تأثیر بسامد و ولتاژ انباشت بر روی خواص مغناطیسی نانوسیم $Fe_{84}P_{16}$

کاکاوندی، طیبه[۱]؛ عالمی‌پور، زهرا[۲]؛ آستین‌چپ، بندر[۳]

[۱]گروه فیزیک، دانشکده علوم پایه، دانشگاه کردستان، سنندج
[۲]گروه فیزیک، دانشکده علوم پایه، دانشگاه کردستان، سنندج
[۳]گروه فیزیک، دانشکده علوم پایه، دانشگاه کردستان، سنندج

چکیده

نانوسیم‌های آلیاژی $Fe_{84}P_{16}$ در قالب اکسید آندی آلومینیوم با روش الکتروانباشت تحت جریان متناوب ساخته شدند. اثر بسامد، ولتاژ انباشت و تابکاری بر روی خواص مغناطیسی نانوسیم‌ها مطالعه شد. نتایج مربوط به بسامد نشان می‌دهد که بیش‌ترین مقدار میدان وادارندگی(۱۱۴۹ اورستد) برای نمونه انباشت شده با بسامد۲۰۰هرتز به‌دست آمد. با تغییر ولتاژ انباشت تغییر محسوسی روی میدان وادارندگی مشاهده نشد. اما با انجام عملیات تابکاری میدان وادارندگی نانوسیم‌ها در ولتاژ۳۰ از مقدار ۸۳۷ اورستد در دمای اتاق به۱۴۴۰ اورستد در دمای ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد رسید. خواص مغناطیسی نمونه‌ها توسط مغناطوسنج نیروی گرادیان متناوب (AGFM) و همچنین ساختار بلوری نمونه‌ها توسط دستگاه طیف‌سنج پراش اشعه(XRD) بررسی شد.

Influence of deposit frequency and voltage on magnetic properties of $Fe_{84}P_{16}$ nanowire

Kakavandi, Tayebeh[1];Alemipour, Zahra[2]; Astinchap, Bandar[3]

[1]Physics group,Department of Science, University of Kurdistan, Sanandaj
[2]Physics group,Department of Science, University of Kurdistan, Sanandaj
[3]Physics group,Department of Science, University of Kurdistan, Sanandaj

Abstract

The $Fe_{84}P_{16}$ nanowire were fabricated by AC electrodeposition into anodic aluminium oxide templates. The results show that, the maximum value of H_c ($1149O_e$) was obtained for the sample deposited with 200Hz frequency. The H_c was not change with changing voltage. But after annealing the H_c of nanowire change from $837O_e$ at room temperature to $1440O_e$ at $600^{\circ}C$. Their magnetic properties were investigated using alternating gradient force magnetometer (AGFM) and crystal structure of the samples was investigated by XRD.

مقدمه

در طی دو دهه گذشته ساخت و کاربرد نانوسیم‌ها مورد توجه بسیاری از پژوهشگران قرار گرفته و در این مدت روش‌های ساخت مختلفی مطرح شده است که از بین همه‌ی روش‌ها، روش قالب به دلیل توانایی بالای آن در ایجاد آرایه‌ای از نانوسیم‌ها، سهولت و کم هزینه بودن ساخت آن‌ها نسبت به دیگر روش‌ها توجه بیش‌تری به خود جلب کرده است. .قالب‌های آلومینای آندی با آندایز ورقه‌های آلومینیوم خالص تولید می‌شوند. در نتیجه این

