

مقاله نامه ششمین کنفرانس ملّی خلاً 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

چکیدہ

در این کار ابتدا نانوساختارهای چندلایه آهن/ مس/ آهن، به روش تبخیر حرارتی در خالاً بر روی زیرلایه شیشه تهیه شدند. سپس خواص ساختاری و مغناطیسی لایه ها با استفاده از اندازه گیریهای 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.

مقدمه

مغناطیسی و اثر فصل مشترک از جالب ترین پدیده ها در مطالعه چندلایه های مغناطیسی هستند. در آمیختگی 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].

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



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



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

روش تهیه نمونهها

پودر آهن با خلوص ۹۹/۹۹ 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 خلا^{6–}۱۰ * ٥تور انجام گرفت. جهت انباشت متوالی لایهها، از بوته گردان برای چرخاندن بوته ها در حین انباشت و بدون شکستن خلا استفاده شد. مشخصات سه لایه های انباشت شده در

جدول ۱: مشخصات سه لایه های انباشت شده

نمونه	ضخامت لايه اول	ضخامت لايه دوم	ضخامت لايه سوم
	آهن (nm)	مس (nm)	آهن (nm)
١	۲	٤٥	۲
٢	۲.	٤٠	۲.
٣	۱	٥.	٥.
٤	17	١٣	17
٥	۲.	١٣	۲.
٦	۳.	١٣	٣٠

نتايج و بحث

ساختار نمونه ها با استفاده از پراش پرتو ایکس با چشمه Cu*K*_α با طول موج ۱/٥٤٠٥٦ 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 ۲۹/۳۹ 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:

$$D = \frac{0.9\,\lambda}{\beta\,\cos\theta} \tag{1}$$

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:

$$d = \frac{\lambda}{2\sin\theta} \tag{(1)}$$





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

مر اجع

ساختاری و مغناطیسی آنها مطالعه شدند. نتایج آنالیز پراش پرتو ایکس نمونه ها نشان دادند که تنها یک قله در زاویه ۲۹/۳۹ 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. اندازه گیری 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 زای یک ضخامت ثابت لایه مس و یک میدان وادارنده ثابت، ازای یک ضخامت ثابت لایه مس و یک میدان وادارنده ثابت، مغناطش اشباع باقیمانده افزایش یافته و منجر به نرم شدن ساختار می گردد.

[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



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 اندازه گیریها میدان اعمال شده موازی با سطح لایه ها می باشد. منحنیهای پسماند ثبت شده نشان می دهد که نمونهها معناطیسی شامل: میدان وادارندگی، معناطش اشباع، معناطش باقیمانده و نسبت چهارگوشی حلقه در جدول ۲ ذکر گردیده است. همان طور اشباع و مغناطش باقیمانده افزایش ضخامت لایه آهن، مغناطش وادارندگی تقریباً ثابت می ماند.

جدول ۲: مقادیر مربوط به میدان وادارندگی، مغناطش های اشباع و باقیمانده و نسبت چهارگوشی برای نمونه های ٤. ۵ و ٦

نمونه	میدان وادارندگی (Oe)	مغناطش باقیمانده emu/cm2	مغناطش اشباع emu/cm2	نسبت چهارگوشی (مغناطش اشباع /مغناطش باقیمانده)
۲	۲۸/۲	•/••٣٤٩	•/••٤٢٨	•/٨٢
٣	Y9/V	•/••079	•/••٦••	• / \ \ \
٤	۲۸/۹	•/••٧٢٥	•/••9٣٨	• /VV

نتیجه گیری در این کار ارتدا زانه ساختار

در این کار ابتدا نانوساختارهای سه لایه آهن/ مس/ آهن با استفاده از روش تبخیر در خلاً با ضخامت های مختلف تهیه و سپس خواص