

بررسی فیلم های نازک آهن پایه رشد داده شده به روش لایه نشانی لیزری

حمیدی سنگدهی سیده مهري^۱، طهرانچی، محمد مهدی^{۱،۲}، قناعت شعار، مجید^۱، مرادی، مهرداد^۱

^۱ پژوهشکده لیزر و پلاسما دانشگاه شهید بهشتی، ولنجک، تهران

^۲ گروه فیزیک دانشگاه شهید بهشتی، ولنجک، تهران

چکیده

در این تحقیق فیلم های نازک آهن پایه با ترکیب $Fe_{78}Si_9B_{13}$ به کمک روش لایه نشانی لیزری رشد داده شدند. هدف تحت خلاء پایین در معرض باریکه لیزر Nd:YAG قرار گرفته است. با استفاده از آنالیز پرتو ایکس از آمورف بودن فیلم اطمینان حاصل کرده ایم و آنالیز پس پراکنندگی رادرفورد نیز به منظور اطلاع از ترکیب نمونه ها به کار رفته است. نتایج نشان داده است که ترکیب شیمیایی هدف عیناً به زیرلایه منتقل شده است. خواص مغناطیسی آن مانند چرخش کر مورد تحقیق قرار گرفته و همچنین وجود قطره ها روی سطح فیلم بررسی شده و چگونگی تغییر آن با اعمال جریان و اندازه گیری ولتاژ هال مورد بررسی قرار گرفته است.

Pulsed Laser Deposition of Fe- based amorphous ribbons

Hamidi Sangdehi, Seiedeh Mehri¹; Tehranchi, Mohammad Mehdi^{1,2}; Ghanaat Shoar, Majid¹; Moradi, Mehrdad¹

¹Laser and Plasma Research Institute, Shahid Beheshti University, Tehran

² Department of Physics, Shahid Beheshti University, Tehran

Abstract

$Fe_{78}Si_9B_{13}$ thin films were prepared by pulsed laser deposition of Fe- based amorphous ribbons. Targets were ablated in vacuum by Nd:YAG laser pulses. From X-ray diffraction spectra it is followed that the films are amorphous and by the aid of Rutherford Back scattering analysis, the film's composition were investigated. Our results showed that the composition of films were the same as target composition. The magneto-optical kerr effect and the presence of droplets in these thin films were investigated. Also the Hall effect is measured.

PACS No.: 81.15

مقدمه

دماهای پایتتر نسبت به روش همبافته فاز مایع، نرخ بالای لایه نشانی و حفظ ساختار کریستالی و یا آمورف ماده با توجه به انتخاب زیرلایه مناسب و دمای مناسب آن مواجه هستیم. علیرغم مزیت های زیاد این روش، دو نقص عمده مانند ناهمواری سطح هدف و وجود قطره های^۴ ماکروسکوپی (۲) با ابعاد بالاتر از چند میکرومتر روی فیلم های رشد داده شده را می توان برشمرد. اخیراً لایه نشانی لیزری مواد مغناطیسی آمورف توجه زیادی را به خود جلب کرده است (۳-۵).

آماده سازی لایه های نازک مغناطیسی با استفاده از روش لایه نشانی لیزری به دلیل مزایای این روش نسبت به روش هایی مانند رشد همبافته فاز مایع^۱، اسپاترینگ باریکه یون فعال^۲ و اسپاترینگ مغناطیسی رادیو فرکانسی^۳ مورد توجه بسیار قرار گرفته است. مزایای این روش لایه نشانی عبارتند از انتقال کامل ترکیب شیمیایی هدف به زیرلایه، توانایی کنترل ترکیب فیلم با اضافه کردن گاز اکسیژن در مدت زمان لایه نشانی (۱)، امکان رشد کریستالی در

¹ Liquid Phase Epitaxy

² Reactive Ion Beam Sputtering

³ Radio Frequency Sputtering

⁴ Droplets



شکل ۱: چیدمان انجام آزمایش لایه نشانی لیزری

پس از آماده شدن لایه‌ها که به صورت مستطیلی تهیه شده‌اند، با استفاده از چسب نقره در وسط هر ضلع اتصال الکتریکی برقرار کرده و با استفاده از منبع تغذیه در طول آزمایش جریان ثابتی از نمونه به اندازه میلی آمپر عبور داده می‌شود و با استفاده از مولتی متر دیجیتالی ولتاژ خروجی اندازه‌گیری می‌شود، این در حالی است که نمونه در میدان مغناطیسی قرار داده می‌شود.

