بیستمین کنفرانس اپتیک و فوتونیک ایران
و ششمین کنفرانس مهندسی و فناوری فوتونیک ایران
۸ تا ۱۰ بهمن ماه۱۳۹۲ - دانشگاه صنعتی شیراز

خواص ساختاری ومغناطیسی چندلایه ای های نامتجانس Fe(20Å)/Ag(XÅ)/Co(20Å)

پریسا قهرمانی نژاد[۱و۲]؛ محمودرضایی رکن آبادی[۱و۲] ؛ محمد بهدانی[۱و۲] ؛ احمد امیرآبادی‌زاده[۳] و مجتبی محمدی[۱و۲]

۱- گروه فیزیک ، دانشکده علوم پایه ، دانشگاه فردوسی مشهد ، مشهد

۲-آزمایشگاه تحقیقاتی لایه نازک ، گروه فیزیک ،دانشکده علوم پایه ،دانشگاه فردوسی مشهد ، مشهد

۳-گروه فیزیک ، دانشگاه بیرجند ، بیرجند

چکیده - چندلایه ای مغناطیسی *Fe(20Å)/Ag(XÅ) /Co(20Å)* با ضخامت‌های متغییرلایه‌جداکننده *Ag* توسط دستگاه تبخیرحرارتی در خلأ کاری *mbar*$^{-۶}$ ۱۰× ۲ لایه نشانی شدند. خواص ساختاری نمونه‌ها توسط *XRD* و همچنین پاسخ مغناطیسی نمونه‌ها دردماهای پایین توسط سیستم اندازه گیری خواص فیزیکی(*PPMS*) و دردمای اتاق توسط مغناطیس سنج نمونه مرتعش (*VSM*) بررسی شد. محورآسان مغناطش برای این نمونه ها درون صفحه‌ای اندازه‌گیری شد.اندازه‌گیری‌های مغناطیسی نشان‌دهنده تغییر در نوع جفت‌شدگی چندلایه‌ای با تغییردر ضخامت لایه جداکننده*Ag*است. باکاهش ضخامت لایه جداکننده افزایش در ممان‌مغناطیسی نمونه‌ها دیده شد. همچنین با افزایش دما، مغناطش نمونه‌ها و*Hc* کاهش یافته است .

کلیدواژه- چندلایه‌ای مغناطیسی ، لایه جداکننده ، منحنی پسماند، محور اسان مغناطش

structural and magnetic properties of Fe(20Å) /Ag(xÅ)/Co(20Å) hetro-multilayers

Parisa Ghahramaninezhad[1,2], Mahmoud Rezaei Rokn-abadi[1,2], Mohammad Behdani[1,2],
Ahmad Amir abadi zade[3], Mojtaba Mohmmadi[1,2]
1-Physics Department, Faculty of science, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad
2-thin film research lab, Physics Department, Faculty of science, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad
3.Physics Department, Birjand university, Birjand

Abstract- We have deposited Fe/Ag/Co multilayer by physical vapor deposition (PVD)method in different Ag thickness as spacer working in a vacuum of 2×10^{-6}mbar. The structural properties , magnetic response of the samples at low temperatures and room temperature was investigated by XRD, physical properties measurement system (PPMS) and vibrating sample magnetometer (VSM) respectively. Hysteresis loops show that the easy axis of magnetization is in plane of the film . Magnetic measurements show dependence of exchange coupling as a pattern of Ag thickness as spacer. magnetic moment shows increasing with decrease of spacer thickness. Also the magnetization and Hc of samples decrease with increasing temperature.

Keywords: Magnetic multilayer , spacer , Hysteresis curve , easy axis of magnetization

[Downloaded from opsi.ir on 2025-12-08]

۱-مقدمه

بخش عمده‌ای از فیزیک ماده چگال ،متکی بر تحقیقات اساسی وکاربردی در تولید مواد جدید با پیکربندی غیرمعمول قرار می‌گیرد. مواد مغناطیسی زیر بنای علمی برای شمار جدیدی از فن‌اوری‌ها می‌باشد و همچنین علاقه به سمت سیستم های چندلایه‌ای مغناطیسی به طور فزاینده‌ای افزایش پیدا کرده است.[۱-۲] جفت‌شدگی نوسانی به دلیل تناوبی بودن جفت‌شدگی فرومغناطیسی وپادفرومغناطیسی بین لایه‌های فرومغناطیس به عنوان تابعی از ضخامت لایه جداکننده در بسیاری از سیستم-های چندلایه‌ای مغناطیسی وغیرمغناطیسی دیده شده است.[۳] این مطلب اساس کشف پدیده ای به نام مقاومت مغناطیسی غول آسا(GMR) به شمار می رود . این اثر برای اولین بار بر روی غشای نازک Fe/Cr/Fe و چندلایه-ای Fe/Cr کشف شد. قدرت جفت‌شدگی بین لایه‌های آهن تابع نوسانی از ضخامت لایه جداکننده‌ی کروم است.[۴-۵] جفت‌شدگی نوسانی تبادلی بین چندلایه‌ای‌ها نتیجه برهم کنش تبادلی غیرمستقیم انجام شده توسط الکترون‌های رسانای لایه جداکننده می باشد. [۶] در این گزارش با استفاده از دستگاه تبخیر حرارتی درخلأ چندلایه ای‌های Fe(20Å)/Ag(XÅ)/Co(20Å) با لایه جداکننده Ag با ضخامت های مختلف آماده سازی شدند و توسط مشخصه‌یابی‌هایXRD ، Physical properties Mesurement sy stem (PPMS) و vibrational sample magnetometer (VSM) مورد بررسی قرار گرفتند.

