مقاله نامه ششمین کنفرانس ملّی خلأ ایران
دانشگاه شهید چمران اهواز
۱۶ و ۱۷ بهمن ماه ۱۳۹۲

بررسی خواص ساختاری و مغناطیسی نانوساختارهای چندلایه‌ایFe/Cu/Fe تهیه شده به روش تبخیر حرارتی

افشاری، مهدی؛ قاضی، محمدابراهیم؛ ایزدی‌فرد، مرتضی

گروه فیزیک دانشگاه صنعتی شاهرود، میدان هفت تیر، شاهرود

چکیده

در این کار ابتدا نانوساختارهای چندلایه آهن/ مس/ آهن، به روش تبخیر حرارتی در خلأ بر روی زیرلایه شیشه تهیه شدند. سپس خواص ساختاری و مغناطیسی لایه ها با استفاده از اندازه‌گیریهای پراش پرتو ایکس، ثبت تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی از سطح نمونه‌ها وهمچنین دستگاه مغناطیس سنج نمونه ارتعاشی بررسی شدند. نتایج این مطالعه نشان دادند که با افزایش ضخامت لایه آهن، در یک میدان وادارنده ثابت، مغناطش اشباع و باقیمانده نمونه‌ها افزایش می‌یابد که این نشان از نرم شدن فیلم ها دارد.

Study of Fe/Cu/Fe multilayer nanostructures prepared by thermal evaporation

Afshari, Mehdi; Ghazi, Mohammad Ebrahim; Izadi fard, Morteza

Physics department, Shahrood University of Technology, Shahrood

Abstract

In this work, Fe/ Cu/ Fe multilayer nanostructures, were prepared by thermal evaporation method on glass substrates. Structural properties of the samples were studied using X-Ray diffraction (XRD) and scanning electron microscopy (SEM) images. Magnetic properties of these films were investigated using vibrating sample magnetometer (VSM). The results indicated that, in a fixed coercive field, if the thickness Fe layer increases, saturation magnetization of samples and their remnant magnetization also increases, which illustrates films softening.

Archive of SID

مقدمه

اخیرا ساختارهای مغناطیسی لایه ای توجه زیادی را به خود جلب کرده اند که این ناشی از کشف این واقعیت است که لایه بندی فیلم ها می تواند خواص آنها را تغییر داده یا خواص جدیدی را به دست دهد[1]. دو نوع مختلف از چندلایه های مغناطیسی که توجه زیادی به آنها شده عبارتند از: الف) مغناطیسی/ غیر مغناطیسی/ مغناطیسی و ب) مغناطیسی/ مغناطیسی/ مغناطیسی. برهمکنش بین لایه های مغناطیسی و اثر فصل مشترک از جالب ترین پدیده ها در مطالعه چندلایه های مغناطیسی هستند. درآمیختگی مواد در یکدیگر از دلایل تشکیل فصل مشترک آلیاژی است. آهن و مس که مواد انحلال ناپذیری هستند، هرگز نمی توانند یک لایه فصل مشترک ثابت تحت شرایط پراکندگی تشکیل دهند[2].

www.SID.ir

در دهه‌های اخیر کاربردهای زیادی از چندلایه‌های آماده شده به روش تبخیر حرارتی واسپاترینگ معرفی شده‌اند که از جمله می توان به: دیسک‌های سخت کامپیوتر، هدهای بازپخش، دیسک های فشرده، مغناطیس سنج ها، سیستمهای قطب نما و حسگرهای مغناطیسی اشاره نمود [٤و٥]. چندلایه های مغناطیسی را می‌توان از موادی با خواص مغناطیسی نرم و مغناطش بالا تهیه نمود[6].

در اکثر موارد برای تهیه این لایه ها از روشهای انباشت فیزیکی چون: کندوپاش، تبخیر و روآراستی باریکه الکترونی استفاده می شود[3]. در این کار ساختار سه لایه‌ای آهن/ مس/ آهن با استفاده از روش تبخیر در خلأ روی زیرلایه‌های شیشه‌ای لایه نشانی شدند . سپس خواص ساختاری نمونه ها بوسیله آنالیز پراش پرتو ایکس (XRD) و ثبت تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) از سطح نمونه‌ها بررسی شدند. تأثیر ضخامت آهن بر مغناطش و نرم شدن ساختار با استفاده از مغناطیس سنج نمونه ارتعاشی (VSM) انجام گرفت.

