بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه اراک

دانشکده علوم پایه

کارشناسی ارشد فیزیک حالت جامد

الکتروانباشت و مطالعه ساختاری و خواص مغناطیسی نانوساختارهای آهن-پلاتین

پژوهشگر

راضیه ترابی فارسانی

استاد راهنما

پروفسور غلامرضا نبیونی

پاییز ۱۳۹۳

بسم ا... الرحمن الرحیم

الکتروانباشت و مطالعه ساختاری و خواص مغناطیسی

نانوساختارهای آهن-پلاتین

توسط:

راضیه ترابی فارسانی

پایان‌نامه

ارائه شده به مدیریت تحصیلات تکمیلی به عنوان بخشی از فعالیت‌های تحصیلی لازم

برای اخذ درجه کارشناسی ارشد

در رشته فیزیک حالت جامد

از

دانشگاه اراک

اراک-ایران

ارزیابی و تصویب شده توسط کمیته پایان‌نامه با درجه: .....

دکتر غلامرضا نبیونی (استاد راهنما و رئیس کمیته)..... استاد

دکتر مهران قلی‌پور شهرکی (مدعو داخلی- دانشگاه اراک)..... استادیار

دکتر کامبیز هدایتی (مدعو خارجی- دانشگاه صنعتی اراک)..... استادیار

مهر ۱۳۹۳

تقدیم به دو فرشته مهربان، دو نعمت وصف‌ناشدنی و دو جواهر

گران‌قدر زندگی‌ام

پدر و مادر

و تقدیم به خواهر دوست‌داشتنی و برادران عزیزم که همواره

وجودشان مایه دلگرمی من هست

تقدیر و تشکر

سپاس بی‌کران پروردگار یکتا را که هستی‌مان بخشید و به طریق علم و دانش رهنمون‌مان شد و به هم نشینی رهروان علم و دانش مفتخرمان نمود و خوشه‌چینی از علم و معرفت را روزی‌مان ساخت. او که همیشه و همه جا یار و یاورم بوده و می‌دانم که هیچ‌گاه و هیچ‌کجا تنهایم نخواهد گذاشت.

بدون شک جایگاه و منزلت استاد، اجلّ از آن است که در مقام قدردانی از زحمات بی‌شائبه‌ی او، با زبان قاصر و دست ناتوان، چیزی بنگارم. اما از آنجایی که تجلیل از استاد، سپاس از انسانی است که هدف و غایت آفرینش را تأمین می‌کند و سلامت امانت‌هایی را که به دستش سپرده‌اند، تضمین؛ بر خود می‌دانم که از زحمات و راهنمایی‌های بزرگوارانه استاد گران‌قدرم جناب آقای پروفسور غلامرضا نبیونی نهایت تشکر را به عمل آورم.

از جناب آقای دکتر مهران قلی‌پور و جناب آقای دکتر کامبیز هدایتی که زحمت داوری این پایان‌نامه را به عهده گرفتند بی‌نهایت سپاس‌گزارم.

هم‌چنین از کمک‌ها و راهنمایی‌های بی‌دریغ و دلسوزانه‌ی خانم‌ها نرگس صفایی و مرجان اسیرنوس تشکر و قدردانی می‌کنم.

از زحمات جناب آقای جواد قاسمی کمال تشکر را دارم.

و در پایان از تمامی دوستان و کسانی که مرا در راه علم تشویق و یاری نمودند از اعماق وجودم سپاس‌گزارم.

چکیده

الکترواناباشت و مطالعه ساختاری و خواص مغناطیسی نانوساختارهای آهن-پلاتین

توسط:
راضیه ترابی فارسانی

الکترواناباشت یکی از ساده‌ترین، انعطاف‌پذیرترین و کم‌هزینه‌ترین روش‌های لایه‌نشانی نسبت به سایر روش‌های موجود بر پایه‌ی تکنیک خلأ می‌باشد که امکان رشد تک لایه‌ای‌ها، چندلایه-ای‌ها و لایه‌های آلیاژی مغناطیسی را در شرایط طبیعی دما و فشار فراهم می‌کند.

در این پروژه لایه‌های نازک Pt، Fe و آلیاژی FePt بر روی زیرلایه‌های فلزی مس و طلا، به روش الکترواناباشت با درصدهای مختلف آهن در مد کرنوکولومتری (CHC) تحت پتانسیل ثابت در الکترولیت تک حمام انباشت شدند. با استفاده از ولتامتری چرخه‌ای (CV) ولتاژ شروع انباشت لایه‌های آلیاژی مشخص شد. در ادامه بس لایه‌ای‌های FePt/Pt با ضخامت‌های متفاوت لایه‌های پلاتین بر زیر لایه‌های مس و طلا رسوب داده شد و تأثیر این تغییر ضخامت بر مورفولوژی سطحی لایه‌ها مورد بررسی قرار گرفت.

