بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه کردستان

دانشکده‌علوم

گروه فیزیک

عنوان:

ساخت نانوسیم‌های کبالت-آهن-روی و مطالعه اثر اضافه کردن روی بر خواص مغناطیسی این نانوسیم‌ها

پژوهشگر:

فریبا زلفی

استاد راهنما:

دکتر سعید سلطانیان

دکتر زهرا عالمی‌پور

استاد مشاور:

مهندس علی آفتابی

پایان نامه کارشناسی ارشد رشته فیزیک گرایش حالت جامد

تیرماه ۱۳۹۰

کلیه حقوق مادی و معنوی مترتب بر نتایـج مطالعات،

ابتکارات و نوآوری های ناشی از تحقیق موضوع

این پایان‌نامه (رسـاله) متعلق به دانشـگاه کردستان

است.

تعهد نامه

اینجانب فریبا زلفی دانشجوی کارشناسی ارشد رشته فیزیک گرایش حالت جامد دانشگاه کردستا ن، دانشکده علوم پایه گروه فیزیک تعهد می نمایم که محتوای این پایان نامه نتیجه تلاش و تحقیقات خود بوده و از جایی کپی برداری نشده و به پایان رسانیدن آن نتیجه تلاش و مطالعات مستمر اینجانب و راهنمایی و مشاوره اساتید بوده است.

با تقدیم احترام

فریبا زلفی

۱۳۹۰/۴/۱۹

تقدیم به پدر و مادر بزرگوارم

آرزویم آنکه: تمامی نیتهایتان به اجابتی سبز برسد.

تمنایم آنکه: محتاجم به دعای همیشگی تان.

و امیدم آنکه: پاسخی باشم در برابر خوبی های ابدیتان.

تقدیم به معلم دلسوزم خانم گیتی افروز درود

به پاس عاطفه سرشار و گرمای امیدبخش و جودشان که در سردترین روزگاران بهترین پشتیبان من بودند.

قدر دانی و تشکر

بر خود واجب می دانم از زحمات بی دریغ و دلسوزانه ی اساتید محترم جناب آقای دکتر سعید سلطانیان و خانم دکتر زهرا عالمی پور و همچنین از استاد مشاورم آقای علی آفتابی تشکر و قدر دانی نمایم.

از خانواده‌ام که همیشه در لحظات سختی پشتیبانم بودند . از معلم مهربانم خانم درود که در طول تحصیلاتم مشوق و حامیم بودند . از دوستان خوبم سمیرا منصوری، الهام حاجیان، غزاله علیپور و خدیجه احمدیان که لحظات خوشی را با آنان سپری کردم . از دوستان آزمایشگاهیم سمیه قادری، نسیم رستگار، ابوالقاسم محمدی و محسن حسام که در این مدت کمکم کردند . از تمامی این عزیزان نهایت تشکر دارم.

چکیده

در این پایان‌نامه ابتدا قالب‌های اکسید آلومینای آندی به روش آندایز دو مرحله ای ساخته می‌شوند. آندایز در دو مرحله‌ی ۱۵ و ۱ ساعته در شرایط یکسان، دمای ۱۷ درجه‌ی سانتیگراد و ولتاژ ٤٠ ولت، انجام می‌شود. با این روش قالب هایی با حفره های استوانه‌ای با قطر متوسط ۳۷ نانومتر و فاصله متوسط بین حفره‌ای ۷۰ نانومتر ساخته می‌شوند. سپس با استفاده از این قالب ها، آرایه ای از نانوسیم‌های $(Fe_{30}Co_{70})_{100-x}Zn_x$، برای مقادیر $0 \leq X \leq 10$، به روش الکتروانباشت جریان متناوب ساخته و اثرات اضافه کردن Zn بررسی می شوند. نمونه‌ها به وسیله ی دستگاه های میکروسکوپ الکترونی روبشی(SEM)، میکروسکوپ نیروی اتمی (AFM)، طیف‌سنجی پراش اشعه ایکس(XRD)، طیف‌سنجی پراکندگی انرژی اشعه ایکس (EDX) و مغناطوسنج‌ی نیروی گرادیان متناوب (AGFM) اندازه‌گیری می‌شوند.

تابکاری (عملیات حرارتی) در دماهای مختلف بر روی نانوسیم‌های ساخته شده انجام می‌شود. تغییرات خواص مغناطیسی و ساختار بلوری قبل و بعد از عملیا ت حرارتی مورد مطالعه قرار می‌گیرد. برخی از پارامترهای مهم انباشت مانند تغییر غلظت الکترولیت (تغییر درصد مولی ر وی)، زمان انباشت، فرکانس انباشت در ساخت نانوسیم $Fe_{37.2}Co_{53.2}Zn_{9.2}$ بررسی می‌شوند.