روش تهیه نمونه‌ها

پودر آهن با خلوص۹۹/۹۹ درصد و ورقه مس با خلوص بالاتر از ۹۹ درصد که بصورت رشته های بریده شده در آمدند، به عنوان مواد اولیه مورد استفاده قرار گرفتند. لایه نشانی با استفاده از دستگاه تبخیر حرارتی مجهز به سیستم ضخامت سنج طرح ادوارد ساخت ایران انجام شد. از بوته های تنگستن و مولیبدنیوم به ترتیب برای تبخیر آهن و مس استفاده گردید. فرایند لایه‌نشانی در دمای اتاق و فشار محفظه خلأ $۱۰ * ٥^{-6}$تور انجام گرفت. جهت انباشت متوالی لایه‌ها، از بوته گردان برای چرخاندن بوته ها در حین انباشت و بدون شکستن خلأ استفاده شد. مشخصات سه لایه های انباشت شده در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱: مشخصات سه لایه های انباشت شده

نمونه	ضخامت لایه اول آهن (nm)	ضخامت لایه دوم مس (nm)	ضخامت لایه سوم آهن (nm)
۱	۲۰۰	٤٥	۲۰۰
۲	۲۰	٤۰	۲۰
۳	۱۰۰	٥۰	٥۰
٤	۱٦	۱۳	۱٦
٥	۲۰	۱۳	۲۰
٦	۳۰	۱۳	۳۰

نتایج و بحث

ساختار نمونه ها با استفاده از پراش پرتو ایکس با چشمه $\mathrm{Cu}K_\alpha$ با طول موج ۱/٥٤۰٥٦ آنگستروم مورد بررسی قرار گرفت. طیف XRD نوعی مربوط به نمونه با ترکیب آهن شماره ۱ در بازه ۳۲ تا ۷۰ درجه در شکل ۱ نشان داده شده است. تنها قله موجود در این طیف در زاویه ٤٦/۳۹ درجه رخ داده است که متناظر با پراش از صفحات (۱۱۰) آهن می باشد [۱].

اندازه متوسط بلورک ها با استفاده از رابطه شرر بصورت زیر محاسبه گردید:

$$D = \frac{0.9\,\lambda}{\beta\,cos\theta} \qquad (۱)$$

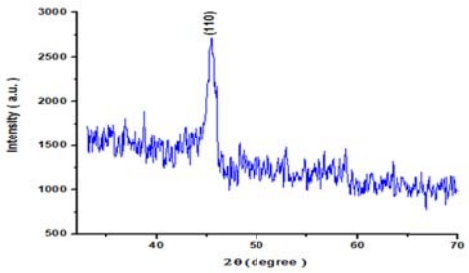
که در این رابطه، D اندازه بلورکها، λ طول موج اشعه x، β پهنای قله در نصف شدت ماکزیمم بر حسب رادیان و θ زاویه پراش می باشد. با محاسبات انجام شده، اندازه متوسط بلورک‌ها حدود ۲۰ نانومتر بدست آمد. فاصله بین صفحات بلوری این ساختار نیز با استفاده از رابطه زیر بدست آمد:

$$d = \frac{\lambda}{2\sin\theta} \qquad (۲)$$

Archive of SID

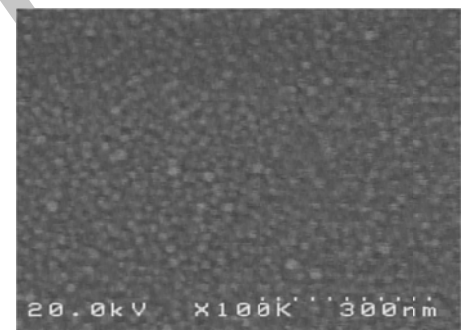
www.SID.ir

مقدار d بدست آمده(۱/۱٤۲ آنگستروم) با نتایج گزارش شده مطابقت دارد [1].



