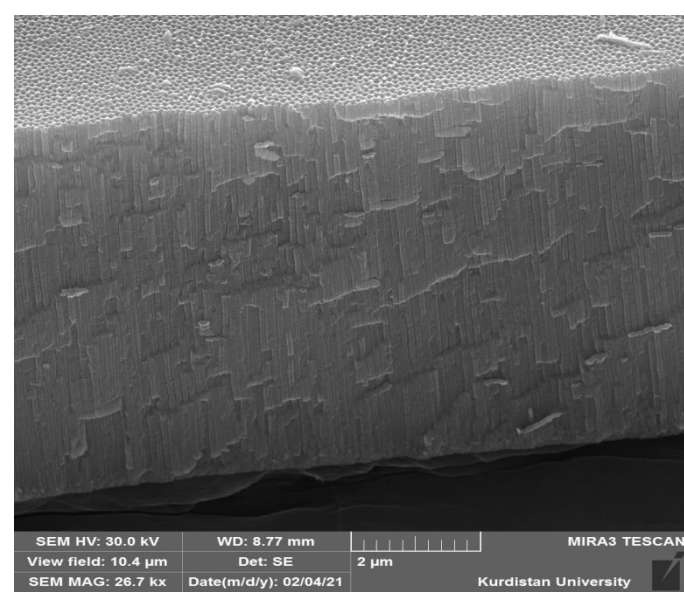


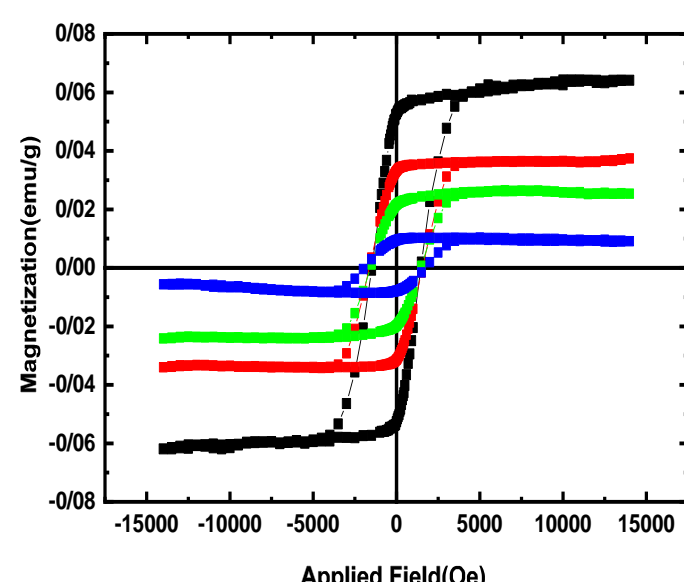


## بحث و بررسی

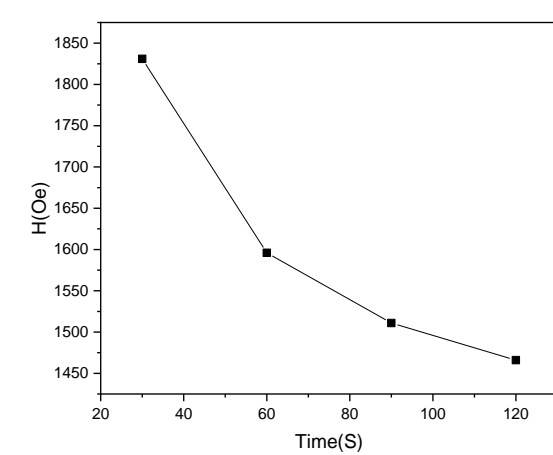
شکل ۱ تصویر SEM نانوسیم‌های تعبیه شده در قالب را نشان می‌دهد.



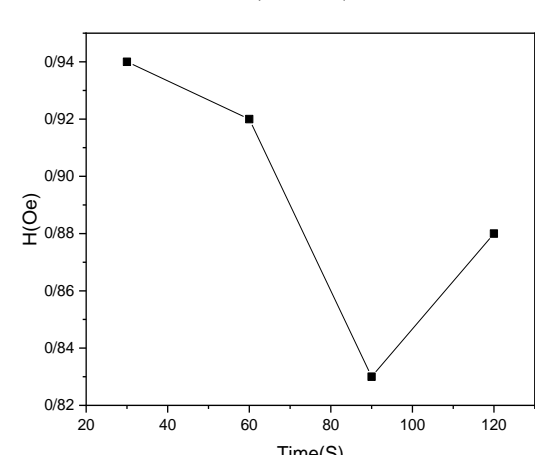
برای بررسی اثر طول بر خواص مغناطیسی نانوسیم‌ها حلقه‌های پسماند در دمای اتاق اندازه‌گیری شد. حلقه‌های پسماند در چهار طول در شکل ۳ نشان داده شده است.