در این کار با استفاده از دستگاه پراش پرتو ایکس (XRD) و میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) ساختار و مورفولوژی لایه‌های آلیاژی FePt و بس‌لایه‌ای FePt/Pt مورد بررسی قرار گرفته و آنالیز تفکیک انرژی پرتو ایکس (EDX) درصد وزنی و اتمی عناصر موجود در لایه-های انباشتی را تعیین کرده است. همچنین خواص مغناطیسی لایه‌های آلیاژی FePt بر روی زیرلایه طلا، توسط دستگاه مغناطوسنج نیروی متناوب (AGFM) مورد مطالعه قرارگرفته است.

فهرست مطالب

عنوان صفحه

فصل اول مقدمه

۱-۱. مقدمه و تاریخچه ---------- ۲

۱-۲. تحقیقات پیشین ---------- ۴

۱-۳. هدف از انجام این تحقیق ---------- ۹

فصل دوم الکتروانباشت و عوامل تأثیرگذار

۲-۱. مقدمه ---------- ۱۲

۲-۲. لایه نازک ---------- ۱۳

۲-۲-۱. شکل‌گیری لایه نازک و انواع رشد آن ---------- ۱۴

۲-۳. زیرلایه و خواص آن ---------- ۱۷

۲-۴. الکتروانباشت ---------- ۱۸

۲-۴-۱. الکترولیت ---------- ۲۲

۲-۴-۲. الکترودها ---------- ۲۳

۲-۴-۳. مراحل رشد لایه به روش الکتروانباشت ---------- ۲۶

۲-۴-۴. سینماتیک حاکم بر انباشت ---------- ۲۸

۲-۴-۵. تبلور الکتروشیمیایی ---------- ۲۹

۲-۴-۶. نظریه‌ی جنبشی انتقال بار ---------- ۳۰

۲-۴-۷. الکتروانباشت تک فلز، آلیاژ و بس لایه ---------- ۳۳

۲-۴-۸. الکتروانباشت تک حمام و دو حمام ---------- ۳۵

۲-۵. عوامل مؤثر بر انباشت شیمیایی ---------- ۳۶

۲-۵-۱. غلظت یونی و pH ---------- ۳۷

۲-۵-۲. پتانسیل انباشت ---------- ۳۸

۲-۵-۳. چگالی جریان ---------- ۳۸

۲-۵-۴. هندسه و فاصله‌ی بین الکترودها ---------- ۳۹

۲-۵-۵. جنس و سطح زیرلایه ---------- ۳۹

۲-۵-۶. دمای الکترولیت ---------- ۳۹

۲-۵-۷. نوع جریان الکتروانباشت ---------- ۴۰

۲-۶. مزایا و محدودیت‌های روش الکتروانباشت ---------- ۴۰

فصل سوم الکتروانباشت لایه‌های نانوساختار آلیاژی FePt و بس‌لایه‌ایFePt/Pt

۳-۱. مقدمه ---------- ۴۵

۳-۲. سل الکتروشیمیایی ---------- ۴۶
۳-۳. فرآیند آماده‌سازی زیرلایه ---------- ۴۷
۳-۳-۱. سونش زیرلایه مس ---------- ۴۷
۳-۳-۲. سونش زیرلایه طلا ---------- ۴۹
۳-۳-۳. عملیات ماسک زنی ---------- ۵۰
۳-۴. الکترونباشت لایه‌های نازک فلزی Pt، آلیاژی FePt و بس‌لایه‌ای FePt/Pt ---------- ۵۱
۳-۴-۱. محاسبات مربوط به پارامترهای لایه‌نشانی ---------- ۵۲
۳-۴-۲. الکترولیت لازم برای انباشت لایه نازک تک فلزی Pt ---------- ۵۴
۳-۴-۳. الکترولیت لازم برای انباشت لایه نازک آلیاژی FePt ---------- ۵۶
۳-۴-۴. الکترولیت لازم برای انباشت لایه نازک بس‌لایه‌ای FePt/Pt ---------- ۵۸

فصل چهارم نتایج

۴-۱. مقدمه ---------- ۶۱
۴-۲. نمودارهای بدست آمده از نرم‌افزار دستگاه پای‌پتانسیل در الکترونباشت ---------- ۶۲
۴-۲-۱. ولتامتری چرخه‌ای ---------- ۶۲
۴-۲-۲. نتایج حاصل از ولتامتری چرخه‌ای ---------- ۶۳
۴-۲-۳. نمودارهای بار-زمان و جریان-زمان ---------- ۶۴
۴-۳. نتایج بدست آمده از آنالیز لایه‌های تک فلزی Pt و آلیاژی FePt ---------- ۷۰
۴-۳-۱. طیف‌سنج پراش اشعه X (X-Ray Difraction) ---------- ۷۰
۴-۳-۲. نتایج حاصل از آنالیز *XRD* ---------- ۷۳
۴-۳-۳. میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) ---------- ۸۲
۴-۳-۴ نتایج حاصل از تصویربرداری SEM ---------- ۸۵
۴-۳-۵. طیف‌سنج تفکیک انرژی پرتو ایکس (EDX) ---------- ۹۷
۴-۳-۶. نتایج حاصل از آنالیز EDX ---------- ۱۰۱
۴-۳-۷. مغناطومقاومت نیروی گرادیان متناوب (AGFM) ---------- ۱۰۵
۴-۳-۸. نتایج حاصل از آنالیز AGFM ---------- ۱۱۲
۴-۴. نتایج بدست آمده از آنالیز لایه‌های بس‌لایه‌ای FePt/Pt ---------- ۱۱۵
۴-۴-۱. نتایج حاصل از آنالیز *XRD* ---------- ۱۱۵
۴-۴-۲. نتایج حاصل از تصویربرداری SEM ---------- ۱۱۹
۴-۴-۳. نتایج حاصل از آنالیز EDX ---------- ۱۲۶
۴-۵. نتیجه‌گیری ---------- ۱۳۱
نگاهی به آینده ---------- ۱۳۳
پیوست ---------- ۱۳۴
مراجع ---------- ۱۴۰
چکیده و عنوان به زبان انگلیسی

