بسم الله الرحمن الرحيم
إنه من سليمان وإنه

دانشگاه کردستان
دانشکده علوم
گروه فیزیک

پایان‌نامه کارشناسی ارشد
گرایش نظری

عنوان

ساخت نانویسم‌های آهن-منگنز و بررسی اثر اضافه کردن منگنز بر خواص مغناطیسی نانوسیم‌ها

اساتید راهنما

دکتر زهرا عالمی‌پور
دکترمژگان نجفی

نگارش

فاطمه رجبی

اسفند ۱۳۹۲

تقدیم به

سرو زندگیم

مادرم

و

تقدیم

به تنها تکیه گاه زندگیم

میثم

پروردگارا . . .

خود را تقدیم تو میدارم .

با من کن و از من ساز هر آنچه که خود اراده کنی .

از اسارت نفس رهایم کن تا انجام اراده‌ات بهتر توانم .

مشکلاتم را بگیر تا پیروزی بر آنها شاهدی باشد برای کسانی که

با قدرت تو،
عشق تو
و راه تو
یاریشان خواهم داد . . .

سپاس‌گزاری...

سپاس خدایی را که سخنوران از ستودن او عاجزند و حسابگران از شمارش نعمت های او ناتوان، و تلاش گران از ادای حق او درمانده . خدایی که افکار ژرف اندیش، ذات او را درک نمی‌کنند و دست غواصان دریای علوم به او نخواهد رسید.

وظیفه خود می‌دانم صمیمانه ترین سپاس‌ها و تشکرهایم را تقدیم کنم به اساتید گرانقدرسرکار خانم دکتر زهرا عالمی‌پور و سرکار خانم دکتر مژگان نجفی که همواره در تمام مراحل این پایان نامه کنار من بودند و از راهنمایی های سودمندشان بهره بردم.

سپاس از ستارگان بی غروب زندگی‌ام: .

مادر و برادر عزیزم میثم ،دو موجود مقدس که از پای ننشستند تا من پای گیرم، وجودم برایشان همه رنج بود و وجودشان برایم همه مهر، توانشان رفت تا به توانایی رسم و مویشان سپیدی گرفت تا رویم سپید بماند.

از خدا می‌طلبم که آنان را در سایه‌ی رحمت خداوندی خود جای دهد و از بهترین نعمات ملکوتی برخوردارشان کند و مرا فدای سلامتی‌شان گرداند.

سپاس از برادران و خواهر عزیزم، که وجود پر مهرشان معنای بزرگی به زندگیم می‌بخشد و بودن در کنارشان زیباترین لحظات زندگی‌ام را رقم می‌زند. امید که همواره شاهد کوچکی برای موفقیت‌های بزرگشان باشم.

در پایان تشکر می‌کنم از دوستان خوبم و بچه‌های آزمایشگاه جناب آقای علی آفتابی، ایمان حسن‌زاده، احمد رحمانی، سلام علیمرادی، کیوان ملکی، مسعود منصوری، اسماعیل یوسفی، پژمان امجدی و خانم‌ها سمیه قادری و افروز احمدی. با آرزوی موفقیت برای تک‌تک این عزیزان.

اسفند ۱۳۹۲

چکیده

در این پژوهش ابتدا قالب‌های اکسید آلومینای آندی به روش آنداید دو مرحله‌ای با اسید اکسالیک ساخته می‌شوند. با این روش قالب‌هایی با حفره‌های استوانه‌ای با قطرهای حدود ۳۰ تا ۴۰ نانومتر ساخته می‌شوند. سپس با استفاده از این قالب‌ها، آرایه‌ای از نانوسیم‌های آهن-منگنز با روش الکتروانباشت جریان متناوب ساخته و مشاهده شد که غلظت، تابکاری و بسامد الکتروانباشت بر خواص مغناطیسی این نانوسیم‌ها تأثیر دارد. خواص مغناطیسی و ساختار شیمیایی و بلوری نمونه‌ها به وسیله‌ی دستگاه‌های میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM)، میکروسکوپ نیروی اتمی (AFM)، طیف‌سنجی پراش اشعه ایکس (XRD)، طیف‌سنجی پراکندگی انرژی اشعه ایکس (EDX) و مغناطوسنجی نیروی گرادیان متناوب $(AGFM)$ مطالعه می‌شوند. بعد از بررسی نتایج نمونه $Fe_{۲۰}Mn_{۸۰}$ به عنوان نمونه بهینه که دارای بیشترین تغییرات میدان وادارندگی می باشد و برای این نمونه ساختار بلوری قبل و بعد از تابکاری تغییری نکرده و دارای ساختار بلوری bcc است. هم‌چنین مشاهده شده که میدان وادارندگی این نمونه از ۷۷۳ اورستد به ۱۳۸۱ اورستد و نسبت مربعی از ۰/۶۲ به ۰/۹۲ بعد از تابکاری بهبود یافت. از الگوی پراش پرتو X نمونه مشاهده شد که بعد از تابکاری همه قله‌های موجود قبل از تابکاری وجود دارند، ولی نسبت شدت قله (۱۱۰) مربوط به ساختار bcc آهن بعد از تابکاری کاهش یافته است. این نشان می‌دهد که بهبود خواص مغناطیسی به دلیل از بین رفتن تنش‌ها بوده است. نتیجه‌ی مطالعه‌ی اثر بسامد انباشت این نمونه نیز بهبود خواص مغناطیسی برای این نانوسیم‌ها را نشان می‌دهد.