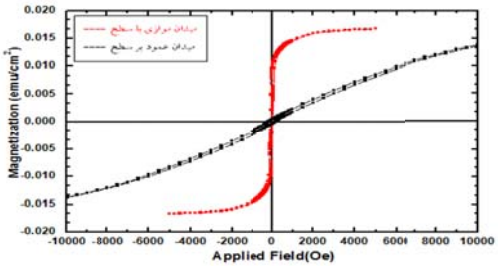
شکل ۱: طیف XRDمربوط به نمونه شماره ۱

مورفولوژی سطح نمونه ها با استفاده از میکروسکوپ الکترونی روبشی مورد مطالعه قرار گرفت. در شکل ۲ یک تصویر SEM نوعی مربوط به نمونه شماره ۲ نشان داده شده است.

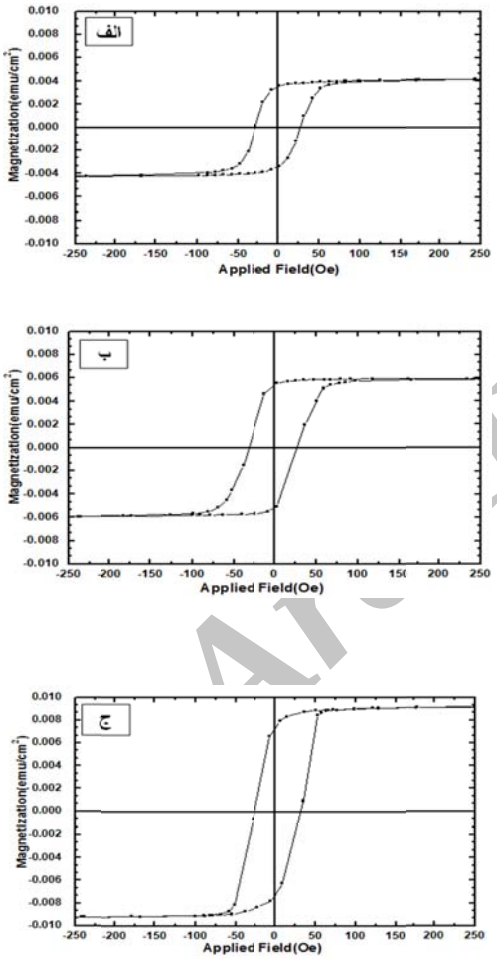


شکل ۲: تصویر SEM مربوط به نمونه شماره ۲

این تصویر نشان می دهد که سطح نمونه دارای دانه بندی تقریبا یکنواخت بوده که سطح زیرلایه را کاملاً پوشانیده است. با توجه به مقیاس اندازه گیری، اندازه دانه‌ها در حدود ۱۰۰ نانومتر می باشد. به منظور بررسی خواص مغناطیسی نمونه های۳، ٤، ٥ و ٦ با مشخصات ذکر شده در جدول ۱ انتخاب شدند. منحنی های پسماند آنها با استفاده از دستگاه مغناطیس سنج نمونه ارتعاشی اندازه‌گیری گردید. ابتدا برای نمونه شماره ۳، اندازه‌گیری هم در راستای موازی با سطح و هم عمود بر آن انجام شد که نتایج آن در شکل ۳ نشان داده شده است.



شکل ۳: نتایج VSMنمونه شماره ۳



شکل ٤: حلقه های پسماند مربوط به نمونه ها، الف مربوط به نمونه ۲، ب مربوط به نمونه ۳ و ج مربوط به نمونه ٤