فهرست جدول‌ها

عنوان صفحه

جدول(۳-۱). ویژگی‌های زیرلایه‌های مس و طلا ---------- ۴۷

جدول(۳-۲). ترکیب الکترولیت بکار رفته برای انباشت لایه نازک تک فلزی Pt ---------- ۵۵

جدول (۳-۳). مشخصات لایه‌های انباشتی پلاتین ---------- ۵۶

جدول(۳-۴). مواد لازم و مقدار مورد نیاز جهت تهیه الکترولیت‌ها ---------- ۵۷

جدول(۳-۵). مشخصات و شرایط بهینه برای الکتروانباشت آلیاژ FePt روی زیرلایه طلا و مس -------- ۵۸

جدول (۳-۶). مواد مورد نیاز برای تهیه الکترولیت لازم برای انباشت لایه نازک بس‌لایه‌ای FePt/Pt ---- ۵۹

جدول (۳-۷). پارامترهای لازم جهت انباشت بس‌لایه‌های FePt/Pt ---------- ۵۹

جدول (۴-۱). داده‌های حاصل از پیک‌های ارجح آنالیز XRD لایه نازک تک فلز pt به ضخامت ۵۰۰nm با الکترولیت ۰،۰۰۱ مولار Pt روی زیرلایه طلای انباشت شده به وسیله الکتروانباشت روی مس --------- ۷۴

جدول (۴-۲). داده‌های حاصل از پیک‌های ارجح آنالیز XRD لایه نازک تک فلز pt به ضخامت ۷۰۰nm با الکترولیت ۰،۰۰۱ مولار Pt روی زیرلایه طلای انباشت شده به وسیله کندوپاش روی شیشه --------- ۷۶

جدول(۴-۳). داده‌های حاصل از آنالیز XRD لایه آلیاژی FePt با ضخامت ۱μm تهیه شده با الکترولیت ۱ شامل ۰،۰۲ مولار آهن و ۰،۰۰۱ مولار پلاتین ---------- ۷۸

جدول(۴-۴). داده‌های حاصل از آنالیز XRD لایه آلیاژی FePt با ضخامت ۱μm تهیه شده با الکترولیت ۲ شامل ۰،۰۴ مولار آهن و ۰،۰۰۱ مولار پلاتین ---------- ۷۹۰

جدول(۴-۵). داده‌های حاصل از آنالیز XRD لایه آلیاژی FePt با ضخامت ۱μm تهیه شده با الکترولیت ۳ شامل ۰،۰۶ مولار آهن و ۰،۰۰۱ مولار پلاتین ---------- ۸۰

جدول (۴-۶). داده‌های حاصل از آنالیز EDX لایه نازک آلیاژی FePt بر روی زیرلایه طلا با ضخامت ۱μm از الکترولیت ۱ شامل ۰،۰۲ مولار آهن و ۰،۰۰۱ مولار پلاتین ---------- ۱۰۲

جدول (۴-۷). داده‌های حاصل از آنالیز EDX لایه نازک آلیاژی FePt بر روی زیرلایه طلا با ضخامت ۱μm از الکترولیت ۲ شامل ۰،۰۴ مولار آهن و ۰،۰۰۱ مولار پلاتین ----------۱۰۳

جدول (۴-۸). داده‌های حاصل از آنالیز EDX لایه نازک آلیاژی FePt بر روی زیرلایه طلا با ضخامت ۱μm از الکترولیت ۳ شامل ۰،۰۶ مولار آهن و ۰،۰۰۱ مولار پلاتین ----------۱۰۴

جدول (۴-۹). مقایسه داده‌های مربوط به آنالیز EDX برای لایه‌های آلیاژی FePt ----------۱۰۵

جدول (۴-۱۰). داده های حاصل از آنالیز AGFM لایه آلیاژی FePt با ضخامت ۱۰۰۰nm تهیه شده با الکترولیت شامل۰/۰۲ مولار Fe و۰/۰۰۱ مولار Pt بر روی زیرلایه طلا ----------۱۱۳

جدول (۴-۱۱). داده های حاصل از آنالیز AGFM لایه آلیاژی FePt با ضخامت ۱۰۰۰nm تهیه شده با الکترولیت شامل۰/۰۶ مولار Fe و۰/۰۰۱ مولار Pt بر روی زیرلایه طلا ----------۱۱۴