کلمات کلیدی: *الکتروانباشت، نانوسیم‌های آهن- منگنز، وادارندگی، نسبت مربعی.*

فهرست مطالب

۱ نانوفناوری **۱**

۱.۱ مقدمه ۱

۲.۱ تاریخچه نانوفناوری ۱

۳.۱ نانوساختارها ۳

۴.۱ کاربرد نانوسیم‌ها ۴

۱.۴.۱ کاربردهای مغناطیسی ۴

۲ مغناطیس **۶**

۱.۲ مواد مغناطیسی و رفتار آن‌ها ۶

۲.۲ انواع مواد مغناطیسی ۷

۱.۲.۲ دیامغناطیس ۷

۲.۲.۲ پارامغناطیس ۷

۳.۲.۲ فرومغناطیس ۸

۴.۲.۲ پادفرومغناطیس ۱۰

۵.۲.۲ فری‌مغناطیس ۱۱

۳.۲ حلقه پسماند ۱۲

۴.۲ ناهمسانگردی مغناطیسی ۱۳

۱.۴.۲ ناهمسانگردی بلوری ۱۴
۲.۴.۲ ناهمسانگردی شکلی ۱۷
۳.۴.۲ ناهمسانگردی تنشی ۱۹
۴.۴.۲ ناهمسانگردی بایاس تبادلی ۲۰

۳ روش‌های ساخت نانوسیم‌ها و پیشینه تحقیق ۲۴

۱.۳ آندایز آلومینیوم ۲۵
۱.۱.۳ آماده‌سازی بستر پیش از آندایز آلومینیوم ۲۵
۲.۱.۳ آشنایی با سازوکار تشکیل حفره در آندایز آلومینیوم ۲۶
۳.۱.۳ روش‌های تولید قالب آلومینای حفره‌دار ۲۸
۲.۳ روش‌های انباشت در قالب آلومینای حفره‌دار ۳۰
۱.۲.۳ انواع روش‌های الکتروانباشت برای تولید نانوسیم‌ها ۳۱
۳.۳ نازک‌سازی لایه سدی ۳۲
۴.۳ ساخت و بررسی خواص مغناطیسی نانوسیم‌های آلیاژی متشکل از موادمغناطیسی و غیر مغناطیسی ۳۳

۴ ساخت نانوسیمهای آهن-منگنز ۴۰

۱.۴ مقدمه ۴۰
۲.۴ معرفی دستگاه‌ها ۴۰
۱.۲.۴ طیف سنج پراش اشعه ایکس ۴۰
۲.۲.۴ میکروسکوپ نیروی اتمی ۴۱
۳.۲.۴ میکروسکوپ الکترونی روبشی ۴۱
۴.۲.۴ طیف سنج پراکندگی انرژی اشعه ایکس ۴۲

۵.۲.۴ مغناطوسنجی نیروی گرادیان متناوب ۴۲
۳.۴ ساخت قالب اکسید آلومینیوم متخلخل آندی ۴۴
۱.۳.۴ آندایز اول ۴۶
۲.۳.۴ سونش ۴۶
۳.۳.۴ آندایز مرحله دوم ۴۷
۴.۴ ساخت آرایه‌ای از نانوسیم‌های Fe_xMn_{1-x} ۴۹
۱.۴.۴ تاثیر افزایش ناخالصی منگنز در محلول بر خواص مغناطیسی نانوسیم‌ها ۵۰
۲.۴.۴ اثر تابکاری حرارتی بر خواص مغناطیسی نانوسیم‌ها ۵۲
۳.۴.۴ تاثیر بسامد انباشت بر خواص مغناطیسی نانوسیم‌ها ۵۴
۵.۴ انباشت با محلول حاوی سدیم گلی‌کونات ۵۸
۶.۴ نتیجه‌گیری ۵۹

فهرست تصاویر

۱.۱ ریچارد فاینمن ۲

۱.۲ پذیرفتاری χ مواد دیامغناطیس در میدان مغناطیسی [۱۸]. ۸

۲.۲ پذیرفتاری مواد پارامغناطیس در میدان مغناطیسی و جهت‌گیری گشتاور اتم‌ها [۱۸]. ۸

