

مقاله نامه هفتمین کنفرانس ملّی خلأ ایران دانشگاه مازندران ۱۹۹۲ آیان ۱۳۹۴



تاثیر فرکانس لیزر در لایه نشانی لیزر پالسی بر ویژگیهای ساختاری و مغناطیسی لایههای نازک

فريت كبالت

اسکندری ، فاطمه ^۱ ؛کاملی، پرویز ^۱ ؛سلامتی، هادی ^۱؛ اسماعیلی، امیرسجاد ^۲ ^۱گروه فیزیک، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان ^۲ گروه فیزیک، ترینیتی کالج دوبلین، دوبلین، ایرلند

چکیدہ

در این مقاله لایه های نازی فریت کبالت بر روی زیرلایهی تک بلور (۰۰۱) MgO به روش لایه نشانی لیزر پالسی با فرکانس های ۲ و۵ هرتز لیزر ساخته شد. طیف پراش پرتو ایکس نمونه ها، تشکیل ساختار تک بلوری در راستای (۰۰۸) را برای نمونه ها نشان داد. تصاویر میکروسکوب نیروی اتمی، ساختار پیوسته سطحی برای نمونه لایه نشانی شده با فرکانس HL و ساختار جزیره ای برای نمونه ی لایه نشانی شده در فرکانس HL ۵ را نمایش داد. نتایج حاصل از منحنی پسماند نمونه های لایه نشانی شده در فرکانس AL و ساختار جزیره ای ورد ناهمسانگردی مغناطیسی و تغییر جهت محور آسان نمونه ها با تغییر فرکانس لیزر بود.

The effect of the laser frequency in pulsed laser deposition on structural and magnetic properties of cobalt ferrite thin films

Eskandari, Fatemeh¹; Kameli, Parviz¹; Salamati, Hadi¹; Esmaeili, Amirsajjad²

¹Physics Department, Isfahan university of technology, Isfahan ²Physics Department, Trinity College Dublin, Dublin, Ireland

Abstract

In this paper cobalt ferrite thin films were deposited on MgO (001) single crystal substrates by pulsed laser deposition method with 2 and 5 hertz laser frequencies. X-ray diffraction patterns of samples showed the formation of single crystal structure along (008) direction for samples. Atomic force microscopy images exhibited the surface continuous structure for the sample deposited in 2 Hz frequency and islanding structure for sample deposited in 5 Hz frequency. The results of hysteresis curve of samples deposited in 2 and 5 Hz frequencies indicated anisotropy magnetic and changing in easy axis direction of samples by changing laser frequency.

CFO روش های مختلفی وجود دارد[۳, ۴]. یکی از روش های مناسب برای ساخت لایه نازک CFO، لایه نشانی لیزر پالسی (PLD) است. در این روش به علت استفاده از خلاء بالا (Torr⁻⁷ ۱۰≈)، نمونهها از یکنواختی، خلوص و کیفیت خوبی برخوردارند[۵–۷]. در این مقاله به منظور بررسی تاثیر شرایط لایه نشانی بر ویژگی های لایه نازک CFO، این ماده به روش PLD و در فرکانس های ۲ و Hz لیزر بر روی زیرلایه تک بلوری (۰۰۱)

مقدمه

لایه های نازک فریت کبالت CoFe₂O₄ (CFO)، به علت دارا بودن ویژگیهای فیزیکی جالب توجه مانند دمای کوری بالا، میدان وادارندگی (H_c) و مغناطش بزرگ، ناهمسانگردی مغناطیسی قـوی و پایداری شیمیایی خوب، گزینه مناسبی برای کاربردهای صنعتی مانند ضبطهای مغناطیسی چگالی بالا و وسایل مغناطونوری مے-باشند[۱, ۲]. برخی از ایس ویژگیها مانند H_c ناهمسانگردی مغناطیسی تابع روش و شرایط لایه نشانی هستند. برای لایه نشانی



مقاله نامه هفتمین کنفرانس ملّی خلاً ایران دانشگاه مازندران ۲۰و۲۱ آبان ۱۳۹۴



MgO لایه نشانی شده و ویژگیهای مغناطیسی و بلوری آن مـورد بررسی قرار گرفته است.

جزئیات آزمایشگاهی

لایههای نازک CFO به روش لایه نشانی لیزر پالسی بر روی زیرلایه تک بلوری (۹۰۱)MgO در دمای C^o ۵۰۰ و فشار اکسیژن ۲۰ mTorr لایه نشانی شدند. ابتدا محفظه تا فشار زمینه حدود Torr ^{-۶} Torr خلاء و سپس گاز اکسیژن وارد محفظه شد. پرتوی لیزر اگزایمر (KrF) با طول موج mn ۲۴۸ و انرژی حدود پالس لیزر مند. تعداد پالس لیزر ۲۰۰۰ او فاصله هدف تا زیرلایه حدود mo ۶/۵ بود. لایه نشانی با فرکانسهای ۲ و H2 کانجام شد. به منظور بررسی ویژگیهای ساختاری و مورفولوژی نمونههای تهیه شده، طیف پراش پرتو ایکس (XRD) و میکروسکوپ نیروی اتمی (AFM) مورد استفاده قرار گرفتند. همچنین مغناطش نمونهها با استفاده از دستگاه SQUID اندازه گیری شد.