جدول (۴-۱۲) داده‌های حاصل از آنالیز XRD لایه نازک بس‌لایه‌ای FePt(3nm)/Pt(1nm) تهیه شده با الکترولیت ۲ شامل ۰،۰۴ مولار آهن و ۰،۰۰۱ مولار پلاتین ----------۱۱۶

جدول (۴-۱۳) داده‌های حاصل از آنالیز XRD لایه نازک بس‌لایه‌ای FePt(3nm)/Pt(2nm) تهیه شده با الکترولیت ۲ شامل ۰،۰۴ مولار آهن و ۰،۰۰۱ مولار پلاتین ----------۱۱۷

جدول (۴-۱۴) داده‌های حاصل از آنالیز XRD لایه نازک بس‌لایه‌ای FePt(3nm)/Pt(3nm) تهیه شده با الکترولیت ۲ شامل ۰،۰۴ مولار آهن و ۰،۰۰۱ مولار پلاتین ----------۱۱۸

جدول (۴-۱۵). داده‌های حاصل از آنالیز EDX لایه نازک بس‌لایه‌ای FePt(3nm)/Pt(1nm) تهیه شده با الکترولیت ۲ شامل ۰،۰۴ مولار آهن و ۰،۰۰۱ مولار پلاتین روی زیرلایه طلا ----------۱۲۷

جدول (۴-۱۶). داده‌های حاصل از آنالیز EDX لایه نازک بس‌لایه‌ای FePt(3nm)/Pt(2nm) تهیه شده با الکترولیت ۲ شامل ۰،۰۴ مولار آهن و ۰،۰۰۱ مولار پلاتین روی زیرلایه طلا ----------۱۲۸

جدول (۴-۱۷). داده‌های حاصل از آنالیز EDX لایه نازک بس‌لایه‌ای FePt(3nm)/Pt(3nm) تهیه شده با الکترولیت ۲ شامل ۰،۰۴ مولار آهن و ۰،۰۰۱ مولار پلاتین روی زیرلایه طلا ----------۱۲۹

جدول (۴-۱۸). مقایسه داده‌های مربوط به آنالیز EDX برای لایه‌های بس‌لابه-ای[FePt(3nm)/Pt((1,2,3)nm)] ---------- ۱۳۰

فهرست شکل‌ها

عنوان صفحه

شکل (۲-۱). تصویری شماتیک از ساختمان زیرلایه و لایه نازک ---------- ۱۴

شکل (۲-۲). تصویری از فرایندهای رخ دهنده روی سطح بستر ---------- ۱۴

شکل (۲-۳). رشد لایه‌های نازک در مد الف- لایه‌ای، ب- لایه‌ای- جزیره‌ای، ج- جزیره‌ای ----- ۱۶

شکل (۲-۴). الف. سلول الکتروشیمیایی، ب. دستگاه پای‌پتانسیل ---------- ۲۰

شکل (۲-۵). زیرلایه‌های آماده انباشت طلا و مس ---------- ۲۴

شکل (۲-۶). الکترود پلاتین ---------- ۲۵

شکل (۲-۷). الکترود کالومل اشباع ---------- ۲۶

شکل (۲-۸). نمایی از چگونگی رشد بلور در سیستم‌های الکتروانباشت ---------- ۳۰

شکل (۲-۹). نمای شماتیک از انتقال الکترون از الکترود به یون فلزی ---------- ۳۰.

شکل (۲-۱۰). نمای شماتیک از دستگاه الکتروانباشت یک فلز ---------- ۳۳

شکل (۲-۱۱). نمایی شماتیک از یک بس لایه فلزی شامل فلزات A و B با ضخامت‌های متفاوت ----- ۳۴

شکل (۲-۱۲). تصویر شماتیک از برطرف کردن اثر لبه ---------- ۴۳

شکل(۳-۱). نمای شماتیک از سل الکتروانباشت ---------- ۴۶

شکل (۳-۲). فرایند سونش شیمیایی زیر لایه‌ی مسی ---------- ۴۸

شکل(۳-۳). تصویر شماتیک از سطح مقطع زیرلایه ---------- ۵۰

شکل(۳-۴). مراحل ماسک‌زنی ---------- ۵۱

شکل (۳-۵). سل الکتروشیمیایی جهت الکترواناشت ---------- ۵۲

شکل(۳-۶). الکترولیت پلاتین ---------- ۵۴

شکل (۴-۱). نمودارهای جریان-ولتاژ آلیاژ آهن-پلاتین روی دو زیرلایه (الف).مس و (ب).طلا ------ ۶۴

شکل(۴-۲). منحنی‌های الف. جریان-زمان و ب. بار-زمان مربوط به انباشت پلاتین در ولتاژ ۰،۱- ------ ۶۵

شکل(۴-۳). منحنی‌های الف. جریان-زمان و ب. بار-زمان مربوط به انباشت آهن در ولتاژ ۱،۴- ------ ۶۶

