

MBE により成長した三元化合物 CrFeTe 薄膜の結晶構造と磁性

Crystal structure and magnetism of ternary transition-metal chalcogenide CrFeTe thin films grown by MBE

筑波大学大学院 数理工学科学研究科¹ ○山脇 和真¹, 関田 直也¹, 金澤 研¹, 黒田 眞司¹

Grad. School of Pure & Appl. Sci., Univ. Tsukuba.¹

○Kazuma Yamawaki¹, Naoya Sekita, Ken Kanazawa¹, Shinji Kuroda¹

E-mail: cremation@hotmail.co.jp

二元化合物 CrTe は半導体表面上にエピタキシャル成長可能な強磁性金属であり、半導体へのスピン注入源等の応用が期待される。本研究では、これまで分子線エピタキシー(MBE)による CrTe の薄膜結晶の成長と磁性の研究を行い、成長した薄膜の構造と磁性は下地物質や成長条件により多様に変化することを明らかにしてきた。特に CdTe(001)上に Te 分子線過剰の条件下で成長して得られる c 軸が成長面に垂直な六方晶(hex-)Cr_{1- δ} Te は、低温で大きな保磁力を伴う矩形のヒステリシスを示すなど応用に適した磁性を示すが、強磁性転移温度 T_C は最高 250K 程度と室温には届かない[1]。そこで本研究では T_C 向上の試みの一つとして、CrTe に Fe を添加した三元化合物 CrFeTe を作製した。Fe を添加した混晶では Cr と Fe の異種元素間の相互作用による磁性の変化が期待され、実際、理論計算によると Cr と Fe の間の強い反強磁性的相互作用によりハーフメタルとしての特性が予測されている[2]。本研究では、CrTe への Fe の添加により、磁性がどのように変化するかを調べた。

試料作製は MBE で行い、GaAs(001)および (111)A 基板上に CdTe 下地層を約 600nm 積層させた後、CrFeTe 層を成長させた。CrFeTe 層の成長は基板温度 $T_S=250^\circ\text{C}$ 、分子線供給量比 Cr:Fe:Te=1:1:10 の条件で行った。Fig.1 は X 線回折 $\theta/2\theta$ スキャンの結果で、GaAs(001), (111)面上に成長した CrFeTe 薄膜および参照として GaAs(001)面上の CrTe 薄膜の結果を示す。GaAs(111)上 CrFeTe では、CrTe 薄膜と同じ hex-Cr_{1- δ} Te の(00.2)面からの回折と同定される 29° 付近に明瞭なピークが見られるが、GaAs(001)上 CrFeTe では同角度付近の回折強度は著しく弱い。また成長面内の回転に対する RHEED 像の対称性では、CrTe および GaAs(111)上 CrFeTe では六回対称であったのに対し GaAs(001)上 CrFeTe では二回対称であった。これらのことから、GaAs(111)上 CrFeTe では CrTe 薄膜と同様、 c 軸が成長面に垂直な方位で六方晶構造が成長しているのに対し、GaAs(001)上 CrFeTe ではそれとは異なる構造の結晶が得られたものと考えられる。

Fig.2 は超伝導磁束量子干渉計(SQUID)により測定した CrTe 薄膜と GaAs(111)上 CrFeTe の磁化曲線を示す。結晶構造はどちらも c 軸が成長面に垂直な六方晶構造を有し、2K では双方とも矩形のヒステリシスを示すのに対し、300K では CrFeTe のみが強磁性を維持していることがわかる。これらの結果は、CrFeTe では磁性元素間の強磁性相互作用が CrTe より増強されることを示しており、その起源として Cr, Fe 間の相互作用が考えられる。講演では様々な Fe/Cr 分子線供給量比で作製した試料の磁気測定結果を交えて、Fe 添加の効果についてより詳細に議論する予定である。

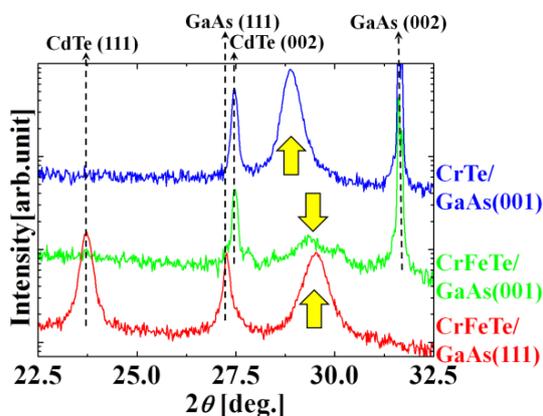


Fig.1 The profiles of XRD $\theta/2\theta$ scans of CrFeTe on GaAs(001) and GaAs(111), together with CrTe on GaAs(001) for reference. Yellow arrows indicate peaks assigned as diffractions from the (0002) plane of hexagonal structure.

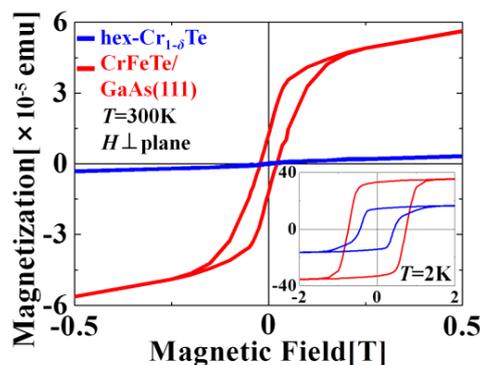


Fig.2 Magnetic-field dependence of magnetization (M - H curves) of CrTe on GaAs(001) and CrFeTe on GaAs(111) at 300K (main panel) and 2K (inset). A magnetic field is perpendicular to the film plane.

[1] 山脇 他, 2012 応用物理学会 *11p-PA1-5* [2] M. Nakao, *Phys. Rev. B* **74**, 172404 (2006)