در نتیجه‌گیری کلی می‌توان گفت با افزایش درصد مولی روی به دلیل افزایش اتم‌های غیرمغناطیسی در نانوسیم خواص مغناطیسی کاهش می‌یابد. عملیات حرارتی باعث آزاد شدن تنش های شبکه‌ی بلوری شده و لذا خواص مغناطیسی افزایش می یابد. میدان وادارندگی و نسبت مربعی نانوسیم $Fe_{37.2}Co_{53.2}Zn_{9.2}$ پس از عملیات حرارتی در دمای ۵۷۵ درجه سلسیوس از ۵۵۰ اورستد و ۰/٦٦ به ۲٦۷۰ اورستد و ۰/۸۹ تغییر پیدا می‌کند. به علت میدان وادارندگی بالا و نسبت مربعی نزدیک به یک، نانوسیم

$Fe_{37.2}Co_{53.2}Zn_{9.2}$ تابکاری شده در دمای ۵۷۵ درجه سلسیوس می‌تواند نامزد مناسبی برای ساخت حافظه‌های مغناطیسی باشد.

کلمات کلیدی : نانوسیم‌های آلیاژی کبالت- آهن-روی، اکسید آلومینای آندی، الکتروانباشت جریان متناوب، میدان وادارندگی، نسبت مربعی بودن

فهرست مطالب

عنوان صفحه

۱ فصل اول: مقدمه ۱

۲ فصل دوم: مروری بر خواص مغناطیسی ۵

۲-۱- مقدمه ۵

۲-۲- گشتاور مغناطیسی اتم ۵

۲-۳- مواد از نظر خواص مغناطیسی ۷

۲-۳-۱- حلقه پسماند یک ماده فرومغناطیس در میدان مغناطیسی خارجی ۸

۲-۳-۲- مغناطش مواد مغناطیسی ۹

۲-۳-۳- نقش منحنی پسماند در کاربردهای مختلف ۱۰

۲-۳-۴- دیامغناطیس و پارامغناطیس ۱۱

۲-۳-۵- فرومغناطیس ۱۲

۲-۳-۵-۱- ناحیه‌ی بین حوزه‌ها در مواد مغناطیسی ۱۲

۲-۳-۵-۲- مغناطش ذرات ریز ۱٤

۲-۳-۵-۳- مواد مغناطیسی نرم ۱٤

۲-۳-۵-۴- مواد مغناطیسی سخت ۱٤

۲-۳-۶- پادفرومغناطیس و فری‌مغناطیس ۱٤

۲-۴- نظم مغناطیسی ۱٦

۲-۵- برهمکنش‌های مواد مغناطیسی ۱۷

۲-۵-۱- برهمکنش دوقطبی-دوقطبی ۱۷

۲-۵-۲- برهمکنش تبادلی ۱۸

۲-۶- مدل‌های برهمکنش تبادلی ۱۹

۲-۶-۱- مدل آیزینگ ۱۹

۲-۶-۲- مدل های‌زنبرگ ۲۰

۲-۶-۳- مدل RKKY ۲۱

۲-۷- ناهمسانگردی تبادلی ۲۲

۲-۸- نانوفناوری و نانومواد ۲۳

۲-۸-۱- تاریخچه و تعریف نانو فناوری ۲۳

۲-۸-۲- تعریف و دسته‌بندی نانومواد ۲٤

۲-۸-۳- خواص نانومواد ۲۵

۲-۹- نانوساختار ۲۵
۲-۹-۱- نانولایه‌ها ۲۶
۲-۹-۲- نانوپوشش‌ها ۲۶
۲-۹-۳- نانوسیم‌ها و نانولوله‌ها ۲۶
۲-۹-۴- نانوذرات ۲۷
۲-۹-۵- اثرات نانوساختار شدن مواد حجیم ۲۷
۲-۹-۵-۱- تغییررنگ ۲۸
۲-۹-۵-۲- تغییر شفافیت ۲۸
۲-۹-۵-۳- تغییر خواص مغناطیسی ۲۹
۲-۹-۵-۴- تغییر واکنش‌پذیری ۳۰
۲-۹-۵-۵- تغییر معادله دیفرانسیل ۳۰
۲-۱۰- نانومغناطیس ۳۱
۲-۱۱- کاربردهای نانو مغناطیس ۳۱
۳ فصل سوم: نانوسیم‌های فرومغناطیسی ۳۲
۳-۱- مقدمه ۳۲
۳-۲- انواع نانوسیم ۳۳
۳-۲-۱- نانو سیم‌های فلزی ۳۳
۳-۲-۲- نانوسیم‌های آلی ۳٤
۳-۲-۳- نانوسیم‌های زیست هادی ۳٤
۳-۲-۴- نانوسیم‌های سرامیکی ۳۵
۳-۳- روش‌های ساخت نانوسیم ۳۵
۳-۳-۱- رشد به کمک لیزر ۳٦
۳-۳-۲- روش VLS ۳٦
۳-۳-۳- ساخت با قالب ۳۷
۳-۳-۴- چگونگی تهیه‌ی قالب آلومینای آندی ۳۹
۳-۳-۴-۱- آماده سازی ورقه آلومینیوم برای آندایز ۳۹
۳-۳-۴-۲- آندایز آلومینیوم ٤۰
۳-۳-۵- روش پر کردن حفره‌های قالب ٤۳
۳-۳-۵-۱- تزریق فشاری ٤٤
۳-۳-۵-۱-۱- رسوب‌گذاری با بخار ٤٤

