{.۲۶}$.....۱۳

شکل (۱-۶) : تغییرات وادارندگی و نسبت مربعی در حالت موازی نسبت به ترکیب نانوسیم‌های $Co_{1-x}Zn_x$ ۱۳

شکل (۱-۷) : الگوی پراش اشعه X برای نانوسیم‌های Co-Zn-P.....۱۴

شکل (۱-۸) : حلقه های پسماند نانوسیم‌های Co-Zn-P درمیدان موازی و عمود با محور سیم..۱۴

شکل (۱-۹) : تصویر SPM از قالب اکسیدآلومینیوم ۱۵

شکل (۱-۱۰) : الگوی XRD نانوسیم‌ها در پتانسیل‌های مختلف :(a) ۰.۹ V- (b) ۱.۱۲ V- (c) ۱.۲۴ V- (d) ۱.۳۵ V- (e) ۱.۴۶ V-.....۱۵

شکل (۱-۱۱) : حلقه‌های پسماند آرایه نانوسیم‌ها در پتانسیل (a) ۰.۹ V- (b) ۱.۳۵ V-.....۱۶

شکل (۱-۱۲) : تغییرات وادارندگی و مغناطش اشباع نسبت به پتانسیل الکترونهشت درآرایه نانوسیم‌های NiZ.....۱۶

شکل (۱-۱۳) : الگوی XRD نانوسیم‌های Co_xPb_{1-x} با ترکیبات مختلف کبالت ۱۷

شکل (۱-۱۴) : تغییرات وادارندگی نسبت به درصد کبالت ۱۷

شکل (۱-۱۵) : تغییرات وادارندگی در دماهای مختلف تابکاری ۱۸

شکل (۱-۱۶) : الگوی XRD برای نمونه‌های تابکاری شده در $۷۰۰^{o}C$ (a) Co (b) $Co_{82}\ Pb_{18}$ (c) $Co_{48}\ Pb_{52}$.....۱۹

شکل (۱-۱۷) : حلقه‌های پسماند نانوسیم‌های (a) Co (b) $Co_{48}\ Pb_{52}$ ۱۹

شکل (۱-۱۸) : حلقه‌های پسماند نمونه‌ها در حالت میدان موازی (a) قبل (b) بعد از تابکاری.۲۰

شکل (۱-۱۹) : تغییرات درصد اتمی کبالت و کروم در نانوسیم‌ها برحسب پتانسیل الکترونهشت..... ۲۰
شکل (۱-۲۰) : الگوی پراش اشعه X نانوسیم‌های $Co_{80}Cr_{20}$ (a) قبل از تابکاری (b) تابکاری در ۵۵۰ (c)۶۰۰ (d)۶۵۰ (e)۷۰۰ (f) ۸۰۰ ^{o}c ۲۱
شکل (۱-۲۱) : تغییرات (a) وادارندگی (b) نسبت مربعی نسبت به دماهای مختلف تابکاری... ۲۱
شکل (۱-۲۲) : پراش اشعه x نانوسیم‌های (a) $Co_{0.85}Pd_{0.15}$ (b) $Co_{0.73}Pd_{0.26}$ (c) $Co_{0.64}Pd_{0.36}$ (d) $Co_{0.49}Pd_{0.51}$ (e) $Co_{0.37}Pd_{0.63}$ ۲۲
شکل (۱-۲۳) : حلقه‌های پسماند نانوسیم‌های$Co_{0.73}Pd_{0.27}$ دردو دمای مختلف..... ۲۳
شکل (۱-۲۴) : حلقه‌های پسماند (a) نانوسیم‌های Co (b) نانوسیم‌های$Co_{0.97}Pd_{0.03}$..... ۲۴
شکل (۱-۲۵) : الگوی پراش اشعهx نانوسیم‌های (a) Co (b) $Co_{0.97}Pd_{0.03}$ ۲۴
شکل (۱-۲۶) : الگوی XRD نانوسیم‌های (a) $Co_{51}Pt_{49}$ (b) $Co_{33}Pt_{67}$ (c) $Co_{22}Pt_{78}$ ۲۵
شکل (۱-۲۷) : حلقه‌های پسماند نانوسیم‌های $Co_{51}Pt_{49}$ (a) در حالت موازی و عمود با محور سیم (b) قبل و بعد از تابکاری در دو دمای ۴۰۰ و^{o}c ۶۰۰ ..... ۲۶
شکل(۱-۲۸) : حلقه‌های پسماند نانوسیم‌های $Co_{33}Pt_{67}$ قبل و بعد از تابکاری دردو دمای ۴۰۰ و ۶۰۰^{o}C ۲۷
شکل (۱-۲۹) : عکس AFM از قالب اکسید آلومینا ۲۷
شکل (۱-۳۰) : الگوی پراش اشعه X آرایه‌ی نانوسیم $Co_{0.71}Pt_{0.29}$ (a) قبل (b) بعد از تابکاری در ۷۰۰^{o}C ۲۸
شکل (۱-۳۱) : حلقه های پسماند آرایه‌ی نانوسیم $Co_{0.71}Pt_{0.29}$ (a) قبل (b) بعد از تابکاری در ۷۰۰^{o}c ۲۸
شکل (۱-۳۲) : الگوی XRD نانوسیم‌های $Co_{100-x}Sn_x$ با ۱۶/۹ ، ۸/۲ ، X=۲/۴..... ۲۹
شکل (۱-۳۳) : تغییرات وادارندگی و نسبت مربعی در نانوسیم‌های $Co_{100-x}Sn_x$ نسبت به درصد Sn ۳۰
شکل (۱-۳۴) : حلقه‌های پسماند نانوسیم‌های$Co_{100-x}Sn_x$ با X=۸/۲..... ۳۰
شکل (۱-۳۵) : الگوی پراش اشعه X نانوسیم‌های Co-Cu در دمای اتاق و دماهای مختلف تابکاری ۳۱
شکل (۱-۳۶) : تغییرات وادارندگی نانوسیم‌های Co-Cu نسبت به دماهای مختلف تابکاری..... ۳۱
شکل (۱-۳۷) : تغییرات مغناطش نانوسیم‌های Co-Cu نسبت به دماهای مختلف تابکاری..... ۳۲

