



اثر زیر لایه نانوساختار NiAl بر خواص مغناطیسی لایه نازک CoCrPt

صاحبعلی منافی^{۱*}، رضا پولادی^۲، محمدعلی بهره‌ور^۳ و محمد الماسی کاشی^۴

۱- باشگاه پژوهشگران جوان دانشگاه آزاد اسلامی - واحد شاهرود

۲- دانشگاه شیراز - گروه نانو تکنولوژی و نانوفناوری

۳- پژوهشگاه مواد و انرژی - پژوهشکده نیمه‌هادی

۴- دانشگاه کاشان - گروه فیزیک

تاریخ ثبت اولیه: ۱۳۸۹/۰۲/۲۰، تاریخ دریافت نسخه اصلاح شده: ۱۳۸۹/۰۳/۲۵، تاریخ پذیرش قطعی: ۱۳۸۹/۰۴/۲۹

چکیده

در این تحقیق، تغییرات ساختاری و خواص مغناطیسی لایه نازک CoCrPt-NiAl برای کاربرد در ذخیره‌سازی داده‌ها بر روی دیسک‌های سخت تحقیق شد. از این رو، اثر تغییرات درصد Ni بر روی زیر لایه NiAl و ضخامت لایه نازک CoCrPt بر خواص مغناطیسی بررسی شد. اندازه دانه لایه‌های نازک به کمک الگوی پراش پرتو ایکس (XRD) و میکروسکوپ الکترونی عبوری (SEM) تعیین شدند. اندازه‌گیری خواص مغناطیسی به کمک VSM انجام شد. نتایج آزمون‌های مغناطیسی نشان دادند در سیستم CoCrPt-NiAl، در ترکیب NiAl با نسبت اتمی یکسان از Ni و Al و ضخامت لایه نازک آلیاژ CoCrPt برابر با ۴۹ نانومتر بیشترین نیروی وادارندگی که برابر با ۱۲۵۰ اورستد است را ایجاد می‌نماید.

واژه‌های کلیدی: لایه نازک CoCrPt-NiAl، مغناطیس شونده‌گی، نیروی وادارندگی، آلیاژ CoCrPt.

۱- مقدمه

لایه‌های نازک، لازم است که ماده یا مواد مورد نظر، به صورت اتم، مولکول و یا مجموعه کوچکی از مواد این ذرات تبدیل شده و در جای دیگری به شکل معین و با ضخامت مناسب نشانده شوند. از آنجایی که ترکیب مواد تشکیل دهنده لایه همواره باید کنترل شود، ساخت لایه‌ها در محیط خلا بالا انجام می‌گیرد. زیرا اگر روند فوق در محیط هوا انجام گیرد، تغییرات نامناسب زیر اتفاق می‌افتد. ماده یا مواد تبخیر شده در برخورد با ذره‌های موجود در هوا از پیشرفت بازمانده و ماده تبخیر شده به صورت ابری از ذرات متراکم در می‌آید. در این حالت انباشت همگون

از جمله مواردی که بطور گسترده در دنیا تحقیق می‌گردد، بحث مغناطیس و به‌ویژه لایه‌های نازک مغناطیسی است که در ساخت حافظه‌ها نقش اساسی دارند [۱]. لایه نازک، به ماده یا موادی گفته می‌شود که با پوشش بر روی ماده دیگری، سبب ایجاد خواص فیزیکی، مکانیکی، اپتیکی یا الکترونیکی جدیدی گردد، بطوریکه خصوصیات ماده تشکیل دهنده لایه و خصوصیات سطحی که لایه بر روی آن رسوب داده شده را نداشته باشد [۱]. برای ساختن

* عهده‌دار مکاتبات: صاحبعلی منافی

نشانی: شاهرود، بلوار دانشگاه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شاهرود

تلفن: ۰۲۷۳-۳۳۹۴۲۸۳، دورنگار: ۰۲۷۳-۳۳۹۴۲۸۳، پست الکترونیکی: ali_manafi2005@yahoo.com

برای حصول به این معنا، امروزه از زیرلایه‌ها استفاده وسیعی می‌شود. معمولاً زیرلایه‌ها را در فیلم‌های حاوی Co بکار می‌برند. این کار به دو دلیل عمده صورت می‌پذیرد. اولاً استفاده از یک زیرلایه ایده‌آل، باعث می‌شود تا یک جهت کریستالوگرافی خاصی رشد داده شود. به عنوان نمونه یکی از جهت‌های مهم در رشد ترکیبات Co جهت (۱۰۱) می‌باشد. برای رسیدن به این جهت کریستالوگرافی، زیر لایه Cr که معمولاً در دمای اتاق به صورت (۱۱۰) رشد می‌کند، انتخاب می‌شود. در این حالت ثابت شبکه‌ای مشابه (۱۰۱) کبالت حاصل می‌شود که منجر به رشد Co بر روی Cr در راستای (۱۱۰) می‌گردد [۳].