۲-آماده سازی نمونه ها وکار های تجربی

برای ساخت نمونه ها از دستگاه تبخیر حرارتی درخلأ مدل(Edwords E306)، زیرلایه‌ها از جنس سیلیکون و از مواد اولیه آهن،کبالت، نقره با خلوص بالا استفاده شده است. دستگاه قبل از عملیات لایه نشانی به مدت ۲۴ ساعت در خلأ بوده که در نهایت خلأ پایه به میزان 4×10^{-7}mbar و خلأکاری 2×10^{-6}mbar بوده است. چندلایه‌ای Fe/Ag/Co با ضخامت لایه اهن وکبالت ۲۰Å و لایه جداکننده Ag درضخامت‌های ۴۰،۲۰،۱۰انگسترومی با تعداد تکرار سه لایه‌ای ۴بار ولایه بافر Ag با ضخامت ۵۰Å و نهایت پوشش ۴۰Å ازآلومینیوم برای محافظت ازلایه در برابر اکسید شدن استفاده شده است. نمونه‌ها تا زمان ارسال برای آنالیز در خلأ بوده اند وسپس آنالیز XRD ، VSM، PPMS انجام شده است.

ساختار چندلایه‌ای‌ها توسط پراش پرتو X بررسی شد. وهمچنین پاسخ مغناطیسی نمونه‌ها با استفاده از اندازه-گیری منحنی پسماند با اعمال میدان در راستاهای موازی و عمود بر صفحه فیلم در دمای اتاق و همچنین در دما-های پایین تر از دمای اتاق با اعمال میدان در راستای عمود بر صفحه فیلم توسط PPMS در دانشگاه ولنگونگ استرالیا بررسی شده است. جدول ۱ضخامت نمونه‌های جایگذاری شده به صورت تجربی را نشان می دهد.

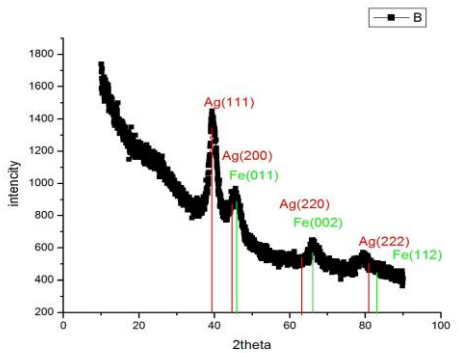
جدول۱-ضخامت نمونه ها

نوع لایه	نمونه ۱	نمونه۲	نمونه۳
Fe	۲۰Å	۲۰Å	۲۰Å
Ag	۱۰Å	۲۰Å	۴۰Å
Co	۲۰Å	۲۰Å	۲۰Å

۳-نتایج ساختاری ومغناطیسی

نتایج ساختاری

شکل (۱) طرح پراش پرتو ایکس برای چندلایه‌ای Fe/Ag/Co است که بیانگر تشکیل ساختارمکعبی درچندلایه‌ای می‌باشد. وپیک‌های اهن ونقره دارای جهت-گیری Ag(200), Ag(111), Ag(222), Ag(220) Fe(011), Fe(002), Fe(112) است.