شکل (۲-۱) : منحنی جریان آندایز بر حسب زمان.....۳۶
شکل (۲-۲) : نمایی از قسمت‌های تشکیل دهنده‌ی قالب اکسید آلومینیوم آندی.....۳۷
شکل (۲-۳) : مراحل آندایز نرم.....۳۸
شکل (۲-۴) : طرحی از شاخه شاخه شدن نانوحفره ها در فرایند آندایز غیر تعادلی.....۴۱
شکل (۲-۵) : نمودار جریان و ولتاژ بر حسب زمان در نازک سازی لایه سدی به روش آندایز غیرتعادلی.....۴۱
شکل (۲-۶) : نمونه ای از شکل موج ولتاژ پالس سینوسی و جریان متناظر با آن با زمان کاهش-اکسایش ۵ ms و زمان خاموشی ۵۰ ms در الکتروانباشت پالسی.....۴۴
شکل (۳-۱) : تصویر سامانه مورد استفاده جهت الکتروپولیش.....۴۸
شکل (۳-۲) : تصویر سامانه استفاده شده جهت آندایز مرحله اول.....۴۹
شکل (۳-۳) : نمودار جریان آندایز مرحله دوم ثبت شده نسبت به زمان.....۵۰
شکل (۳-۴) : تصویر SPM از سطح آلومینای حفره دار پس از آندایز مرحله دو.....۵۱
شکل (۳-۵) : تصویر SPM در نمایی نزدیک‌تر از سطح آلومینای حفره دار پس از آندایز مرحله دو ۵۱
شکل (۳-۶) : تصویر SPM سه بعدی در نمایی نزدیک‌تر از سطح آلومینای حفره دار پس از آندایز مرحله دو.....۵۲
شکل (۳-۷) : تصویر SEM از سطح آلومینای حفره‌دار پس از آندایز مرحله دو.....۵۲
شکل (۳-۸) : تصویر SEM از سطح مقطع عرضی آلومینای حفره دار پس از آندایز مرحله دو.....۵۳
شکل (۳-۹) : نمودار جریان و ولتاژ بر حسب زمان در مرحله‌ی نازک سازی لایه سدی.....۵۴
شکل (۳-۱۰) : نمودار جریان و ولتاژ با پتانسیل کاهش/اکسایش ۱۸ V ، زمان کاهش/اکسایش ۵ ms و زمان خاموشی ۱۰ ms نسبت به زمان در الکترونهشت پالس متناوب.....۵۶
شکل (۳-۱۱) : نمودار جریان و ولتاژ با پتانسیل کاهش/اکسایش ۱۸ V ، زمان کاهش/اکسایش ۵ ms و زمان خاموشی ۲۰۰ ms نسبت به زمان در الکترونهشت پالس متناوب.....۵۶
شکل (۳-۱۲) : تصویر SEM از نانوسیم‌های CoZn ۵۷
شکل (۳-۱۳) : حلقه های پسماند نانوسیم های CoZn با غلظت ۰/۰۳ M روی در زمان خاموشی ۵۰ ms (a) قبل از تابکاری (b) تابکاری در ۳۰۰ (c) ۴۰۰ (d) ۴۸۰ (e) ۵۸۰ (f) ۶۵۰°C.....۵۹و۶۰

