

SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی

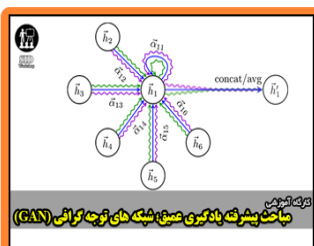


عضویت در خبرنامه



فیلم های آموزشی

کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی



مباحث پیشرفته یادگیری عمیق؛
شبکه های توجه گرافی
(Graph Attention Networks)



کارگاه آنلاین آموزش استفاده از
وب آو ساینس



کارگاه آنلاین مقاله روزمره انگلیسی

اثر pH بر امپدانس مغناطیسی میکروتیوپ NiFeMo/Cu لایه نشانی شده به روش الکتروشیمیایی

کلهر، سمانه ؛ قناعت شعار، مجید

آزمایشگاه نانومغناطیس، پژوهشکده لیزر و پلاسما، دانشگاه شهید بهشتی، اوین، تهران

چکیده

لایه مغناطیسی NiFeMo بر روی زیرلایه سیم مسی به قطر تقریبی ۱۷۶ میکرومتر به روش الکتروشیمیایی تهیه شد. در این راستا اثر pH در گستره ۱-۲ بر روی امپدانس مغناطیسی میکروتیوپ در بازه فرکانسی ۴ تا ۲۰ مگاهرتز مورد بررسی قرار گرفت. کیفیت سطحی، ویژگی مغناطیسی و امپدانس مغناطیسی لایه به شدت وابسته به pH الکتروولیت است. نتایج نشان داد که با افزایش pH از ۱/۳۵ به ۱/۷۵ امپدانس مغناطیسی از ۴۷ به ۲۰۷ درصد در فرکانس ۱۴ مگاهرتز افزایش یافت و با افزایش بیشتر pH دوباره کاهش شدید امپدانس و نیز کاهش کیفیت لایه‌های نشانداده شده را داشتیم.

The influence of pH on the magneto-impedance of electrodeposited NiFeMo/Cu microtubes

Kalhor, Samane ; Ghanaatshoar, Majid

Laser and Plasma Research Institute, Shahid Beheshti University, G.C., Evin, 1983963113, Tehran, Iran

Abstract

The influence of pH on the magneto-impedance (MI) of NiFeMo microtubes was investigated. NiFeMo magnetic samples were prepared by electrodeposition onto copper wires with a diameter of about 176 micrometers. It was observed that the magneto-impedance properties of the NiFeMo microtubes were affected by the pH of the electrolyte. The MI ratio of NiFeMo electrodeposited microtubes were increased from 47% to 207% by increasing the pH to 1.75. Beyond the value of 1.75 for the pH, the quality of the electrodeposited layers was not perfect and the magneto-impedance response fell down substantially.

PACS No 40- 85-75

قرار دارد و از آن جریان الکتریکی متناوب عبور می‌کند. می‌توان نشان داد که اثر امپدانس مغناطیسی به کمک مفهوم عمق پوسته کلاسیکی، قابل توجیه است [۳]. تغییرات امپدانس مغناطیسی بصورت زیر تعریف می‌شود:

$$\frac{\Delta Z}{Z} (\%) = \left\{ \frac{|Z(H)| - |Z(H_{max})|}{|Z(H_{max})|} \right\} \times 100 \quad (1)$$

که در آن، $|Z|$ اندازه امپدانس و H_{max} مقدار بیشینه میدان خارجی اعمال شده به نمونه است. اندازه امپدانس به صورت

$$|Z| = R^2 + X^2 \quad (2)$$

بیان می‌شود که در آن R مقاومت و X راکتانس نمونه است.

مقدمه

حسگرهای مغناطیسی مبتنی بر اثر امپدانس مغناطیسی بزرگ، امروزه به دلیل مزایای فراوانی همچون حساسیت بالا و اندازه کوچک نسبت به انواع قدیمی حسگرهای مغناطیسی مثل حسگر اثر هال و حسگر دریچه شار توجه بیشتری به خود جلب کرده است. اگرچه اولین بار امپدانس مغناطیسی توسط هریسون در سال ۱۹۳۵ مشاهده شد [۱]، اما توجه به اثر امپدانس مغناطیسی با کار پائینا و مهری در سال ۱۹۹۴ رو به گسترش نهاد [۲].