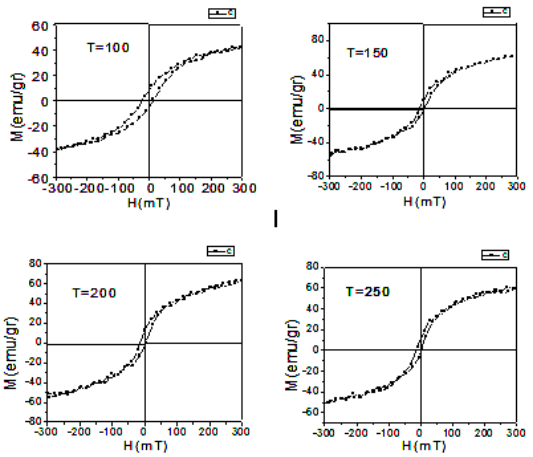


شکل۱- طرح پراش پرتو ایکس چندلایه‌ای Fe/Ag/Co

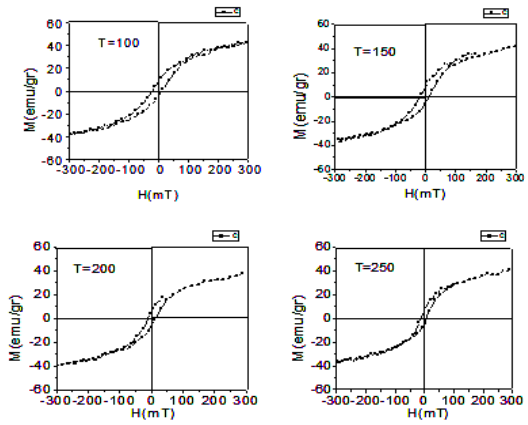
[Downloaded from opsi.ir on 2025-12-08]

نتایج مغناطیسی

درشکل ۲ و۳ اثر تغییر دما (۱۰۰،۱۵۰،۲۰۰،۲۵۰k) بر روی منحنی پسماند برای نمونه ۲ و نمونه ۳ بررسی شده است. با مشاهده منحنی پسماند نمونه‌ها، مشاهده می‌شود که همه نمونه‌ها با دماهای متفاوت، دارای مغناطش مانده کوچکی هستند و مغناطش اشباع بالایی دارند و همچنین با افزایش دما مساحت حلقه پسماندکم شده، در واقع مغناطش نمونه‌ها وHc کاهش یافته است.

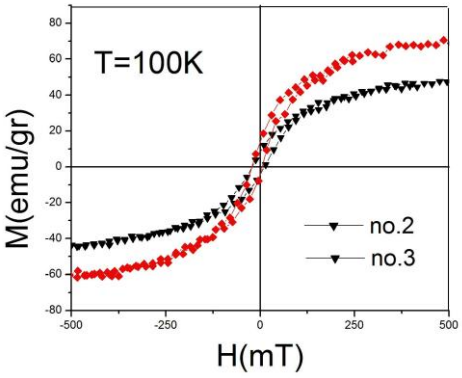


شکل ۲- منحنی پسماند برای نمونه ۲در دماهای مختلف



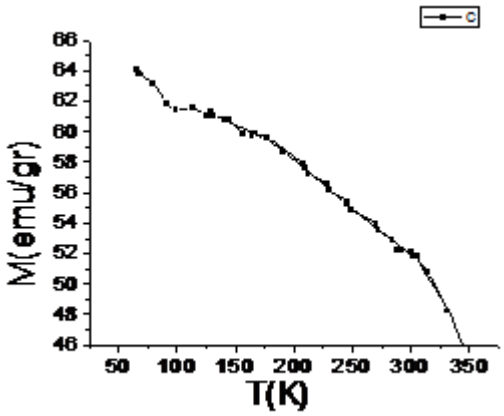
شکل۳-منحنی پسماند نمونه ۳ در دماهای مختلف

مقایسه منحنی پسماند برای نمونه‌ها با ضخامت لایه جداکننده۲۰ و۴۰ انگستروومی در دمای ۱۰۰کلوین نشان می‌دهدکه با کاهش ضخامت نقره یک افزایش در ممان مغناطیسی وجود دارد.همچنین تغییردرجفت‌شدگی بین لایه‌ها با تغییردر ضخامت لایه جداکننده Ag دیده می‌شودکه نمونه ۲ فرومغناطیس ونمونه۳ پادفرومغناطیس است (شکل ۴).



شکل۴-مقایسه منحنی پسماند برای ضخامت ۲۰ و ۴۰ انگستروومی نقره.

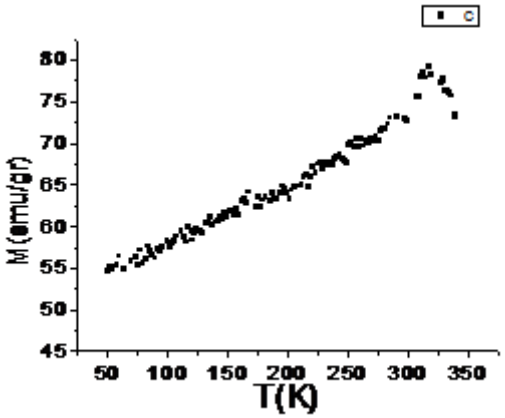
نمودار مغناطش برحسب دما (شکل ۵) برای نمونه ۲ به وضوح نشان می‌دهدکه با افزایش دما مغناطش نمونه کاهش یافته است، که می‌تواند تاییدی بر رفتار فرومغناطیسی نمونه باشد.