شکل(۴-۴). منحنی‌های الف. جریان-زمان و ب. بار-زمان مربوط به انباشت آلیاژ آهن‌پلاتین
در ولتاژ ۱،۴- ---------- ۶۷

شکل(۴-۵). مقایسه منحنی‌های جریان-زمان مربوط به انباشت پلاتین، آهن، و آلیاژ آهن‌پلاتین ----- ۶۸

شکل(۴-۶). نمودارهای الف. جریان-زمان و ب. بار-زمان برای انباشت بس‌لایه FePt/Pt در
ولتاژ ۱،۴- و ۰،۳- ---------- ۶۹

شکل (۴-۷). تصویری از پراش پرتو ایکس از یک تک بلور ---------- ۷۰

شکل (۴-۸). تصویر پراش پرتو از صفحات بلوری ---------- ۷۱

شکل (۴-۹). تصویری از دستگاه طیف‌سنج پراش پرتو ایکس دانشگاه اراک ---------- ۷۲

شکل (۴-۱۰). آنالیزXRD لایه نازک تک فلز pt به ضخامت ۵۰۰nm با الکترولیت ۰،۰۰۱ مولار Pt روی
زیرلایه طلای انباشت شده به وسیله الکترواناشت روی مس ---------- ۷۳

شکل(۴-۱۱). مقایسه آنالیزXRD الف. لایه نازک تک فلز pt با ب. زیرلایه طلای انباشت شده به وسیله
الکترواناشت روی مس ---------- ۷۴

شکل (۴-۱۲). آنالیز XRD لایه نازک تک فلز pt به ضخامت ۷۰۰nm با الکترولیت ۰،۰۰۱ مولار Pt روی
زیرلایه طلای انباشت شده به وسیله کندوپاش روی شیشه ---------- ۷۶

شکل(۴-۱۳). آنالیز XRD لایه آلیاژی FePt با ضخامت ۱μm تهیه شده با الکترولیت ۱ شامل ۰،۰۲ مولار
آهن و ۰،۰۰۱ مولار پلاتین ---------- ۷۸

شکل(۴-۱۴). آنالیز XRD لایه آلیاژی FePt با ضخامت ۱μm تهیه شده با الکترولیت ۲ شامل ۰،۰۴ مولار آهن و ۰،۰۰۱ مولار پلاتین ---------- ۷۹

شکل(۴-۱۵). آنالیز XRD لایه آلیاژی FePt با ضخامت ۱μm تهیه شده با الکترولیت ۳ شامل ۰،۰۶ مولار آهن و ۰،۰۰۱ مولار پلاتین ---------- ۸۰

شکل(۴-۱۶). مقایسه طیف XRD لایه‌های انباشت شده‌ی آهن‌پلاتین برای غلظت‌های الف. ۰،۰۲، ب. ۰،۰۴، ج. ۰،۰۶ مولار آهن ---------- ۸۱

شکل (۴-۱۷). شماتیک عملکرد میکروسکوپ الکترونی روبشی ---------- ۸۲

شکل(۴-۱۸). پرتوهای مختلف ناشی از برخورد الکترون با نمونه در دستگاه SEM ---------- ۸۴

شکل (۴-۱۹). حجم واکنش و مناطقی که الکترون‌های ثانویه، برگشتی و پرتوهای x می‌توانند آشکارسازی شوند ---------- ۸۴

شکل (۴-۲۰). تصویر دستگاه SEM موجود در دانشگاه تهران ---------- ۸۵

شکل(۴-۲۱). تصاویر SEM مربوط به لایه نازک پلاتین روی زیرلایه طلای الکترونباشت شده روی مس به ضخامت ۵۰۰nm در مقیاس الف. ۳۰۰nm و ب. ۱μm ---------- ۸۶

شکل (۴-۲۲). تصاویر SEM مربوط به لایه نازک پلاتین روی زیرلایه طلای کندوپاش شده روی شیشه به ضخامت ۷۰۰nm در مقیاس الف. ۵۰۰nm و ب. ۱μm ---------- ۸۷

شکل (۴-۲۳). تصاویر SEM مربوط به لایه نازک آلیاژی FePt روی زیرلایه طلا به ضخامت ۵۰۰nm تهیه شده با الکترولیت ۱ شامل ۰،۰۲ مولار آهن و ۰،۰۰۱ مولار پلاتین. در مقیاس الف. ۵۰۰nm و ب. ۱μm و ج. ۲μm ---------- ۸۹

شکل(۴-۲۴). تصاویر SEM مربوط به لایه نازک آلیاژی FePt روی زیرلایه طلا به ضخامت ۱μm تهیه شده با الکترولیت ۱ شامل ۰،۰۲ مولار آهن و ۰،۰۰۱ مولار پلاتین. در مقیاس الف. ۵۰۰nm و ب. μM ۱ و ج. ۲μm ---------- ۹۰

شکل(۴-۲۵). تصاویر SEM مربوط به لایه نازک آلیاژی FePt روی زیرلایه طلا به ضخامت ۵۰۰nm تهیه شده با الکترولیت ۳ شامل ۰،۰۶ مولار آهن و ۰،۰۰۱ مولار پلاتین. در مقیاس الف. ۵۰۰nm و ب. ۱μm و ج. ۲μm ---------- ۹۱