امپدانس مغناطیسی در حقیقت امپدانس الکتریکی ماده نرم مغناطیسی است زمانی که در معرض میدان مغناطیسی یکنواخت

و HCl استفاده شد. لایه‌نشانی به روش جریان ثابت با عبور جریان $3/4 \text{ A/dm}^2$ از سیم بوسیله کولومتر ZCM 761 و در دمای اتاق انجام شد، به صورتی که حدود ۵ میکرومتر روی سیم لایه نشاندگی شود.

به منظور اندازه‌گیری امپدانس مغناطیسی از یک چیدمان آزمایشگاهی استفاده شد که به نمونه به طول ۳۲ میلی‌متر جریان متناوب ۹/۵ میلی‌آمپر در بازه فرکانسی ۴ تا ۲۰ مگاهرتز اعمال می‌کند. نمونه در معرض میدان مغناطیسی مستقیم سیملوله قرار داده شد که در آن میدان مغناطیسی به صورت پله‌ای از ۲۰۰- تا ۲۰۰+ اورستد افزایش می‌یابد. در هر پله امپدانس نمونه با ثبت ولتاژ طبق رابطه ۳ ثبت شد که در آن V ولتاژ دو سر نمونه و I جریان عبوری از نمونه است:

$$Z=V/I \quad (3)$$

به منظور ثبت امپدانس و محاسبه درصد آن از رایانه استفاده شده است [۹، ۱۰].

نتایج و بحث

یکی از پارامترهای مهم تأثیرگذار بر امپدانس مغناطیسی ضخامت لایه نشاندگی است [۳]، و لذا به منظور بررسی اثر pH پارامتر ضخامت باید ثابت نگه داشته شود. در این کار سعی کردیم ضخامت لایه نشاندگی را ۵ میکرومتر ثابت نگه داریم. بدین منظور لایه‌نشانی در $\text{pH} = 1/55$ ده دقیقه طول کشید، در صورتی که این زمان برای $\text{pH} = 1/75$ به پنج دقیقه کاهش یافت که نشان می‌دهد سرعت لایه‌نشانی در $\text{pH} = 1/75$ بیشتر است.

جدول ۱: ترکیبات تشکیل‌دهنده الکترولیت.

ترکیبات	غلظت
$\text{FeSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	۴ gl^{-1}
$\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	۶۰ gl^{-1}
$\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	۲ gl^{-1}
NaCl	۱۰ gl^{-1}
سیتریک اسید	۱۵ gl^{-1}
ساکسارین	۳ gl^{-1}

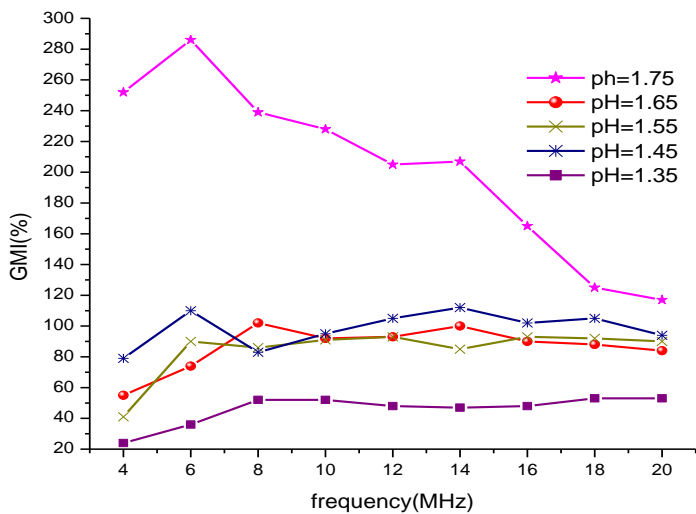
اثر امپدانس مغناطیسی نخستین بار در نوارها و سیم‌های آمورف مغناطیسی نرم مشاهده شد. امروزه مواد نرم مغناطیسی در شکل‌های مختلف سیم، نوار و فیلم نازک با استفاده از روش‌های مختلف لایه‌نشانی تولید می‌شوند. مشاهده شده است که لایه نرم مغناطیسی پرمالوی ($\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$) با نفوذپذیری مغناطیسی بالا و نیروی وادارندگی پایین گزینه مناسبی برای امپدانس مغناطیسی است [۴]. همچنین مشخص شد که اضافه کردن مقدار کمی مولیبدن ویژگی‌های مغناطیسی پرمالوی را بهبود می‌بخشد [۵].

