

II-VI 族希薄磁性半導体の物質探索と磁性の制御 Material search and control of magnetism of II-VI 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

スピントロニクスへの応用を視野に、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とした実用材料の実現を目指した研究を行っている。今回は、ドーピングによる遷移元素の凝集と磁性の制御、新規物質の探索、および 2 種類の遷移元素を添加した四元系混晶についての研究を紹介する。

1. (Zn, Cr)Te への同時ドーピングによる Cr 凝集と磁性の制御

我々はこれまでの研究で、(Zn,Cr)Te にドナー性不純物であるヨウ素(I)をドーピングすると Cr 凝集領域の形成により強磁性転移温度 T_C が大幅に上昇し、逆にアクセプター性不純物である窒素(N)をドーピングすると強磁性が消失することを見出し、その原因としてこれらの荷電不純物の同時ドーピングに伴う Cr イオンの価数変化により Cr 間の凝集力および相互作用が変化するというモデルを提唱した[1]。さらに前者については、MBE の成長条件による Cr 凝集領域の結晶構造、形状、サイズの変化を調べ、結晶中の平均 Cr 組成および成長中の基板温度により、Cr 凝集が閃亜鉛鉱型(ZB)構造を保ったままのコヒーレントな凝集か、六方晶構造の CrTe 化合物微結晶の析出かの違いが生じることを明らかにした[2]。現在は、凝集メカニズムについての実験面からのアプローチとして Cr の電子状態に着目し、X 線吸収微細構造(XAFS)、電子スピン共鳴(EPR)、さらに Cr イオンの d-d 遷移吸収測定などの手法により Cr の電子状態、特にイオン価数を分析し、ドーピングによる変化を調べ、Cr 凝集ないし強磁性抑制との相関を明らかにすることを目指している。

2. 新規磁性半導体 (Zn, Fe)Te の MBE 成長と磁性

II-VI 族半導体に Fe を添加した DMS については古くから研究報告があるが、高 Fe 組成の磁性は知られていない。そこで MBE 法により Fe を高濃度に添加した薄膜結晶を成長し、結晶構造と磁性を調べた。これまでの研究の結果、成長した薄膜の結晶構造と磁性は MBE 成長中の Te と Zn の分子線供給量比により異なることが明らかとなっている[3]。Te 分子線過剰下(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、磁性は Fe 組成に係わらず常磁性であった。一方、Zn 分子線過剰下(Zn-rich)で成長した薄膜は Fe 組成 3%以上で強磁性を示し、強磁性転移温度は最高で 300K 程度であった。結晶構造については TEM, XAFS 解析により何らかの異相の微結晶の析出を示唆する結果が得られており、その同定には至っていないが、強磁性の起源はこの未知の析出物によると考えられる。

3. 2 種類の遷移元素を添加した四元系混晶の MBE 成長と磁性

異種の遷移元素間の相互作用による新たな磁気秩序の発現を検証することを目的として、CdTe に Mn と Cr を同時に添加した四元系混晶を MBE により成長し、その磁性を調べた。Mn と Cr の組成を系統的に変化させた一連の試料の磁化測定により、三元系の(Cd,Mn)Te において反強磁性的である Mn 間の相互作用が、僅かな量の Cr の添加により強磁性的に変化し、Mn と Cr の同時添加により強磁性が増強されることが明らかとなった[4]。現在は、さらに他の遷移元素の組み合わせからなる四元系混晶 DMS 薄膜の MBE 成長を行い、その磁性について調べている。

参考文献 [1] S. Kuroda *et al.*, Nat. Mater. **6**, 440 (2007). [2] H. Kobayashi *et al.*, Physica B **407**, 2947 (2012). [3] S. Ishitsuka *et al.*, PASPS-17 (2012). [4] K. Ishikawa *et al.*, Phys. Semicond., AIP Conf. Ser. Vol. 1399, pp.705 (2011).