۳-۳-۵-۱-۲- انباشت سل-ژل ٤٤
۳-۳-۵-۱-۳- روش شیمیایی (غیرالکتریکی) ٤٥
۳-۳-۵-۱-٤- انباشت الکتروشیمیایی ٤٥
۳-۴- خواص نانوسیم های فرومغناطیسی ٤٧
۳-۵- ناهمسانگردی مغناطوبلوری ٥٠
۳-۶- ناهمسانگردی شکلی ٥١
۳-۷- فرآیند وارونگی در نانوساختارها ٥٥
۳-۷-۱- فرآیند غیر جایگزیده ٥٦
۳-۷-۲- فرآیند جایگزیده ٥٨
٤ فصل چهارم: پیشینه‌ی ساخت و بررسی خواص مغناطیسی برخی از نانوسیم ها ٥٩
۴-۱- مقدمه ٥٩
۴-۲- پیشینه‌ی ساخت و بررسی خواص مغناطیسی نانوسیم کبالت-آهن ٦٠
۴-۳- پیشینه‌ی ساخت و بررسی خواص مغناطیسی نانوسیم های سه‌تایی ٦٨
۴-۴- بررسی فرآیند وادارندگی و محاسبه‌ی میدان وادارندگی در برخی از نانوسیم ها ٧٤
۴-۴-۱- مدل جاکوب ٧٤
۴-۴-۲- مدل تانگ ٧٦
۴-۴-۳- مدل کانکونگ لی ٧٦
۴-۴-۴- مدل زینگ ٧٨
۴-۴-۵- مدل لاوین ٧٩
۵ فصل پنجم: ساخت نانوسیم و بررسی خواص مغناطیسی آنها ٨٣
۵-۱- مقدمه ٨٣
۵-۲- معرفی دستگاه‌ها ٨٣
۵-۲-۱- مغناطوسنج نمونه‌ی گرادیان متناوب ٨٣
۵-۲-۲- میکروسکوپ الکترونی ٨٥
۵-۲-۲-۱- میکروسکوپ الکترونی روبشی ٨٥
۵-۲-۳- میکروسکوپ الکترونی عبوری ٨٦
۵-۲-۴- میکروسکوپ نیروی اتمی ٨٧
۵-۲-۵- طیف سنج پراکندگی انرژی پرتو x ٨٨
۵-۲-۶- طیف سنجی پراش اشعه‌ی ایکس ٨٩
۵-۳- شرح کار آزمایشگاه ی و نتایج ٩٢
۵-۴- ساخت قالب ٩٢
۵-۴-۱- آماده سازی آلومینیوم ٩٢
۵-۴-۲- الکتروپولیش ٩٢

۵-۴-۳- آندایی مرحله اول ۹٤
۵-۴-۴- سونش ۹۷
۵-۴-۵- آندایی مرحله دوم و نازک‌سازی لایه سدی ۹۹
۵-۵- پر کردن حفره‌های قالب و ساخت نانوسیم ۱۰۲
۵-۵-۱- ساخت نانوسیم‌های $Fe_{1-x}Co_x$ و $(Fe30Co70)_{1-x}Zn_x$ ۱۰۲
۵-۵-۲- بررسی اثر تابکاری بر نانوسیم‌های کبالت-آهن- روی ۱۱۳
۵-۵-۳- بررسی اثر فرکانس انباشت در خواص مغناطیسی نمونه٤ ..... ۱۲۱
۵-۵-۴- بررسی اثر PH محلول الکترولیت بر خواص مغناطیسی نمونه ٤ ..... ۱۲۸
۵-۵-۵- بررسی اثر زمان انباشت بر خواص مغناطیسی نمونه ٤ ..... ۱۳۱
۵-۶- بحث و نتیجه‌گیری ۱۳٤