۳.۲ مغناطش مواد فرومغناطیس در دماهای مختلف [۱۸]. ۹

۴.۲ پذیرفتاری مواد فرومغناطیس در میدان [۱۸]. ۹

۵.۲ مغناطش مواد پادفرومغناطیس در میدان [۱۸]. ۱۱

۶.۲ مغناطش مواد فری‌مغناطیس در میدان [۱۸]. ۱۲

۷.۲ تغییرات معکوس پذیرفتاری مغناطیسی با دما برای مواد پاد، فری و فرومغناطیس [۲۰]. ۱۲

۸.۲ حلقه پسماند مغناطیسی و کمیت‌های مغناطیسی متناظر [۲۴]. ۱۳

۹.۲ مغناطش بر حسب میدان مغناطیسی اعمالی برای تک بلورآهن، کبالت و نیکل در چند راستای بلوری [۲۷]. ۱۴

۱۰.۲ تعریف کسینوس جهتی [۲۰]. ۱۵

۱۱.۲ سطوح انرژی ناهمسانگردی مغناطیسی بلوری در تک بلور آهن و نیکل [۲۰]. ۱۷

۱۲.۲ پیکربندی اسپینی در لایه‌های فرومغناطیس و پادفرومغناطیس قبل و بعد از فرایند سرد سازی در حضور میدان مغناطیسی [۳۰]. ۲۲

۱۳.۲ پیکربندی اسپینی در قسمتهای مختلف از حلقه پسماند مغناطیسی در یک سامانه دو لایه‌ای متشکل از لایه‌های فرومغناطیسی و پادفرومغناطیسی ، زمانی که ناهمسانگردی پادفرومغناطیسی بزرگ باشد [۲۸]. ۲۲

۱۴.۲ پیکربندی اسپینی در قسمتهای مختلف از حلقه پسماند مغناطیسی در یک سامانه دو لایه‌ای متشکل از لایه‌های فرومغناطیسی و پادفرومغناطیسی ، زمانی که ناهمسانگردی پادفرومغناطیسی کوچک باشد [۳۰]. ۲۳

۱.۳ پولیش [۳۶]. ۲۶

۲.۳ نمودار جریان الکتروپولیش بر حسب زمان ۲۷

۳.۳ منحنی جریان آندایز بر حسب زمان [۳۸]. ۲۷

۴.۳ علت پایدار بودن ساختار شش وجهی در مقایسه با ساختار مربعی [۳۸]. ۲۸

۵.۳ تصویر طرحواره‌ای از ساختار لایه سدی که هنگام فرایند آندایز آلومینیوم ایجاد می‌شود. [۴۰]. . . . ۲۹

۶.۳ حلقه پسماند نانوسیم‌های نیکل- منگنز با غلظت‌های $۰(a)$ و $۱/۱(b)$ و $۲(c)$ و $۵/۱(d)$ درصد منگنز [۴۶]. ۳۳

۷.۳ الگوی پراش $X-Ray$ نانوسیم‌های نیکل- منگنز با غلظت‌های $۰(a)$ و $۱/۱(b)$ و $۲(c)$ و $۵/۱(d)$ درصد منگنز [۴۶]. ۳۴

۸.۳ تصویر TEM نانوسیم‌های انباشت شده آهن-پالادیوم با قطر حدود ۲۰ نانومتر [۴۷]. ۳۴

۹.۳ الگوی پراش XRD نمونه انباشت شده $Fe_{۲۳}Pd_{۷۷}$، قبل و بعد از تابکاری. [۴۷]. ۳۵

۱۰.۳ الگوی پراش XRD نمونه انباشت شده $Fe_{۶۰}Pd_{۴۰}$، قبل و بعد از تابکاری [۴۷]. ۳۵

۱۱.۳ حلقه پسماند نانوسیم‌های انباشت شده $Fe_{۶۰}Pd_{۴۰}$ با میدان موازی (a) و عمود (b) بر محور نانوسیم [۴۷]. ۳۶

۱۲.۳ تصویر SEM از نانوسیم های ساخته شده در دمای $۴۰۰°C$ با زمان تکلیس ۵ ساعت [۴۸]. . . . ۳۶

۱۳.۳ تصویر SEM از نانوسیم های ساخته شده در دمای $۴۰۰°C$ با زمان تکلیس ۷/۵ ساعت [۴۸]. . . ۳۷

