

# Co<sub>2</sub>MnGa エピタキシャル薄膜における 異方性磁気抵抗効果の電流方向による符号変化

Sign changes of anisotropic magnetoresistance effect

in Co<sub>2</sub>MnGa Heusler alloy epitaxial thin films by current direction

豊田中研<sup>1</sup>, 静岡大<sup>2</sup>, 東北大<sup>3</sup> ◦佐藤 岳<sup>1</sup>, 古門 聡士<sup>2</sup>, 辻川 雅人<sup>3</sup>

小川 智之<sup>3</sup>, 小坂 悟<sup>1</sup>, 白井 正文<sup>3</sup>, 角田 匡清<sup>3</sup>

Toyota Central R&D Lab., Inc.<sup>1</sup>, Shizuoka Univ.<sup>2</sup>, Tohoku Univ.<sup>3</sup>

◦Takashi Sato<sup>1</sup>, Satoshi Kokado<sup>2</sup>, Masahito Tsujikawa<sup>3</sup>, Tomoyuki Ogawa<sup>3</sup>,

Satoru Kosaka<sup>1</sup>, Masafumi Shirai<sup>3</sup>, and Masakiyo Tsunoda<sup>3</sup>

E-mail: t-sato@mosk.tytlabs.co.jp

Co<sub>2</sub>MnGa ホイスラー合金は、高スピン分極率および高キュリー点を有するだけでなく、近年、トポロジカル物性を発現するワイル半金属として注目され、大きな異常ネルンスト効果と異常ホール効果が確認されている[1,2]。我々は、Co<sub>2</sub>MnGa の異方性磁気抵抗(AMR)効果を検討し、その AMR 比が他のホイスラー合金よりも大きく、5 K で-2.32%、300 K で-0.82%を発現することを明らかにしている[3]。本研究では、Co<sub>2</sub>MnGa エピタキシャル薄膜の AMR 特性について電流方向および組成による AMR 比の変化を実験により検討し、第一原理計算による電子状態密度を用いて、結晶場を考慮した s-d 散乱に基づいた理論式[4]から算出した AMR 比と比較することで、高い負の AMR 比が発現するメカニズムを検討した[5]。

作製した Co<sub>2</sub>MnGa 膜への電流方向を Co<sub>2</sub>MnGa[110] および[100]とした場合の AMR 曲線を Fig. 1 に示す。いずれの AMR 曲線も 2θ成分のみを持ち、Co<sub>2</sub>MnGa [110]では負の AMR 比を示す一方で、Co<sub>2</sub>MnGa[100]では正の AMR 比となった。

Fig. 2(a)に、5 K での AMR 比の Co 含有量  $x$  依存性を示す。AMR 比は Co<sub>2</sub>MnGa[110]では全て負の値であるが、Co<sub>2</sub>MnGa[100]では広く正の値を示し、両者共に  $x = 50$  at% 付近で極大を示した。これらの実験結果と Fig. 2(b)の AMR 比の計算値を比較すると、電流方向や Co 含有量による AMR 比の符号および大きさの変化は良く一致した。すなわち、Co<sub>2</sub>MnGa 膜の AMR 比の符号や大きさの変化は、フェルミ準位上での結晶場分裂した d 軌道の状態密度変化に依存していると考えられる。

[1] A. Sakai *et al.*, Nat. Phys. **14**, 1119 (2018).

[2] S. N. Guin *et al.*, NPG Asia Mat. **11**, 16 (2019).

[3] T. Sato *et al.*, Appl. Phys. Lett. **113**, 112407 (2018).

[4] S. Kokado and M. Tsunoda, J. Phys. Soc. Jpn. **88**, 034706 (2019).

[5] T. Sato *et al.*, Appl. Phys. Express **12**, 103005 (2019).

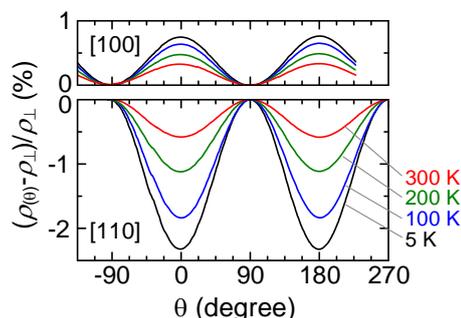


Fig. 1 AMR curves of Co<sub>49.7</sub>Mn<sub>22.1</sub>Ga<sub>28.2</sub> film for the electric current direction along Co<sub>2</sub>MnGa[110] and [100].

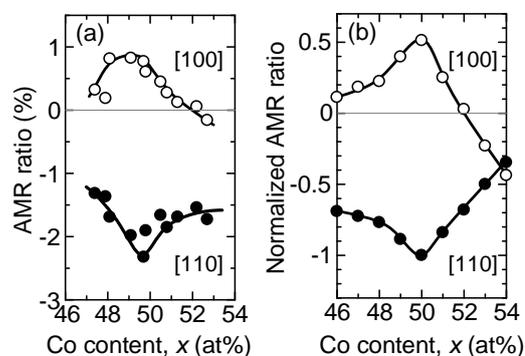


Fig. 2 Changes of (a) AMR ratio measured at 5 K and (b) calculated AMR ratio of Co<sub>x</sub>(Mn<sub>0.44</sub>Ga<sub>0.56</sub>)<sub>100-x</sub> films for the electric current direction along Co<sub>2</sub>MnGa[110] and [100] as a function of  $x$ .