فهرست شکل

عنوان **صفحه**

شکل ۲-۱: a) تصویری از سیملوله که با عبور جریان میدان مغناطیسی اطراف آن ایجاد میشود. b) تصویری از مدل حلقه جریان [۸]. ٦

شکل ۲-۲: حلقه پسماند مواد مغناطیسی در اعمال میدان مغناطیسی خارجی [۱۲]. ۸

شکل ۲-۳: میدان وادارندگی ماده فرومغناطیس بر حسب قطر ماده [۱۳]. ۱۰

شکل ۲-٤: تصاویری از سمت‌گیری مغناطش در مواد مغناطیسی در ناحیه‌های مغناطیسیa)تک‌حوزهای b) دو حوزه‌ای با ناهمسانگردی تک‌محوری c) دریچه‌های شار در ماده‌ی مغناطیسی مربعی d)ساختار پیچیده‌ی نواحی مغناطیسی در مواد مغناطیسی بس‌بلوری [۱۲]. ۱۲

شکل ۲-۵: تصاویری از جهت‌گیری مغناطش در دیواره‌های حوزه‌های مواد مغناطیسی در لایه‌های نازک [۱۲]. ۱۳

شکل ۲-٦: جهت‌گیری اسپین ها در زیر شبکه‌های مگنتیت [۹]. ۱٦

شکل ۲-۷: سمت‌گیری اسپینی سیستم های مغناطیسی ۱۷

شکل ۲-۸: در شکل‌های الف وب به ترتیب تبادل مستقیم و بر همکنش ابر تبادلی نمایش داده شده است. در قسمت ب دایره خالی یون غیرمغناطیسی را نمایش میدهد. ۱۹

شکل ۲-۹: شکلی از مدل تقریب میدان در مدل آیزینگ [۱۳]. ۲۰

شکل ۲-۱۰: نمودار انرژی برهمکنش غیرمستقیم RKKY برحسب فاصله [۱۳]. ۲۱

شکل ۲-۱۱: گذار بین دو بیت مغناطیسی در ثبت عمودی اطلاعات.دانه‌های کوچکتر بیضی گذار را تضمین می‌کند [۱٦]. ۲۳

شکل ۲-۱۳: شکل‌های هندسی نانوساختارهای مختلف: زنجیره‌ی ذرات ریز، (b) نانوسیم نواری، (c) نانوسیم استوانه‌ای،(d) نانونقاط،(e) نانواتصال، (f) نانولوله،(g) پاد نقطه، (h) سطح پله‌ای پیوسته، (j) نانو حلقه، و (k) فیلم های نازک نقش‌دار [۱۸]. ۲۹

شکل ۲-۱٤: تابع اندازه‌ی ساختار بلوری نانوذرات $Nd_2Fe_{14}B$ بر میدان وادارندگی [۱۸]. ۳۰

شکل ۳-۱: a) نانوسیم تک‌جزئی b) نانوسیم دوجزئی ($LR > 1$) c) نانوسیم دوجزیی چند لایی ($LR < 1$) d) . $\boldsymbol{L}'$ و $\boldsymbol{L}$ طول قطعه‌های نانوسیم، R' و R شعاع متناظر هر طول [۲۰]. ۳٤

شکل ۳-۲: تصویری از اتصال سلول توسط نانوسیم ها. ۳۵

شکل ۳-۳: تصویری از دستگاه کندوپاش که برای ساخت نانوسیم استفاده می‌شود [۲۲]. ۳٦

شکل ۳-٤: شکلی از رشد نانوسیم با روش VLS [۲۳]. ۳۷

شکل ۳-۵: تصویری از ساخت نانوسیم به روش قالب پله‌ای [۲٦]. ۳۸

شکل ۳-٦: تصویری از حفره‌های شش‌گوشه‌ای روی قالب آلومینیمی [۲۷]. ۳۸

شکل ۳-۷: تصویری از منحنی چگالی جریان در هنگام رشد اولیه لایه‌ی اکسید در مرحله‌ی آندایز [۳۰]. ٤١

شکل ۳-۸: نمایشی از واکنش‌های لایه سدی با الکترولیت و آلومینیوم داخل حفره در طی آندایز [۳۰]. ٤٢

شکل ۳-۹: ساختار ایده‌ال اکسید آلومینیوم متخلل آندی [۳۱]. ٤٣

شکل ۳-۱۰: a) تصویری از سلول الکترواناشت سه الکترودی b) نموداری از جریان بر حسب زمان در پر شدن حفره‌ها [٤٢]. ٤٦