شکل(۴-۲۶). تصاویر SEM مربوط به لایه نازک آلیاژی FePt روی زیرلایه طلا به ضخامت ۱μm تهیه شده با الکترولیت ۳ شامل ۰،۰۶ مولار آهن و ۰،۰۰۱ مولار پلاتین. در مقیاس الف. ۵۰۰nm و ب. ۱μm و

ج. ۲μm---------- ۹۲

شکل(۴-۲۷). تصاویر SEM مربوط به لایه نازک آلیاژی FePt روی زیرلایه مس به ضخامت ۵۰۰nm تهیه شده با الکترولیت ۱ شامل ۰،۰۲ مولار آهن و ۰،۰۰۱ مولار پلاتین. در مقیاس الف. ۵۰۰nm و ب. ۱μm و ج. ۲μm ---------- ۹۳

شکل(۴-۲۸). تصاویر SEM مربوط به لایه نازک آلیاژی FePt روی زیرلایه مس به ضخامت ۱μm تهیه شده با الکترولیت ۱ شامل ۰،۰۲ مولار آهن و ۰،۰۰۱ مولار پلاتین. در مقیاس الف. ۵۰۰nm و ب. ۱μm و ج. ۲μm ---------- ۹۴

شکل(۴-۲۹). تصاویر SEM مربوط به لایه نازک آلیاژی FePt روی زیرلایه مس به ضخامت ۵۰۰nm تهیه شده با الکترولیت ۳ شامل ۰،۰۶ مولار آهن و ۰،۰۰۱ مولار پلاتین. در مقیاس الف. ۵۰۰nm و ب. ۱μm و ج. ۲μm---------- ۹۵

شکل(۴-۳۰). تصاویر SEM مربوط به لایه نازک آلیاژی FePt روی زیرلایه مس به ضخامت ۱μm تهیه شده با الکترولیت ۳ شامل ۰،۰۶ مولار آهن و ۰،۰۰۱ مولار پلاتین. در مقیاس الف. ۵۰۰nm و ب. ۱μm و ج. ۲μm---------- ۹۶

شکل(۴-۳۱). دیاگرام شمایی آشکارساز XEDS و مدار پردازش سیگنال آن ---------- ۹۹

شکل (۴-۳۲). سیگنال‌های ولتاژ خروجی الف) پیش تقویت کننده ترانزیستور اثر میدانی، ب) مدار پردازشگر پالس و ج) مبدل آنالوگ به دیجیتال، د) نمایش طیف XEDS حاصل ---------- ۱۰۰

شکل (۴-۳۳). آنالیز EDX لایه نازک آلیاژی FePt بر روی زیرلایه طلا با ضخامت ۱μm از الکترولیت ۱ شامل ۰،۰۲ مولار آهن و ۰،۰۰۱ مولار پلاتین ---------- ۱۰۲

شکل (۴-۳۴). آنالیز EDX لایه نازک آلیاژی FePt بر روی زیرلایه طلا با ضخامت ۱μm از الکترولیت ۲ شامل ۰،۰۴ مولار آهن و ۰،۰۰۱ مولار پلاتین ---------- ۱۰۳

شکل (۴-۳۵). آنالیز EDX لایه نازک آلیاژی FePt بر روی زیرلایه طلا با ضخامت ۱μm از الکترولیت ۳ شامل ۰،۰۶ مولار آهن و ۰،۰۰۱ مولار پلاتین ---------- ۱۰۴

شکل (۴-۳۶). حلقه‌ی پسماند برای یک ماده فرو مغناطیس ---------- ۱۰۹

شکل (۴-۳۷). حلقه پسماند مواد فرومغناطیسی نرم و سخت ---------- ۱۰۹

شکل (۴-۳۸). تصویر شماتیک از سیستم AGFM (۱- سیم‌پیچ، ۲- آهن‌ربای اصلی، ۳- پیزوالکتریک،

۴- نمونه، ۵- میله کوارتز، ۶- محفظه ضربه زنی ارتعاشی) ----------۱۱۱

شکل (۴-۳۹). تصویری از دستگاه میکروسکوپ نیروی اتمی دانشگاه کاشان ----------۱۱۲

شکل (۴-۴۰). آنالیز AGFM لایه آلیاژی FePt با ضخامت ۱۰۰۰nm تهیه شده با الکترولیت شامل۰،۰۲ مولار Fe و۰،۰۰۱مولار Pt بر روی زیرلایه طلا ----------۱۱۳

شکل (۴-۴۱). آنالیز AGFM لایه آلیاژی FePt با ضخامت ۱۰۰۰nm تهیه شده با الکترولیت شامل۰،۰۶ مولار Fe و۰،۰۰۱مولار Pt بر روی زیرلایه طلا ----------۱۱۴

شکل (۴-۴۲). آنالیز XRD لایه نازک بس‌لایه‌ای FePt(3nm)/Pt(1nm) تهیه شده با الکترولیت ۲ شامل ۰،۰۴ مولار آهن و ۰،۰۰۱ مولار پلاتین ----------۱۱۶

