



به نام نام های او ...



ساخت و بررسی خواص آلیاژ پادفرومغناطیس



استاد راهنما: دکتر احمدوند

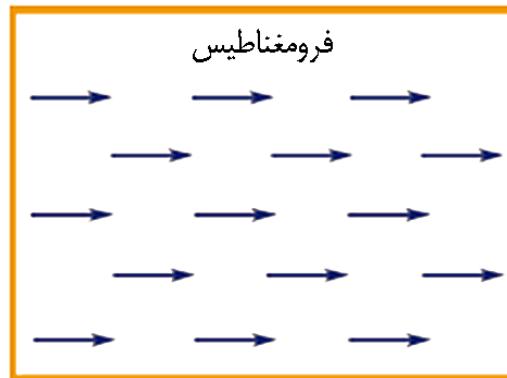
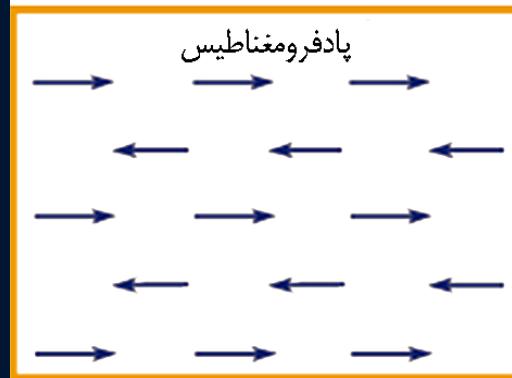
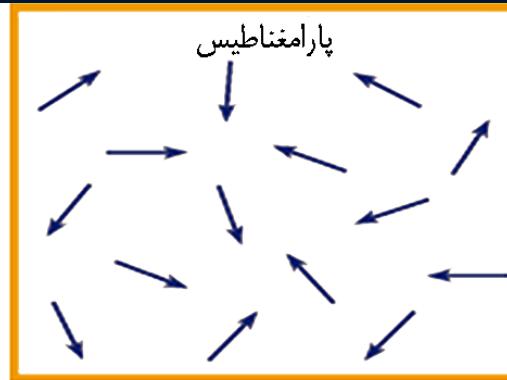
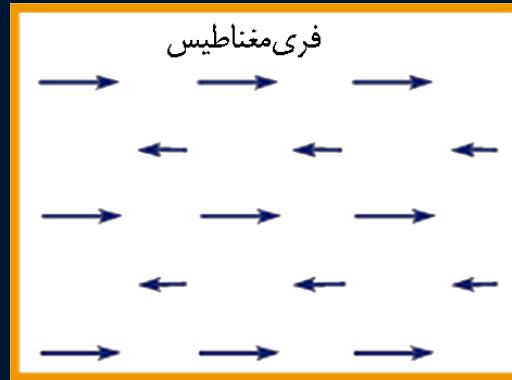
دانشجویان: مرتضی رحمانی