۱۴.۳ حلقه پسماند نانوسیم‌های اکسید منگنز در ۵ درجه کلوین [۴۸]. ۳۷

۱۵.۳ نمودار وادارندگی و نسبت مربعی بودن نانوسیم‌ها برای محلول‌های مختلف [۴۹]. ۳۸

۱۶.۳ الگوی پراش پرتوی x نانوسیم‌های $Co_{۹۰}Mn_{۱۰}$ [۴۹]. ۳۸

۱۷.۳ الگوی پراش پرتوی x نانوسیم‌های $Co_{۵۰}Mn_{۵۰}$ [۴۹]. ۳۹

۱.۴ طرحواره‌ای از میکروسکوپ نیروی اتمی ۴۲

۲.۴ طرحواره‌ای از میکروسکوپ الکترونی روبشی ۴۳

۳.۴ طرحواره‌ای از دستگاه AGFM ۴۴

۴.۴ تصویر AFM از سطح آلومینیوم قبل از پولیش ۴۵

۵.۴ تصویر سه بعدی AFM از سطح آلومینیوم بعد از الکتروپولیش ۴۵

۶.۴ سلول الکتروپولیش به همراه دستگاه همزن مغناطیسی ۴۶

۷.۴ حفره‌های نامنظم تشکیل شده بعد از آندایز اول با اسید اکسالیک. ۴۷

۸.۴ تغییرات جریان بر حسب زمان در آندایز مرحله دوم و مرحله‌ی نازک سازی لایه سدی. ۴۸

۹.۴ حفره‌های منظم تشکیل شده بعد از آندایز دوم با اسید اکسالیک. ۴۸

۱۰.۴ تصویر سه بعدی از حفره‌های منظم تشکیل شده بعد از آندایز دوم با اسید اکسالیک. ۴۹

۱۱.۴ تصویر SEM از قالب آلومینای آندایز شده ۱(a) و آندایز ۲(b) ۴۹

۱۲.۴ تغییرات جریان الکترواناباشت بر حسب زمان برای نانوسیم‌های $Fe_{۲۰}Mn_{۸۰}$ ۵۰

۱۳.۴ نمودار وادارندگی برای نانوسیم‌ها برای محلول‌های مختلف ۵۱

۱۴.۴ حلقه پسماند نانوسیم‌های $Fe_{۱۰۰}Mn_{۰}$ در مقایسه با نانوسیم‌های $Fe_{۲۰}Mn_{۸۰}$ ۵۱

۱۵.۴ نمودار نسبت مربعی بودن نانوسیم‌های ساخته شده با محلول‌های مختلف ۵۲

۱۶.۴ EDX نمونه $Fe_{۲۰}Mn_{۸۰}$. ۵۲

۱۷.۴ نمودار افزایش درصد منگنز انباشت شده در نانوسیم‌ها برحسب غلظت منگنز موجود در محلول . . . ۵۳

۱۸.۴ منحنی میدان وادارندگی نسبت به درصد مولی منگنز در الکترولیت؛ تابکاری شده در دماهای مختلف . ۵۳

۱۹.۴ نمودار نسبت مربعی بودن نانوسیم‌های ساخته شده با محلول‌های مختلف با افزایش دمای تابکاری . . ۵۴

۲۰.۴ الگوی پراش پرتو XRD نمونه $Fe_{۲}.Mn_{۸}$. ۵۴

۲۱.۴ SEM نمونه $Fe_{۲}.Mn_{۸}$. ۵۵

۲۲.۴ نمودار تغییرات میدان وادارندگی بر حسب بسامد برای نمونه $Fe_{۲}.Mn_{۸}$. ۵۵

۲۳.۴ تغییرات نسبت مربعی در بسامدهای مختلف $Fe_{۲}.Mn_{۸}$. ۵۶

۲۴.۴ حلقه پسماند برای نمونه $Fe_{۲}.Mn_{۸}$ با بسامدهای انباشتی ۴۰۰، ۶۰۰، ۱۲۰۰ هرتز. ۵۶

۲۵.۴ تصویر EDX نمونه $Fe_{۲}.Mn_{۸}$ با بسامد انباشتی ۵۰ هرتز ۵۷

۲۶.۴ نمودار کاهش درصد منگنز انباشت شده در نانوسیم‌های $Fe_{۲}.Mn_{۸}$ بر حسب افزایش بسامد . . . ۵۷

۲۷.۴ تغییرات وادارندگی بر حسب بسامدهای انباشتی در دماهای مختلف ۵۸

۲۸.۴ حلقه پسماند نانوسیم‌های ساخته شده با نمک آمونیوم فروس سولفات آهن ۵۹

فصل ۱
نانوفناوری

۱.۱ مقدمه

فناوری نانو واژه‌ای است کلی که به تمام فناوری‌های پیشرفته در عرصه کار با مقیاس نانو اطلاق می‌شود. معمولاً منظور از مقیاس نانوابعادی در حدود $۱nm$ تا $۱۰۰nm$ می‌باشد.