شکل۵- منحنی مغناطش برحسب دما برای نمونه ۲ در میدان ۵۰۰ میلی تسلا.

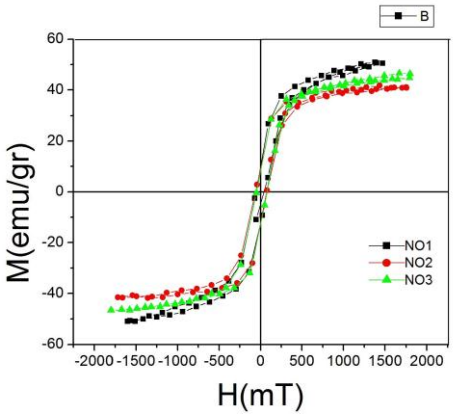
نمودار مغناطش برحسب دما برای نمونه ۳ (شکل۶) به وضوح نشان می‌دهدکه با افزایش دما تا دمای نیل مغناطش نمونه افزایش یافته است، که می‌تواند تاییدی بر رفتار پادفرومغناطیسی نمونه باشد. و سپس شاهد تغییر فاز پادفرومغناطیس به پارامغناطیس می‌باشیم .

[Downloaded from opsi.ir on 2025-12-08]

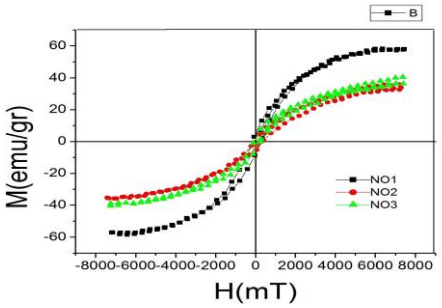


شکل۶- منحنی مغناطش برحسب دما برای نمونه ۳ در میدان ۵۰۰ میلی تسلا.

منحنی پسماند در دمای 300K برای اعمال میدان در راستاهای موازی و عمود برصفحه فیلم در شکل۷ و۸ به ترتیب نشان داده شده است. با توجه به شکل ۷ و۸ به وضوح مشخص است که جهت‌گیری آسان مغناطش در راستای موازی با صفحه ودرون صفحه‌ای است.



شکل ۷- منحنی پسماند دردمای اتاق برای میدان‌های موازی با سطح نمونه‌ها



شکل۸- منحنی پسماند در دمای 300K برای میدان‌های عمودی با سطح نمونه‌ها

نتیجه‌گیری

باکاهش ضخامت لایه جداکننده افزایش در ممان مغناطیسی دیده می‌شود .همچنین تغییردرجفت‌شدگی بین لایه‌ها با تغییردر ضخامت لایه جداکننده Ag دیده می‌شودکه نمونه ۲ فرومغناطیس و نمونه۳ پادفرومغناطیس است و با افزایش دما مغناطش نمونه‌ها و مقدار Hc کاهش یافته است . و همچنین محور آسان مغناطش برای این نمونه‌ها درون صفحه‌ای است.

سپاسگزاری

با سپاس وقدردانی فراوان از جناب آقای دکتر قربانی به دلیل اندازه‌گیری در دانشگاه ولنگونگ استرالیا .

مراجع

[1] U. Hartmann, *Magnetic Multilayers*, Springer, Berlin, Heidelberg, 2000.
[2] C. BirliksEeven, A. Bek, H. Z. Durusoy, *A Magnetization and GMR Study on Multilayered Fe/Ag/Co Thin Film*, p.1101-1106 , Tr. J. of Physics, 1999.
[3] V. K. Snakaranarayanan, S. T. Lakshmikumar, *Investigation of Co/Ag Discontinuous multilayers prepared by UHV electron beam evaporation*, p. 15-23, J. surface Sci .Technol, 2006.
[4] Cho, T.S.,et al., *Interfacial diffusion in Fe/Cr multilayers studied by synchrotron X-ray techniques*, p.1748-1751, physica status solidi (b), 2004.
[5] Kac, M., et al ., *Structural and magnetic characterization of Fe/Cr/Fe tri-layers and Fe/Cr multilayers after swift Au ion irradiation*, p. 1855-1859, physica status solidi (a), 2008.
[6] Grunberg, P., et al., *Layers Magnetic Structures : Evidence for Antiferromagnetic couupling of Fe Layers across Cr Interlayers*, p. 2442-2445, Physical revivw letters, 1986.

[Downloaded from opsi.ir on 2025-12-08]