در این تحقیق به تولید میکروتیوپ NiFeMo با تکنیک لایه‌نشانی الکتروشیمیایی پرداخته شده است. روش الکتروشیمیایی یک راه ساده و ارزان لایه‌نشانی است که به سیستم خلا پیچیده احتیاج ندارد و لایه‌نشانی در دمای دلخواه انجام می‌گیرد. از جمله عوامل تأثیرگذار بر لایه‌نشانی الکتروشیمیایی، دمای الکترولیت، ترکیبات استفاده شده در الکترولیت، pH الکترولیت، جریان عبوری و مدت زمان لایه‌نشانی هستند. سیت و همکارانش به بررسی اثر غلظت آهن و نیکل و مولیبدن بر خواص مغناطیسی و امپدانس مغناطیسی میکروتیوپ NiFeMo پرداخته‌اند [۶]. همچنین ولر و همکارانش به بررسی مدت زمان لایه‌نشانی، و مانوئز و همکارانش به بررسی چگالی جریان عبوری بر امپدانس مغناطیسی این میکروتیوپ پرداختند [۷ و ۸]. علی‌رغم اثر pH بر امپدانس مغناطیسی تاکنون توجه کافی به اثر pH بر این ماده نشده است. در این تحقیق به بررسی اثر pH محلول بر امپدانس NiFeMo/Cu پرداخته‌ایم.

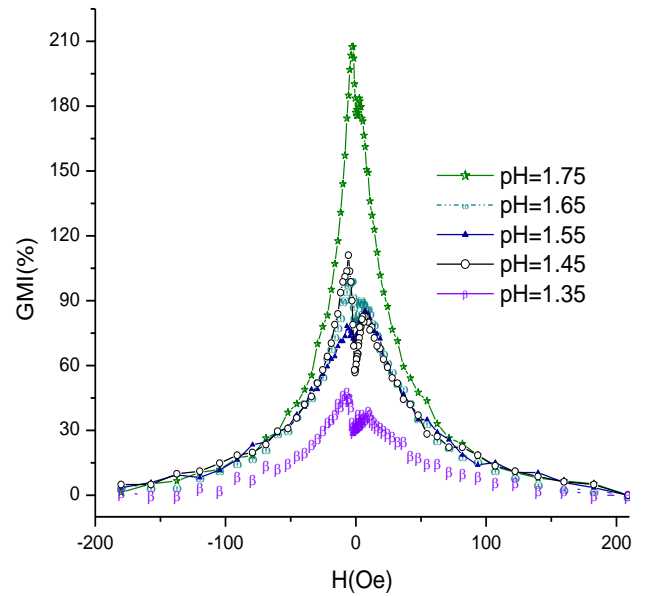
بخش تجربی

به منظور لایه‌نشانی الکتروشیمیایی از یک سلول سه الکترودی استفاده شده است که الکتروده/نقره/نقره کلرید به عنوان الکتروده مرجع و الکتروده استیل به عنوان الکتروده مقابل و سیم مسی به عنوان الکتروده کار به کار گرفته شده است. سیم مسی با قطر تقریبی ۱۷۶ میکرومتر ابتدا به دقت با استفاده از استون و اسیدکلریدریک به منظور برداشتن هر گونه آلودگی از سطح زیر، شسته شد. ترکیبات محلول الکترولیت در جدول ۱ آورده شده‌اند. ترکیبات الکترولیت درون آب مقطر حل شدند و pH الکترولیت روی ۱/۵۵ تنظیم شد. سپس برای کاهش و افزایش pH از KOH

