

MBE により成長した希薄磁性半導体(Zn,Fe)Te の結晶構造と磁気特性 Crystal structure and magnetic properties of diluted magnetic semiconductor (Zn,Fe)Te grown by MBE

筑波大院数理物質¹, 物材機構², 高輝度光科学研究センター³○石塚智史¹, 土門武¹, 秋山了太¹, 金澤研¹, 黒田眞司¹, 三留正則², 板東義雄², 大淵博宣³Grad. School of Pure & Appl. Sci., Univ. Tsukuba¹, NIMS², JASRI/SPRING-8³○S. Ishitsuka¹, T. Domon¹, R. Akiyama¹, K. Kanazawa¹, S. Kuroda¹, M. Mitome², Y. Bando²,
H. Ofuchi³

E-mail: s1220417@u.tsukuba.ac.jp

【背景】 強磁性半導体の物質探索として、我々のグループではこれまで II-VI 族半導体 ZnTe に磁性元素 Fe を添加した (Zn,Fe)Te を対象とした実験を行っている。この組み合わせの物質ではこれまでバルク結晶で Fe 組成が 0.5% 程度の低組成の試料での報告があるが[1]、高 Fe 組成の磁性は知られていないため、MBE 法により Fe を高濃度に添加した薄膜結晶を成長し構造と磁性を調べてきた。前回の報告[2]では、成長した薄膜の構造と磁性は MBE 成長中の Te と Zn の分子線供給量比により異なることを報告した。すなわち、Te-rich で成長した薄膜では Fe 組成 2% 以上で正方晶 FeTe の析出が見られ常磁性であるのに対し、Zn-rich で成長した薄膜では、結晶中で Fe が高濃度に凝集した領域が形成されるもののはっきりした析出物は見られず、また磁性は磁化曲線のヒステリシスなど強磁性的振る舞いを示した。今回は Zn-rich で成長した薄膜について、Fe 凝集領域の結晶構造と磁性の起源について詳しく調べたので報告する。

【実験】 (Zn,Fe)Te の薄膜は MBE 法により半絶縁性の GaAs(001) 基板上に ZnTe 緩衝層を介して成長した。MBE 成長中の Te と Zn の分子線供給量比に注目し、今回は Zn-rich (Te/Zn=0.7) の条件で Fe 組成の異なる薄膜を成長し、XRD、TEM および X 線吸収微細構造(XAFS)により結晶中の異相の析出の有無と磁性との関連を詳しく調べた。

【結果】 Zn-rich で成長した薄膜は、Fe 組成 3% 以上で磁化曲線にヒステリシスが現れるなど強磁性的振る舞いを示し(Fig.1)、また Arrott Plot 解析によるとキュリー温度は最高 340K であった。XRD の θ - 2θ 測定では異相の析出物からの回折ピークは見られないものの、TEM 観察においては Fe 組成 25% の薄膜における格子像でアモルファス状に見える数 nm サイズの微小領域の存在が確認された(Fig.2)。また XAFS 測定では、Fe-K 吸収端近傍の微細構造(XANES)および EXAFS 振動より得られた動径分布関数の双方とも Fe 組成が 2% 以下と以上で明らかに異なる形状を示し、Fe 組成 2% 以上では異相の Fe 化合物の存在が示唆される。これらの結果より、観測された強磁性的振る舞いは、異相析出物に起因する可能性が高いと考えられる。

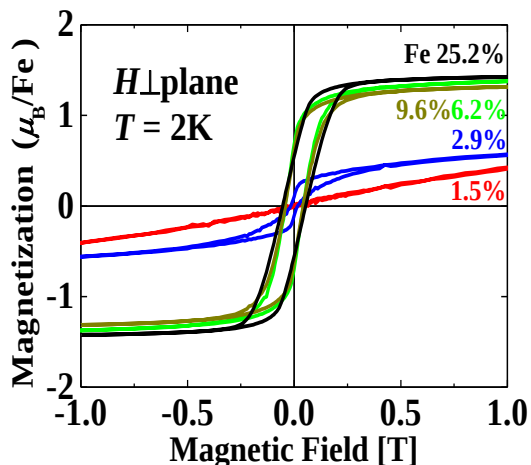


Fig.1 M - H curves at 2K of (Zn,Fe)Te films grown in the Zn-rich condition.

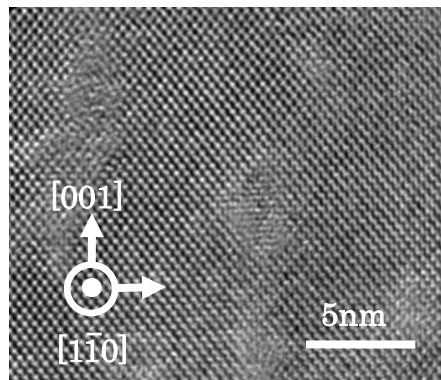


Fig.2 The lattice image of a $\text{Zn}_{0.75}\text{Fe}_{0.25}\text{Te}$ film grown in the Zn-rich condition.

[1] Mac *et al.*, PRB 53, 9532 (1996).

[2] 石塚 他, 第 73 回応用物理学会 14p-H6-1 (2012).