فاطمه ظاهری

عناوین

- ❖ مبانی فیزیکی
- ❖ روش ساخت
- ❖ لایه نشانی
- ❖ نتایج
- ❖ مراجع

❖ مواد پادفرومغناطیس



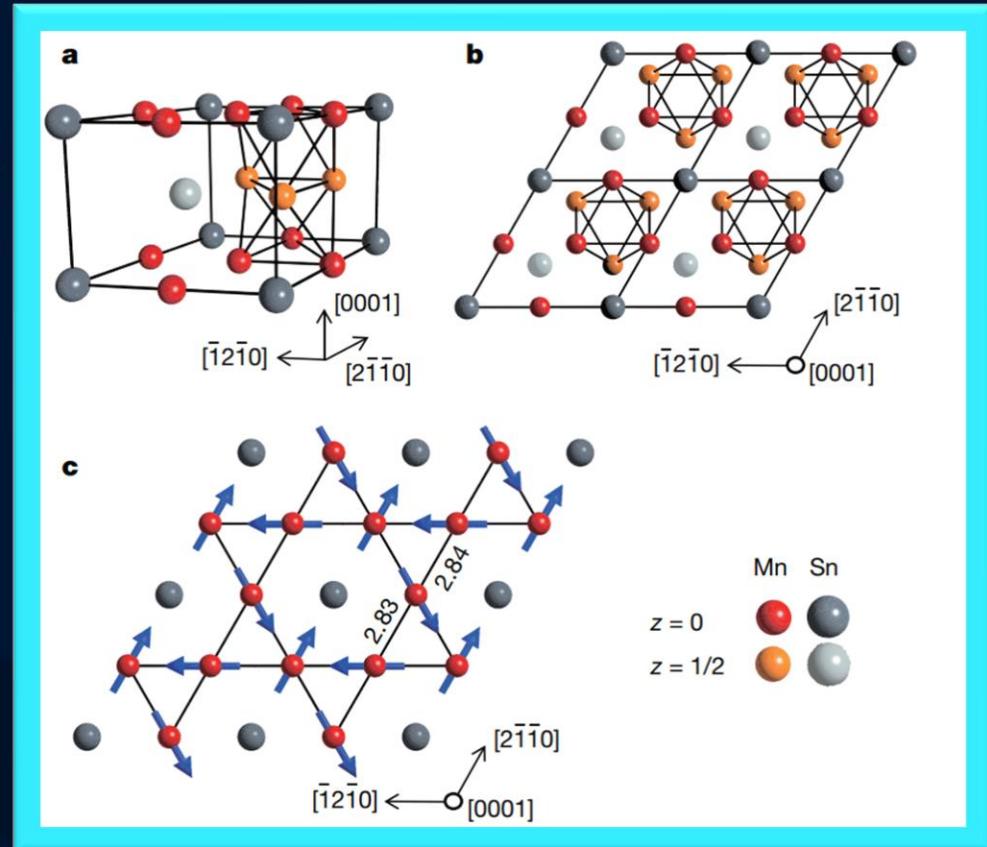
ساختار بلوری و مغناطیسی آلیاژ Mn_3Sn

دماهی نیل: 420 K

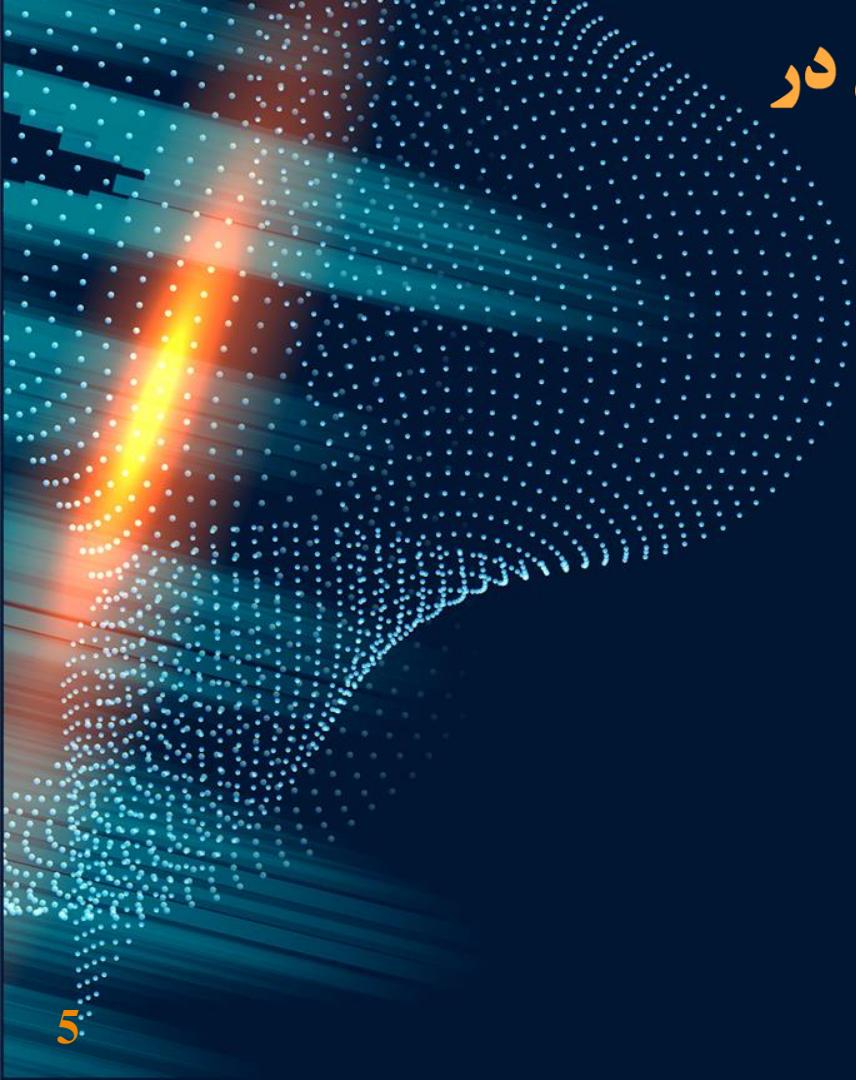
ساختار بلوری: هگزاگونال
ساختار مغناطیسی: کاگومه

4

Nakatsuji, S., et al., *Nature*, 2015.