شکل (۳-۱۴) : نمودار تغییر مغناطش اشباع بر واحد سطح نسبت به زمان‌های خاموشی مختلف قبل و بعد از تابکاری مربوط به نانوسیم های CoZn با غلظت Zn=۰/۰۱۵ M و Co=۰/۳ ..... ۶۲
شکل (۳-۱۵) : نمودار تغییر وادارندگی نسبت به زمان های خاموشی مختلف قبل و بعد از تابکاری مربوط به نانوسیم های CoZn با غلظت Zn=۰/۰۱۵ M و Co=۰/۳ M ۶۲
شکل (۳-۱۶) : نمودار تغییر نسبت مربعی نسبت به زمان های خاموشی مختلف قبل و بعد از تابکاری مربوط به نانوسیم های CoZn با غلظت Zn=۰/۰۱۵ M و Co=۰/۳ M ۶۳
شکل (۳-۱۷) : حلقه های پسماند نانوسیم های CoZn با غلظت ۰/۰۱۵ M روی در زمان خاموشی ۴۰۰ ms قبل و بعد از تابکاری ۶۴
شکل (۳-۱۸) : نمودار تغییر درصد اتمی کبالت در نانوسیم های CoZn نسبت به زمان های خاموشی مختلف در غلظت Zn=۰.۰۳ M و Co=۰.۳ M ۶۶
شکل (۳-۱۹) : نمودار تغییر مغناطش اشباع بر واحد سطح نسبت به زمان های خاموشی مختلف قبل و بعد از تابکاری مربوط به نانوسیم های CoZn با غلظت Zn=۰/۰۳ M و Co=۰/۳ M ۶۷
شکل (۳-۲۰) : نمودار تغییر وادارندگی نسبت به زمان های خاموشی مختلف قبل و بعد از تابکاری مربوط به نانوسیم های CoZn با غلظت Zn=۰.۰۳ M و Co=۰.۳ M ۶۸
شکل (۳-۲۱) : نمودار تغییر نسبت مربعی نسبت به زمان های خاموشی مختلف قبل و بعد از تابکاری مربوط به نانوسیم های CoZn با غلظت Zn=۰/۰۳ M و Co=۰/۳ M ۶۸
شکل (۳-۲۲) : آنالیز EDS مربوط به نمونه ای با غلظت Zn=۰/۰۳ M و Co=۰/۳ M در زمان خاموشی ۵۰ ms ۶۹
شکل (۳-۲۳) : حلقه های پسماند نانوسیم های CoZn با غلظت ۰/۰۳ M روی قبل و بعد از تابکاری در زمان های خاموشی (a) ۱۰۰ ms (b) ۴۰۰ ms ۶۹
شکل (۳-۲۴) : نمودار تغییر درصد اتمی کبالت در نانوسیم های CoZn نسبت به زمان های خاموشی مختلف در غلظت Zn=۰/۰۴۵ M و Co=۰/۳ M ۷۱
شکل (۳-۲۵) : نمودار تغییر مغناطش اشباع بر واحد سطح نسبت به زمان های خاموشی مختلف قبل و بعد از تابکاری مربوط به نانوسیم های CoZn با غلظت Zn=۰/۰۴۵ M و Co=۰/۳ M ۷۲

