

新規磁性半導体の物質探索と磁性の研究
Material search and study of magnetism of novel diluted magnetic semiconductors

黒田 眞司
Shinji Kuroda

筑波大学数理物質系物質工学域
Institute of Materials Science, University of Tsukuba

我々のグループではこれまで主として II-VI 族の希薄磁性半導体(DMS)を対象とし、室温強磁性をはじめ優れた磁化特性を示す新物質の探索および磁性の研究を行っている。今回は、(Zn,Cr)Te におけるアクセプターのドーピングによる強磁性抑制、および ZnTe に 2 種類の遷移元素を添加した四元系混晶(Zn,Cr,Fe)Te についての研究を紹介する。

1. (Zn, Cr)Te へのアクセプターのドーピングによる強磁性抑制のメカニズム

強磁性半導体(Zn,Cr)Te にドナーであるヨウ素をドーピングすると Cr の凝集により見かけ上強磁性は増強されるのに対し[1]、アクセプターである窒素をドーピングすると強磁性は抑制され消失する[2]。このドーピングによる変化の原因は、ZnTe のバンドギャップ中に形成される Cr の 3d 電子準位の電子数がドナーまたはアクセプターのドーピングにより変化するためと考えられ、特にアクセプターの場合は Cr 3d 準位の電子数減少に伴い Cr 間の相互作用が弱くなり強磁性が抑制されると考えられる。実際、Cr 組成 6%程度の場合、アンダーの薄膜で強磁性転移温度 T_C は 40K 程度であったのが、窒素濃度[N]の増加に伴い T_C は徐々に低下し、 $[N]=10^{20}\text{cm}^{-3}$ 付近で強磁性は消失する。この強磁性消失に対応する窒素濃度[N]の値は Cr 組成に対する比で $[N]/[\text{Cr}]\sim 0.08$ となり、単純な計算では Cr 1 原子あたりおおよそ 0.1 個の電子数減少に相当する。一方、X 線吸収微細構造(XAFS)測定の結果では、この強磁性消失に対応する窒素濃度の前後で吸収スペクトルの形状に明らかな変化が見られ、窒素のドーピングに伴い Cr の電子状態が変化することを示している[3]。このように強磁性の消失と Cr の電子状態の変化との間には相関が見られるが、そのメカニズムについて考察する。

2. 2 種類の遷移元素を添加した四元系混晶における遷移元素間の相互作用と磁性

異種の遷移元素間の相互作用およびそれに起因する新たな磁性発現を検証することを目的として、II-VI 族半導体に 2 種類の遷移元素を添加した四元系混晶薄膜を成長し、磁性を調べている。今回は ZnTe に Cr, Fe を添加した(Zn,Cr,Fe)Te に関する結果を報告する。Cr 組成を 6%と一定にし、Fe 組成を変化させた一連の薄膜試料の磁性を調べたところ、Fe 組成の増加に伴い、飽和磁化は減少する一方、保磁力は増加するという結果が得られた。これは、Cr と Fe の磁気モーメント間に反強磁性相互作用がはたらき、その結果磁化の大きさは減少するものの磁気秩序は安定化するという理論予測[4]と定性的に一致する傾向であると言える。

参考文献

- [1] S. Kuroda *et al.*, Nat. Mater. **6**, 440 (2007).
- [2] N. Ozaki *et al.*, Appl. Phys. Lett. **87**, 192116 (2005).
- [3] K. Zhang *et al.*, phys. stat. sol. (c), *in press*.
- [4] H. Akai and M. Ogura, Phys. Rev. Lett. **97**, 026401 (2006).