شکل ۳-۱۱: تصویری از سلول الکترواناشت [٤٣]..... ٤٧

شکل ۳-۱۲: حلقه پسماند مواد مغناطیسی در حالت a) میدان موازی با محور نانوسیم b) میدان عمود بر محور نانوسیم [٤٢]. ٤٨

شکل ۳-۱۳: تصاویری از بخش‌های (a) کشیده (b) بلند [٤٢]..... ٥٣

شکل ۳-۱٤: تصویری از بخش پهن‌شده [٤٢]. ٥٣

شکل ۳-۱۵: نمودار وابستگی ضریب وامغناطش$Nd4\pi$ نسبت به نسبت ابعادی ca [٤٢]..... ٥٥

شکل ۳-۱٦: شماتیکی از مدهای همدوس و بی‌دررو. a) مد همدوس در یک نانوساختار کروی b) مد بی‌دررو در یک نانوساختار کروی c) مد بی‌دررو در یک نانوساختار استوانه‌ای [٤٢]. ٥٧

شکل ٤-۱: تغییرات میدان وادارندگی و نسبت مربعی را برای درصدهای مختلف کبالت در نانوسیم کبالت–آهن [٤٨]. ٦١

شکل ٤-۲: الگوی پراش پرتوی ایکس از نانوسیم‌هایFe_xCo_{1-x}..... ٦٢

شکل ٤-۳: نمودار تغییرات میدان وادارندگی نانوسیمیFe_xCo_{1-x} [٤٨]..... ٦٣

شکل ٤-٤: نمودار میدان وادارندگی در تابکاری نانوسیم $Fe_{0.69}Co_{0.31}$ [٤٩]..... ٦٤

شکل ٤-۵: الگوی پراش پرتوی ایکس نانوسیم $Fe_{0.69}Co_{0.31}$. a) قبل از تابکاری b) بعد از تابکاری [٤٩]..... ٦٥

شکل ٤-٦: نمودار تغییرات میدان وادارندگی قبل و بعد از عملیات حرارتی برای فرکانس‌های مختلف در نانوسیم‌های آلیاژی $Fe_{1-x}Co_x$با مقادیر مختلف X [٥٠]..... ٦٦

شکل ٤-۷: الگوی پراش پرتوی ایکس نانوسیم‌های آلیاژی $Fe_{1-x}Co_x$با مقادیر مختلف X [٥٠]..... ٦٧

شکل ٤-۸: تغییرات خواص میدان وادارندگی و نسبت مربعی در نانوسیم‌های $Fe_{0.88-x}Co_xp_{0.12}$[٥٣]. ٦٩

شکل ٤-۹: الگوی پراش پرتوی ایکس از نانوسیم‌های آلیاژی $Fe0._{88-x}Co_xP_{0.12}$برای مقادیر مختلفی از x [٥٣]. ٧٠

شکل ٤-۱۰: الگوی پراش پرتوی ایکس از نانوسیم‌های $Fe_{61}Co_{27}P_{12}$[٥٤]..... ٧١

شکل ٤-۱۱: الگوی پراش پرتوی ایکس از نانوسیم‌های [٥٥]. ٧٢

شکل ٤-۱۲: الگوی پراش پرتوی ایکس نانوسیم‌های سه‌تایی [٥٩]..... ٧٣

شکل ٤-۱۳: تصویری از چگونگی قرار گرفتن کره‌های فرض شده در مدل تقارن پروانه‌ای [٦٢]..... ٧٥

شکل ٤-۱٤: تصویری از چگونگی قرار گرفتن کره‌ها در مدل زنجیره‌ای کانکونگ لی [٦٤]..... ٧٧

شکل ٤-١٥: شکلی از نمودار وابستگی میدان وادارندگی به مقدار کبالت [٦٤]. ٧٨

شکل ٤-١٦: نمودار میدان وادارندگی و پهنای دیواره برحسب شعاع نانوسیم. خط‌چین‌ها مربوط به نمودار پهنای دیواره است [٦٦]. ٨٠

شکل ٤-١٧: نمودار وابستگی میدان وادارندگی و میدان استری به طول نانوسیم با ٢ شعاع ١٥ و ٢٥ نانومتر. خط‌چین‌ها مربوط به نمودار میدان استری است. نقاط رنگی نتایج تجربی هستند که با محاسبات هم‌خوانی دارد [٦٦]. ٨٢

شکل ٥-١: تصویر شماتیک از مغناطوسنجی نوری گرادیان متناوب. ٨٥

شکل ٥-٢: شماتیکی از میکروسکوپ الکترونی روبشی. ٨٦

شکل ٥-٣: شماتیکی از میکروسکوپ الکترونی عبوری. ٨٧

شکل ٥-٤: شماتیکی از میکروسکوپ نیروی اتمی. ٨٨

شکل ٥-٥: تصاویری از پراش پرتوی در برخورد با صفحات بلوری ٩٠

شکل ٥-٦: تصویری از پهنای قله در نصف ارتفاع. تصویر سمت چپ مربوط به تک‌بلوری ایده‌آل است. ٩١