شکل (۳-۲۶) : نمودار تغییر وادارندگی نسبت به زمان های خاموشی مختلف قبل و بعد از تابکاری مربوط به نانوسیم های CoZn با غلظت Zn=۰/۴۵. M و Co=۰/۳ M..... ۷۲
شکل (۳-۲۷) : نمودار تغییر نسبت مربعی نسبت به زمان های خاموشی مختلف قبل و بعد از تابکاری مربوط به نانوسیم های CoZn با غلظت Zn=۰/۰۴۵ M و Co=۰/۳ M..... ۷۳
شکل (۳-۲۸) : حلقه های پسماند نانوسیم های CoZn با غلظت ۰/۰۴۵ M روی در سه زمان خاموشی ۲۰۰ ، ۴۰۰ و ۶۰۰ ms (a) قبل از تابکاری (b) بعد از تابکاری..... ۷۳
شکل (۳-۲۹) : حلقه های پسماند نانوسیم های CoZn با غلظت ۰/۰۴۵ M روی قبل و بعد از تابکاری در زمان های خاموشی ۵۰ ms (a) ۴۰۰ ms (b) ۶۰۰ ms (c)..... ۷۴
شکل (۳-۳۰) : نمودار تغییر مغناطش اشباع بر واحد سطح نسبت به زمان های خاموشی مختلف قبل و بعد از تابکاری مربوط به نانوسیم های CoZn با غلظت Zn=۰/۰۶ M و Co=۰/۳ M..... ۷۶
شکل (۳-۳۱) : نمودار تغییر وادارندگی نسبت به زمان های خاموشی مختلف قبل و بعد از تابکاری مربوط به نانوسیم های CoZn با غلظت Zn=۰/۰۶ M و Co=۰/۳ M..... ۷۷
شکل (۳-۳۲) : نمودار تغییر نسبت مربعی نسبت به زمان های خاموشی مختلف قبل و بعد از تابکاری مربوط به نانوسیم های CoZn با غلظت Zn=۰/۰۶ M و Co=۰/۳ M..... ۷۷
شکل (۳-۳۳) : آنالیز EDS مربوط به نمونه ای با غلظت Zn=۰/۰۶ M و Co=۰/۳ M در زمان خاموشی ۱۰۰ ms..... ۷۸
شکل (۳-۳۴) : حلقه های پسماند نانوسیم های CoZn با غلظت ۰/۰۶ M روی قبل و بعد از تابکاری در زمان های خاموشی ۱۰ ms (a) ۶۰۰ ms (b)..... ۷۸
شکل (۳-۳۵) : حلقه های پسماند نانوسیم های CoZn با غلظت ۰/۰۶ M روی در سه زمان خاموشی ۲۰ ، ۲۰۰ و ۶۰۰ ms..... ۷۹
شکل (۳-۳۶) : نمودار تغییر درصد اتمی کبالت در نانوسیم های CoZn نسبت به زمان های خاموشی مختلف در غلظت Zn=۰/۰۹ M و Co=۰/۳ M..... ۸۰
شکل (۳-۳۷) : نمودار تغییر مغناطش اشباع بر واحد سطح نسبت به زمان های خاموشی مختلف قبل و بعد از تابکاری مربوط به نانوسیم های CoZn با غلظت Zn=۰/۰۹ M و Co=۰/۳ M..... ۸۱
شکل (۳-۳۸) : نمودار تغییر وادارندگی نسبت به زمان های خاموشی مختلف قبل و بعد از تابکاری مربوط به نانوسیم های CoZn با غلظت Zn=۰/۰۹ M و Co=۰/۳ M..... ۸۱

شکل (۳-۳۹) : نمودار تغییر نسبت مربعی نسبت به زمان های خاموشی مختلف قبل و بعد از تابکاری مربوط به نانوسیم های CoZn با غلظت Zn=۰/۰۹ M و Co=۰/۳ M.....۸۲
شکل (۳-۴۰) : حلقه های پسماند نانوسیم های CoZn با غلظت ۰/۰۹ M روی قبل و بعد از تابکاری در زمان های خاموشی (a) ۲۰ (b) ۱۰۰ (c) ۲۰۰ (d) ۴۰۰ (e) ۶۰۰ ms.....۸۲و۸۳
شکل (۳-۴۱) : حلقه های پسماند بعد از تابکاری نانوسیم های CoZn با غلظت ۰/۰۹ M روی در زمان‌های خاموشی (a) ۰ ، ۱۰ ، ۲۰ ، ۵۰ (b) ۱۰۰ ، ۲۰۰ ، ۴۰۰ و ۶۰۰ ms.....۸۴
شکل (۳-۴۲) : حلقه های پسماند بعد از تابکاری نانوسیم های CoZn در زمان خاموشی ms ۲۰۰ در غلظت‌های مختلف روی.....۸۵