مزایای استفاده از مواد پادفرومغناطیس در ذخیره سازی داده



مزایای استفاده از مواد پادفرومغناطیس در ذخیره سازی داده

❖ سرعت بالا

مزایای استفاده از مواد پادفرومغناطیس در ذخیره سازی داده

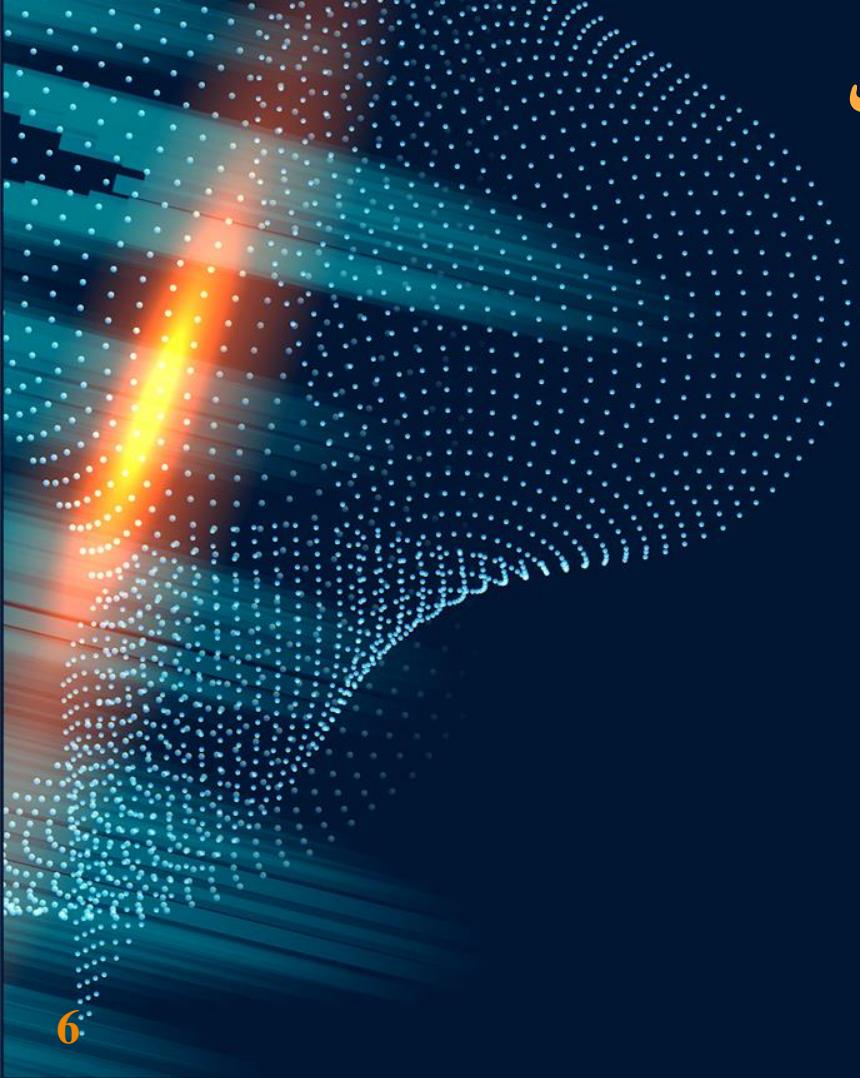
- ❖ سرعت بالا

- ❖ مصرف انرژی پایین

مزایای استفاده از مواد پادفرومغناطیس در ذخیره سازی داده

- ❖ سرعت بالا
- ❖ مصرف انرژی پایین
- ❖ مقاومت در برابر اختلالات میدان مغناطیسی

اثرات فیزیکی مهم اسپینترونیک پادفرومغناطیس



اثرات فیزیکی مهم اسپینترونیک پادفرومغناطیس

❖ اثر هال غیر عادی بزرگ

اثرات فیزیکی مهم اسپینترونیک پادفرومغناطیس

- ❖ اثر هال غیر عادی بزرگ
- ❖ اثر نرنست غیر عادی

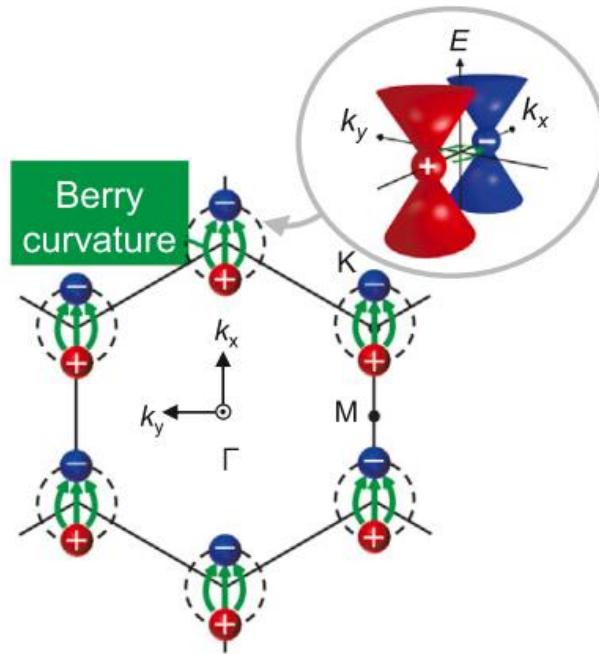
اثرات فیزیکی مهم اسپینترونیک پادفرومغناطیس

- ❖ اثر هال غیر عادی بزرگ
- ❖ اثر نرنست غیر عادی
- ❖ اثر کر

اثرات فیزیکی مهم اسپینترونیک پادفرومغناطیس

- ❖ اثر هال غیر عادی بزرگ
- ❖ اثر نرنست غیر عادی
- ❖ اثر کر
- ❖ اثر مقاومت مغناطیسی غول آسا

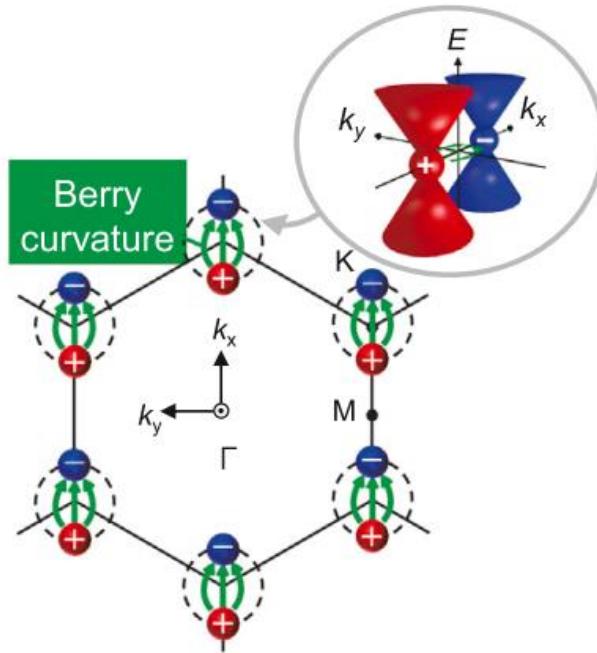
خواص فیزیکی مورد مطالعه در اسپینترونیک پادفرومغناطیس



- ❖ اثر هال غیر عادی (AHE)
- ❖ انحنای بری

Higo, T., et al., *Magnetism and Magnetic Materials*, 2022.

خواص فیزیکی مورد مطالعه در اسپینترونیک پادفرومغناطیس



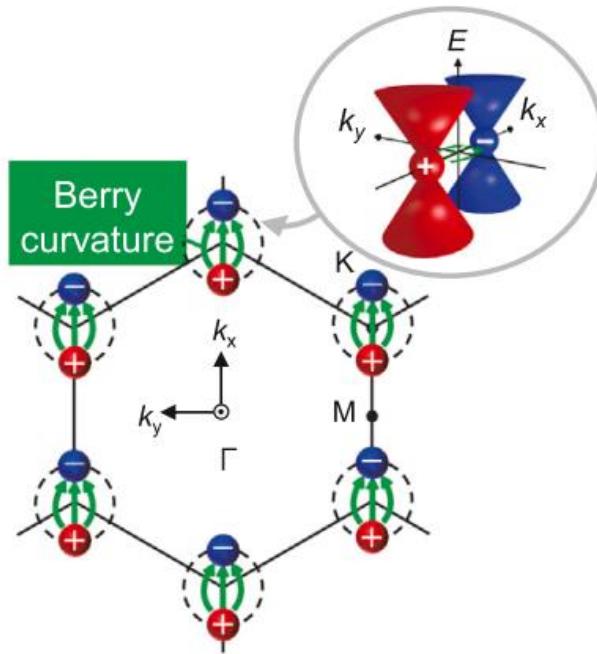
❖ اثر هال غیر عادی (AHE)

❖ انحنای بری

$$\rho_H = R_0 B$$

Higo, T., et al., *Magnetism and Magnetic Materials*, 2022.

خواص فیزیکی مورد مطالعه در اسپینترونیک پادفرومغناطیس



❖ اثر هال غیر عادی (AHE)

❖ انحنای بری

$$\rho_H = R_0 B + R_S \mu_0 M$$

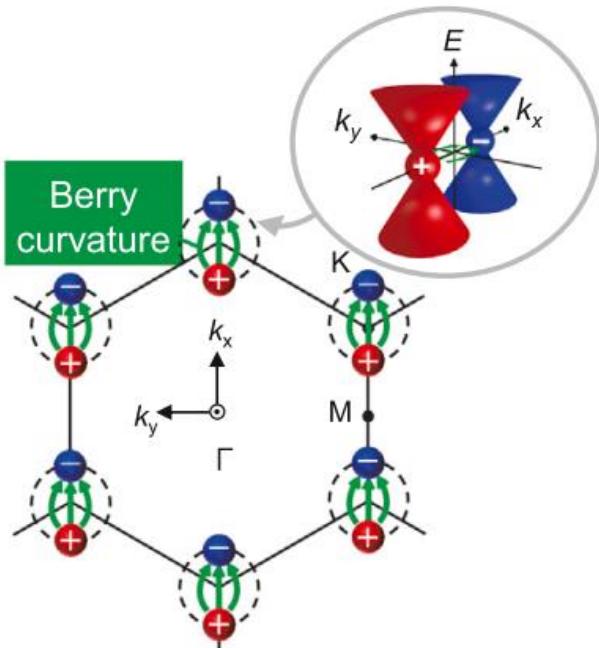
Higo, T., et al., *Magnetism and Magnetic Materials*, 2022.