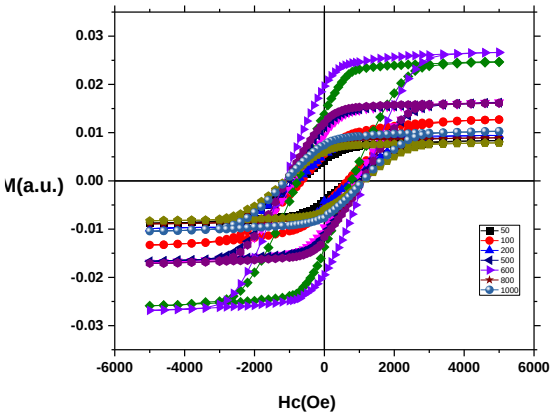
فرآیند، لایه‌ی اکسیدی با آرایش منظم شش‌ضلعی از حفره‌های موازی و تقریبا" استوانه‌ای به‌دست می‌آید [۱]. ساخت نانوسیم‌های مغناطیسی تک‌عنصری و آلیاژی در قالب آلومینا به منظور افزایش قدرت ذخیره اطلاعات مورد توجه قرار گرفته است[۲]. در مقایسه با مواد توده ای و فیلم‌های نازک، نانوسیم‌ها با نسبت مشخصه بالا علاوه بر مزیت نسبت سطح به حجم بالا، برای مطالعه دینامیک اسپین الکترونی یک بعدی و دینامیک دیواره حوزه‌های مغناطیسی مناسب هستند[۳]. در پژوهشی که توسط کوهبر و همکارانش انجام شد، مشخص شد که فرکانس انباشت اثر قابل توجهی روی خواص مغناطیسی نانوسیم کبالت-روی دارد[٤]. الماسی و رمضانی گزارش کردند که ساختار و خواص مغناطیسی نانوسیم‌های Fe_xNi_{1-x} به بسامد انباشت بستگی دارد[٥]. در این تحقیق بسامد و ولتاژ انباشت بر خواص مغناطیسی نانوسیم آهن- فسفر بررسی شده است.

روش ساخت

ورقه آلومینیوم با ضخامت چند دهم میلیمتر و با درجه خلوص ۹۹/۹۹٪ با استون و آب دو بار تقطیر شسته شد تا چربی و دیگر آلودگی‌ها از سطح نمونه برطرف شود. آنگاه نمونه برای آزادسازی تنش‌های حاصل از بریدن قطعه، درون کوره و در مجاورت گاز آرگون به مدت یک ساعت تا دمای حدود ٤٥٠ درجه سانتیگراد تابکاری شد و سپس لایه اکسید تشکیل شده روی سطح آلومینیوم، درون محلول سود سه مولار به مدت ٥ دقیقه برطرف گردید. پس از آن نمونه توسط محلولی شامل اتانول و اسید پرکلریک که به نسبت حجمی چهار به یک مخلوط شده بودند با ولتاژ ثابت ۲۰ ولت الکتروپولیش گردید. پس از آنداید مرحله اول و دوم[٦]، نانوسیم‌ها با روش الکترونباشت جریان متناوب موج سینوسی با بسامد ۲۰۰ هرتز و ولتاژ۳۰ ولت در زمان انباشت ٤ دقیقه توسط محلولی ازسولفات آهن، سدیم‌فسفینات، اسید بوریک و اسید آسکوربیک با pH=۳ انباشت شدند. برای بررسی اثر بسامد روی خواص مغناطیسی، نانوسیم‌ها با روش الکترونباشت جریان متناوب در گستره بسامد ٥٠ تا ۱۰۰۰ هرتز انباشت شدند. سپس برای مطالعه اثر ولتاژ روی خواص نانوسیم‌ها، نمونه‌ها در ولتاژهای ۱۷/٥، ۲۰، ۲٥، ۳۰، ٤٠ ولت،pH=۳ و بسامد ۲۰۰ هرتز انباشت شدند. سپس نانوسیم‌های تهیه شده در دماهای ۳۰۰، ٤۰۰، ٥۰۰، ٥٥۰، ٦۰۰ درجه سانتی‌گراد تابکاری شدند. خواص مغناطیسی نمونه‌ها توسط مغناطوسنجی نیروی گرادیان متناوب (AGFM) و همچنین ساختار بلوری نمونه‌ها توسط دستگاه طیف‌سنج پراش اشعه(XRD) اندازه‌گیری شد.

نتیجه و بررسی

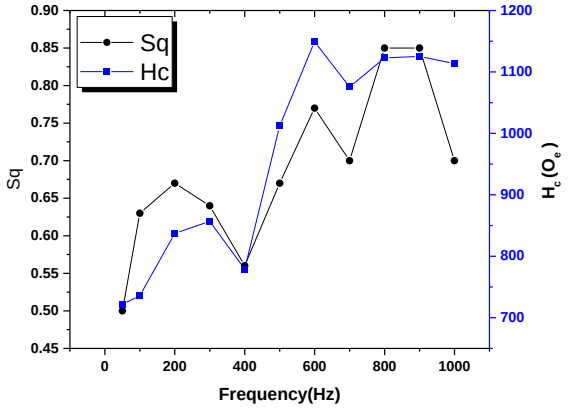
نانوسیم‌های تهیه شده در بسامدهای متفاوت توسط دستگاه AGFM آنالیز شد. منحنی پسماند آن‌ها در شکل ۱ نشان داده شده است:



