

MBE 成長した三元化合物(Cr,Fe)Te 薄膜へのアニール処理の効果

Effect of post-annealing process on 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 眞司¹

Grad. School of Pure & Appl. Sci., Univ. of Tsukuba¹

°Hideaki Tsuruoka¹, 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など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ってきた。特に Te 分子線過剰の条件下で成長して得られる六方晶(hex-)Cr_{1.5}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、Cr と Fe の異種元素間の相互作用による磁性の変化を期待し、CrTe に Fe を添加した三元化合物 hex-(Cr,Fe)Te を作製した。様々な組成や温度条件で試料を作製したところ、Cr と Fe が同程度含まれる(Cr,Fe)Te 薄膜では 350K 以上でも強磁性を発現することが分かった。さらに、比較的低温で成長した試料に対し様々な条件でアニール処理を施すことで、アニール処理が磁性や結晶構造に影響を与えることが分かった[2]。特に本研究では、先行研究で大きな磁化の増大や格子定数の変化が確認された 450°C のアニール処理について、その効果の詳細を調べることを目的として研究を行った。

試料作製は MBE で行った。GaAs (111)A 基板上に ZnTe 下地層を約 600nm 積層させた後、(Cr,Fe)Te 層を分子線供給量比 Cr:Fe:Te=3:4:100、基板温度 150°C の条件下で 1 時間成長させた。その後、アニールの影響を調べるため、作製した試料の一部を切り出し、MBE チャンバーの超高真空内で 450°C、10 時間のアニール処理を行った。

Fig.1 は、アニール前の試料と 450°C でアニール処理を行った試料に対する磁化の磁場依存性(M - H 曲線)を示している。CrTe 薄膜は 300K では強磁性を示さず、アニール前後で目立った磁性の変化は見られない。一方、(Cr,Fe)Te 薄膜はアニール前でも室温強磁性を示しており、その強磁性的な振る舞いはアニールにより大きく変化することが確認された。具体的な変化としては、450°C でアニール処理を施すことで高磁場での磁化が増大する一方、保磁力はアニール前に比べ大きく減少した。X 線回折(XRD)測定では、CrTe 薄膜はアニール前後で格子定数やピークの形状に大きな変化が確認されない一方で、(Cr,Fe)Te 薄膜はアニール前後で格子定数の増大やピークが鋭くなるといった変化が確認された[2]。この XRD 測定結果を併せて考えると、450°C でアニールすることによって薄膜の結晶性が変化し、それに伴い磁性が変化したと考えられる。

このような磁性の変化を引き起こす原因の一つとして□-Fe の析出の可能性が考えられる。そこで、その析出の有無を確認するために X 線光電子分光 (XPS) 測定を行った。Fig.2 は本研究で作製した (Cr,Fe)Te 薄膜の XPS (Fe2p_{3/2} スペクトル) 結果である。450°C でアニールした試料と□-Fe では形状が大きく異なっていることが分かる。この結果から、磁性の変化における□-Fe の析出の影響が小さいことが示唆される。

講演の際には透過型電子顕微鏡(TEM)による断面観察結果も併せて示すことで、アニール処理が構造や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。

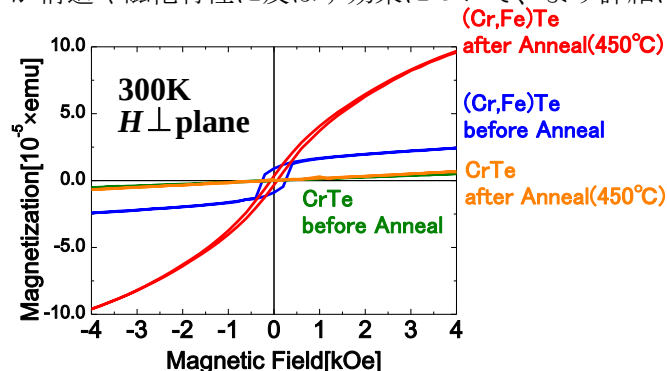


Fig.1 Magnetic-field dependence of magnetization (M - H) curves of CrTe and (Cr,Fe)Te thin films. Measurement temperature was 300K. The direction of magnetic field was perpendicular to the film plane

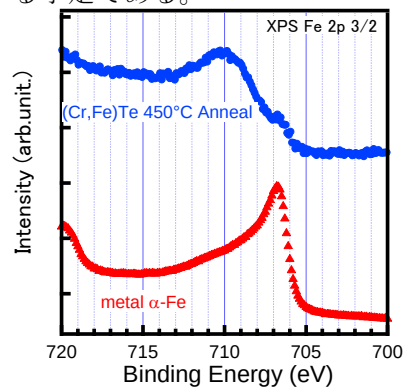


Fig.2 The XPS Fe2p spectra measured for metal α -Fe and a (Cr,Fe)Te thin film annealed at 450°C.

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

[2] 鶴岡英晃 他, 2016 年 第 63 回応用物理学会春季学術講演会 19p-P1-20