ثانیاً استفاده از زیرلایه‌ها باعث کنترل نمودن اندازه دانه‌های مغناطیسی و جدایش بین آنها می‌شود. معمولاً اندازه دانه‌های لایه مغناطیسی تحت تاثیر دانه‌های زیرلایه قرار می‌گیرد. به عنوان نمونه در زیر لایه Cr اگر دقت شود، دانه‌ها با یک حالت ستونی بر روی هم قرار می‌گیرند. بطوریکه به نظر می‌آید مانند کله قند در کنار یکدیگر واقع شده‌اند. بین ستون‌های کله قندی فاصله ایجاد می‌شود و این باعث می‌شود که فاصله دانه‌ها در فیلم هم زیاد گردد. در این حالت اندرکنش بین دانه‌ها کم شده و در نتیجه نیروی وادارندگی زیاد می‌شود [۴].

از طرف دیگر، کاهش ابعاد دانه‌ها در کاهش نویز هم موثر است. اما این کاهش تا حدی می‌تواند رخ دهد، زیرا اگر اندازه دانه‌ها از مقدار معینی کوچکتر شوند، این امر منجر به رسیدن به مرز سوپر پارامغناطیس می‌گردد. مرزی که در آن، اثرات حرارتی به علت کوچکی دانه‌ها می‌توانند به راحتی ممان‌های مغناطیسی را متاثر ساخته و موجب حذف اطلاعات شوند [۱].

لذا، در تحقیقات زیرلایه‌های مختلفی آزمایش می‌شوند. زیرلایه‌ها، تاثیر مهم و تعیین کننده‌ای روی میکروساختار و ترکیب لایه‌های نازک دارند. نوع و خواص زیر لایه‌ها متناسب با نوع لایه های نازک تعیین می‌گردد. از زیرلایه‌ها می‌توان به عنوان نگهدارنده مکانیکی لایه نازک استفاده نمود. از مشخصات زیرلایه‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره نمود [۱].

اتم‌ها بر سطح مورد نظر، دشوار خواهد شد. عناصر تشکیل دهنده هوا وارد لایه شده و سبب پیدایش ناخالصی ناخواسته می‌گردد. وجود برخی از عناصر با میل ترکیبی شدید در هوا سبب تشکیل ترکیبات شیمیایی با مواد مورد نظر برای تشکیل لایه می‌شود.

با توجه به مسائل فوق، ساخت این گونه لایه‌ها می‌بایستی همواره در محیط خلا انجام پذیرد. این موضوع یکی از دلایل پیچیدگی و پر هزینه بودن ساخت لایه‌های نازک می‌باشد. روش‌هایی که عموماً برای ساخت لایه‌های نازک مورد استفاده قرار می‌گیرند شامل رسوب فیزیکی و شیمیایی از بخار، رسوب به کمک باریکه یونی، رسوب به کمک باریکه مولکولی و شیوه‌های کندوپاشی هستند.

کندوپاش مگنترون از شیوه‌های کندوپاشی است، که پلاسما با اعمال یک میدان مغناطیسی قوی به نواحی نزدیک سطح هدف نزدیک می‌شود. این میدان مغناطیسی باعث می‌شود که مسیر الکترون‌های ثانوی تابش شده از هدف منحرف شده و در یک حلقه بسته به موازات سطح کاتد حرکت مارپیچی انجام دهند. با استفاده از این گونه آرایش یک پلاسما کاملاً محدود در نزدیکی سطح کاتد قرار می‌گیرد و باعث بالا رفتن احتمال یونیزاسیون و افزایش چگالی پلاسما در همسایگی هدف می‌شود. این محدود شدن پلاسما باعث مزایای افزایش آهنگ پوشش دهی، کاهش کندوپاش از پایه و دیوارهای محفظه، کاهش گرم شدن پایه در حین پوشش دهی و کاهش فشار مورد نیاز گاز می‌شود. این روش در تهیه لایه‌های با کیفیت بالا و ناخالصی کم و آهنگ پوشش دهی بالا کاملاً موفق بوده است [۱].

در زمینه تحقیقات مغناطیس و لایه‌های نازک مغناطیسی، راهکارهای افزایش حافظه کامپیوترها مطالعه می‌شود. به عنوان مثال IBM و GE، با هدف افزایش تراکم داده‌ها بر روی دیسک‌های سخت، با مجزا کردن دانه‌های مغناطیسی روی دیسک، افزایش ظرفیت ذخیره‌سازی ۳۰ تا ۴۰ مگابایت بر سانتیمتر مربع را نوید داده‌اند [۲]. راه رسیدن به چنین نتایجی در کاهش اندازه دانه‌های مغناطیسی و مجزا کردن آنها است که افزایش نیروی وادارندگی مغناطیسی و مغناطش پسماند را نتیجه می‌دهد.