شکل (۴-۴۳). آنالیز XRD لایه نازک بس‌لایه‌ای FePt(3nm)/Pt(2nm) تهیه شده با الکترولیت ۲ شامل ۰،۰۴ مولار آهن و ۰،۰۰۱ مولار پلاتین ----------۱۱۷

شکل (۴-۴۴). آنالیز XRD لایه نازک بس‌لایه‌ای FePt(3nm)/Pt(3nm) تهیه شده با الکترولیت ۲ شامل ۰،۰۴ مولار آهن و ۰،۰۰۱ مولار پلاتین ----------۱۱۸

شکل (۴-۴۵). مقایسه طیف XRD لایه‌های نازک بس‌لایه‌ای الف. FePt(3nm)/Pt(1nm) ب. FePt(3nm)/Pt(2nm) ج. FePt(3nm)/Fe(3nm) ----------۱۱۹

شکل(۴-۴۶). تصاویر SEM مربوط به لایه نازک بس‌لایه‌ای FePt(3nm)/Pt(1nm) تهیه شده با الکترولیت ۲ شامل ۰،۰۴ مولار آهن و ۰،۰۰۱ مولار پلاتین بر روی زیرلایه طلا و مقیاس الف. ۵۰۰nm ب. ۱μm ج. ۲μm ----------۱۲۱

شکل(۴-۴۷). تصاویر SEM مربوط به لایه نازک بس‌لایه‌ای FePt(3nm)/Pt(2nm) تهیه شده با الکترولیت ۲ شامل ۰،۰۴ مولار آهن و ۰،۰۰۱ مولار پلاتین بر روی زیرلایه طلا و مقیاس الف. ۵۰۰nm ب. ۱μm ج. ۲μm ----------۱۲۲

شکل(۴-۴۸). تصاویر SEM مربوط به لایه نازک بس‌لایه‌ای FePt(3nm)/Pt(3nm) تهیه شده با الکترولیت ۲ شامل ۰،۰۴ مولار آهن و ۰،۰۰۱ مولار پلاتین بر روی زیرلایه طلا و مقیاس الف. ۵۰۰nm ب. ۱μm ج. ۲μm ----------۱۲۳

شکل(۴-۴۹). تصاویر SEM مربوط به لایه نازک بس‌لایه‌ای FePt(3nm)/Pt(1nm) تهیه شده با الکترولیت ۲ شامل ۰،۰۴ مولار آهن و ۰،۰۰۱ مولار پلاتین بر روی زیرلایه مس و مقیاس الف. ۵۰۰nm ب. ۱μm ج. ۲μm ----------۱۲۴

شکل(۴-۵۰). تصاویر SEM مربوط به لایه نازک بس‌لایه‌ای FePt(3nm)/Pt(2nm) تهیه شده با الکترولیت ۲ شامل ۰،۰۴ مولار آهن و ۰،۰۰۱ مولار پلاتین بر روی زیرلایه مس و مقیاس الف. ۵۰۰nm ب. ۱μm ج. ۲μm ----------۱۲۵
شکل(۴-۵۱). تصاویر SEM مربوط به لایه نازک بس‌لایه‌ای FePt(3nm)/Pt(3nm) تهیه شده با الکترولیت ۲ شامل ۰،۰۴ مولار آهن و ۰،۰۰۱ مولار پلاتین بر روی زیرلایه مس و مقیاس الف. ۵۰۰nm ب. ۱μm ج. ۲μm ----------۱۲۶

شکل (۴-۵۲). آنالیز EDX لایه نازک بس‌لایه‌ای FePt(3nm)/Pt(1nm) تهیه شده با الکترولیت ۲ شامل ۰،۰۴ مولار آهن و ۰،۰۰۱ مولار پلاتین روی زیرلایه طلا ----------۱۲۷

شکل (۴-۵۳). آنالیز EDX لایه نازک بس‌لایه‌ای FePt(3nm)/Pt(2nm) تهیه شده با الکترولیت ۲ شامل ۰،۰۴ مولار آهن و ۰،۰۰۱ مولار پلاتین روی زیرلایه طلا ----------۱۲۸

شکل (۴-۵۴). آنالیز EDX لایه نازک بس‌لایه‌ای FePt(3nm)/Pt(3nm) تهیه شده با الکترولیت ۲ شامل ۰،۰۴ مولار آهن و ۰،۰۰۱ مولار پلاتین روی زیرلایه طلا ----------۱۲۹

فصل اول

مقدمه

فصل اول

مقدمه

۱-۱ مقدمه و تاریخچه

الکتروانباشت[۱] روشی متداول برای تولید لایه‌های فلزی تک‌لایه، آلیاژی و چندلایه‌ای می-باشد. هم‌چنین با این روش می‌توان مواد نانوبلورین فلزی[۲]، مانند نقاط کوانتومی[۳] و لایه‌های نانویی[۴] را تهیه نمود.