نیست، بلکه در pH بالاتر از ۱/۷۵ توزیع لایه‌نشانی به علت سرعت بالای لایه‌نشانی کاملاً غیر یکنواخت بود. لازم به توضیح است که در pH بالاتر از ۲ به منظور کاهش سرعت لایه‌نشانی و داشتن توزیع لایه‌نشانی مطلوب چگالی جریان عبوری از نمونه در حین لایه‌نشانی را تغییر دادیم، اما باز به کیفیت مطلوب نرسیدیم و همچنان درصد امپدانس مغناطیسی بسیار پایینی داشتیم. این امر نشان دهنده استقلال نسبی دو کمیت جریان و pH محلول است.



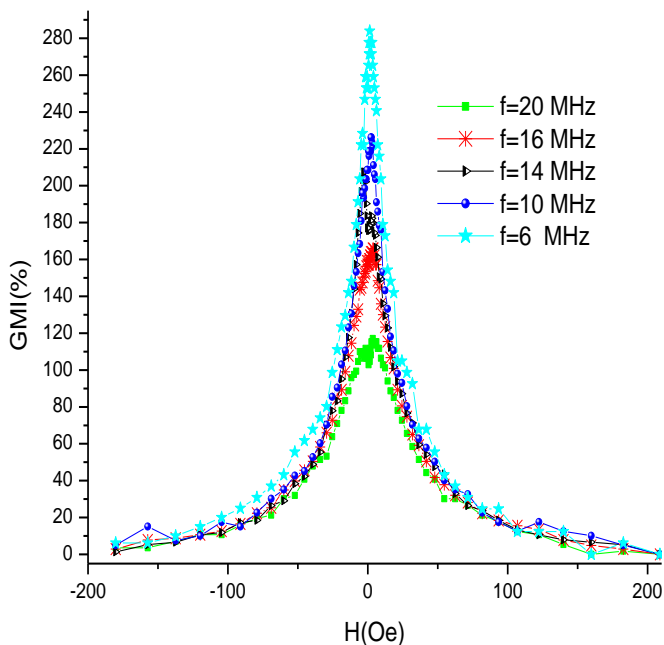
شکل ۲: مقادیر بیشینه GMI در فرکانس ۴ تا ۲۰ مگاهرتز در pH ۱/۳۵ تا ۱/۷۵.



شکل ۱: منحنی GMI در فرکانس ۱۴ مگاهرتز برای مقادیر pH ۱/۳۵ تا ۱/۷۵.

در شکل ۱ نمودار امپدانس مغناطیسی در pH های مختلف در فرکانس ۱۴ مگاهرتز با هم مقایسه شده است. در این شکل مشخص است که منحنی امپدانس مغناطیسی غیر متقارن (AGMI) است. از اثر امپدانس مغناطیسی غیر متقارن در تولید حسگرهای نسل جدید استفاده می‌شود [۱۱]. از طرف دیگر اثر pH بر پاسخ امپدانس به روشنی دیده می‌شود. pH بر روی سرعت رشد لایه و همچنین اندازه متوسط ذرات نشانده شده تاثیر دارد. همچنین درصد عناصر نشانده شده را دستخوش تغییر می‌کند که به تبع آن نیروی وادارندگی و پذیرفتاری مغناطیسی تغییر می‌کند [۱۲]. چون امپدانس مغناطیسی به نرم بودن مغناطیسی ماده کاملاً وابسته است، لذا درصد امپدانس مغناطیسی نیز تغییر می‌کند. در نتیجه pH الکترولیت برای لایه‌نشانی فاکتور مهمی است که باید در نظر گرفته شود.