همچنین گزارش گردیده است که استفاده از Cr-Si نیز جهت بهبود پارامترهای ساختاری لایه نازک بسیار مناسب است [۱۰]. یک راه مناسب دیگر رشد اپی تکسیال لایه نازک CoCrPt روی زیرلایه NiAl است.

اما به بکار بردن زیرلایه NiAl باعث می‌گردد که بین زیرلایه و فیلم انحراف کمتری ایجاد شده و با وجود درصد بالای Pt در ترکیب لایه، باز هم نشست بین صفحات در جهت خاصی رشد پیدا کند. لذا به یک ماده میانی نیاز است تا بین زیرلایه و لایه قرار دهیم و باعث تطابق شود. بنابراین هدف از انتخاب NiAl این است که بدون استفاده از لایه بینابینی با وجودی که در لایه نازک CoCrPt درصد Pt نسبتا بالاست، باز هم تطابق بین زیرلایه و لایه نازک رخ دهد. لذا در این تحقیق، Ni به Al با درصدهای مختلفی اضافه گردید، تا اثر آن بر روی خواص مغناطیسی و ریزساختار لایه نازک مغناطیسی CoCrPt بررسی شود. با چنین جایگزینی، به دانه‌های ریزتری دست یافته و با تغییر درصد Ni از صفر تا صد درصد در زیرلایه، اثرات به کارگیری شرایط گوناگون مطالعه گردد.

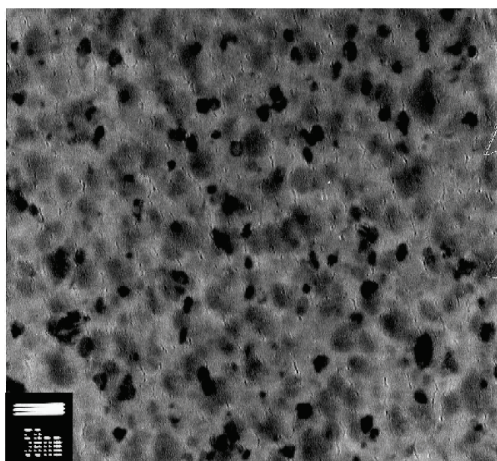
۲- فعالیت‌های تجربی

کندوپاش مگنترون برای لایه‌نشانی برای ساخت لایه نازک استفاده شد.

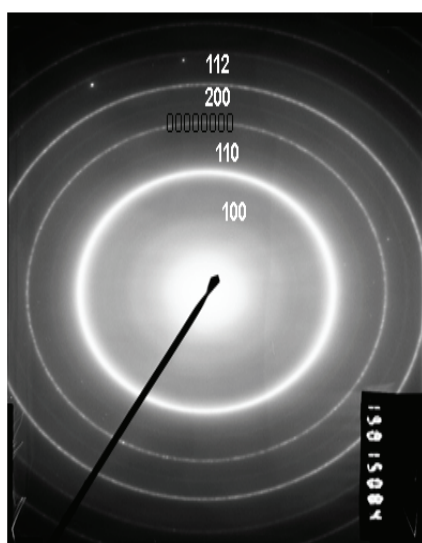
در تمامی آزمایشات انجام شده از اتمسفر گاز آرگون با فشار 10^{-2} mbar استفاده شد. خواص مغناطیسی و میکروساختاری فیلم تک لایه CoCrPt که روی پایه صفحه کریستالی (۱۰۰) Si رسوب داده شده، در حالت‌های گوناگون مورد بحث و بررسی قرار گرفته است. طی این حالت‌ها زیرلایه Ni-Al با درصدهای متفاوت این دو عنصر به روش کندوپاشی ساخته گردید و لایه نازک CoCrPt بر روی آن انباشت داده شد. در این قسمت، روی دو زمینه متفاوت از تهیه مواد و آزمایشات تحقیق گردید.

الف: در نمونه‌های ساخته شده در این قسمت، ضخامت لایه نازک CoCrPt ثابت گرفته شد. با تغییر دادن ضخامت زیرلایه NiAl با درصد عناصر ثابت، یک سری نمونه ساخته شد. سپس با ثابت گرفتن ضخامت زیرلایه NiAl با تغییر دادن درصد عنصر Ni در زیرلایه، نمونه‌های دیگری