خواص فیزیکی مورد مطالعه در اسپینترونیک پادفرومغناطیس

❖ اثر هال غیر عادی (AHE)

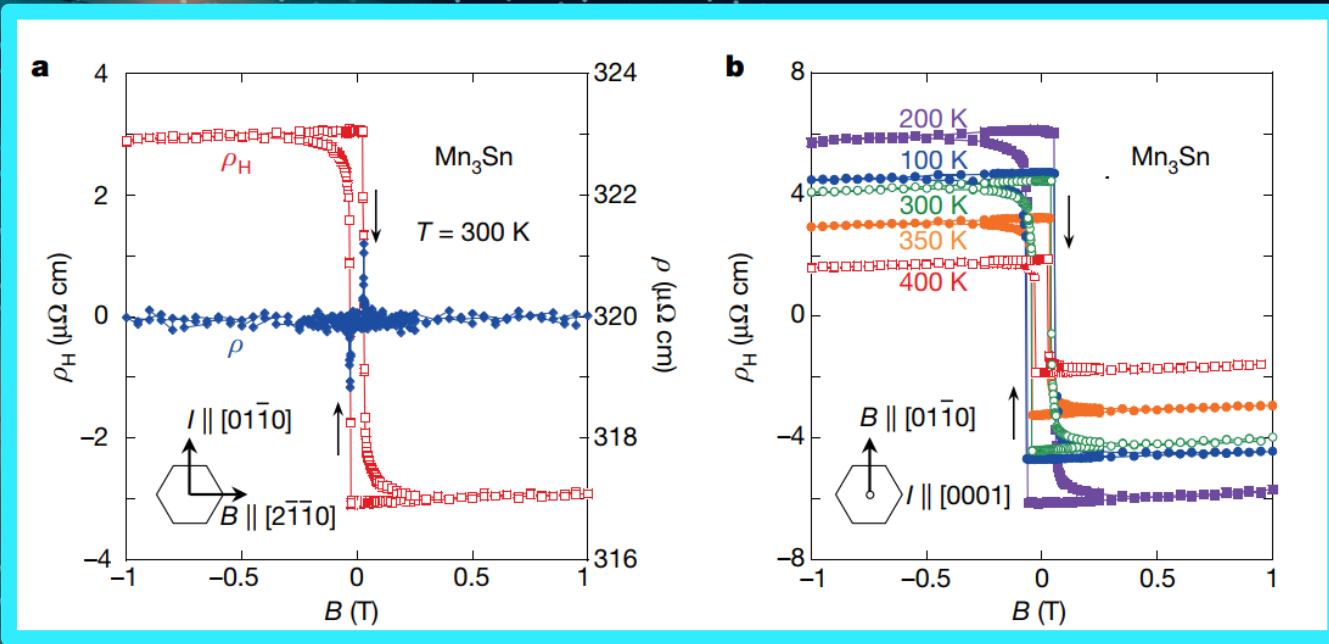
❖ انحنای بری

$$\rho_H = R_0 B + R_S \mu_0 M + \rho_H^{AF}$$



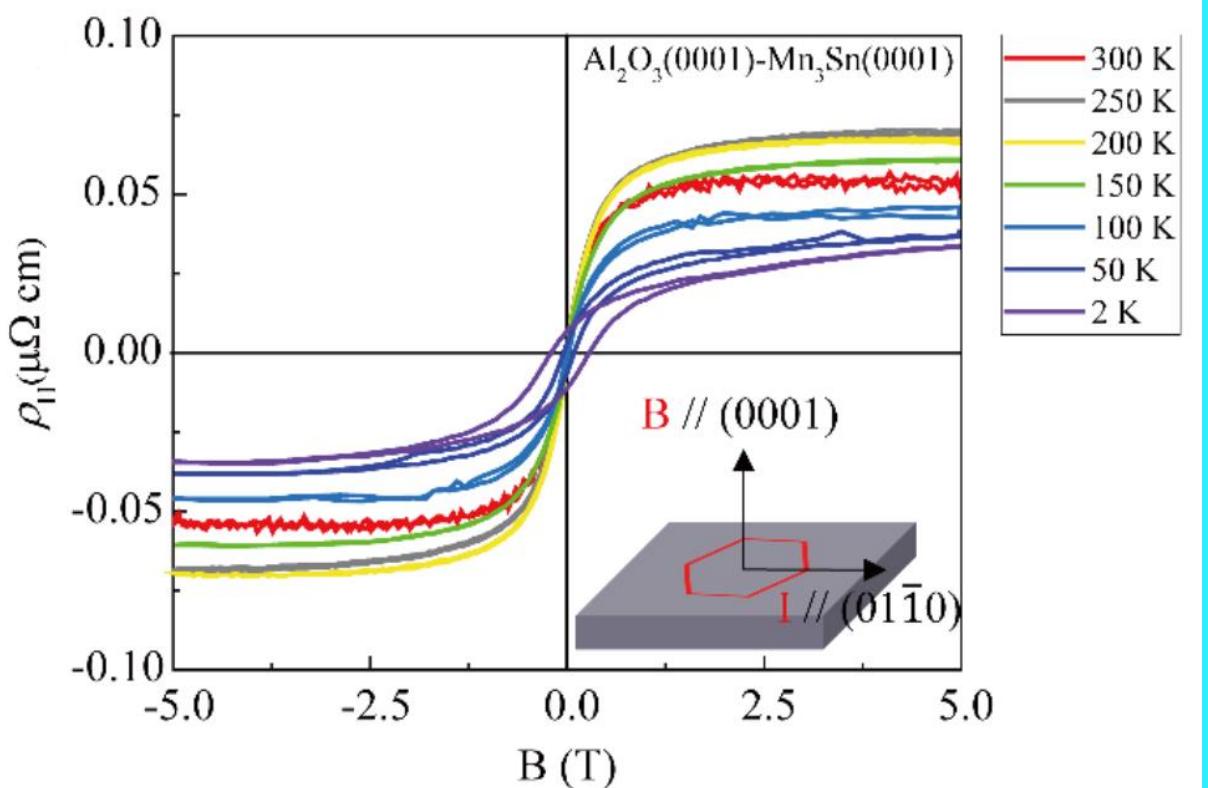
Higo, T., et al., *Magnetism and Magnetic Materials*, 2022.