شکل ٥-٧: تصویر سلول الکتروپولیش. ٩٣

شکل ٥-٨: تصویر سه بعدی از سطح الکتروپولیش شده آلومینیوم. ٩٤

شکل ٥-٩: نمودار جریان الکتروپولیش برحسب زمان. ٩٤

شکل ٥-١٠: تصویر سلول آندایز مرحله‌ی اول و موتور الکتریکی هم زننده‌ی الکترولیت. ٩٥

شکل ٥-١١: تصویری از سیستم آندایز مرحله‌ی اول شامل حمام کنترل کننده‌ی دما و ظرف محتوی سلول آندایز. ٩٥

شکل ٥-١٢: منحنی تغییرات جریان بر حسب زمان طی فرآیند آندایز مرحله‌ی اول. ٩٦

شکل ٥-١٣: تصویر AFM از آرایش نانوحفره در قالب آلومینای آندی پس از آندایز مرحله‌ی اول. ٩٧

شکل ٥-١٤: تصویری سه‌بعدی از حفره‌های ایجاد شده روی لایه‌ی اکسید پس از مرحله‌ی سونش. ٩٨

شکل ٥-١٥: تصویری دوبعدی از حفره‌های ایجاد شده روی لایه‌ی اکسید پس از مرحله‌ی سونش. ٩٨

شکل ٥-١٦: سیستم استفاده شده برای آندایز که شامل حمام کنترل دما، سلول الکتروشیمیایی، ظرف حاوی سلول الکتروشیمیایی و منبع تغذیه است. ٩٩

شکل ٥-١٧: تغییرات جریان بر حسب زمان در آندایز مرحله دوم و مرحله‌ی نازک سازی لایه سدی. ١٠٠

شکل ٥-١٨: تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی از سطح قالب اکسید آلومینیوم متخلخل آندی؛آندایز مرحله دوم در اسید اکسالیک ٠/٣ مولار، ولتاژ ٤٠ ولت، دمای ١٧ درجه سلسیوس و به مدت ١ ساعت انجام شده است. ١٠١

شکل ٥-١٩: تصویر میکروسکوپ الکترونی از مقطع عرضی قالب اکسید آلومینیوم متخلخل آندی؛ آندایز مرحله دوم در اسید اکسالیک ٠/٣ مولار، ولتاژ ٤٠ ولت، دمای ١٧ درجه سلسیوس و به مدت ١ ساعت انجام شده است. ١٠١

شکل ٥-٢٠: نمودار تغییرات میدان وادارندگی و نسبت مربعی با افزایش مقدار کبالت. ١٠٤

۵-۲۱: طیف مربوط به تحلیل EDX نانوسیم ساخته شده با الکترولیت ۷۰ درصد کبالت و ۳۰ درصد آهن. ۱۰۵

شکل ۵-۲۲: حلقه پسماند نمونه‌های ٤،١ و ٦. ..... ١٠٦

شکل ۵-۲۳: تصویر SEM از نانوسیم های کبالت-آهن-روی. ۱۰۷

شکل ۵-۲٤: تصویر SEM از نانوسیم کبالت-آهن-روی ۱۰۷

شکل ۵-۲۵: مقایسه‌ی حلقه پسماند نمونه ۲ در دو حالت میدان اعمالی عمودی و موازی محور نانوسیم ۱۰۸

شکل ۵-۲٦: نمودار میدان وادارندگی و نسبت مربعی، برحسب غلظت روی در محلول الکترولیت ۱۰۹

شکل ۵-۲۷: طیف مربوط به تحلیل EDX نانوسیم مربوط به نمونه ٤ ..... ۱۱۰

شکل ۵-۲۸: نمودار مغناطش اشباع بر مساحت نسبت به افزایش غلظت روی. ۱۱۱

شکل ۵-۲۹: الگوی پراش پرتوی ایکس از نمونه‌های ۱، ۲، ۳ و٤ ..... ۱۱۱

شکل ۵-۳۰: تغییرات جریان بر حسب زمان در حین فرآیند الکتروانباشت نمونه‌های ۱، ٤و ٦. ..... ۱۱۳