در کاربردهای الکترونیکی به‌عنوان عایق نیز عمل نمایند. از پایداری مناسبی برخوردار باشند. با لایه نازک واکنش شیمیایی انجام ندهند. چسبندگی کافی بین لایه و زیرلایه (در حین آزمایش، پس از آزمایش، در دمای زیاد و در حین عملیات حرارتی) ایجاد نمایند. در کاربردهای الکترونیکی برای ساخت عناصری که قابلیت کاربرد در المانهای الکترونیکی را دارند، می‌بایستی رسانای حرارتی مناسبی باشند. سطح آنها بایستی تخت و صاف باشد. از نظر اقتصادی مقرون به صرفه بوده و قابل تهیه باشند. وزن آن متناسب با کاربرد مورد نظر باشد. عاری از آلودگی باشند. در مواردی که به رشد نیاز است، باید تک کریستال بوده و ساختار و جهت ترجیحی رشد مشخصی داشته باشند [۱]. یکی از عمده‌ترین زیرلایه‌ها، Cr است که در ساخت فیلم‌های بسیاری به کار رفته است. اما این زیرلایه در مقایسه با NiAl، از دانه‌های بزرگتری برخوردار است. در این مقاله، زیرلایه NiAl به این منظور به کار گرفته شد، تا علاوه بر اینکه اندازه دانه‌های مغناطیسی تا حد ممکن کوچک شوند، میزان نیروی وادارندگی مغناطیسی نیز کم نگردیده و رشد دانه‌ها در جهت کریستالوگرافی خاصی صورت پذیرد [۴]. یکی از این جهات که مورد نظر است، جهت نشست بین صفحات (۱۰۰) Co و (۱۱۲) NiAl است. CoCrPt و آلیاژهای سه‌گانه مشابه زمینه مناسب ساخت محیط‌های ضبط و ذخیره اطلاعات هستند. زیرا نیروی وادارندگی بالای مورد نیاز به سادگی از آنها به دست می‌آید. بکار بردن Pt در به‌دست آوردن نیروی وادارنده بالا بسیار مهم است. سهم Pt در بالا بردن نیروی وادارنده آلیاژ CoCrPt حدود ۴۰ درصد می‌باشد [۵]. پلاتین باعث افزایش ثابت‌های شبکه‌ای آلیاژهای کبالت می‌شود [۶]. البته با افزوده شدن درصد پلاتین، عدم تطابق شبکه‌ای بین CoCrPt و زیرلایه کروم بوجود می‌آید [۴،۷]. بنابراین دسترسی به یک ساختار درون صفحه‌ای مناسب در سیستم CoCrPt/Cr مشکل می‌شود. در این حالت یا باید از یک عنصر دیگر جهت بالا بردن پارامتر شبکه‌ای کروم استفاده کرد یا از یک بین لایه‌ای استفاده نمود [۸]. مثلا نشان داده شده است که استفاده از یک لایه بینابینی Cr-Ti باعث بهبود رشد اپی تکسیال CoCrPt و وادارندگی درون صفحه‌ای نسبت به Cr می‌گردد [۹].



(الف)



(ب)

شکل ۱: (الف) تصویر TEM زیرلایه $Ni_{30}Al_{70}$ و (ب) الگوی پراش اشعه ایکس NiAl (ضخامت فیلم ۵۰ nm است).

الگوی پراش صفحات تفرق شبکه bcc را نشان می‌دهد. با آنکه ساختار بلوری Ni، fcc است و ساختار بلوری Al هم fcc است، ولی وقتی این دو عنصر با یکدیگر کاملاً ترکیب می‌شوند یک ساختار bcc ایجاد می‌کنند. با توجه به اینکه ساختار بلوری کروم هم bcc است، این تطابق ساختاری شرایط مشابهی را برای مقایسه و رشد لایه نازک بر روی آنها فراهم می‌نماید [۱۳، ۱۴]. برای بررسی اثر تغییر درصد Ni در زیرلایه، با ضخامت ثابت (۵۰ نانومتر) و همچنین اثر تغییر ضخامت زیرلایه $Ni_{30}Al_{70}$ ، الگوی پراش پرتو ایکس مربوط به دو دسته نمونه‌های فوق‌الذکر به دست آمد. در دسته اول نمونه‌ها، درصد Ni به ترتیب ۳۹، ۴۴/۴ و ۶۳/۳ می‌باشد (شکل ۲).

ساخته گردید. بر اساس مدت زمان انباشت نیکل از هدف تا پایه، مقدار عنصر نیکل بین ۳۰ تا ۷۰ درصد در نمونه‌ها تغییر داده شد.

ب: در این قسمت، نمونه‌هایی ساخته شد که در آنها، ضخامت زیرلایه NiAl ثابت، ولی ضخامت لایه نازک CoCrPt تغییر داده شد.