انباشت الکتروشیمیایی نسبت به روش‌های مبتنی بر خلأ از جمله برآرایی پرتو مولکولی[۵]، کندوپاش[۶] و تبخیر[۷] دارای مزیت‌هایی از جمله قیمت ارزان، امکان ایجاد ساختار ترکیبی و دمای انباشت پایین است. اما به دلیل کیفیت پایین لایه‌های ایجاد شده به روش الکتروانباشت،

1 Electrodeposition
2 Metalic nanocrystalline
3 Quantum dots
4 Nano layers
5 Mulcular Beam Epitaxy
6 Sputtering
7 Evaporation

این روش نسبت به روش‌های مبتنی بر خلأ کمتر مورد استفاده قرار می‌گیرد. البته به دلیل کوشش‌هایی که در سال‌های اخیر به جهت ایجاد شرایط مناسب برای تولید لایه‌هایی با کیفیت و خلوص بالا به انجام رسیده است، این روش امروزه یکی از متداول‌ترین روش‌ها جهت تولید لایه‌های نازک است[۱].

همچنین الکتروانباشت برای ساخت لایه‌های آلیاژی ناهمگن و بس‌لایه‌ای‌ها به‌وسیله‌ی کنترل مناسب پارامترهای آزمایشگاهی به کار می‌رود. بس‌لایه‌ای‌ها از یک الکترولیت که شامل یون‌هایی از تمام فلزات مورد نظر می‌باشد به‌وسیله‌ی تغییر چگالی جریان یا تغییر پتانسیل بین دو مقداری که در آن فلزات مختلف انباشت می‌شوند، بدست می‌آید. لایه‌های آلیاژی ناهمگن را به‌وسیله‌ی هم انباشت دو فلز مخلوط نشدنی یا به‌وسیله‌ی الکتروانباشت پالسی می‌توان تولید کرد[۲].

در سال‌های اخیر استفاده از مواد مغناطیسی به‌طور گسترده‌ای در صنایع مختلف مورد استفاده قرار گرفته است. این مواد به‌عنوان جذب کننده‌ی نویزهای الکترومغناطیسی برای جلوگیری از خراب شدن مدارهای الکترونیکی، در وسایلی که با فرکانس‌های بالا کار می‌کنند، به‌عنوان هسته در القاگرها و در سنسورهای مغناطیسی بکار می‌روند. سنسورهای مغناطیسی دارای پارامترهایی هستند که در اثر اعمال میدان مغناطیسی تغییر می‌کنند. یکی از این پارامترها مقاومت الکتریکی است. اگر در اثر اعمال میدان مغناطیسی تغییر مقاومت ناشی از تغییر زاویه‌ی میدان نسبت به جهت جریان باشد به آن ناهمسانگردی مغناطیسی یا AMR[1] می‌گویند. اما اگر این تغییر مقاومت به اسپین الکترون‌ها مربوط شود به آن مقاومت مغناطیسی بزرگ یا GMR[2] می‌گویند.

[1] Anisotropy magnetoresistance
[2] Gaint magnetoresistance

در دهه گذشته، لایه‌های آلیاژی فلزی که شامل عناصر مغناطیسی-غیرمغناطیسی یا مغناطیسی هستند، به‌واسطه‌ی ویژگی‌های مغناطومقاومتی[1] (MR) و مغناطیسی خود مورد توجه قرار گرفته‌اند. اثر مغناطومقاومت ناهمسانگرد[2] (AMR) که یک اثر وابسته به جهت جریان است، در هر دو نوع سیستم مشاهده می‌شود[۳].

الکتروانباشت معمولاً به انباشت یک فلز یا آلیاژ از یک الکترولیت با گذار بین دو الکترود در الکترولیت برمی‌گردد. اگر یک منبع تغذیه خارجی یک جریان بین سلول ایجاد کند یون‌های فلزی در الکترود کاتد به اتم‌های فلزی کاهیده می‌شود. کاتد، زیرلایه الکتروانباشت یا الکترود کار نیز خوانده می‌شود. برای کامل کردن مدار، یک واکنش اکسایشی در واکنش دوم یا همان آند اتفاق می‌افتد[۵,۴].

در این فرایند، یک ماده‌ی خالص یا آلیاژی روی یک زیر لایه‌ی فلزی یا نیم‌رسانا انباشت می‌شود. بسته به نوع الکترولیت و شرایط انباشت لایه‌ی حاصل می‌تواند آمورف، بلوری، فلزی یا غیرفلزی باشد.

۲-۱ تحقیقات پیشین

در سال‌های اخیر آلیاژهای (Pt, Pd)-(Fe, Co) به‌عنوان مواد مغناطیسی سخت برای وسایل ضبط مغناطیسی با چگالی فوق بالا و به‌عنوان محرک در سیستم‌های میکروالکترومکانیکی[3] شناخته شده‌اند[۶]. خواص مغناطیسی ذاتی $L1_0$ FePt، آن را برای کاربردهای مغناطیسی سخت مناسب می‌سازد[۷]. $L1_0$ FePt، یک فاز منظم از ساختار آهن

[1] Magnetoresistance
[2] Anisotropy magnetoresistance
[3] Microelectromechanical