نتایج

به منظور اثبات آمورف بودن این نمونه‌ها از آنالیز پرتو X استفاده کرده‌ایم و از آنالیز پراکندگی بازگشتی رادرفورد^۴ (RBS) به منظور اطلاع از ترکیبات و ضخامت فیلم کمک جست‌هایم که در این آنالیز باریکه He^+ به نمونه مورد نظر در بازه انرژی خاصی برخورد می‌کند و انرژی بازتابی از سطح نمونه مورد بررسی قرار گرفته و به این ترتیب ضخامت و ساختار نمونه تشخیص داده می‌شود. طیف RBS این نمونه را می‌توان در شکل ۲ مشاهده کرد:

مواد مغناطیسی آمورف به شکل ریون و یا سیم به خاطر دارا بودن خصوصیات فوق‌العاده مانند مقاومت الکتریکی بالا، انعطاف پذیری بدون از دست دادن سختی، طول تنش پذیری زیاد^۱ و مقاومت بیشتر^۲ نسبت به مواد کریستالی مورد توجه زیادی قرار گرفته‌اند (۳). این ریون‌های آمورف با استفاده از سرد شدن سریع فلزات ذوب شده با نرخ چند میلیون درجه سانتیگراد در ثانیه تولید می‌گردند در میان این دسته از مواد، نوارهای با آلیاژهای آهن پایه تلفیقی از اشباع بالاتر، نفوذپذیری بالا و مغناطوتنگش^۳ به نسبت زیاد با افت هیستریزیس کم هستند.

رفتار غیر عادی ولتاژ هال در این نمونه‌ها نیز مورد بررسی قرار گرفته است (۵). در این تحقیق فیلم‌های نازک آهن پایه با استفاده از زوش لایه نشانی لیزری آماده شده و پس از مشخصه یابی، ولتاژ هال و اثر مگنتواپتیکی کر در این نمونه‌ها اندازه‌گیری گردیده است.

آزمایش

ریون‌های آهن پایه با ترکیب $Fe_{78}Si_6B_{13}$ به عنوان هدف در این آزمایش مورد استفاده قرار گرفته‌اند. ضخامت هر کدام از ریون‌ها ۳ میکرومتر بوده و به صورت چند لایه ای در مقابل لیزر Nd:YAG با طول موج ۱۰۶۴ نانومتر و عرض پالس ۴ نانوثانیه و انرژی ۵۰۰ میلی ژول بر پالس و آهنگ تکرار ۱۰ هرتز قرار گرفته‌اند. زیرلایه مورد استفاده در این تحقیق شیشه BK7 اپتیکی بوده که در دمای اتاق نگه داری شده است و در فاصله ۵ سانتی متری از هدف قرار گرفته است. هدف مورد استفاده نیز با ۳۰۰ دور بر دقیقه در حال چرخش بوده است. لایه‌نشانی در محیط خلاء که با پمپ دیفیوژن و به پشتیبانی پمپ مکانیکی به خلاء 10^{-5} mbar رسیده است، انجام شده است و به منظور تمرکز باریکه روی سطح هدف از عدسی به فاصله کانونی ۵۰ سانتیمتر استفاده گردیده است.

چیدمان انجام لایه نشانی در شکل ۱ نشان داده شده است:

¹ tensile

² corrosion

³ Magnetostriction

⁴ Rutherford Backscattering Spectrometry

همچنانکه از شکل پیداست، ولتاژ هال در این نمونه ها رفتاری غیر عادی از خود نشان می دهد.