شکل (۳-۴۳) : حلقه های پسماند نانوسیم های CoZn با غلظت M ۰/۰۹ روی در زمان خاموشی ms ۲۰۰ (a) قبل از تابکاری (b) تابکاری در ۲۷۰ (c) ۳۲۰ (d) ۳۷۰ (e) ۴۲۰ (f) ۵۸۰°c ۸۶
شکل (۳-۴۴) : نمودار تغییر مغناطش اشباع بر واحد سطح نسبت به زمان های خاموشی مختلف قبل و بعد از تابکاری مربوط به نانوسیم های CoZn با غلظت Zn=۰/۱۲ M و Co=۰/۳ M.....۸۸
شکل (۳-۴۵) : نمودار تغییر وادارندگی نسبت به زمان های خاموشی مختلف قبل و بعد از تابکاری مربوط به نانوسیم های CoZn با غلظت Zn=۰/۱۲ M و Co=۰/۳ M.....۸۸
شکل (۳-۴۶) : نمودار تغییر نسبت مربعی نسبت به زمان های خاموشی مختلف قبل و بعد از تابکاری مربوط به نانوسیم های CoZn با غلظت Zn=۰/۱۲ M و Co=۰/۳ M.....۸۹
شکل (۳-۴۷) : حلقه های پسماند نانوسیم های CoZn با غلظت ۰/۱۲ M روی در زمان خاموشی ۰ms (ac) قبل و بعد از تابکاری.....۹۰
شکل (۳-۴۸) : حلقه های پسماند بعد از تابکاری نانوسیم های CoZn با غلظت ۰/۱۲ M روی در سه زمان خاموشی ۱۰۰ ، ۴۰۰ و ۶۰۰ ms.....۹۰
شکل (۳-۴۹) : نمودار تغییر درصد اتمی کبالت در نانوسیم های CoZn نسبت به زمان های خاموشی مختلف در غلظت Zn=۰/۱۵ M و Co=۰/۳ M.....۹۲
شکل (۳-۵۰) : نمودار تغییر مغناطش اشباع بر واحد سطح نسبت به زمان های خاموشی مختلف قبل و بعد از تابکاری مربوط به نانوسیم های CoZn با غلظت Zn=۰/۱۵ M و Co=۰/۳ M.....۹۲

شکل (۳-۵۱) : نمودار تغییر وادارندگی نسبت به زمان های خاموشی مختلف قبل و بعد از تابکاری مربوط به نانوسیم های CoZn با غلظت Zn=۰/۱۵ M و Co=۰/۳ M.....۹۳
شکل (۳-۵۲) : نمودار تغییر نسبت مربعی نسبت به زمان های خاموشی مختلف قبل و بعد از تابکاری مربوط به نانوسیم های CoZn با غلظت Zn=۰/۱۵ M و Co=۰/۳ M.....۹۳
شکل (۳-۵۳) : حلقه های پسماند نانوسیم های CoZn با غلظت ۰/۱۵ M روی در زمان خاموشی ۶۰۰ ms قبل و بعد از تابکاری.....۹۴
شکل (۳-۵۴) : آنالیز EDS مربوط به نمونه ای با غلظت Zn=۰/۱۵ M و Co=۰/۳ M در زمان خاموشی ۲۰ ms.....۹۵
شکل (۳-۵۵) : نمودار تغییر (a) مغناطش اشباع بر واحد سطح (b) درصد اتمی کبالت در نانوسیم‌های CoZn نسبت به زمان‌های خاموشی مختلف در غلظت‌های مختلف روی.....۹۵
شکل (۳-۵۶) : نمودار تغییر (a) وادارندگی (b) نسبت مربعی نسبت به زمان‌های خاموشی مختلف در نانوسیم‌های CoZn در غلظت‌های ۰/۰۱۵ و ۰/۰۳ M روی.....۹۶
شکل (۳-۵۷) : نمودار تغییر (a) وادارندگی (b) نسبت مربعی نسبت به زمان‌های خاموشی مختلف در نانوسیم‌های CoZn در غلظت‌های ۰/۰۴۵ ، ۰/۰۶ ، ۰/۰۹ ، ۰/۱۲ و ۰/۱۵ M روی.....۹۷
شکل (۳-۵۸) : نمودار تغییر مغناطش اشباع بر واحد سطح نسبت به زمان‌های خاموشی مختلف در نانوسیم‌های CoZn در غلظت‌های مختلف روی(a) قبل (b) بعد از تابکاری.....۹۷
شکل(۳-۵۹) : نمودار تغییر وادارندگی نسبت به زمان‌های خاموشی مختلف در نانوسیم‌های CoZn در غلظت‌های مختلف روی(a) قبل (b) بعد از تابکاری.....۹۸
شکل (۳-۶۰) : نمودار نسبت مربعی نسبت به زمان‌های خاموشی مختلف در نانوسیم‌های CoZn در غلظت‌های مختلف روی(a) قبل (b) بعد از تابکاری.....۹۸
شکل (۳-۶۱) : نمودار تغییر درصد اتمی کبالت در نانوسیم‌های CoZn نسبت به غلظت‌های مختلف روی در زمان خاموشی ۰ ms (ac).....۱۰۰
شکل (۳-۶۲) : نمودار تغییر مغناطش اشباع بر واحد سطح نسبت به غلظت‌های مختلف روی قبل و بعد از تابکاری مربوط به نانوسیم های CoZn در زمان خاموشی ۰ ms (ac).....۱۰۰
شکل (۳-۶۳) : نمودار تغییر وادارندگی نسبت به غلظت‌های مختلف روی قبل و بعد از تابکاری مربوط به نانوسیم های CoZn در زمان خاموشی ۰ ms (ac).....۱۰۰