شکل ۵-۳۵: الگوی پراش پرتوی ایکس از نمونه ۲ ..... ۱۱۹

شکل ۵-۳۷: الگوی پراش پرتوی ایکس از نمونه ٤ ..... ۱۲۰

شکل ۵-۳۸: الگوی پراش پرتوی ایکس از نمونه ۵ ..... ۱۲۰

شکل ۵-۳۹: الگوی پراش پرتوی ایکس از نمونه ٦ ..... ۱۲۱

شکل ۵-٤۰: نمودار تغییرات میدان وادارندگی و نسبت مربعی با افزایش فرکانس برای نمونه ٤. ..... ۱۲۲

شکل ۵-٤۱: تغییرات جریان بر حسب زمان در حین فرآیند الکتروانباشت با فرکانس‌های مختلف در نمونه ٤. ..... ۱۲۳

شکل ۵-٤۳: نمودار تغییرات میدان وادارندگی با تابکاری در فرکانس‌های مختلف انباشت. ۱۲۵

شکل ۵-٤٤: نمودار تغییرات نسبت مربعی برای نمونه ٤ در فرکانس‌های مختلف انباشت. ۱۲۵

شکل ۵-٤۵: الگوی پراش پرتوی ایکس از نمونه ٤ در فرکانس ۵۰ هرتز قبل و بعد از تابکاری. ۱۲٦

شکل ۵-٤٦: الگوی پراش پرتوی ایکس از نمونه ٤ در فرکانس ۵۰۰ هرتز قبل و بعد از تابکاری. ۱۲۷

شکل ۵-٤۷: الگوی پراش پرتوی ایکس از نمونه ٤ در فرکانس ۹۰۰ هرتز قبل و بعد از تابکاری. ۱۲۷

شکل ۵-٤۸: نمودار تغییرات خواص مغناطیسی در pH مختلف در ساخت نمونه ٤. ..... ۱۲۸

شکل ۵-٤۹: نمودار تغییرات میدان وادارندگی در تابکاری برای نمونه ٤ با pH مختلف. ۱۲۹

شکل ۵-۵۰: تغییرات نسبت مربعی در تابکار برای نمونه ٤ با pH مختلف. ۱۲۹

شکل ۵-۵۱: الگوی پراش پرتوی ایکس از نمونه ٤ با pH برابر۲ قبل و بعد از تابکاری. ۱۳۰

شکل ۵-۵۲: الگوی پراش پرتوی ایکس از نمونه ٤ با pH برابر ۵ قبل و بعد از تابکاری. ۱۳۱

شکل ۵-۵۳: منحنی جریان برحسب زمان انباشت در نمونه ٤. ..... ۱۳۲

شکل ۵-٥٤: نمودار تغییرات خواص مغناطیسی نمونه ٤ بر حسب افزایش زمان انباشت..... ۱۳۲
شکل ۵-۵۵: الگوی پراش پرتوی ایکس از نمونه ٤ با زمان انباشت ۲ و۷ دقیقه..... ۱۳۳

فهرست جدول

عنوان **صفحه**

جدول ۳-۱: مغناطش اشباع برخی از مواد مغناطیسی [۴۲]. ۴۸

جدول ۳-۲: مقادیر K_1 برای برخی از مواد مغناطیسی [۴۲]. ۵۱

جدول ۵-۱: نسبت‌های مولی مختلف کبالت و آهن. ۱۰۳

جدول ۵-۲: جدول غلظت‌های مولی به‌کار رفته در ساخت نانوسیم‌های کبالت-آهن-روی. ۱۰۶

فصل اول: مقدمه

هدف از این پایان نامه ساخت نانوسیم‌های آلیاژی مغناطیسی است که کاربرد زیادی در ثبت مغناطیسی اطلاعات با چگالی بالا و اتصال اجزای کوچک الکترونیکی دارند . حافظه‌های مغناطیسی به علت توانایی زیاد در ثبت اطلاعات مورد توجه هستند . آهن، کبالت و نیکل از مواد فرومغناطیس، عناصر اصلی هستند که در محیط های ثبت مغناطیسی اطلاعات به کار می روند. در زمینه ساخت و بررسی ساختار بلوری نانوسیم‌های کبالت [۱]، آهن [۲] و نیکل [۳] کارهای زیادی انجام شده است و نیز تلاش‌های زیادی در علت‌یابی رفتارهای مشاهده شده و فرآیند وارونگی مغناطش آنها، انجام شده است که در فصل چهارم بیشتر به آن پرداخته می شود. برای آشنایی بیشتر با عملکرد حافظه‌های مغناطیسی توضیحات مختصری در زیر ارائه شده است.