نتايج و بحث

شکل ۱ طیف XRD قرص هدف CFO را نشان میدهد. تحلیل این طیف مطابق با نرم افزار Xpert و کارت شماره ۰۰۹۷-۱۹ تشکیل ساختار بس بلور اسپینل مکعبی برای هدف CFO را تائید میکند.



MgO الدکی کمتر از دو برابر ثابت شبکه MgO تحت (a_{MgO}=•/۸۳۹ nm) است. بنابراین لایههای نازک CFO تحت تنش کششی موازی صفحهی زیرلایه، ناشی از عدم تطابق پارامتر شبکه لایه و زیرلایه قرار میگیرند. کرنش لایهی CFO بر روی (δ=(2a_{MgO} – δ=0/۰۰%=δ -0<u>a</u>GC) بر روی (δ=(2a_{MgO} – δ=0/۰۰%=δ -0<u>a</u>CFO)/a_{CFO}) محفود بر صحفحهی زیرلایه در نمونههای CFO می شود. با توجه به طیف (XRD شکل ۲، به نظر میرسد با افزایش فرکانس لایه نشانی از ۲ به محت زاویههای کوچک تر انتقال به است. این موضوع می تواند نشاندهندهی کاهش پارامتر شبکه عمود بر صفحه زیرلایه، با افزایش فرکانس لیزر باشد[۶].



(a) ۲ و (ta).

در لایه نشانی به روش PLD، ذرات کنده شده از هدف به وسیلهی پالسهای اولیه، به صورت جزیرهای روی زیرلایه قرار میگیرند. با تابش پالسهای بعدی ذرات فرودی به سطح زیرلایه یا روی جزیرهها قرار میگیرند و یا حفرههای بین جزیرهها را پر میکنند. با تغییر فرکانس لایه نشانی، آهنگ برخورد ذرات به سطح زیرلایه نیز تغییر میکند. در فرکانسهای پایین تر ذرات با آهنگ کندتری به سطح زیرلایه برخورد کرده و در نتیجه فرصت بیشتری



مقاله نامه هفتمین کنفرانس ملّی خلأ ایران دانشگاه مازندران ۲۹۹۱ آبان ۱۳۹۴



کوچکتر است. مشابه این موضوع در لایه نازک FePt لایه نشانی شده به روش PLD با فرکانس های مختلف لیزر دیده شده است[۸].



شکل۳ : تصاویر AFM نمونههای CFO، لایه نشانی شده در فرکانسهای مختلف (۲(a) AF (b)، ۵ Hz (b)

دلیل دیگر ناهسانگردی مغناطیسی مشاهده شده در منحنیهای شکل ۲ را می توان به ناهمسانگردی مغناطیسی ناشی از تنش و شکل نسبت داد[۹]. ناهمسانگردی تنش ناشی از عدم تطابق پارامتر شبکه لایه و زیرلایه باعث ناهمسانگردی عمود بر صفحه می شود، در حالی که ناهمسانگردی شکل تمایل دارد محور آسان در راستای موازی صفحه زیرلایه باشد. رقابت این عوامل، جهت محور آسان را در ماده مشخص می کند.

دارند تا موازی سطح حرکت کنند و حفرههای بین جزیرهها را پر کنند. بنابراین در فرکانس های پایین رشد لایه بیشتر به حالت پیوسته روی سطح صورت می گیرد. در حالی که با افزایش فرکانس لیزر در لایه نشانی، آهنگ برخورد ذرات به زیرلایه افزایش یافته و ذرات فرصت کافی برای حرکت بین جزیرهها پیدا نمیکنند، در نتيجه رشد لايهها بيشتر به صورت جزيره جزيره خواهد بود[٨]. همچنین به نظر میرسد ضخامت لایهها به تغییرات فرکانس لیزر در لایه نشانی وابسته باشد و با فزایش فرکانس لیزر، ضخامت افزایش و با کاهش آن کاهش می یابد. در این مقاله با توجه به این که تعداد پالس لیزر در لایه نشانیها ثابت بود، تغییرات ضخامت نمونهها ناچیز است. شکل۳ تصاویر AFM نمونههای CFO لایه نشانی شده در فرکانسهای مختلف لیزر را نشان میدهد. در تصویر AFM لایه با فرکانس ۲ Hz (شکل۳۵) دیده می شود که سطح نمونه به صورت پیوسته رشد کرده است. در حالی که با افزایش فرکانس لیزر به Hz (شکل ۳b) پیوستگی سطح لایه کاهش یافته و شاهد دانه بندی روی سطح نمونه هستیم که این موضوع می تواند نشان دهندهی رشد جزیرهای نمونه در فرمانس Hz ۵ Hz باشد. شکل ۴ نشاندهندهی منحنی پسماند در دمای اتاق نمونه های لایه نشانی شده با فرکانس ۲ و ۵ Hz به صورت میدان موازی و عمود بر سطح زیرلایه است. در نمونه ۲ Hz میدان وادارندگی موازی زیرلایه ("۲۶۹ T (H_c) و میدان وادارندگی عمود بر زیرلایه (Hc^L) ۲۰۹۹-۱۰است. ساختار پیوسته سطح لایه در نمونه Hz ۲ باعث شده است، میخکوب شدن دیوارهی حوزه-های مغناطیسی در این نمونه کمتر باشد و در نتیجه ممانهای مغناطیسی در راستای موازی سطح نسبت به راستای عمود بر سطح راحت تر حرکت کنند، در نتیجه جهت محور آسان مغناطش در این نمونه موازی صفحه زیرلایه است. H_c^{II} نمونه 4 Hz برابر T ۰/۰۶۶ و Hc[⊥] آن Hc[⊥] است و محور آسان این نمونه عمود بر صفحه زيرلايه ميباشد. مطابق انتظارمان به علت پيوستهتر بودن ۲ Hz ساختار سطح در نمونه ۲ Hz نسبت به H_c ۵ Hz ساختار سطح در نمونه H_c از "Hc نمونه Hz بزرگتر و Hc⊥ آن از Hc⊥ نمونه Hz از