Archive of SID
www.SID.ir

همانطور که در شکل مشاهده می شود، در راستای عمود بر سطح لایه، حلقه پسماند ضعیفی مشاهده می شود که در میدانهای بالا هم به حالت اشباع نمی رسد. در حالیکه برای میدان موازی با سطح، با یک میدان پایین به حالت اشباع رسیده است. این نتایج بیانگر این واقعیت است که راستای آسان نمونه در صفحه لایه قرار دارد. در شکل‌های ٤ (الف، ب و ج) منحنی های پسماند نمونه های (٤، ٥ و ٦) نشان داده شده است. در این اندازه‌گیری‌ها میدان اعمال شده موازی با سطح لایه ها می باشد. منحنی‌های پسماند ثبت شده نشان می دهد که نمونه‌ها در دمای اتاق فرومغناطیس می باشند. نتایج حاصل از اندازه‌گیری‌های مغناطیسی شامل: میدان وادارندگی، مغناطش اشباع، مغناطش باقیمانده و نسبت چهارگوشی حلقه در جدول ۲ ذکر گردیده است. همان طور که این نتایج نشان می دهند با افزایش ضخامت لایه آهن، مغناطش اشباع و مغناطش باقیمانده افزایش می یابد، در حالیکه میدان وادارندگی تقریباً ثابت می ماند.

جدول ۲: مقادیر مربوط به میدان وادارندگی، مغناطش های اشباع و باقیمانده و نسبت چهارگوشی برای نمونه های ٤، ٥ و ٦

نمونه	میدان وادارندگی (Oe)	مغناطش باقیمانده emu/cm2	مغناطش اشباع emu/cm2	نسبت چهارگوشی (مغناطش اشباع /مغناطش باقیمانده)
۲	۲۸/۲	۰/۰۰۳٤۹	۰/۰۰٤۲۸	۰/۸۲
۳	۲۹/۷	۰/۰۰٥۲۹	۰/۰۰٦۰۰	۰/۸۸
٤	۲۸/۹	۰/۰۰۷۲٥	۰/۰۰۹۳۸	۰/۷۷

نتیجه گیری

در این کار ابتدا نانوساختارهای سه لایه آهن/ مس/ آهن با استفاده از روش تبخیر در خلأ با ضخامت های مختلف تهیه و سپس خواص ساختاری و مغناطیسی آنها مطالعه شدند. نتایج آنالیز پراش پرتو ایکس نمونه ها نشان دادند که تنها یک قله در زاویه ٤٦/۳۹ درجه رخ داده که مربوط به تشکیل فاز آهن بوده و متناظر با پراش از صفحات [۱۱۰] است.تصاویر یکنواخت و پیوسته SEM ثبت شده ازسطح این فیلم ها نشان داد که این روش برای لایه نشانی نانوساختارهای چندلایه ای مناسب بوده و یک روش قابل کنترل برای بدست آوردن ساختارهایی با ضخامت های مورد نظر است. اندازه‌گیری حلقه های پسماند نمونه ها در دمای اتاق با اعمال میدان‌های موازی و عمود بر سطح نمونه‌ها نشان داد که راستای آسان نمونه در صفحه لایه قرار دارد. نتایج این مطالعه نشان داد که با افزایش ضخامت لایه آهن به ازای یک ضخامت ثابت لایه مس و یک میدان وادارنده ثابت، مغناطش اشباع باقیمانده افزایش یافته و منجر به نرم شدن ساختار می‌گردد.

مراجع

[1]. P.J.Sadashivaiah et al; "Structural, Magnetic and Electrical Properties of Fe/ Cu/ Fe Films";*Vacuum*, No. **85** (2010) 466-473.

[2].O.F.Bakkaloglu; "A Magnetic Study of Sputtered Fe/Cu Multilayer Films";*Jornal of Magnetism and Magnetic Materials*, No. **182** (1998) 324-328.

[3]. Motonobu Onoda; "Preparation of Amorphous/ Crystalloid Soft Magnetic Multilayer Ni-Co-B Alloy by Electrodeposition";*Jornal of Magnetism and Magnetic Materials*,No.**126** (1993), 595-598

[4]. Cosmin Cobianu et al; "Characterization the Magnetic Thin Multilayers with Vibrating Sample Magnetometer";*Jornal of Science and Arts*, No. **21** (2012) 451-458.

[5]. Rachana Gupta et al; "Study of Interfacial Properties and Its Effect on Magnetization Behavior of Fe/Ni Multilayer Structure";*Applied Surface Science*, No. **238** (2004) 254-261.

[6]. O.F.Bakkaloglu et al; "Magnetic Coupling and Magnetic Anisotropy in Fe/Co and Fe/Cu Multilayers";*Jornal of Magnetism and Magnetic Materials*, No. **125**(1993) 209-220

Archive of SID
www.SID.ir