با استفاده از TEM و XRD خواص میکروساختاری آنها بررسی گردید. تغییرات ساختار داخلی به کمک دستگاه پراش پرتو ایکس Philips تحت ولتاژ ۳۰ kV و جریان ۲۵ mA بررسی شد. تعیین اندازه دانه‌ها براساس رابطه شرر (رابطه ۱) به دست آمد.

$$d = \frac{0.9\lambda}{b \cos \theta} \quad (1)$$

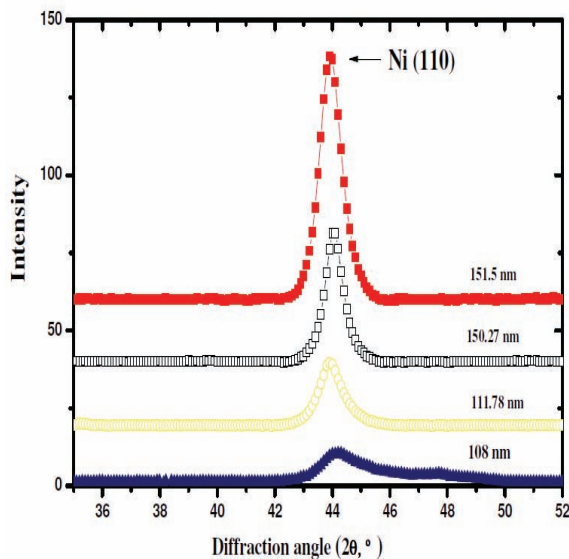
در این رابطه b پهنای بلندترین پیک در نیمه ارتفاع آن بر حسب رادیان، λ طول موج پرتو ایکس بر حسب nm، d قطر متوسط دانه‌ها بر حسب nm و θ زاویه تفرق بلندترین پیک بر حسب رادیان می‌باشد. این رابطه هنگامی قابل استفاده است که اندازه‌های دانه‌های کریستالی کمتر از $0.1 \mu m$ (1000 \AA) باشد [۱۱]. به منظور بررسی رفتار مغناطیسی لایه نازک از VSM (vibrating sample magnetometer) استفاده شد.

همچنین با رسم نمودارهای مغناطیس شوندگی آنها بر حسب میدان مغناطیسی اعمالی در ضخامت‌های متفاوت از CoCrPt و درصد‌های مختلف Ni، خواص مغناطیسی از نمونه‌ها مورد بحث و بررسی قرار گرفت.

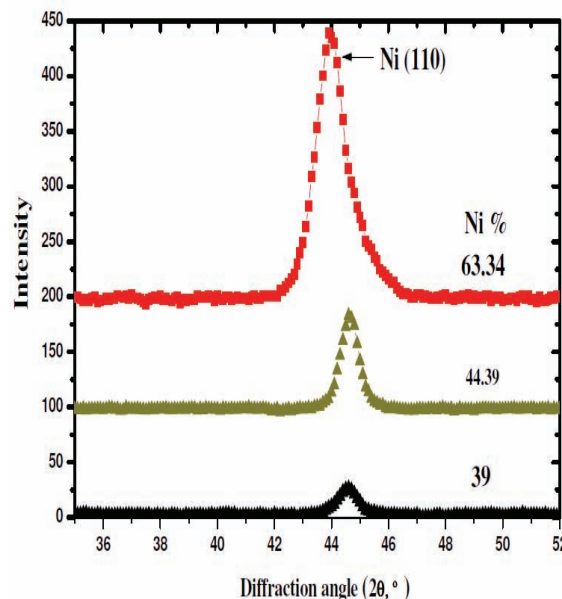
۳- نتایج و بحث

۳-۱- تغییر درصد Ni در زیرلایه Ni-Al

در سیستم آلیاژی Ni-Al، نسبت عناصر تشکیل دهنده نقش مهم و اساسی در میزان وادارندگی مغناطیسی دارد [۱۲]. البته باید توجه داشت که به نسبت مواد بالک، بر روی لایه نازک NiAl، کار کمتری صورت پذیرفته است [۱۳]. از این رو درصد‌های مختلف نیکل در ترکیب بین فلزی Ni-Al استفاده شد. تصویر TEM زیرلایه $Ni_{30}Al_{70}$ در شکل ۱ مشاهده می‌گردد.



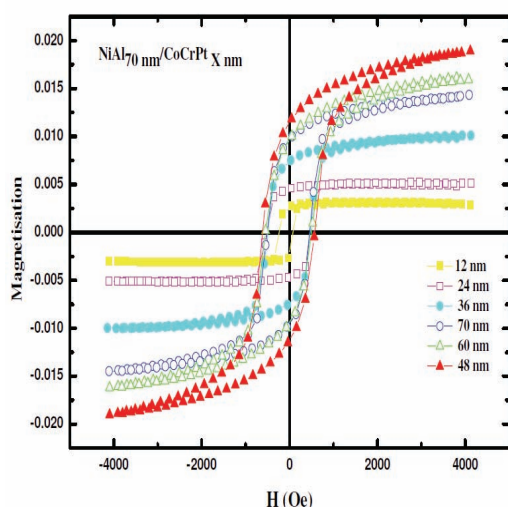
شکل ۳: الگوی پراش پرتو ایکس برحسب ضخامت‌های مختلف زیرلایه NiAl.



شکل ۲: نمودار تغییرات الگوی پراش پرتو ایکس برای درصدهای متفاوت Ni در ترکیب زیرلایه NiAl.