برای مقایسه بهتر در شکل ۲ بیشینه امپدانس مغناطیسی در pH های مختلف در فرکانس ۴ مگاهرتز تا ۲۰ مگاهرتز ترسیم شده است. همانطور که ملاحظه می‌شود، در pH= ۱/۷۵ افزایش شدید امپدانس مغناطیسی و همچنین در pH= ۱/۳۵ کاهش نسبتاً زیاد امپدانس مغناطیسی را داریم. افزایش شدید امپدانس مغناطیسی در pH= ۱/۷۵ به معنی افزایش امپدانس مغناطیسی در pH های بالاتر



توجیه است. این موضوع با کاهش کیفیت لایه‌ها به ازای pH های بیشتر از ۱/۷۵ در توافق است.

نتیجه گیری

در این مقاله لایه مغناطیسی NiFeMo به قطر تقریبی ۵ میکرومتر بر روی زیرلایه مس با قطر تقریبی ۱۷۶ میکرومتر به روش الکتروشیمیایی نشانده شد و اثر pH الکتروولت بر روی منحنی امپدانس مغناطیسی بررسی شد. نتایج نشان داد که با افزایش pH در یک بازه معین، امپدانس مغناطیسی افزایش پیدا می‌کند. اما افزایش بیشتر pH، کاهش کیفیت لایه‌های نشانده شده و در نتیجه کاهش شدید امپدانس را به دنبال دارد.

مرجع‌ها

- [۱] E. P. Harrison; G.L. Turney; H. Rowe; "Electrical properties of wires of high permeability"; Nature, **13** (1935) 961.
- [۲] L.V. Panina; K. Mohri; "Magneto-impedance effect in amorphous wires" Appl Phys Lett, **65**, (1994), 1189-91.
- [۳] M.H. Phan; H.X. Peng; "Giant magnetoimpedance materials: Fundamentals and applications"; Progress in Materials Science, **53**, (2008), 323.
- [۴] F.E. Atalay; S. Atalay; "Giant magnetoimpedance effect in NiFe/Cu plated wire with various plating thicknesses"; Journal of Alloys and Compounds, **392**, (2005), 322-328.
- [۵] W.P. Taylor; M. Schneider; H. Baltes; M.G. Alle; "A NiFeMo Electroplating Bath for Micromachined Structures"; Electrochemical and Solid-State Letters, **2**, (1999), 624-626.
- [۶] H.L. Seet; X.P. Li; H.J. Neo; K.S. Lee; "Magnetic properties of high permeability NiFeMo/Cu composite wire" Journal of Alloys and Compounds, **449**, (2008), 96-100.
- [۷] J. Velleuer; A.G. Mun; H. Yakabchuka; C. Schiefer; A. Hackl, E. Kisker; "Giant magneto impedance in electroplated NiFeMo/Cu microwires"; Journal of Magnetism and Magnetic Materials, **311**, (2007), 651-657.
- [۸] A.G. Munoz; C. Schiefer; Th. Nentwig; WY. Man; E. Kisker; "Magneto impedance of electroplated NiFeMo/Cu microwires for magnetic sensors"; J. Phys. D: Appl. Phys., **40**, (2007), 5013-5020.
- [۹] M. Ghanaatshoar; M.M. Tehranchi; S.M. Mohseni; M. Parhizkari; S.E. Roozmeh; A. Jazayeri Gharehbagh; "Magnetoimpedance effect in current annealed Co-based amorphous wires"; Journal of Magnetism and Magnetic Materials, **304**, (2006), 706-708.
- [۱۰] M. Ghanaatshoar; N. Azad; M.H. Banitaba; B. Shokri; "Giant magnetoimpedance effect of ac-dc Joule annealed electroplated NiFe/Cu composite wires" Phys. Status Solidi, **11-12**, (2011), 3055-3058.
- [۱۱] M. Knobel; M. Vazquez; L. Kraus; in K.H.J. Buschow, Handbook of Magnetic Materials, Elsevier, Amsterdam, Vol. **15** (2003), Chapter 15.
- [۱۲] F.E. Atalay; H. Kaya; S. Atalay; "Effect of pH on the magnetoimpedance properties of electrodeposited CoNiFe microtubes" Physica B, **371**, (2006), 327-33.
- [۱۳] F.L.A. Machado; S. Rezende; "A theoretical model for the giant magnetoimpedance in ribbons of amorphous soft-ferromagnetic alloys" J. Appl. Phys., **79**, (1996), 6558.