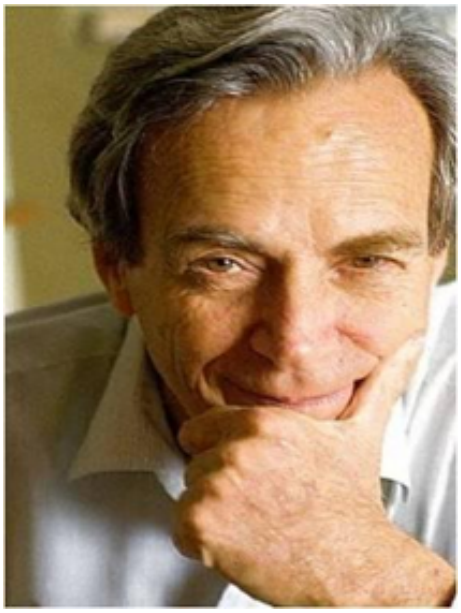
۲.۱ تاریخچه نانوفناوری

حدود ۴۰۰ سال پیش از میلاد دموکریت[۱] یونانی عنوان داشت که: " ماده از ذرات بسیار کوچک و تجزیه ناپذیری به نام اتم تشکیل شده است. "دموکریت معتقد بود که تجزیه‌ی یک ماده به تعداد بی‌نهایت بار نمی‌تواند ادامه یابد و در یک جایی این عمل تجزیه باید متوقف شود که در این مرحله به ذره‌ای به نام اتم می‌رسیم [۱]. حدود ۲۰۰ سال بعد از دموکریت، لوکریتوس [۲] رومی کتابی نوشت به نام " در طبیعت اشیاء" [۳] و در آن کتاب اشاره کرد که:

"جهان ما روی یک فضای نامتناهی و ذراتی که خردتر نمی‌شوند، برپاست: اتم‌ها این ذرات نامتناهی .... " [۲]. در سال ۱۸۰۳ میلادی دالتون [۴] نظریه‌ی اتمی خود را مبنی بر تجزیه ناپذیر بودن اتم‌ها مطرح نمود، اما تلاش دانشمندانی چون تامسون[۵] ، رادرفورد[۶] و دیگران اثبات کرد که خود اتم از ذرات کوچکتری مانند الکترون، پروتون و نوترون ساخته شده است. نقطه‌ی شروع و توسعه‌ی اولیه فناوری نانو به طور دقیق مشخص نیست. شاید بتوان گفت که اولین نانوفناوری‌کارها شیشه‌گران قرون وسطایی بوده‌اند که از قالب‌های قدیمی [۷]

[۱] Democritus
[۲] Lucretius
[۳] On the Nature of Things
[۴] Dalton
[۵] Thomson
[۶] Rutherford
[۷] Medieal forges

برای شکل‌دادن شیشه‌هایشان استفاده می‌کرده‌اند. البته این شیشه‌گران نمی‌دانستند که چرا با اضافه‌کردن طلا به شیشه رنگ آن تغییر می‌کند. در آن زمان برای ساخت شیشه‌های کلیساهای قرون وسطایی از ذرات نانومتری طلا استفاده می‌شده است و با این کار شیشه‌های رنگی بسیار جذابی بدست می‌آمده است. این قبیل شیشه‌ها هم‌اکنون در بین شیشه‌های بسیار قدیمی یافت می‌شوند. رنگ به‌وجودآمده در این شیشه‌ها برپایه این حقیقت استوار است که مواد با ابعاد نانو دارای همان خواص مواد با ابعاد میکرو نمی‌باشند. جام معروف لیکرگوس [۸] که در قرن چهارم میلادی ساخته شده است و اکنون در موزه انگلستان نگهداری می‌شود یک مثال برای استفاده از فناوری نانو در زمانهای گذشته می‌باشد. این جام که در ساخت آن از مقادیر بسیار کمی طلا و نقره استفاده شده است، دارای این ویژگی است که به هنگام قرارگرفتن درمعرض نور غیرمستقیم رنگ آن سبز به نظر می‌رسد اما با تابیدن نور مستقیم به این جام رنگ آن قرمز و بدنه آن نیمه شفاف می‌شود. بررسی‌هایی که به وسیله‌ی میکروسکوپ الکترونی روی این جام انجام شده است نشان می‌دهد که بلورهای بسیار کوچکی از فلزات در حدود ۷۰ نانومتر درون شیشه‌ی این جام بکار رفته‌اند که با پراکندن نور ایجاد طیف رنگی می‌نمایند [۳].



شکل ۱.۱: ریچارد فاینمن .