شکل (۳-۶۴) : نمودار تغییر نسبت مربعی نسبت به غلظت‌های مختلف روی قبل و بعد از تابکاری مربوط به نانوسیم های CoZn در زمان خاموشی ۰ ms (ac).....۱۰۱
شکل (۳-۶۵) : حلقه های پسماند قبل از تابکاری نانوسیم های CoZn در زمان خاموشی ۰ms (ac) در غلظت‌های مختلف روی.....۱۰۱
شکل (۳-۶۶) : حلقه های پسماند بعد از تابکاری نانوسیم های CoZn در زمان خاموشی ۰ ms (ac) در سه غلظت ۰/۰۱۵ ، ۰/۰۳ و ۰/۰۴۵ M روی.....۱۰۲
شکل (۳-۶۷) : نمودار تغییر مغناطش اشباع بر واحد سطح نسبت به غلظت‌های مختلف روی قبل و بعد از تابکاری مربوط به نانوسیم های CoZn در زمان خاموشی ۲۰۰ ms.....۱۰۲
شکل (۳-۶۸) : نمودار تغییر وادارندگی نسبت به غلظت‌های مختلف روی قبل و بعد از تابکاری مربوط به نانوسیم های CoZn در زمان خاموشی ۲۰۰ ms.....۱۰۳
شکل (۳-۶۹) : نمودار تغییر نسبت مربعی نسبت به غلظت‌های مختلف روی قبل و بعد از تابکاری مربوط به نانوسیم های CoZn در زمان خاموشی ۲۰۰ ms.....۱۰۳
شکل (۳-۷۰) : حلقه های پسماند نانوسیم های CoZn در زمان خاموشی ۲۰۰ ms در سه غلظت ۰/۰۱۵ ، ۰/۰۳ و ۰/۰۴۵ M (a) قبل و (b) بعد از تابکاری.....۱۰۴
شکل (۳-۷۱) : الگوی پراش اشعه X نانوسیم‌های CoZn با غلظت ۰/۰۶ M روی در دو زمان خاموشی ۱۰ و ۶۰۰ ms (a) قبل و (b) بعد از تابکاری.....۱۰۵
شکل (۳-۷۲) : الگوی پراش اشعه X نانوسیم های CoZn با غلظت ۰/۱۲ M روی در دو زمان خاموشی ۵۰ و ۶۰۰ ms.....۱۰۶
شکل (۳-۷۳) : الگوی پراش اشعه X نانوسیم‌های CoZn با غلظت ۰/۰۹ M روی در دو زمان خاموشی ۵۰ و ۶۰۰ ms (a) قبل و (b) بعد از تابکاری.....۱۰۷
شکل (۳-۷۴) : الگوی پراش اشعه X نانوسیم های CoZn با غلظت ۰.۰۹ M روی در زمان خاموشی ۰ ms (ac) قبل و بعد از تابکاری.....۱۰۷
شکل (۳-۷۵) : الگوی پراش اشعه X نانوسیم های CoZn با غلظت ۰/۰۳ M روی در زمان خاموشی ۵۰ ms قبل و بعد از تابکاری.....۱۰۸
شکل (۳-۷۶) : الگوی پراش اشعه X نانوسیم های CoZn با غلظت ۰/۰۶ M روی در زمان خاموشی ۵۰ ms قبل و بعد از تابکاری.....۱۰۸
شکل (۳-۷۷) : الگوی پراش اشعه X نانوسیم های CoZn بعد از تابکاری با زمان خاموشی ۰ ms (ac) در دو غلظت ۰/۰۳ و ۰/۰۹ M روی.....۱۰۹

