

課題番号 : F-12-AT-0006

※支援課題名(日本語) : 磁性半導体における交換相互作用の解明と制御

※Program Title(in English) : Study on the exchange interaction in magnetic semiconductors

※利用者名(日本語) : 黒田 眞司

※Username(in English) : Shinji Kuroda

※所属名(日本語) : 筑波大学数理物質系物質工学域

※Affiliation(in English) : Institute of Materials Science, University of Tsukuba

※概要(Summary):

II-VI 族半導体 ZnTe に遷移元素 Cr を添加した希薄磁性半導体(Zn,Cr)Te は室温で強磁性を発現する一方で、アクセプター性不純物である窒素のドーピングにより強磁性は抑制される。しかしながらこれらの強磁性の発現ならびに抑制のメカニズムは十分理解されていない。本研究ではこれらのメカニズムを理解する鍵として、Cr 間の磁氣的相互作用と Cr の電子状態との関連に着目し、結晶中の Cr と窒素濃度を系統的に変化させた一連の試料に対する磁化測定を行うことで、Cr および窒素濃度により磁化特性がどのように変化するかを調べた。

※実験(Experimental):

(Zn,Cr)Te の薄膜結晶は Zn, Te, Cr を原料とする分子線エピタキシー(MBE)装置により成長した。窒素のドーピングには rf 励起によりプラズマ化した窒素ガスを供給源として用いた。本研究では Cr 組成を約 1% と一定にし、窒素プラズマの励起条件の調節により窒素濃度を $10^{18}\sim 10^{20}\text{cm}^{-3}$ の範囲で変化させた一連の試料を作製した。薄膜中の各元素の組成分布は産総研ナノプロセス施設 NPF の二次イオン質量分析(SIMS)により測定し、触針式段差計にてエッチングレート算出後、試料中の Cr 組成と窒素濃度の評価を行った。超伝導磁束量子干渉計(SQUID)により (Zn,Cr)Te:N 層の磁化の磁場依存性(M-H)および温度依存性(M-T)を測定し、磁化の振舞いの詳細を調べた。

※結果と考察(Results and Discussion):

図 1 に Cr 組成約 1% で窒素をドーピングしていない薄膜および窒素をドーピングした薄膜の磁化曲線を比較したものである。図に見る通り、窒素をドーピングしていない薄膜では零磁場付近でヒステリシスが現れ、飽和磁化も Cr 原子あたり $4.5\mu_B$ の大きな値となっているが、窒素

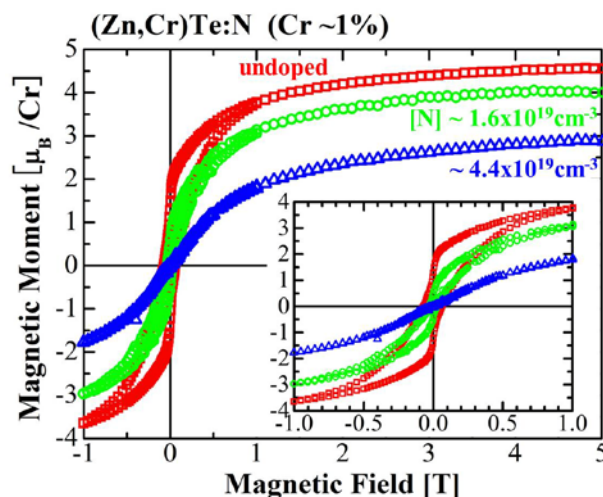


図 1: Cr 組成が約 1% と一定で、窒素をドーピングしていない薄膜(undoped)およびドーピングした薄膜(窒素濃度 $[N]=1.6\times 10^{19}$, $4.4\times 10^{19}\text{cm}^{-3}$)の磁化曲線。磁場は試料面に垂直に印加し、測定温度は 2K である。内挿図は $\pm 1\text{T}$ の範囲を拡大したものである。

ドーピング試料では、窒素濃度の増加に連れてヒステリシスが消失し、飽和磁化も減少することが明らかとなった。今後は、窒素濃度による Cr イオンの価数変化に着目し、観測された磁化曲線の変化との関連を定量的に解析し、Cr 間の磁氣的相互作用の起源について考察する。

※その他・特記事項(Others):

なし

共同研究者等(Coauthor):

張 珂 (筑波大学 大学院数理物質科学研究科 物性・分子工学専攻 博士後期課程)

論文・学会発表(Publication/Presentation):

未定

関連特許(Patent):

なし