

# スピングャップレス半導体のデバイス応用に向けた $\text{Mn}_2\text{CoAl}$ 薄膜の作製

広瀬慎吾、植田研二、愛知慎也、羽尻哲也、浅野秀文  
(名古屋大)

Fabrication of  $\text{Mn}_2\text{CoAl}$  thin films toward device applications for Spin-Gapless-Semiconductors

S. Hirose, K. Ueda, S. Aichi, T. Hajiri, H. Asano+  
(Nagoya Univ.)

## はじめに

近年注目されているスピングャップレス半導体(SGS)は片方のスピンを持つ価電子帯と伝導帯がフェルミエネルギー( $E_F$ )の一点で接し、他方スピンを持つバンドは $E_F$ においてバンドギャップとなっているという特殊なバンド構造を有しており高い分極率と高移動度を併せ持つ為、スピントロニクスデバイス材料として非常に有望である。本研究ではSGSであると理論予測されている材料のうち、バルクにおいて既にSGSに特有の伝導特性(線形MR, 高移動度 etc.)が観測されている $\text{Mn}_2\text{CoAl}$ (MCA)に着目し、デバイスに必須となる薄膜化を試みた。

## 実験方法

MCA薄膜の作製は格子ミスマッチの小さな $\text{MgO}$  (2.7%)及び $\text{MgAl}_2\text{O}_4$  (1.5%) 基板上にイオンビームアシストスパッタ(IBAS)法<sup>1)</sup>を用いて行った。IBAS法は製膜中にアシストイオンガンを補助的に用いることで低温での成長が可能となり、界面反応やミキシングを抑えることができる手法である。X線回折法により結晶構造、試料振動型磁力計(VSM)により磁気特性、四端子法により電気抵抗、高磁場下ホール抵抗率測定により移動度及びキャリア密度の評価を行った。

## 実験結果

面直、面内 X 線回折測定から基板温度( $T_S$ )= 300 ~ 600°Cの範囲においてMCAが基板に対して45°回転してエピタキシャル成長していることが確認できた(MCA (001)[110] //  $\text{MgO}$  or MAO (001)[100]) (Fig. 1)。また、磁化測定によって室温で強磁性体又はフェリ磁性体に特有のヒステリシス曲線を観測した(Fig.2)。アシストガンをを用いた低温製膜によって $T_S$ の減少と共に格子定数(c)と飽和磁化( $M_S$ )が増大し、 $T_S = 300^\circ\text{C}$ で  $c = 0.5792\text{ nm}$ ,  $M_S = 235\text{ emu/cc}$  となり、バルク値(0.5798 nm, 350 emu/cc)と同等の値となった。これらは低温製膜によって界面反応やミキシング、Mn原子の欠損などが抑制されたためであると考えられる。さらに、電気抵抗測定から、温度低下に伴って抵抗値が増大するという半導体的な挙動が確認された。アレニウスプロットによって求めた活性化エネルギーは数 meV 程度と非常に小さな値が得られ、SGSがゼロギャップ半導体であることに対応していると考えられる。また、4 Kでのホール抵抗率測定によって得られた電子移動度及びキャリア密度はそれぞれ  $17\text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ ,  $5 \times 10^{20}\text{ cm}^{-3}$  であり、薄膜において報告されている値( $0.45\text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ ,  $1.6 \times 10^{20}\text{ cm}^{-3}$ )<sup>2)</sup>より2桁大きな移動度が得られた。これは原子置換や欠損がより少ないためだと考えられる。

## 参考文献

- 1) M. Nishiwaki et. al., J. Appl. Phys., 117, 17D719 (2015).
- 2) Xu, et. al., Appl. Phys. Lett., 104, 242408 (2014).

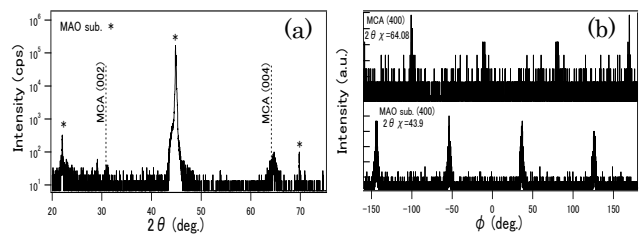


Fig. 1 (a) Out-of-plane, (b) in-plane XRD patterns for MCA films on MAO formed at 350°C

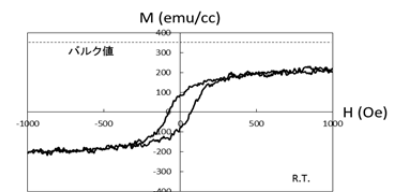


Fig. 2 Magnetic field dependence of Magnetization curves of MCA films on MAO formed at 300°C