مقاله نامه هفتمين كنفرانس ملّى خلأ ايران

دانشگاه مازندران ۲۰و۲۱ آیان ۱۳۹۴



صفحه زیرلایه بود در حالی که محور آسان Hz ۵ عمود بر صفحه

زيرلايه بود.

مرجعها

[1] T. Dhakal, D. Mukherjee, R. Hyde, P. Mukherjee, M. H. Phan, H. Srikanth, et al., "Magnetic anisotropy and field switching in cobalt ferrite thin films deposited by pulsed laser ablation," *Journal of Applied Physics*, vol. 107, 2010.

[Y] Y. Suzuki, R. B. Van Dover, E. M. Gyorgy, J. M. Phillips, V. Korenivski, D. J. Werder, et al., "Structure and magnetic properties of epitaxial spinel ferrite thin films," *Applied Physics Letters*, p. 714, 1995.

[r] W. Rao, Y. B. Wang, Y. A. Wang, J. X. Gao, W. L.

Zhou, and J. Yu, "Surface morphology and magnetic properties of CoFe2O4 thin films prepared via sol-gel method," *in Advanced Materials Research* vol. 750-752, ed, 2013, pp. 1024-1028.

[*] H. Yanagihara, Y. Utsumi, T. Niizeki, J. Inoue, and E. Kita, "Perpendicular magnetic anisotropy in epitaxially strained cobalt-ferrite (001) thin films," *Journal of Applied Physics*, vol. 115, 2014.

[a] S. C. Sahoo, N. Venkataramani, S. Prasad, M. Bohra,

and R. Krishnan, "Pulse laser deposited nanocrystalline cobalt ferrite thin films," *Journal of Nanoscience and Nanotechnology*, vol. 10, pp. 3112-3117, 2010.

[7] A. Chen, N. Poudyal, J. Xiong, J. P. Liu, and Q. Jia, "Modification of structure and magnetic anisotropy of epitaxial

CoFe2O4 films by hydrogen reduction," *Applied Physics Letters*, vol. 106, 2015.

[V] S. C. Sahoo, N. Venkataramani, S. Prasad, M. Bohra, and R. Krishnan, "Thickness dependent anomalous magnetic behavior in pulsed-laser deposited cobalt ferrite thin film," *Applied Physics* A: Materials Science and Processing ,vol. 106,

pp. 931-935, 2012.

[A] I. A. Golovchanskiy, S. A. Fedoseev, and A. V. Pan, "Quantitative model for tunable microstructure in magnetic FePt thin films by pulsed laser deposition," *Journal of Physics D*: Applied Physics, vol. 46, 2013.

[9] M. Khodaei, S. A. Seyyed Ebrahimi, Y. J. Park, J. M. Ok, J. S. Kim, J. Son, et al., "Strong in-plane magnetic anisotropy in (111)-oriented CoFe 2O4 thin film," *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, vol. 340, pp. 16-22, 2013.



(a) شکل ۴ : منحنی پسماند لایه نازک CFO لایه نشانی شده در فرکانس های (a) ۵ (Hz (b) و ۲Hz.

نتيجه گيرى

لایههای نازک فریت کبالت به روش PLD بر زیرلایه MgO در فرکانسهای ۲ و Hz ۵ ساخته شدند. طیف XRD کاهش پارامتر شبکه با افزایش فرکانس را نشان داد که علت آن تنش کششی موازی صفحه زیرلایه بود. در نمونههای لایه نشانی شده با فرکانس پایین (۲Hz)، به علت این که آهنگ برخورد ذرات به سطح کمتر است، پیوستگی لایه بیشتر بود و در نمونههای لایه نشانی شده در فرکانس Hz ۵ رشد جزیرهای بیشتر دیده شد. با توجه به منحنی پسماند نمونهها نتیجه گیری شد که جهت محور آسان در نمونهها به شرایط رشد وابسته است. محور آسان نمونه که ۲ Hz، موازی