شکل ۳: منحنی GMI در فرکانس ۶ تا ۲۰ مگاهرتز در $pH=1/75$.

همچنین pH پایتتر از ۱/۳۵ به دلیل کاهش شدید امپدانس مغناطیسی مورد بررسی قرار نگرفت.

با توجه به شکل ۳ پدیده قابل مشاهده در $pH=1/75$ انتقال منحنی امپدانس مغناطیسی از تک‌قله به دوقله با افزایش فرکانس است. در سایر pH ها این تغییر مشاهده نشد و در تمامی فرکانسها منحنی امپدانس دو قله‌ای داشتیم. منحنی امپدانس مغناطیسی تک-قله نشان دهنده متمایل موازی بودن محور آسان مغناطیسی به سوی محور سیم است؛ یعنی ناهمسانگردی مغناطیسی طولی غلبه دارد. با افزایش زاویه بین محور آسان و محور سیم شکل منحنی امپدانس مغناطیسی از تک‌قله به دوقله تغییر می‌کند. منحنی دوقله-ای نشان‌دهنده غلبه ناهمسانگردی پیرامحوری در نمونه و جهت-گیری نواحی مغناطیسی در جهت پیرامحوری است. پدیده تغییر از وضعیت تک‌قله به دوقله با افزایش فرکانس مربوط به افزایش گیرافتادگی دیواره نواحی مغناطیسی در فرکانس‌های بالاتر می‌شود [۱۳]. در شکل ۳ مشاهده شده است که افزایش فرکانس باعث کاهش امپدانس می‌شود. معمولاً هم حرکت دیواره‌های حوزه‌های مغناطیسی و هم دوران ممان‌های مغناطیسی در نفوذپذیری مغناطیسی نقش دارند. در زیر فرکانس واهلش، یعنی فرکانسی که امپدانس مغناطیسی به ازای آن بیشینه است (در اینجا حدود ۶ مگاهرتز)، سهم غالب در فرآیند مغناطش توسط جابه‌جایی دیواره‌ها انجام می‌شود. با افزایش فرکانس به مقادیر بیشتر از فرکانس واهلش، حرکت دیواره‌های مغناطیسی بر اثر جریان ادی میرا شده و چرخش ممان‌ها غالب می‌شود. به علت کاهش سریع سهم جابه‌جایی دیواره‌ها در فرآیند مغناطش، نفوذپذیری مغناطیسی کاهش و در پی آن امپدانس مغناطیسی کاهش می‌یابد.

باید یادآوری کنیم که با افزایش فرکانس، عمق نفوذ کاهش یافته است و لذا نقش بخش بیرونی‌تر لایه‌ها در پاسخ امپدانس بیشتر شده است. در نتیجه، گیرافتادگی بیشتر دیواره‌های مغناطیسی در نزدیکی سطح میکروتیوپ به علت وجود ناهمواری‌های سطح و نیز ناخالصی‌های حاصل از تماس با محیط خارجی کاملاً قابل

SID



سرویس های
ویژه



سرویس ترجمه
تخصصی



کارگاه های
آموزشی



بلاگ
مرکز اطلاعات علمی

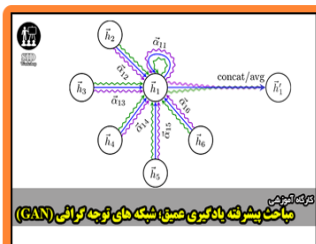


عضویت در
خبرنامه



فیلم های
آموزشی

کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی



مباحث پیشرفته یادگیری عمیق؛
شبکه های توجه گرافی
(Graph Attention Networks)



کارگاه آنلاین آموزش استفاده از
وب آوساینس



کارگاه آنلاین مقاله روزمره انگلیسی