ثبت اطلاعات به روش مغناطیسی بر روی محیط های مغناطیسی به دو صورت ثبت افقی (بیت‌های افقی) و ثبت عمودی (بیت‌های عمودی) صورت می گیرد. حد نهایی چگالی ذخیره اطلاعات بر روی حافظه‌های مغناطیسی در هر دو نوع ثبت، توسط دو عامل محدود می شود. عامل اول ایجاد پدیده ابرپارامغناطیس و عامل دوم نسبت سیگنال به نوی‌ز هنگام خواندن اطلاعات از روی محیط‌های مغناطیسی است. بنابراین به منظور دست یابی به محیط هایی با چگالی ثبت بالا، لازم است که اندازه افقی بیت های اطلاعاتی بدون اینکه حجم بیت به حد ابرپارامغناطیس برسد، کاهش پیدا کند و همچنین منطقه‌ی گذار بین دو بیت با مغناطش مخالف هم، به اندازه ی کافی تیز باشد . با توجه به محدودیتی که دو عامل بالا ایجاد

می‌کنند، حد نهایی چگالی ذخیره اطلاعات برای ثبت افقی در حدود $\frac{Gbit}{in^2}$ ۱۰۰ و برای ثبت عمودی $\frac{Gbit}{in^2}$ ۵۰۰، پیش‌بینی می‌شود [٤]. بنابراین هدف، ساخت نانوساختارهایی است که علاوه بر اینکه امکان ذخیره‌ی اطلاعات با چگالی بالا را فراهم می کنند برهم‌کنش‌های مؤثر بین نانوساختارها نیز قابل کنترل با شد. بازخوانی سریع داده ها از روی صفحات مغ ناطیسی با استفاده از خواص نوری- مغناطیسی لایه های فرومغناطیس امکان‌پذیر است. با اندازه‌گیری میزان چرخش راستای قطبش نور بازتابیده از سطح یک لایه‌ی مغناطیده، می‌توان صفر و یک ها را از هم تفکیک کرد و اطلاعات را بازخوانی نمود. استفاده از این روش برای بازخوانی اطلاعات باعث کوچکتر شدن حوزه ی ثبت می شود، بدین ترتیب می توان شاهد افزایش چگالی ثبت اطلاعات تا چند ترا بایت در اینچ مربع بود [٥]. هر چند استفاده از ثبت عمودی اطلاعات بر روی فیلم های نا زک مغناطیسی، چگالی ذخیره اطلاعات را افزایش می دهد و ایجاد پدیده سوپر پارامغناطیس را به تأخیر می‌اندازد اما عرض محدود دیواره ی حوزه در فیلم‌های نازک، که باعث ایجاد برهم‌کنش بین حوزه ها می شود، باز هم در ذخیره ی اطلاعات محدودیت ایجاد می کند. یک راه مناسب برای دست یافتن به اندازه های عرضی کوچک و بنابراین انرژی ناهمسانگردی بالای بیت ها، ساخت آرایه‌ای از عناصر تک حوزه ایزوله است که هیچ برهم کنشی با هم ندارند. در سال‌های گذشته آرایه‌ای از نانوسیم‌های مغناطیسی به عنوان نامزدی مناسب جهت استفاده در حافظه های مغناطیسی مطرح شدند [٦]. ساخت آرایه‌های نانوسیم های آلیاژی فرومغناطیس به‌وسیله‌ی انباشت الکتریکی در قالب آلومینای آندی بسیار مورد توجه است. آلومینای متخلخل آندی قالبی مناسب جهت ساخت این آرایه ها می‌باشد. قطر هر سیم به اندازه یک تک حوزه مغناطیسی بوده و هر سیم برای ثبت یک بیت اطلاعات، بکار گرفته می شود. در حقیقت حضور ماده غیرمغناطیسی اکسید آلومینیوم بین نانوسیم‌ها باعث کاه ش اثر نیروهای دو قطبی میان نانوسیم‌ها می‌گردد و در نتیجه ناحیه گذا ر بسیار تیز و سیگنال برگشتی بدون نویز خواهد بود و در نتیجه میدان وادارندگی به میزان چشم گیری افزایش می‌یابد. همچنین حوزه‌های یک بیت، در طول سیم قرار می‌گیرند. به علت ناهمسانگردی مغناطیسی عمودی قوی این نانوسیم ها، که از ناهمسانگردی شکلی ناشی می شود، پدیده سوپرپارامغناطیس با احتمال کمتری رخ می دهد. چون نانوسیم‌های مغناطیسی ناهمسانگردی مغناطیسی عمودی دارند ثبت اطلاعات باید به صورت عمودی صورت گیرد . مزیت دیگر این آرایه‌ها این است که قطر و فاصله بین نانوسیم ها بدون تغییر شرایط ساخت قالب قابل کنترل است . قطر نانوسیم‌ها را می توان به چند نانومتر و فاصله بین آن ها را به ۲۰ تا ۳۰ نانومتر کاهش داد و به ا ین ترتیب