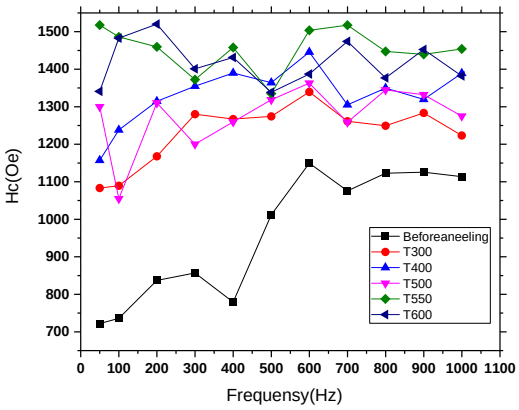
شکل ۱. حلقه‌های پسماند نانوسیم‌های ساخته شده در بسامدهای متفاوت

شکل ۲ تغییرات میدان وادارندگی و نسبت مربعی نمونه‌ها را بر حسب بسامد نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود در دمای اتاق، تا بسامد ٤۰۰ هرتز، میدان وادارندگی به آرامی افزایش پیدا می‌کند و از بسامد ٤۰۰ تا ٦۰۰ هرتز سریعا" افزایش می‌یابد و سپس تغییرات میدان وادارندگی به تدریج ثابت می‌شود. پس به‌طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که با افزایش بسامد میدان وادارندگی افزایش پیدا می‌کند. علت را می‌توان این‌گونه توضیح داد که احتمالا" با افزایش بسامد مدت زمان در هر دوره کاهش می‌یابد و تعداد دوره‌های انباشت در طول زمان افزایش می‌یابد[۷]،

به عبارت دیگر زمان تناوب در فرآیند الکترونباشت کوتاه‌تر می‌شود. در نتیجه در یک نیم سیکل ماده ناخالصی کمتری انباشت می‌شود و حتی شاید یون‌های ناخالصی فرصت احیا شدن نداشته باشند و در بسامدهای بالا رفتار یون‌های آهن غالب‌تر است.



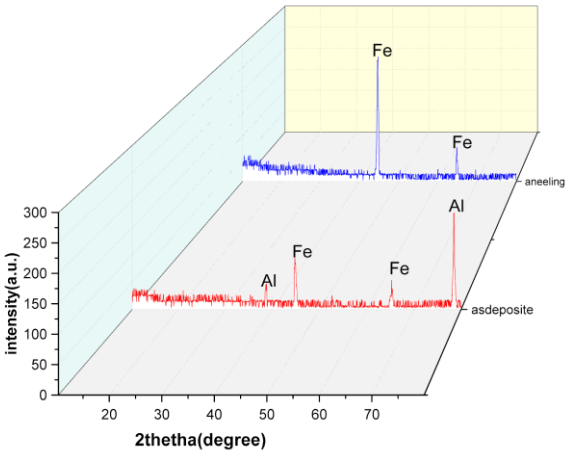
شکل ۲.تغییرات میدان وادارندگی و نسبت مربعی نانوسیم‌ها برحسب بسامد



شکل ۳ .تغییرات میدان وادارندگی نانوسیم‌ها برحسب بسامد در دماهای مختلف

سپس نمونه‌ها در دماهای مختلف تابکاری شدند. شکل ۳ نتایج بعد از عملیات تابکاری را نشان می‌دهد که بیش‌ترین مقدار میدان وادارندگی مربوط به بسامد ۲۰۰ هرتز و دمای تابکاری ۵۵۰ درجه می‌باشد.

برای بررسی اثر تابکاری روی ساختار بلوری نانوسیم‌ها، نمونه انباشت شده با بسامد ۲۰۰ هرتز قبل و بعد از عملیات تابکاری توسط آنالیز طیف‌سنجی پراش اشعه ایکس مطالعه شد. (شکل٤)

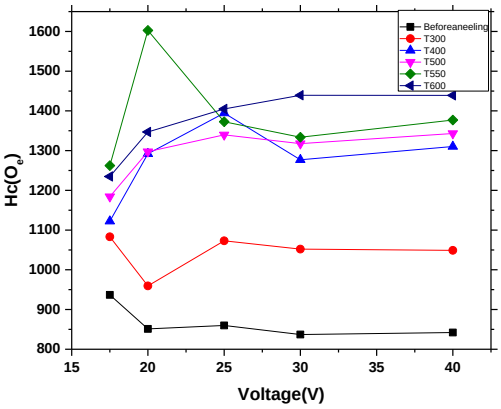


شکل٤. مقایسه الگوی پراش اشعه ایکس نانوسیم‌هابا بسامد ۲۰۰ هرتز قبل و بعد از عملیات تابکاری