پیشینه پژوهش



❖ اندازه‌گیری اثر هال غیرعادی در دمای اتاق برای تک بلور Mn_3Sn

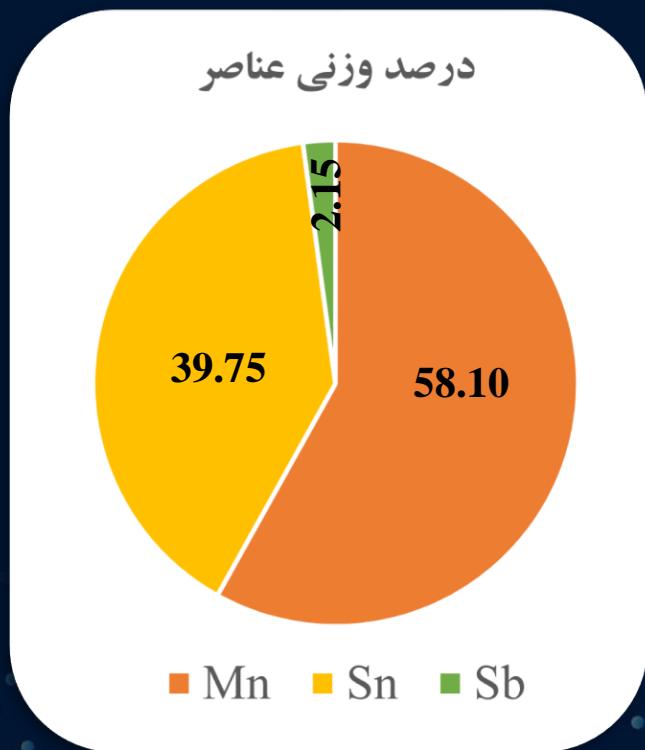
پیشینه پژوهش



- ❖ زیر لایه Al₂O₃
- ❖ لیزر گازی KrF

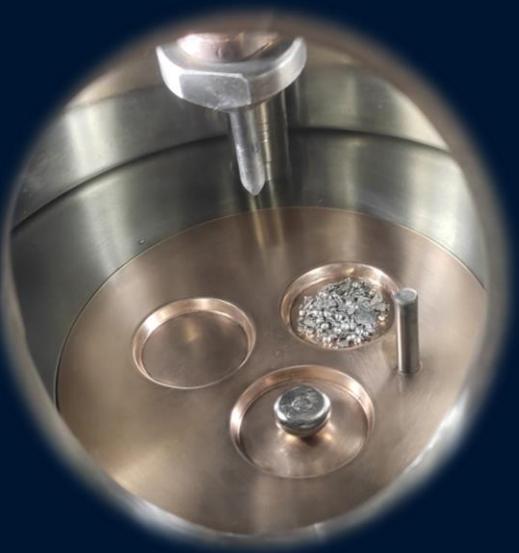
❖ اندازه‌گیری اثر هال غیرعادی در دمای اتاق برای لایه نازک Mn₃Sn

$Mn_3Sn_{0.95}Sb_{0.05}$ روش ساخت آلیاژ



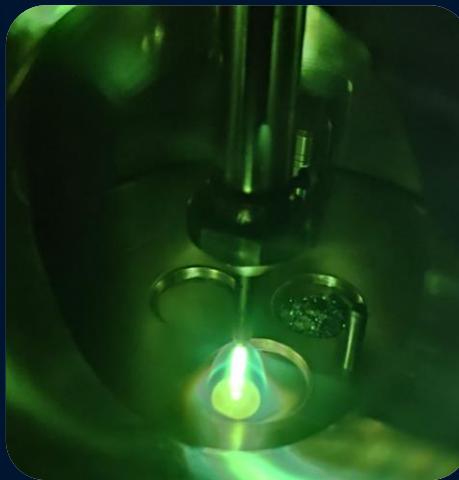
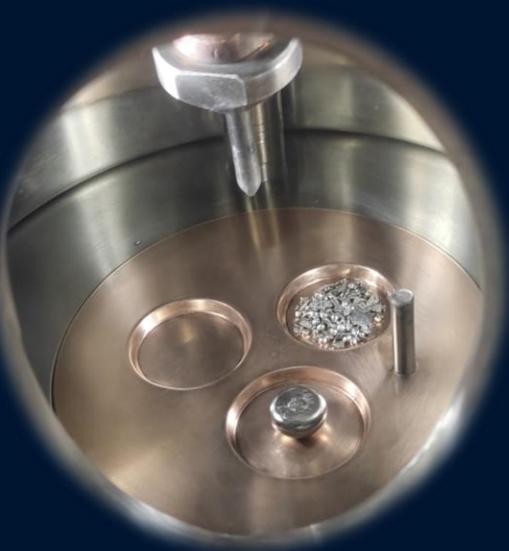
روش ساخت نمونه توده‌ای

