

希薄磁性半導体(Zn,Fe)Te における Fe 凝集領域の形成と磁化特性 Formation of Fe-aggregated regions and magnetic properties of a diluted magnetic semiconductor (Zn,Fe)Te

筑波大院数理物質¹, 物質・材料研究機構²

○杉村悠¹, 中邨拓馬¹, 金澤研¹, 黒田眞司¹, 三留正則², 板東義雄²

Grad. School of Pure & Appl. Sci., Univ. of Tsukuba¹, National Institute for Materials Science²

○Y. Sugimura¹, T. Nakamura¹, K. Kanazawa¹, S. Kuroda¹, M. Mitome², Y. Bando²

E-mail: s1520416@u.tsukuba.ac.jp

室温で強磁性を示す半導体の物質探索として、我々のグループはこれまで II-VI 族半導体 ZnTe に磁性元素である Fe を添加した (Zn,Fe)Te を対象とした研究を行って来た。この物質については過去にバルク結晶で Fe 組成が 0.5% 程度の低組成の試料で van-Vleck 常磁性を示すとの報告があるが[1]、Fe 組成が高い試料で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作製し、その構造と磁性を調べてきた。我々のこれまでの研究で、Zn 過剰雰囲気(Zn-rich)下で成長した薄膜において、Fe が高濃度に凝集した領域が確認され、また磁化曲線はヒステリシスを示し強磁性的な振る舞いが確認された[2]。今回は、この Zn-rich で成長した薄膜について Fe の凝集の様子をより詳しく観察し結晶構造を調べ、また磁気異方性の測定を行ったので、報告する。

試料作製は MBE 法で行い、GaAs(001)基板上に buffer 層として ZnTe 層を積層後、Zn-rich 条件で (Zn,Fe)Te 層を成長した。以前、報告した断面 TEM 像の観察[2]では、Fe の凝集領域は ZnTe 層との界面付近から成長方向に細長く伸びた柱状領域にとして観察されたため、今回は、以前より (Zn,Fe)Te 層の厚さを以前より薄い 100 nm 程度に留め、凝集領域のより詳しい観察および凝集領域の磁化特性のみを抽出することを試みた。SQUID による磁化測定では、磁場を成長面に対して垂直と平行に印加した時の磁化曲線の違いを調べ、また TEM 観察では平面像で Fe 凝集領域の観察を行い、その結晶構造を調べた。

磁化測定の結果、Fe 組成約 8% 以上の薄膜では、2K における磁化曲線は磁場の印加方向によらずヒステリシスを示し、以前の (Zn,Fe)Te 層厚の厚い (~300 nm) 試料と同様、強磁性的な振る舞いが確認された (Fig.1)。磁場の印加方向による磁化曲線の形状の違いをみると、磁場を成長面に対して垂直に印加した時の方が平行に印加した時に比べて保磁力が大きくなった。これは以前の断面 TEM 像観察[2]で確認された成長面に対して垂直方向に伸びた Fe 凝集領域の形状に伴う磁気異方性によるものだと考えられる。また Fe 組成 25% の薄膜の平面 TEM 観察においては、EELS 像 (Fig. 2 右) で数 nm サイズの Fe の凝集領域が確認され、また対応する領域の格子像 (Fig.2 左) 全体からの FFT 像では、母体の閃亜鉛鉱 (ZB) 型構造以外からの回折スポットが現れ、母体と異なる構造の析出物の存在が示された。観察された回折スポットの解析より、析出物の候補として立方晶 FeTe₂ が考えられる。詳細は講演で議論したい。

References

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

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

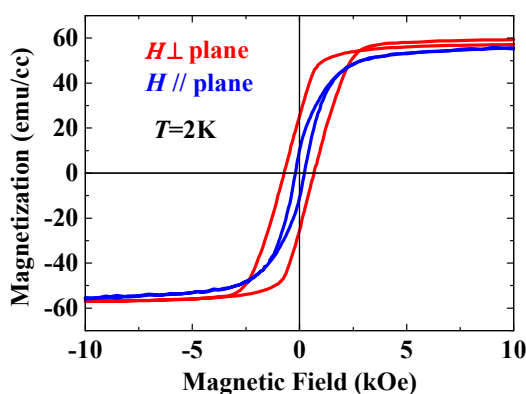


Fig 1. *M-H* curves at 2K of a Zn_{0.75}Fe_{0.25}Te film under magnetic fields perpendicular (red) or parallel (blue) to the film plane.

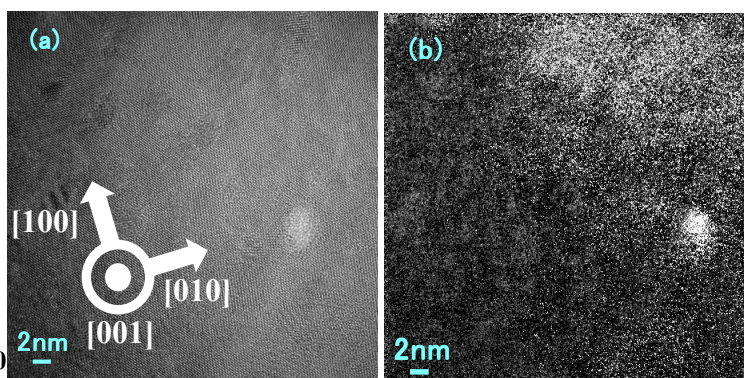


Fig2. TEM plane-view of a Zn_{0.75}Fe_{0.25}Te film

(a) The lattice image (b) Fe chemical maps from electron energy-loss spectroscopy