اولین جرقه فناوری نانو (البته در آن زمان هنوز به این نام شناخته نشده بود) در سال ۱۹۵۹ زده شد. در این سال ریچارد فاینمن [۹] طی یك سخنرانی با عنوان "فضای زیادی در سطوح پایین وجود دارد" ایده‌ی فناوری نانو را مطرح ساخت. وی این نظریه را ارائه داد که در آینده‌ای نزدیك می‌توانیم مولکول‌ها و اتم‌ها را به صورت

[۸] lycurgus
[۹] Richard Faynman

مسقیم دستکاری کنیم [۳] .

واژه فناوری نانو اولین بار توسط نوریوتاینگوچی [۱۰] استاد دانشگاه علوم توکیو در سال ۱۹۷۴ بر زبانها جاری شد. او این واژه را برای توصیف ساخت مواد (وسایل) دقیقی که دامنه تغییرات ابعاد آنها در حد نانومتر می‌باشد، به کار برد [۴].

در سال ۱۹۸۶ این واژه توسط کی اریك درکسلر [۱۱] در کتابی تحت عنوان : "موتور آفرینش: آغاز دوران فناوری‌نانو" [۱۲] بازآفرینی و تعریف مجدد شد. وی این واژه را به شکل عمیق‌تری در رساله دکترای خود مورد بررسی قرار داده و بعدها آنرا در کتابی تحت عنوان "نانوسامانه‌ها، ماشین‌های مولکولی چگونگی ساخت و محاسبات آنها" توسعه داد [۵]. در جدول زیر تاریخچه‌ی مختصری از رویدادهای مهم در زمینه فناوری نانو آورده شده است [۶].

تاریخ رویدادهای مهم در زمینه فناوری نانو [۶].

۱۹۵۹	فاینمن ایده فضای زیاد در سطوح پایین را برای کار با مواد در مقیاس نانو مطرح کرد.
۱۹۷۴	براي اولین بار واژه فناوری نانو توسط نوریو تانیگوچی بر زبانها جاری شد.
۱۹۸۱	IBM دستگاهی اختراع کرد که به کمک آن می‌توان اتم‌ها را تک‌تک جابه‌جاکرد.
۱۹۸۶	ساخت AFM توسط IBM
۱۹۹۱	کشف نانو لوله‌های کربنی
۱۹۹۷	ساخت اولین نانو ترانزیستور
۲۰۰۰	ساخت اولین موتور DNA
۲۰۰۱	ساخت یک مدل آزمایشگاهی سلول سوخت با استفاده از نانو لوله
۲۰۰۲	شلوارهای ضدلك به بازار آمد.
۲۰۰۳	تولید نمونه‌های آزمایشگاهی نانوسلول‌های خورشیدی
۲۰۱۰	تحقیق و توسعه برای پیشرفت در عرصه فناوری نانو ادامه دارد.

۳.۱ نانوساختارها

بطور کلی ماده نانوساختار به هر ماده‌ای اطلاق می‌گردد که ابعاد آن در مقیاس نانومتر باشد. مواد نانوساختار به سه دسته تقسیم می‌شوند که شامل مواد نانوساختار دو بعدی، یک بعدی و صفربعدی است. نانو مواد دو بعدی ساختارهایی هستند که دارای یک بعد در مقیاس نانو می‌باشند. این ساختارها شامل لایه‌ها و فیلم‌های نازک و نیز نانوپوشش‌ها می‌باشند. نانو مواد یک بعدی دارای دو بعد در مقیاس نانو هستند و در یک بعد گسترده

[۱۰] Norio Taniguchi
[۱۱] K.Eric Drixler
[۱۲] engines of creation the coming era of nano technology

هستند. نانوسیم‌ها [۱۳] ، نانومیله‌ها [۱۴] ، نانوفنرها [۱۵] و نانولوله‌های کربنی [۱۶] در این گروه قرار می‌گیرند. این مواد بواسطه وجود خواص و ویژگی‌های منحصر بفرد مکانیکی، الکتریکی و مغناطیسی، بسیاری از تحقیقات را به خود اختصاص داده‌اند. نانو مواد صفربعدی مشتمل بر ساختارهایی هستند که هر سه بعد آنها دارای قطری کمتر از ۱۰۰ نانومتر می‌باشد. نانوذرات [۱۷] و نقاط کوانتومی [۱۸] در این گروه قرار می‌گیرند.

۴.۱ کاربرد نانوسیم‌ها

در این بخش به مختصر کاربردی از نانوسیم‌ها از جمله کاربردهای نوری، الکترونیکی، الکتروشیمیایی، مغناطیسی، مصارف پزشکی می‌پردازیم.