در هر دو مورد قله‌های مربوط به آهن مشاهده می‌شود. با عملیات تابکاری شدت قله‌های مربوط به نانوسیم‌ها افزایش پیدا می‌کند که نشان می‌دهد ساختار نانوسیم‌ها بلوری‌تر شده و در نتیجه صفحات بلوری رشد کرده‌اند که این باعث افزایش ناهمسانگردی بلوری و در نتیجه افزایش میدان وادارندگی می‌شود که این با نتایج H_c اندازه‌گیری شده در توافق است.

برای بررسی اثر ولتاژ، نانوسیم‌هایی در گستره ولتاژ انباشت ۱۷/۵ تا ٤۰ ولت تهیه شدند. به کمک حلقه‌های پسماند میدان وادارندگی نانوسیم‌ها اندازه‌گیری شد و مشاهده شد که در دمای اتاق با افزایش ولتاژ انباشت میدان وادارندگی نانوسیم‌ها تغییر چندانی نمی‌کند. به منظور بهبود خواص مغناطیسی، عملیات تابکاری در دماهای ۳۰۰، ٤۰۰، ۵۰۰، ۵۵۰، ٦۰۰ انجام شد. در شکل۵ مشاهده می‌شود که با افزایش دمای تابکاری، میدان وادارندگی افزایش می‌یابد. چون انباشت در الکترونباشت متناوب در نیم دور کاتدی صورت می‌گیرد بنابراین انباشت به صورت پیوسته و یکنواخت نخواهد بود و در فرایند ساخت، تنش‌هایی بر نانوسیم‌ها اعمال می‌شود این تنش‌ها تا حدودی با تابکاری حرارتی از بین می‌رود و باعث افزایش میدان وادارندگی نانوسیم‌ها

می‌گردد. بیشترین مقدار Hc در دمای ٦۰۰ درجه سانتی‌گراد مربوط به ولتاژ انباشت ۳۰ ولت می‌باشد.



شکل ۵ . تغییرات میدان وادارندگی نانوسیم‌ها برحسب ولتاژ در دماهای مختلف

نتایج:

در این پژوهش نانوسیم‌های آهن- فسفر با روش الکتروانباشت جریان متناوب و استفاده از آندایز دو مرحله‌ای ساخته شدند. با افزایش بسامد میدان وادارندگی از مقدار ۷۲۱/۷۵ اورستد به مقدار ۱۱۱۳/۵ اورستد افزایش یافته است. مشاهده شد که تابکاری نمونه‌ها سبب بهبود خواص مغناطیسی آن‌ها می‌شود. همچنین با مقایسه میدان وادارندگی با ولتاژهای مختلف است مشخص شد که با افزایش دمای تابکاری میدان وادارندگی افزایش یافته و بیش‌ترین مقدار میدان وادارندگی در دمای ٦۰۰ درجه سانتی‌گراد مربوط به ولتاژ ۳۰ ولت به‌دست آمده است.

مرجع‌ها:

[1] Y. H.L.Sun, P. Searson, *Journal of magnetism and magnetic materials*, (2005) **49**, 385

[2] K Nielsch, F Muller and A Li, Adv. *Mater*, (2000) **12**, 582

[3] Z. Liu, P. Ch. Chang, Ch.Ch Chang, E. Galaktionov, G. Bergmann, J. G. Lu, Adv.. *FunctMater*, (2008) **18**, 1573

[4] M. Koohbor, S. Soltanian, M. Najafi, P. Servati, ,*Material Chemistry and Physics*, (2012) **131,** 728-734

[5] M. AlmasiKashi, A. Ramazani, S. Doudafkan and A. S. Esmaeily, *ApplPhys*A, (2011) **102**, 761-764

[6] M. Najafi. Z. Alemipour, I. Hasanzadeh, A. Aftabi,, *J Supercond Nov Magn*, (2015) **28**, 95-101

[7] A. J. Yin, J. Li, W.Jian, A.J. Bennett, J. M. Xu, *Appl.Phys* و (2000)**79**, 1039