• روش ذوب قوسی

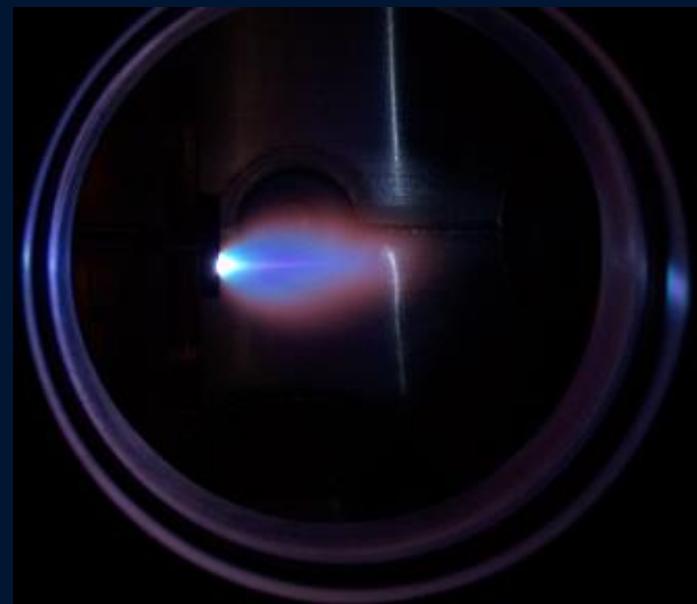
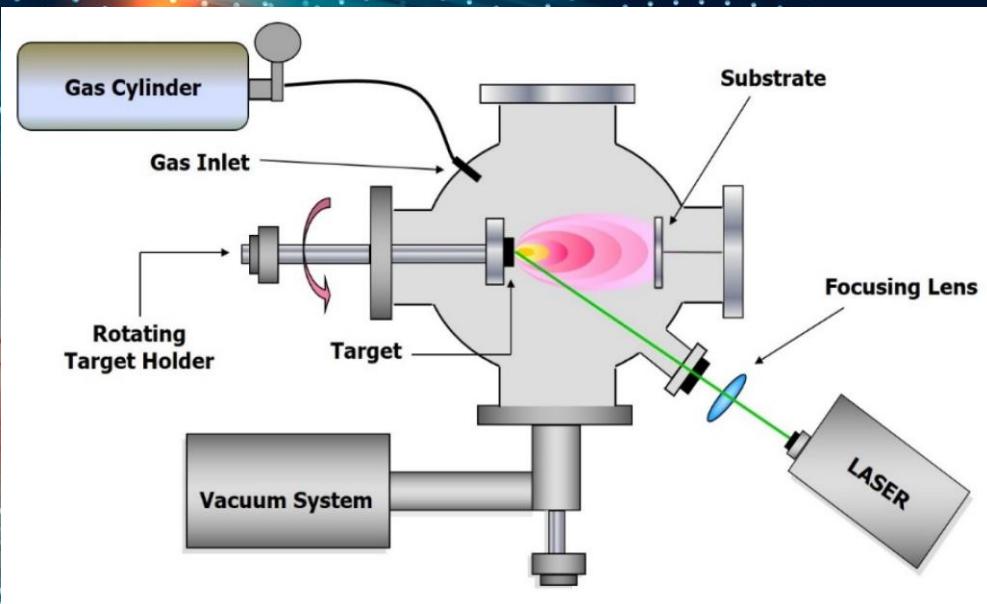


روش ساخت نمونه توده‌ای

• روش ذوب قوسی

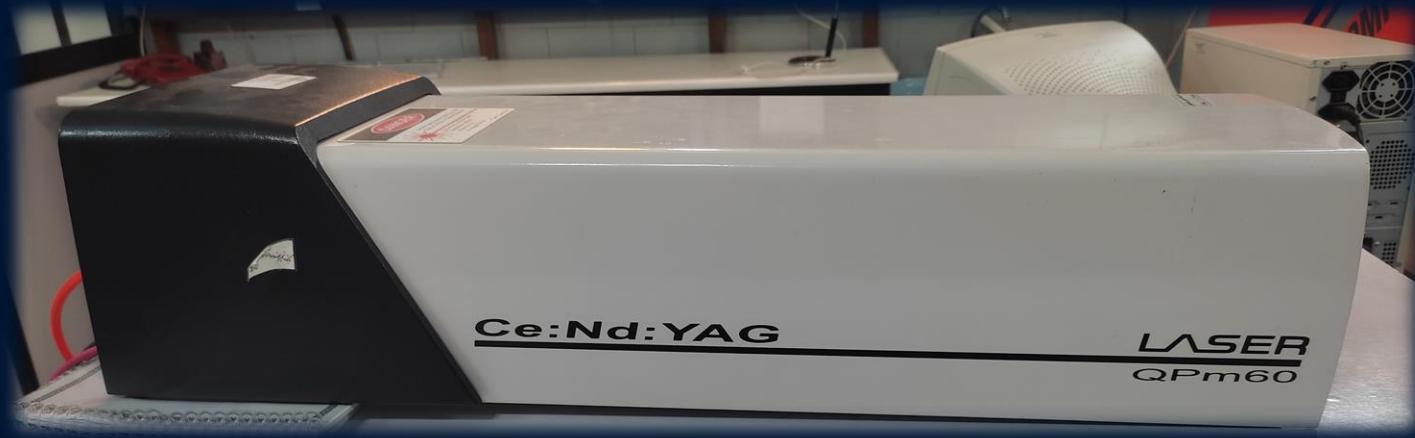


لایه نشانی PLD



De Bonis, A., et al., *Coatings*, 2020,

Q-Switched Ce : Nd : YAG Laser



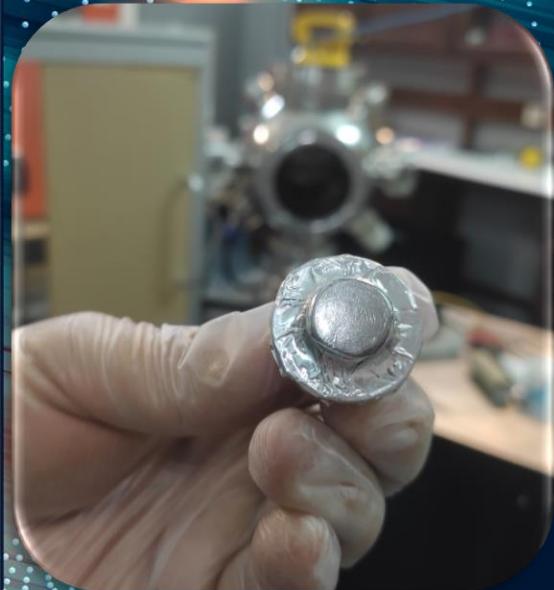
$$\frac{Energy}{Pulse} = 600 \text{ mJ}$$