با کوچک‌تر شدن سامانه‌های الکترونیکی و نوری به سمت مقیاس نانو، تولید نانوسیم‌ها جهت اتصال اجزا آن‌ها به یکدیگر امری اجتناب‌ناپذیر به‌نظر می‌رسد. در مطالعات اخیر ثابت شده است که نانوسیم‌های نیمه‌هادی اجزای بسیار مناسبی برای اتصال نانوسیم‌های الکترونیکی و نوری هستند [۷] . اجزا برخی از این دستگاه‌ها نظیر ترانزیستورهای متأثر از میدان، ترانزیستورهای دو قطبی، معکوس کننده‌ها، دیودهای ساطع کننده نور و حتی گیت‌های منطقی بوسیله نانوسیم‌های نیمه‌هادی مونتاژ می‌شوند.

۱.۴.۱ کاربردهای مغناطیسی

آرایه نانوسیم‌های مغناطیسی به دلیل هندسه خاصشان و امکان تغییر بلوری آن‌ها ضمن کنترل شرایط ساخت، از جمله ساختارهای مناسب برای ساخت حافظه‌های عمودی می‌باشند.

از سوی دیگر قالب‌های خاصی که برای تهیه چنین ساختارهای یک بعدی به کار گرفته می‌شوند، با ایجاد فاصله میان بخش‌های مغناطیسی و کاهش برهم‌کنش‌های مغناطواستاتیک، باعث مستعدسازی این آرایه‌ها در جهت ساخت حافظه‌های گسسته در لایه‌های نازک گشته‌اند و از آنجا که با ساخت حافظه‌های عمودی و گسسته، امکان ساخت دیسک‌های سخت با ویژگی‌های مطلوب مغناطیسی فراهم می‌شود، تحقیقات زیادی در این زمینه در حال انجام است [۸، ۹، ۱۰].

[۱۳] nanowires
[۱۴] nanorods
[۱۵] nanosprings
[۱۶] carbon nanotubes
[۱۷] nanoparticles
[۱۸] quantum dots

دانشمندان موفق شدند نانوسیم‌های انعطاف‌پذیر و طویلی را تولید کنند که قطرهای متغیری بین ۱ تا ۱۰۰ نانومتر دارند که از لحاظ مقایسه حدود هزار مرتبه باریک‌تر از موی انسان است. بلندی، انعطاف‌پذیری و استحکام این نانوسیم‌ها خصوصیات ویژه‌ای را به آن‌ها می‌بخشند. نازک بودن و طویل بودن باعث افزایش سطح آن می‌شود؛ در واقع با کوچک شدن مواد نسبت سطح به حجم افزایش می‌یابد لذا از این ساختارها می‌توان در طراحی حسگرهای بسیار سریع و حساس استفاده کرد [۱۲، ۱۱]. این نانوسیم‌ها توانایی تولید اشعه‌ی ماورای‌بنفش را دارند، نور از یک انتها وارد نانوسیم شده و از انتهای دیگر شروع به تابیدن می‌کند [۱۳]. نانوسیم‌ها بدون هیچ اتلافی این نور را عبور می‌دهند و در مسیر خود اگر به یک عامل بیماری‌زا یا سمی برخورد کنند، شروع به تابیدن می‌کنند و سامانه هشدار دهنده‌ی بسیار سریعی ایجاد می‌کنند که می‌تواند بیماری را زودتر و سریع‌تر از هر آزمایشی تشخیص دهد [۱۴]. می‌توان از هر نانوسیم به صورت منفرد به عنوان یک میکروالکترود، در بررسی الکتروشیمیایی در فضاهای بسیار کوچک، مانند مطالعه الکتروشیمیایی در نقاط مختلف یک سلول زنده و رسوب الکتروشیمیایی یک فلز در یک نقطه بسیار کوچک از آن استفاده کرد [۱۵].

تولید نانوسیم‌های مغناطیسی می‌تواند به ساخت نوع جدیدی از حافظه‌های مغناطیسی منجر شود که ظرفیت ذخیره‌سازی آن حدود صد برابر بیشتر از حافظه‌های RAM [۱۹] موجود است [۱۶].

نانوسیم‌های فرومغناطیس با وادارندگی بالا و حلقه‌ی پسماند بسیار مربعی برای دستیابی به این هدف مناسب هستند. ما در این پایان‌نامه برآنیم نانوسیم‌های آهن-منگنز را به روش الکترواناشت درون قالب اکسید آلومینیوم آندی ساخته و به بررسی اثر غلظت ناخالصی منگنز درون محلول الکترولیت بر خواص مغناطیسی این نانوسیم‌ها بپردازیم. در این پایان‌نامه سعی خواهد شد به برخی از سوالات از قبیل شرایط بهینه برای نانوسیم‌های آهن-منگنز کدامند؟ میدان وادارندگی و نسبت مربعی با افزودن منگنز چه تغییری می‌کنند پاسخ داده شود.