تغییرات وادارندگی و نسبت مربعی با طول نانوسیم‌ها در شکل ۴ (الف) و (ب) نشان داده شده است.



(الف)



(ب)

با افزایش طول نانوسیم‌ها وادارندگی و نسبت مربعی از ۱۸۳۱ ارستد و ۰/۹۴ به ۱۴۶۶ ارستد و ۰/۸۸ کاهش می‌یابند.

## نتیجه‌گیری

آرایه‌های نانوسیم مغناطیسی آلیاژی آهن-کبالت-ایندیوم با قطر ۳۲ نانومتر و با فاصله بین حفره‌ای ۱۰۰ نانومتر در قالب آلومینا به وسیله الکتروانباشت متناوب، ساخته شدند. با افزایش طول نانوسیم‌ها وادارندگی و نسبت مربعی کاهش پیدا کرد که به علت افزایش برهمکنش‌های مغناطیسی بین نانوسیم‌ها می‌باشد.

## مراجع

- [1] T.R. Gao, L.F. Yin, C.S. Tian, M. Lu, H. Sang, S.M. Zhou; "Magnetic properties of Co-Pt alloy nanowire arrays in anodic alumina templates"; *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, No. 300 (2006) 471-478.
- [2] J. Alam, C. Bran, C. Chiriac, N. Lupu, T.A. Ovari, L.V. Panina, V. Rodionova, R. Varga, M. Vazquez, A. Zhukov; "Cylindrical micro and nanowires: Fabrication, properties and applications"; *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, No. 513 (2020) 16707.
- [3] W.O. Rosa, L.G. Vivas, K.R. Pirota, A. Asenjo, M. Va'zquez; "Influence of aspect ratio and anisotropy distribution in ordered CoNi nanowire arrays"; *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, No. 324 (2012) 3679-3682.
- [4] R. Zhao, J.J. Gu, L.H. Liu, Q. Xu, N. Cai, H.Y. Sun; "Magnetization reversal in FeCo binary alloy nanowire arrays"; *Acta Physica Sinica*, No. 61 (2012) 027505.
- [5] M.S. Viqueira, N. Bajales, S.E. Urreta, P.G. Bercoff; "Magnetization mechanisms in ordered arrays of polycrystalline Fe<sub>100-x</sub>Cox nanowires"; *Journal of Applied Physics*, No. 117 (2015) 204302.
- [6] N. Ahmad, J. Iqbal, J.Y. Chen, A. Hussain, D.W. Shi, X.F. Han; "Ion irradiation induced effects and magnetization reversal mechanism in (Ni<sub>80</sub>Fe<sub>20</sub>)<sub>1-x</sub>Cox nanowires and nanotubes"; *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, No. 378 (2015) 546-550.
- [7] M.S. Salem, P. Sergelius, R.M. Corona, J. Escrig, D. Görlitz, K. Nielsch; "Magnetic properties of cylindrical diameter modulated Ni<sub>80</sub>Fe<sub>20</sub> nanowires: interaction and coercive fields"; *Nanoscale*, No. 5 (2013) 3941-3947.
- [8] M. Najafi, A. A. Rafati, M. Khorshidi Fart and A. Zare; "Effect of the PH and Electrodeposition Frequency on Magnetic Properties of Binary Co<sub>1-x</sub>Sn<sub>x</sub> Nanowire Arrays"; *Journal of Materials Research*, No. 29 (2014) 190-196.

## مقدمه

نانوسیم‌های مغناطیسی اندازه کوچک و خواص مغناطیسی قابل تنظیم دارند که باعث می‌شود؛ برای وسایل کاربردی مانند وسایل ذخیره مغناطیسی، اسپینترونیک و حسگرها مناسب باشند [۱-۳]. آلیاژهای مغناطیسی FeCo به علت خواص مغناطیسی جالب آن‌ها کاربردهای مختلفی مانند ضبط مغناطیسی و نانوپزشکی دارند [۴،۵]. آلیاژهای سه تایی بر پایه FeCo مغناطش اشباع بالا و ناهمسانگردی بلوری کم و دمای کوری بالا دارند که برای کاربردهای دما بالا مناسب هستند. با استفاده از نانوسیم‌های بر پایه FeCo می‌توان خواص مغناطیسی را بهینه کرد [۵-۷]. خواص مغناطیسی نانوسیم‌ها با تغییر دادن پارامترهای هندسی، مانند قطر، طول و فاصله بین حفره‌ای قابل تنظیم است. حلقه‌های پسماند برای بررسی رفتار متوسط سیستم‌های مغناطیسی (وادارندگی و نسبت مربعی) استفاده می‌شوند [۶،۷].