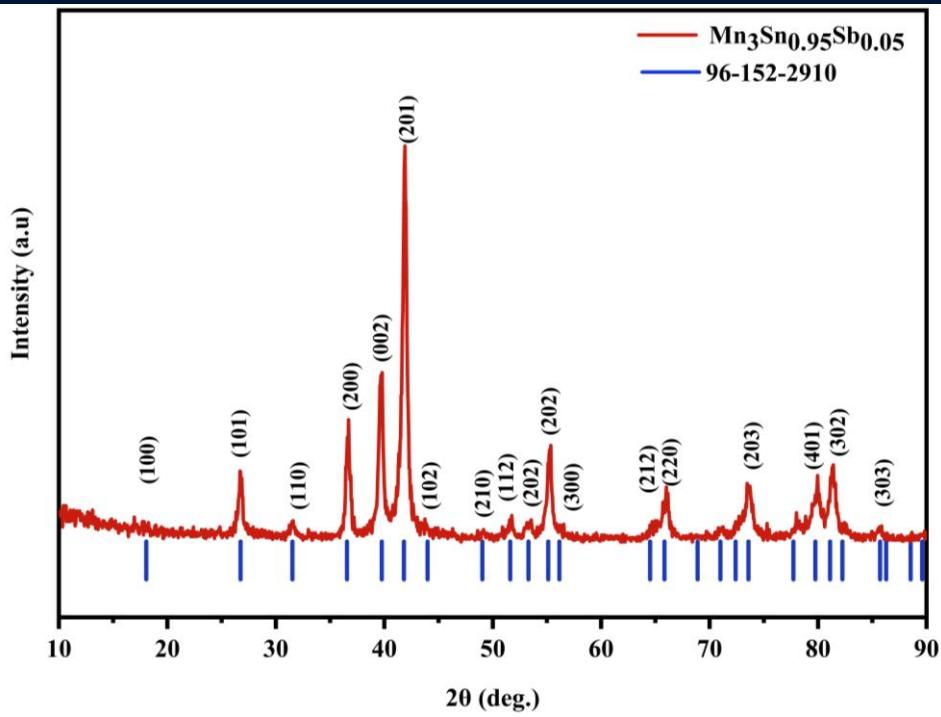
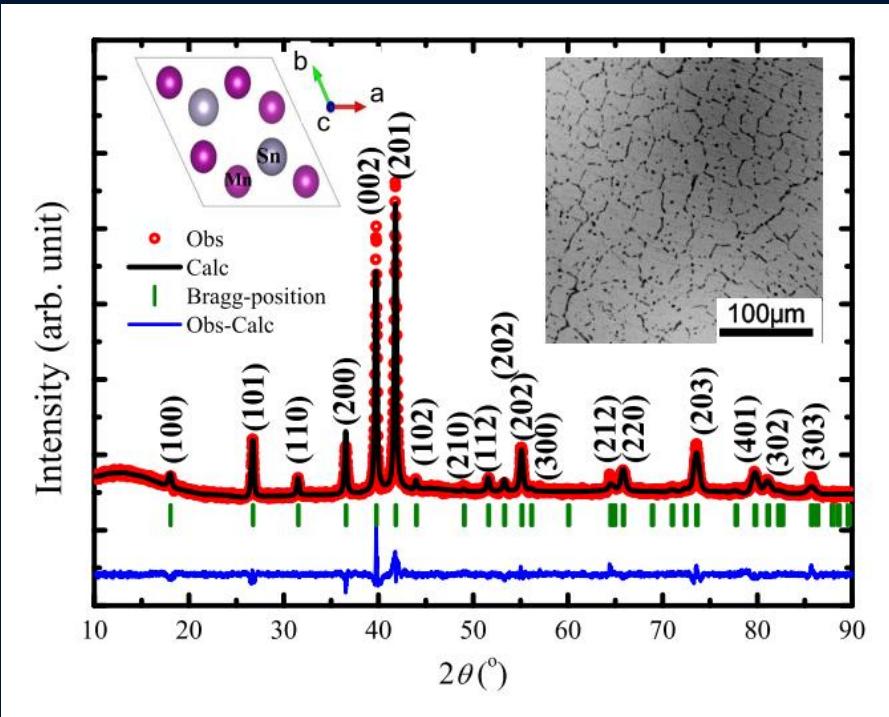
$$Pulsewidth = 10 \text{ ns}$$

$$Wavelength = 1064 \text{ nm}$$

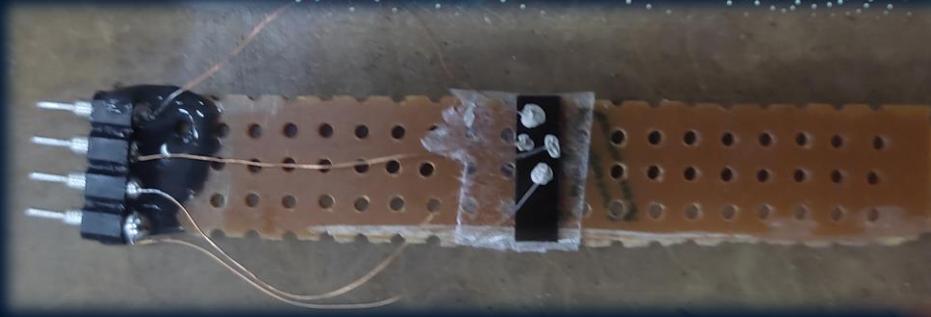
فشار خلا	فرکانس	فاصله زیرلایه	دما	تعداد	گاز
خلا	تا هدف	زیرلایه	پالس	زمینه	
	5 Hz	500°C	10000	6 cm	
					$4.5 \times 10^{-6} \text{ torr}$