شکل (۳-۷۸) : الگوی پراش اشعه X نانوسیم های CoZn قبل از تابکاری با زمان خاموشی ms ۵۰ در غلظت‌های ۰/۰۱۵ ، ۰/۰۳ ، ۰/۰۴۵ ، ۰/۰۶ و ۰/۰۹ M روی..... ۱۱۰
شکل (۳-۷۹) : الگوی پراش اشعه X نانوسیم های CoZn بعد از تابکاری با زمان خاموشی ms ۵۰ در غلظت‌های ۰/۰۳ ، ۰/۰۶ و ۰/۰۹ M روی..... ۱۱۰

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

جدول (۳-۱) : نتایج آنالیز مغناطیسی نانوسیم های CoZn با غلظت Zn=۰/۰۱۵ M و Co=۰/۳ M در زمان‌های خاموشی مختلف با شرایط زمان کاهش/اکسایش ۵ ms و ولتاژ کاهش/اکسایش ۱۸ V قبل و بعد از تابکاری..... ۶۱

جدول (۳-۲) : نتایج آنالیز مغناطیسی و EDS نانوسیم های CoZn با غلظت Zn=۰/۰۳ M و Co=۰/۳ M در زمان‌های خاموشی مختلف با شرایط زمان کاهش/اکسایش ۵ mS و ولتاژ کاهش/اکسایش ۱۸ V قبل و بعد از تابکاری..... ۶۵

جدول (۳-۳) : نتایج آنالیز مغناطیسی و EDS نانوسیم های CoZn با غلظت Zn=۰/۰۴۵ M و Co=۰/۳ M در زمان‌های خاموشی مختلف با شرایط زمان کاهش/اکسایش ۵ ms و ولتاژ کاهش/اکسایش ۱۸ V قبل و بعد از تابکاری..... ۷۰

جدول (۳-۴) : نتایج آنالیز مغناطیسی نانوسیم های CoZn با غلظت Zn=۰/۰۶ M و Co=۰/۳ M در زمان‌های خاموشی مختلف با شرایط زمان کاهش/اکسایش ۵ ms و ولتاژ کاهش/اکسایش ۱۸ V قبل و بعد از تابکاری..... ۷۵

جدول (۳-۵) : نتایج آنالیز مغناطیسی و EDS نانوسیم های CoZn با غلظت Zn=۰/۰۹ M و Co=۰/۳ M در زمان‌های خاموشی مختلف با شرایط زمان کاهش/اکسایش ۵ ms و ولتاژ کاهش/اکسایش ۱۸ V قبل و بعد از تابکاری..... ۸۰

جدول (۳-۶) : نتایج آنالیز مغناطیسی و EDS نانوسیم های CoZn با غلظت Zn=۰/۱۲ M و Co=۰/۳ M در زمان‌های خاموشی مختلف با شرایط زمان کاهش/اکسایش ۵ ms و ولتاژ کاهش/اکسایش ۱۸ V قبل و بعد از تابکاری..... ۸۷

جدول (۳-۷) : نتایج آنالیز مغناطیسی و EDS نانوسیم های CoZn با غلظت Zn=۰.۱۵ M و Co=۰.۳ M در زمان‌های خاموشی مختلف با شرایط زمان کاهش/اکسایش ۵ ms و ولتاژ کاهش/اکسایش ۱۸ V قبل و بعد از تابکاری..... ۹۱

فهرست علائم اختصارات

نیروی وادارندگی در راستای محور سیم	H_c (coercivity)
مغناطش	M (magnetization)
مغناطش اشباع	M_s (saturation magnetization)
مربعی بودن	S (squareness)
اسیدیته	pH
زمان کاهش	t_{red} (reduction time)
زمان اکسایش	t_{oxi} (oxidation time)
زمان خاموشی	t_{off} (off time)
ولتاژ کاهش	V_{red} (reduction voltage)
ولتاژ اکسایش	V_{oxi} (oxidation voltage)