## روند آزمایش

### ساخت قالب اکسید آلومینیوم آندی:

ابتدا ورقه‌های آلومینیوم پنج شدند تا به شکل دایره‌هایی با قطر ۸ میلی‌متر درآیند، سپس به مدت ۶ دقیقه با استون و در دستگاه اولتراسونیک چربی زدایی شدند و سپس به مدت ۲۰ دقیقه در کوره و در دمای ۴۵۰ درجه سانتیگراد در اتمسفر گاز آرگون مورد تابکاری قرار گرفتند. نمونه‌ها به مدت ۴ دقیقه در محلول ۳ مولار از سود غوطه ور شدند. نمونه‌ها در محلولی از اسید پرکلریک و اتانول با نسبت حجمی (۱ به ۴) به عنوان الکترولیت و تحت پتانسیل ۲۵ ولت و به مدت ۶ دقیقه در دمای محیط الکتروپولیش شدند. آندی کردن آلومینیوم طی دو مرحله به انجام رسید: مرحله نخست در یک سل دو الکترودی شامل نمونه آلومینیوم الکتروپولیش شده به عنوان الکترود کار و الکترود پلاتین به عنوان الکترود شمارنده و با محلولی از اسید اگزالیک ۰/۳ مولار به عنوان الکترولیت، تحت ولتاژ ۴۰ و به مدت ۲۴ ساعت و در دمای ۷ درجه انجام شد. نمونه‌ها در تری اکسید کروم ۰/۳ مولار و اسید فسفریک ۰/۵ مولار به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۴۰ درجه غوطه ور شدند. مرحله دوم آندی شدن مشابه مرحله اول با این تفاوت که مدت زمان این مرحله ۱ ساعت است؛ انجام شد. فرآیند نازک سازی لایه سدی در ۳ مرحله انجام شد که طی آن، ولتاژ از ۴۰ به ۸ ولت کاهش یافت. در مرحله اول ولتاژ با نرخ ۴ ولت بر دقیقه به ۲۰ ولت کاهش یافت، سپس با نرخ ۲ ولت بر دقیقه به ۱۰ ولت کاهش یافت و سرانجام با نرخ ۱ ولت بر دقیقه به ۸ ولت کاهش یافت. در انتهای مرحله سوم، آندی شدن به مدت ۳ دقیقه در ۸ ولت ادامه داده شد [۳].

### الکتروانباشت آهن و کبالت و ایندیوم در قالب:

الکترود پلاتین به عنوان الکترود شمارنده و قالب به عنوان الکترود کار استفاده شد. الکتروانباشت با موج سینوسی با بسامد ۲۰۰ هرتز و ولتاژ قله به قله ۳۰ ولت و در دمای محیط و به مدت ۱۵ دقیقه انجام شد. الکترولیت، شامل حمام آبی نمک‌های سولفات آهن (FeSO<sub>4</sub>) ۰/۰۵ مولار و سولفات کبالت (CoSO<sub>4</sub>) ۰/۱۲ مولار و اسید بوریک (H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>) ۰/۱۶ مولار به عنوان بافرکننده و اسید اسکوربیک (C<sub>4</sub>H<sub>8</sub>O<sub>6</sub>) ۰/۰۰۶ مولار و کلرید ایندیوم (InCl<sub>3</sub>) ۰/۰۰۳ مولار می‌باشد. ریخت‌شناسی قالب AAO و نانوسیم‌ها با استفاده از field-emission scanning electron microscopy (SEM; MIRA3 از TESCAN) تحقیق شد. زمان الکتروانباشت نانوسیم‌ها (۳۰، ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ ثانیه) بود. ساختار بلوری نانوسیم‌ها با استفاده از X-ray diffraction (XRD; Philips X'Pert (Pro; Cu K $\alpha$  radiation;  $\lambda$ = 0.154 nm) تحقیق شد. برای بررسی خواص مغناطیسی، حلقه‌های هیستریزاس با استفاده از vibrating sample magnetometer (VSM; MDKB, Iran) در دمای اتاق به دست آمدند.