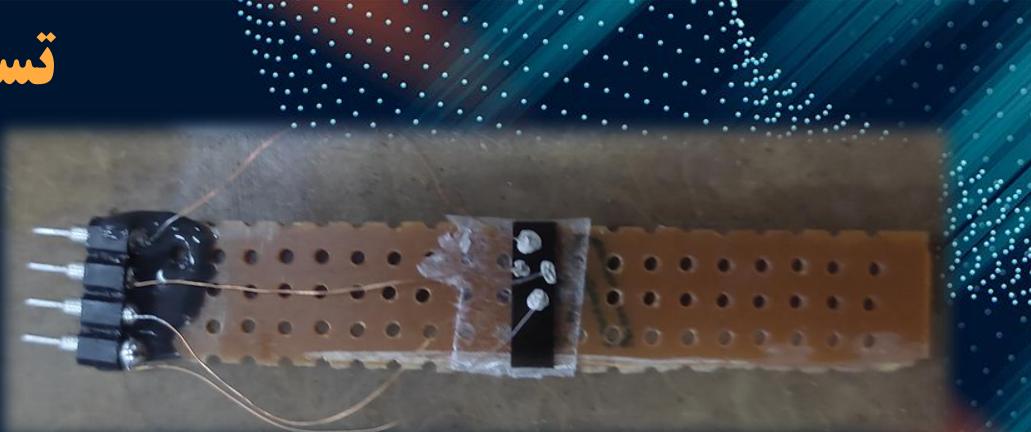


$Mn_3Sn_{0.95}Sb_{0.05}$  Mn_3Sn 

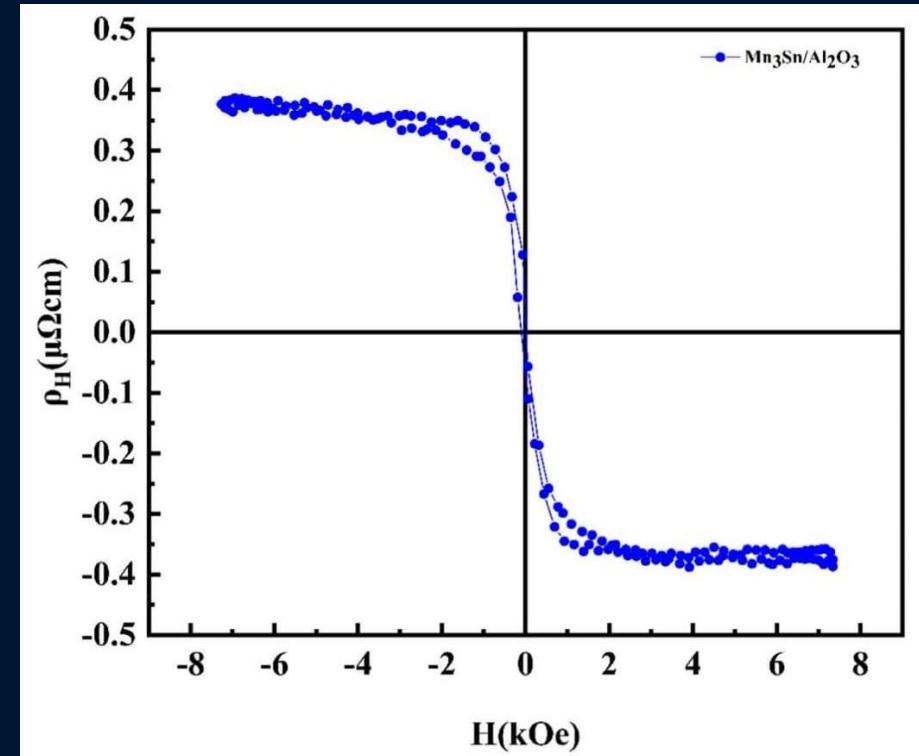
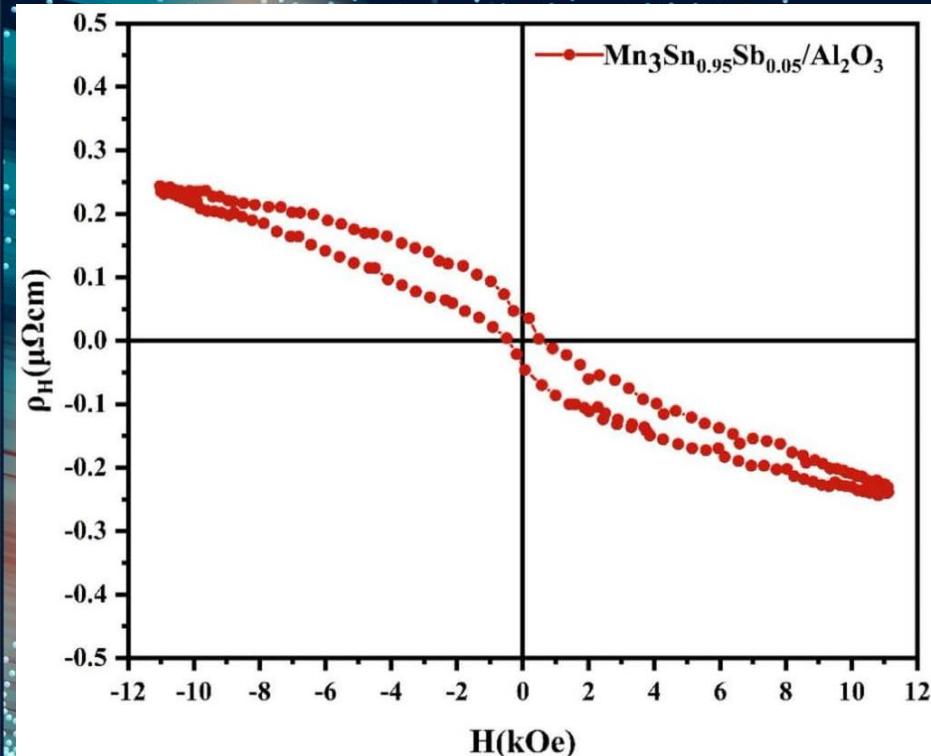
تست اثر هال غیر عادی



تست اثر هال غیر عادی



اندازه‌گیری اثر هال غیرعادی در دمای اتاق برای لایه نازک



$\text{Mn}_3\text{Sn}_{0.95}\text{Sb}_{0.05}$

Mn_3Sn

- [1] Nakatsuji, S., Kiyohara, N., & Higo, T. (2015). Large anomalous Hall effect in a non-collinear antiferromagnet at room temperature. *Nature*, 527(7577), 212-215.
- [2] Afzal, W., Yue, Z., Li, Z., Fuhrer, M., & Wang, X. (2022). Observation of large intrinsic anomalous Hall conductivity in polycrystalline Mn₃Sn films. *Journal of Physics and Chemistry of Solids*, 161, 110489.
- [3] Xu, K., Zhang, Y. L., Cao, Y. M., He, X. J., Li, Z., Wei, S. X., ... & Jing, C. (2017). Baromagnetic Effect in the Hexagonal Mn 3 Sn System. *IEEE Transactions on Magnetics*, 53(11), 1-4.
- [4] Gao, D., Peng, Z., Zhang, N., Xie, Y., Yang, Y., Yang, W., ... & Bi, L. (2022). Epitaxial growth of high quality Mn₃Sn thin films by pulsed laser deposition. *Applied Physics Letters*, 121(24).
- [5] Liu, Z. H., Zhang, Q. Q., Zhang, Y. J., Zhang, H. G., Ma, X. Q., & Liu, E. K. (2020). Evolution of diverse Hall effects during the successive magnetic phase transitions in Mn₂. 5Fe₀. 6Sn₀. 9 Kagome-lattice alloy. *Journal of Physics: Condensed Matter*, 33(11), 115803.
- [6] Higo, T., & Nakatsuji, S. (2022). Thin film properties of the non-collinear Weyl antiferromagnet Mn₃Sn. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 170176.
- [7] Nayak, A. K., Fischer, J. E., Sun, Y., Yan, B., Karel, J., Komarek, A. C., ... & Parkin, S. S. (2016). Large anomalous Hall effect driven by a nonvanishing Berry curvature in the noncollinear antiferromagnet Mn₃Ge. *Science advances*, 2(4), e1501870.

تقدیر و تشکر

Dr. H. Ahmadvand



Mr. J. Khoshpayam



از توجه شما سپاسگزاریم