۳-۲- تغییر ضخامت فیلم CoCrPt با ثابت نگه داشتن ضخامت زیرلایه NiAl

در این قسمت، بر روی زیرلایه $Ni_{30}Al_{70}$ به ضخامت ثابت ۷۰ نانومتر، لایه نازک CoCrPt با ضخامت‌های متغیر ۱۲ تا ۷۲ نانومتر انباشت گردید. در شکل ۴ منحنی مغناطیس شونده بر حسب میدان اعمالی آمده است. نیروی وادارندگی نمونه‌های ساخته شده در ضخامت‌های مختلف در شکل ۵ آمده است.



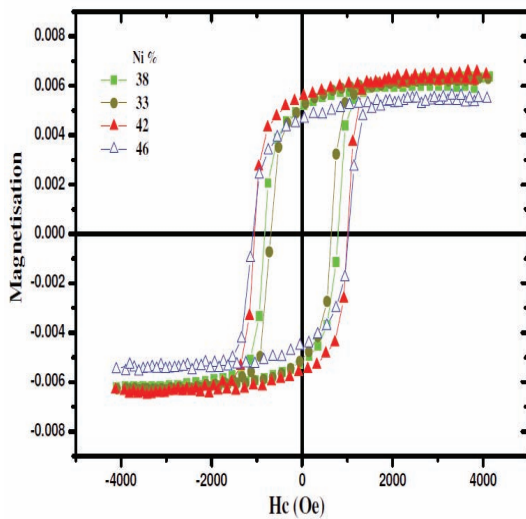
شکل ۴: نمودار تغییرات مغناطیس بر حسب میدان اعمالی در ضخامت‌های مختلف لایه نازک CoCrPt.

با تغییر درصد عناصر تشکیل دهنده ترکیب زیرلایه NiAl پیک جدیدی ایجاد نگردید. همچنین پیک‌ها با افزایش درصد عنصر نیکل، به سمت زوایای کوچکتر شیفت پیدا کرده‌اند. پس ساختار کریستالی سیستم عوض نشده و تنها شیفت پیک به سمت زوایای کمتر را داریم. علت آن این است که چون اتم Ni از اتم Al بزرگتر است (عدد اتمی Ni، ۲۷ و عدد اتمی Al، ۱۳ می‌باشد)، با افزایش درصد Ni از تراکم اتم‌های Al کاسته شده و ثابت شبکه‌ای زیاد می‌شود.

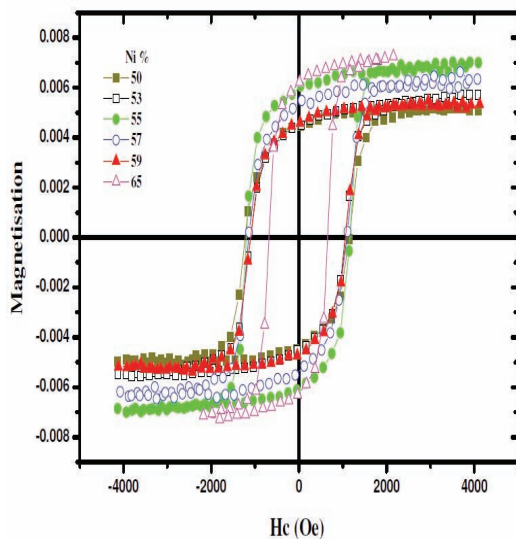
با زیاد شدن ثابت شبکه‌ای فاصله بین صفحات اتمی (d) زیاد می‌گردد. با توجه به قانون براگ $(n\lambda = 2d \sin\theta)$ ، چون طرف دوم رابطه ثابت است با افزایش d، $\sin\theta$ کاهش و در نتیجه θ کاهش یافته است [۱۱]. مقدار ضخامت زیرلایه در دسته دوم نمونه‌ها ۱۰۸، ۱۱۱، ۱۵۰ و ۱۵۱ نانومتر است.

این نمودار در شکل ۳ ملاحظه می‌گردد. همانطوریکه شکل ۳ نشان می‌دهد، با افزایش ضخامت زیرلایه شدت پیک افزایش و پهنای آن کاهش می‌یابد. معادله شرر بیان نموده است که با افزایش اندازه دانه یا ضخامت و اندازه ذرات در محدوده نانومتر در مواد شدت پیک افزایش و پهنای آن کاهش می‌یابد.

نسبت درصد ساخت نیکل و آلومینیوم ۵۰ درصد به دست می آید.