همچنین با استفاده از میکروسکوپ پلارون و دوربین CCD از سطح فیلم آماده شده عکسبرداری شده است که یک ناحیه از سطح فیلم در شکل ۴ نشان داده شده است:

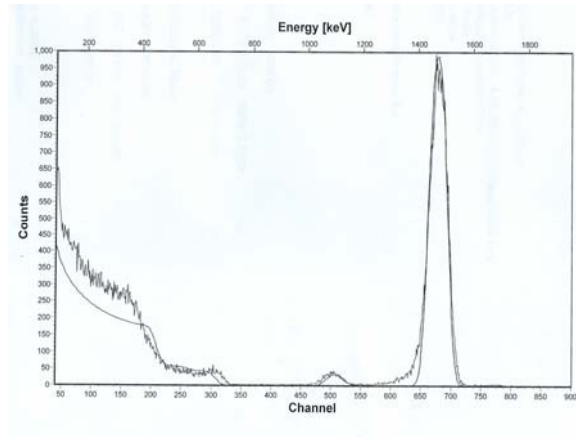


شکل ۴: سطح فیلم لایه نشانی شده قبل از عبور جریان (طول عکس برابر با ۲۵۰ میکرومتر می باشد).

با توجه به شکل، وجود قطرک ها در روی سطح اثبات شده است که ابعاد این قطرک ها پس از عبور جریان از نمونه تغییر فاحشی یافته است. این تغییر در شکل ۵ دیده می شود.



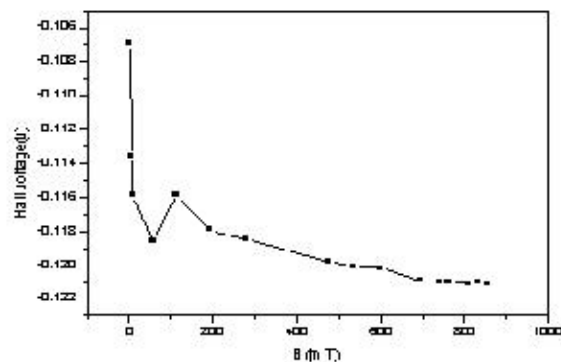
شکل ۵: سطح فیلم لایه نشانی شده بعد از عبور جریان و اندازه گیری ولتاژ هال. (طول عکس برابر با ۲۵۰ میکرومتر می باشد).



شکل ۲: طیف پراکندگی بازگشتی رادرفورد نمونه لایه نشانی شده.

از این شکل می توان انتقال کامل ترکیب از نمونه به زیرلایه را مشاهده کرد. همچنانکه از شکل پیداست، ترکیب فیلم نازک لایه نشانی شده همان ترکیب نمونه هدف یعنی $Fe_{78}Si_9B_{13}$ می باشد. ضخامت فیلم لایه نشانی شده ۵۰ نانومتر اندازه گیری شده است.

با اتصال الکتریکی به نمونه ها که توسط چسب نقره انجام پذیرفته است، پس از عبور جریان ۱/۳ میلی آمپر از نمونه، ولتاژ در دو سر مخالف اندازه گیری شده است و منحنی تغییرات ولتاژ هال بر حسب میدان مغناطیسی در شکل ۳ دیده می شود:



شکل ۳: منحنی تغییرات ولتاژ هال در نمونه لایه نشانی شده با عبور جریان ۱/۳ میلی آمپر.

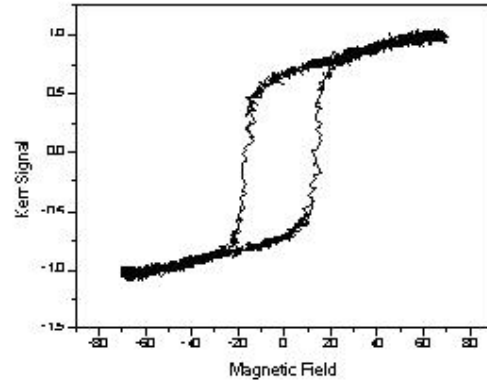
با تکرار این فرایند و بررسی شکل قطرک ها و اندازه گیری سیگنال کر در آن، در نتیجه تغییر در اندازه و شکل قطرک ها ممان های مغناطیسی در ناحیه قطرک ها گیر افتاده و با تغییر در میدان بازدارندگی در سیگنال کر و ولتاژ هال مواجه می شویم.

