

MBE 成長した三元化合物 (Cr,Fe)Te 薄膜の成長温度変化による 磁気特性・構造特性の変化

Growth temperature dependence of crystal structural and magnetic properties of ternary
transition-metal chalcogenide (Cr,Fe)Te thin films grown by MBE

筑波大学大学院 数理物質科学研究科¹ ○鶴岡英晃¹, 金澤 研¹, 黒田 真司¹

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

○Hideaki Tsuruoka, Ken Kanazawa¹, Shinji Kuroda¹

E-mail: s1520427@u.tsukuba.ac.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 薄膜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 下地層上に Te 分子線過剰の条件下で成長して得られる六方晶(hex-)Cr_{1-x}Te は成長面に垂直な c 軸をもち、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。しかし、強磁性転移温度 T_C は最高でも 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(Cr,Fe)Te 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る。理論計算では NiAs 型 Cr_{0.5}Fe_{0.5}Te において Cr と Fe の間の強い反強磁性的相互作用が働くこと、さらにハーフメタル電子状態が実現されるといった、きわめて興味深い特性が現れると予測されている[2]。そこで、本研究では実際に Cr と Fe を同程度含まれる(Cr,Fe)Te を作製し成長温度を変化させることで、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 (111)A 基板上に CdTe 及び ZnTe 下地層を約 600nm 積層させた後、(Cr,Fe)Te 層を 1 時間成長させた。(Cr,Fe)Te 層の成長は基板温度 $T_s=150\sim 400^\circ\text{C}$ 、分子線供給量比 Cr:Fe:Te=3:4:100 の条件で行った。

Fig.1 は本研究で作製した CrTe 薄膜と(Cr,Fe)Te 薄膜の X 線回折 $\theta/2\theta$ スキャン結果を示している。(Cr,Fe)Te 薄膜は、CrTe 薄膜と同様に、hex-Cr_{1-x}Te の(0002)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。また成長面内の回転に対して RHEED が像の対称性では、CrTe および (Cr,Fe)Te では六回対称であったことを合わせて考えると、(Cr,Fe)Te 薄膜は CrTe 薄膜同様に成長面に垂直な c 軸をもつ六方晶構造をもつと考えられる。

Fig.2 は超伝導量子干渉計(SQUID)により 300K で測定した CrTe 薄膜と (Cr,Fe)Te 薄膜の磁化曲線を示している。CrTe 薄膜と異なり、(Cr,Fe)Te 薄膜の 3 つの試料は開いたヒステリシスを示しており、室温でも強磁性を維持していることがわかる。また、(Cr,Fe)Te の成長温度上昇に伴い飽和磁化が増大していることがわかる。講演の際には透過型電子顕微鏡(TEM)による作製した試料の断面観察結果を交えて成長温度変化が構造、磁化特性に及ぼす効果について、より詳細に議論する予定である。

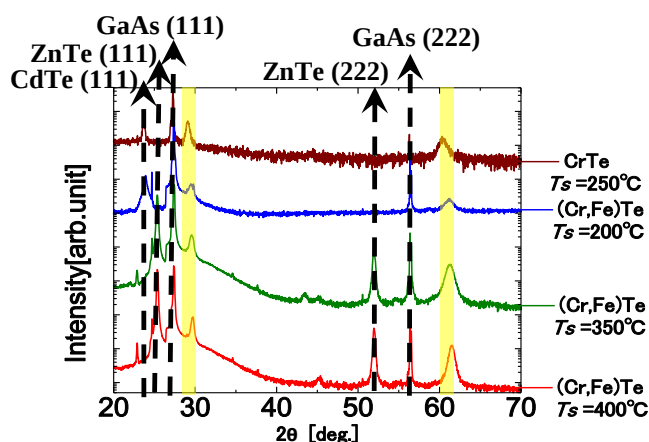


Fig.1 The profiles of XRD $\theta/2\theta$ scans of CrTe and (Cr,Fe)Te thin films on GaAs(111). Yellow lines indicate peaks assigned as diffractions from the (0002) and (0004) plane of the hexagonal structures.

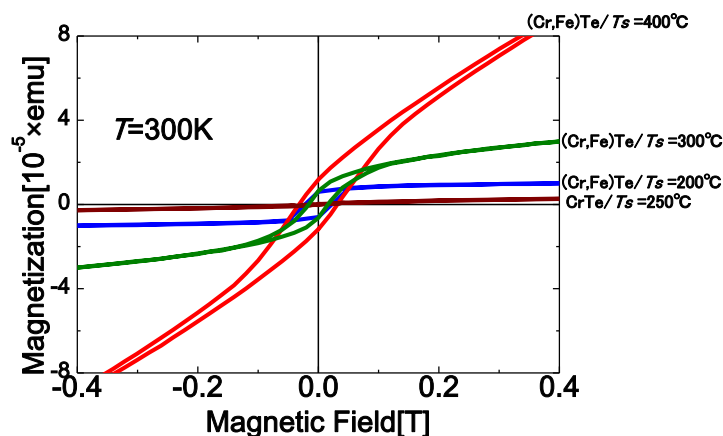


Fig.2 Magnetic-field dependence of magnetization (M - H) curves of CrTe and (Cr,Fe)Te thin films. Measurement temperature was 300K. The direction of magnetic field was perpendicular to the film plane.

[1] Kanazawa *et al*, J. Cryst. Growth **415**, 31(2015)

[2] M. Nakao, Phys. Rev. B **74**, 172404 (2006)