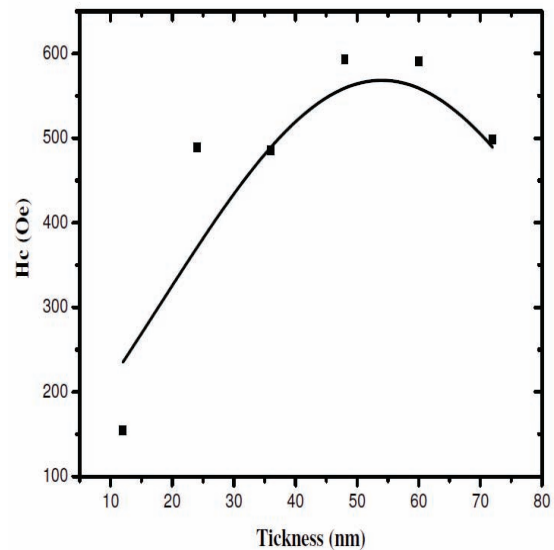
(الف)



(ب)

شکل ۶: نمودار تغییرات مغناطش نمونه‌های فوق‌الذکر برحسب میدان اعمالی در درصد‌های مختلف Ni،
الف) ۳۳ تا ۴۶ و ب) ۵۰ تا ۶۵.

حداکثر نیروی وادارنده در این حالت حدود ۱۲۵۰ اورستد است. قبلا دیده شد که وقتی از زیرلایه NiAl با ترکیب ۳۰ درصد نیکل استفاده شد، ماکزیمم نیروی وادارنده بین ۶۰۰ تا ۷۰۰ اورستد می‌گردد. پس حالت بهتری ایجاد شده است. هرچند که هنوز هم مطلوب نیست، ولی از قبل بهتر است.



شکل ۵: نمودار تغییرات نیروی وادارنده Hc بر حسب ضخامت‌های مختلف فیلم CoCrPt روی زیرلایه ثابت NiAl.

همانطوریکه شکل فوق نشان می‌دهد، حداکثر H_c بدست آمده، به ازاء ضخامت حدود ۵۰ nm لایه نازک CoCrPt است و مقدار آن تقریباً برابر با ۶۰۰ اورستد است. بنابراین با افزایش ضخامت فیلم ابتدا اندرکنش بین دانه‌ها کم شده و نیروی وادارندگی افزایش می‌یابد. سپس با افزایش بیشتر ضخامت مجدداً نیروی وادارندگی کم می‌شود. پس از یک حدی که اندازه دانه‌ها زیادتر شود اثر منفی روی نیروی وادارندگی دارد و آنرا کاهش می‌دهد.

۳-۳- تغییر ترکیب زیرلایه Ni-Al بر خواص مغناطیسی

این بار ضخامت فیلم CoCrPt به میزان ۴۸/۶ nm ثابت نگه داشته شد. در نمونه‌های مختلف زیرلایه Ni-Al، درصد Ni از ۳۰ تا ۷۰ تغییر داده شد.

در شکل‌های ۶ قسمت الف، مقدار مغناطش و نیروی وادارندگی زیرلایه‌های مختلف در درصد‌های مختلف Ni از ۳۳، ۳۸، ۴۲ و ۴۶ و در قسمت ب، مقدار مغناطش و نیروی وادارندگی در درصد‌های ۵۰، ۵۳، ۵۵، ۵۹ و ۶۵ آورده شده است.

در شکل ۷ نیروی وادارندگی در درصد‌های مختلف Ni آورده شده است. همان‌طور که در شکل ۷ مشهود است، بهترین مقدار نیروی وادارندگی برای زیرلایه NiAl، با

۷۲-۱۲ نانومتر بر روی پایه سیلیکون، انباشت داده شد. حداکثر مقدار وادارندگی به ازای ضخامت ۵۰ نانومتر به میزان ۶۰۰ اورستد به دست آمد.

ب- درصد عنصر نیکل در ترکیب زیرلایه بین ۷۰-۳۰ تغییر داده شد و لایه نازک به ضخامت ۴۸/۶ نانومتر بر روی آن انباشت داده شد. بیشترین میزان وادارندگی در این حالت به مقدار ۱۲۵۰ اورستد به دست آمد.

نتایج نشان دادند برای افزایش میزان نیروی وادارندگی برای مواد فرومغناطیس سخت در تحقیق فوق ترکیب NiAl با نسبت اتمی ۱ به ۱ از عناصر تشکیل شونده بیشترین نیروی وادارندگی را دارد.

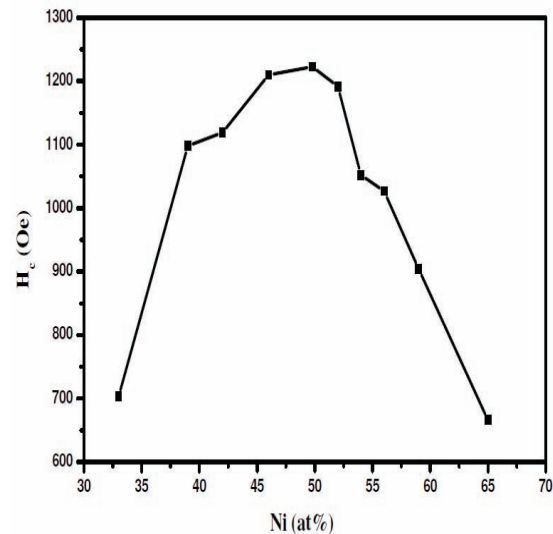
علاوه بر این لایه نازک CoCrPt به ضخامت ۴۹ نانومتر بیشترین نیروی وادارندگی را دارد. همچنین اندازه دانه از NiAl بین ۴۰ تا ۵۰ نانومتر بیشترین نیروی وادارندگی را دارد.