نتیجه گیری

رشد فیلم های نازک آهن پایه با استفاده از روش لایه نشانی لیزری، با انتقال کامل ترکیب شیمیایی انجام شده است. ولتاژ هال در این نمونه به صورت غیر عادی تغییر می نماید و عبور جریان در طول اندازه گیری ولتاژ هال منجر به تغییر ابعاد قطرک ها در نمونه شده است. با توجه به منحنی های سیگنال کر در آن می توان گفت که این نمونه ها به دلیل شکل مستطیلی دارای آنیزوتروپی شکلی بوده و همزمان با عبور جریان جهت محور آسان در آن پدیدار گشته است. تغییر سیگنال کر پس از هر بار عبور جریان، اثباتی بر تغییر و گیر افتادن ممان های مغناطیسی در نتیجه تغییر در اندازه و شکل قطرک ها در محیط لایه نازک می باشد و در نتیجه با رفتار غیر عادی در ولتاژ هال مواجه می شویم.

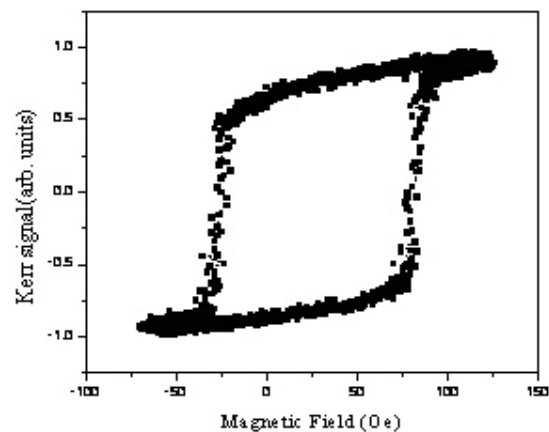
- [1] T. Tepper, C. A. Ross, J. Crystal Growth, 255, 324(2003).
 [2] T. Szorenyi, R. Stuck, F. Antoni, E. Fogarassy, Applied Surface Science 247 (2005) 45-50.
 [3] T. Meydan, P.I. Williams, A.N. Grigorenko, P.I. Nikitin, A. Perrone, A. Zocco, Sensors and Actuators 81 (2000) 254-257.
 [4] S. Acquava, A. P. Caricato, E. D'Anna, M. Fernandez, A. Luches, Z. Frait, et al, Thin Solid Films, 433, (2003)252-258.
 [5] P.I. Nikitin, M.V. Valeiko, A.M. Ghorbanzadeh, A.A. Beloglazov, V.I. Konov, Quantum Electron. 26 (1996) 375.
 [6] H. Chiriac, M. Lozovan, M. Neagu, Materials Science and Engineering A304-306 (2001) 1023-1025.

این تغییر در اندازه قطرک ها موجب می شود که اندازه گیریهای مجدد اثر هال به پاسخ یکسانی نرسد و در حین عبور جریان از نمونه جهتی تحت عنوان جهت محور آسان در منحنی کر نمونه ایجاد شود. چگونگی تغییر اثر کر در دو حالت قبل و بعد از عبور جریان در این نمونه مورد بررسی قرار گرفته است که می توان در شکل های ۶ و ۷ این دو منحنی هیستریزس را مشاهده نمود.



شکل ۶: منحنی تغییرات ولتاژ کر طولی در نمونه لایه نشانی شده قبل از عبور جریان برای اندازه گیری ولتاژ هال.

با اندازه گیری ولتاژ کر در جهات مختلف نمونه، به جهتی می رسیم که در آن منحنی هیستریزس مربعی می شود. این منحنی را می توان در شکل ۷ مشاهده کرد.



شکل ۷: منحنی تغییرات ولتاژ کر طولی در نمونه لایه نشانی شده بعد از عبور جریان برای اندازه گیری ولتاژ هال.

مربعی شدن منحنی هیستریزس و دارا بودن جهت محور آسان در نمونه می تواند به دلیل عبور جریان و آنیزوتروپی القاء شده در آن به خاطر شکل مستطیلی آن باشد.