در فصل دو به بررسی مواد مغناطیسی و انواع آن‌ها پرداخته و با ناهمسانگردی مغناطیسی آشنا خواهیم شد.

در فصل سه به بررسی انواع نانوسیم‌ها و نظریه کار در آزمایشگاه می‌پردازیم و در فصل آخر نیز نتایج به دست آمده از آزمایش‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرند.

[۱۹] Random Access Memory

فصل ۲
مغناطیس

مقدمه

واژه مغناطیس کلمه‌ای یونانی است که به بعضی از سنگ‌های طبیعی اکسید آهن اطلاق می‌شود. این سنگ‌ها از این خاصیت برخوردارند که بر یکدیگر و بر ذرات آهن یا فولاد نیرو وارد می‌کنند. یونانیان بیش از ۲۵۰۰ سال پیش با پدیده آهنربایی آشنا بودند.

تالس [۱] که اغلب از او به عنوان پدر علم یونان یاد می‌شود ماده کانی مگنیت (Fe_3O_4) را می‌شناخت این کانی در مگنزیا (ترکیه امروزی) یافت می‌شده است.

چینی‌ها نیز با برخی از سنگ‌های آهنربا آشنایی داشتند و تکه‌هایی از این سنگ‌ها را به عنوان قطب‌نمای ساده در دریانوردی به کار می‌بردند.

اولین تحقیق علمی در مورد مغناطیس توسط ویلیام گیلبرت [۲] انجام شد. او تصویر دقیقی از میدان مغناطیسی زمین ایجاد کرد.

در سال ۱۸۲۰ اورستد [۳] دریافت که در فضای اطراف رساناهای حامل جریان یک میدان مغناطیسی پدید می‌آید.

۱.۲ مواد مغناطیسی و رفتار آن‌ها

خواص مغناطیسی مواد نتیجه گشتاورهای مغناطیسی حاصل از الکترون‌ها است. این گشتاور دارای سه منشأ اساسی است: اندازه حرکت زاویه‌ای مداری الکترون‌ها به گرد هسته؛ اسپین الکترون‌ها و تغییری که میدان

[۱] Thales
[۲] William Gilbert
[۳] Ørsted

مغناطیسی خارجی در گشتاور مداری القاء می‌کند. از دو اثر نخست سهم‌های پارامغناطیسی در مغناطیدگی حاصل می‌شوند و از اثر سوم سهم دیامغناطیس [۱۷]. گشتاور مغناطیسی کل یک اتم از جمع برداری دو گشتاور اسپینی و مداری به وجود می‌آید. مغناطش[۴] یک کمیت ماکروسکوپیکی است که خواص مغناطیسی ماده با آن توصیف می‌شود و بصورت گشتاور مغناطیسی در واحد حجم تعریف می‌شود.

$$\mathbf{M} = \frac{\mathbf{m}}{v} \tag{۱.۲}$$

خواص مغناطیسی مواد معمولاً برحسب پذیرفتاری مغناطیسی مورد بحث قرار می‌گیرند،

$$\chi = \frac{M}{\mu_{\cdot} B} \tag{۲.۲}$$

که درآن $\mu_{\cdot}$ ثابت پذیرفتاری خلا و B میدان خارجی است.

۲.۲ انواع مواد مغناطیسی

بر اساس خواص مغناطیسی مواد را می توان به پنج دسته تقسیم کرد:

۱.۲.۲ دیامغناطیس

خاصیت دیامغناطیس در همه مواد وجود دارد و ویژگی همه‌ی مواد است؛ اما اغلب توسط مغناطش‌های قوی‌تر پوشیده می‌شود. اتم‌های دیامغناطیس دارای هیچ گشتاور مغناطیسی نمی‌باشند و مطابق شکل (۱.۲) ، با قرارگرفتن در میدان مغناطیسی خارجی دارای گشتاور مغناطیسی القایی در خلاف جهت میدان خارجی می‌شوند و آن را تضعیف می‌کنند. پذیرفتاری مغناطیسی این مواد بسیار کوچک، منفی و مستقل از دما می‌باشد. مواد آلی، عناصر سبک عناصر قلیایی خاکی و کوارتز نمونه‌هایی از مواد دیامغناطیس می‌باشند.

۲.۲.۲ پارامغناطیس

دلیل اصلی خاصیت پارامغناطیس وجود الکترون‌های جفت نشده در پوسته‌های پرنشده می‌باشد. جامد پارامغناطیس از اتم‌هایی تشکیل شده است که گشتاور مغناطیسی دائم اتمی دارند اما بصورت مجزا و بدون هیچ برهمکنش متقابلی بر روی یکدیگر عمل می‌کنند که در نهایت به سبب ارتعاشات حرارتی، جهت‌گیری تصادفی دارند. اعمال

[۴] magnetization