سپاسگزاری

وظیفه خود می‌دانیم از باشگاه پژوهشگران جوان دانشگاه آزاد واحد شاهرود، محققین، مسئولین و کارشناسان محترم آزمایشگاه‌های دانشگاه شیراز و تمام افرادی که ما را در انجام این تحقیق یاری نمودند تشکر و قدردانی نماییم.

مراجع

- [1] B.D. Cullity, "Introduction to Magnetic Materials", Addison, Wesley Publishing, 1972.
- [2] J.I. Martin, J. Nogues, K. Liu, J.L. Vicent, I.K. Schuller, *Journal of Magnetism and Magnetic materials*, **256**, 2003, 449.
- [3] N.H. Duc, D.T. Huong Giang, A. Fnidiki, J. Teillet, *Journal of Magnetism and Magnetic materials*, **262**, 2003, 420.
- [4] T. Chen, T. Yamashita, *IEEE Transactions on Magnetism*, **24**, 1988, 2700.
- [5] M. Almasi-Kashi, P.J. Grundy, G.A. Jones, H. Nadgaran, X. Zhao, *Journal of Magnetism and Magnetic materials*, **248**, 2002, 190.
- [6] P.J. Grundy, *Journal of Physics D-applied physics*, **41**, 1998, 2975.
- [7] G. Bate, *Journal of Magnetism and Magnetic materials*, **100**, 1991, 413.
- [8] D. Kumar, J. Narayan, A.V. Kvit, A.K. Sharma, J. Sankar, *Journal of Magnetism and Magnetic materials*, **232**, 2001, 161.
- [9] K. Tanahashi, R. Arai, Y. Hosoe, *IEEE Transactions on Magnetism*, **41**, 2005, 577.
- [10] T.S. Suzuki, Y. Sakka, K. Kitazawa, *Advanced Engineering Materials*, **3**, 2001, 490.



شکل ۷: نمودار تغییرات Hc بر حسب درصد های مختلف Ni در نمونه های CoCrPt/NiAl.

۴- نتیجه گیری

همان طوری که می‌دانیم کاهش ابعاد دانه‌ها در کاهش نویز موثر است. اما این کاهش، تا یک حدی می‌تواند رخ دهد، چرا که اگر اندازه دانه‌ها از مقدار معینی کوچک‌تر شوند، این امر منجر به رسیدن به مرز سوپر پارامغناطیس می‌گردد. مرزی که در آن، اثرات حرارتی به علت کوچکی دانه‌ها می‌توانند به راحتی ممان‌های مغناطیسی را متاثر ساخته و موجب حذف اطلاعات شوند. برای حصول به این معنا، امروزه از زیرلایه‌ها استفاده وسیعی می‌شود.

در این تحقیق، خواص مغناطیسی و میکروساختار لایه نازک آلیاژ CoCrPt که روی زیرلایه NiAl انباشت داده شده بود، مطالعه گردید. هدف این تحقیق، دستیابی به روشی جهت افزایش تراکم داده‌ها بر روی دیسک‌های سخت بود. راه رسیدن به این هدف در مجزا کردن دانه‌های مغناطیسی و کاهش اندازه دانه‌هاست، تا به افزایش نیروی وادارندگی و مغناطش پسماند که مورد نیاز است، رسیده شود. بنابراین اثر تغییر اندازه ضخامت زیرلایه NiAl بررسی شد. علاوه بر این میزان تغییر ترکیب شیمیایی بر مغناطیس‌پذیری لایه نازک آلیاژ CoCrPt بررسی شد. نتایج به دست آمده نشان دادند که:

الف- با بکار بردن زیرلایه Ni₃₀Al₇₀ به ضخامت ثابت ۷۰ نانومتر، لایه نازک CoCrPt به ضخامت‌های متغیر بین

[13] L.Y. Sheng, J.T. Guo, L.Z. Zhou, H.Q. Ye, *Materials Science and Engineering A*, **500**, 2009, 238.
[14] C. Chang, M. Plumer, C. Brucker, J. Chen, R. Ranjan, E. Van, J. Yu, D. Karns, Y. Kubota, G. Ju, D. Weller, *IEEE Transactions on Magnetics*, **38**, 2002, 1637.

[11] B.D. Cullity, "*Elements of X-ray diffraction*", second edition, edited by Morris Cohen, Addison- Wesley, publishing, San Diego, 1977.
[12] N.C. Oswald, C.T. Uwakweh, C.T. Liu, *Intermetallics*, **15**, 2007, 98.