

課題番号 : F-14-AT-0065  
 利用形態 : 技術代行  
 利用課題名(日本語) : 磁性半導体における強磁性発現機構の解明と制御 II  
 Program Title (English) : Origin and control of ferromagnetism in diluted magnetic semiconductor II  
 利用者名(日本語) : 黒田 眞司, 張 珂  
 Username (English) : Shinji Kuroda, Ke Zhang  
 所属名(日本語) : 筑波大学数理物質系物質工学域  
 Affiliation (English) : Institute of Materials Science, University of Tsukuba

### 1. 概要(Summary)

室温で強磁性を示す希薄磁性半導体(Zn,Cr)Te は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が消失する。我々は(Zn,Cr)Te における強磁性発現ならびに窒素ドーピングによる強磁性抑制の起源の解明を目指し、(Zn,Cr)Te の磁性が窒素ドープ濃度によりどのように変化するかを調べている。今回は ZnTe に Cr と窒素を別々の層に添加した(Zn,Cr)Te/ZnTe:N 超格子(多層膜)を作製し、その磁化特性を調べた。

### 2. 実験(Experimental)

試料は Zn, Te, Cr の金属固体および rf プラズマ励起した N<sub>2</sub> ガスをソースとした分子線エピタキシー(MBE)により作製した。GaAs 単結晶を基板に用い、その上に格子不整合緩和のための ZnTe 緩衝層、次いで (Zn,Cr)Te/ZnTe:N 超格子を成長した。作製した超格子中の各元素の組成分布は産総研ナノプロセッシング施設 NPF の二次イオン質量分析(SIMS)により測定した。超格子中の薄い層中の Cr, N 濃度を精度良く測定するため、加速電圧は 1kV と低い値で測定を行った。

### 3. 結果と考察(Results and Discussion)

Fig. 1 に SIMS 測定により得られた超格子中の Cr, N 濃度の深さ方向のプロファイルを示す。図に示した各試料における(Zn,Cr)Te 層の厚さ  $t_{ZCT}$ , ZnTe:N 層の厚さ  $t_{ZTN}$ , 繰り返しの周期  $n$  は図中に  $(t_{ZCT} / t_{ZTN})_n$  のように表記してある。図に見る通り、Cr と N の濃度が周期的に振動し、ピークが互い違いになっていることが確認できる。ただし Cr, N 濃度の変化が急峻ではなく三角波の形状になっているのは、界面拡散の影響ではなく、測定における深さ分解能の限界によると考えられる。超格子 1 周期の厚さは濃度プロファイルのピーク間隔よりそれぞれ 18.2, 19.0, 13.2nm と求められ、設計値と若干の食い違いが見られる。

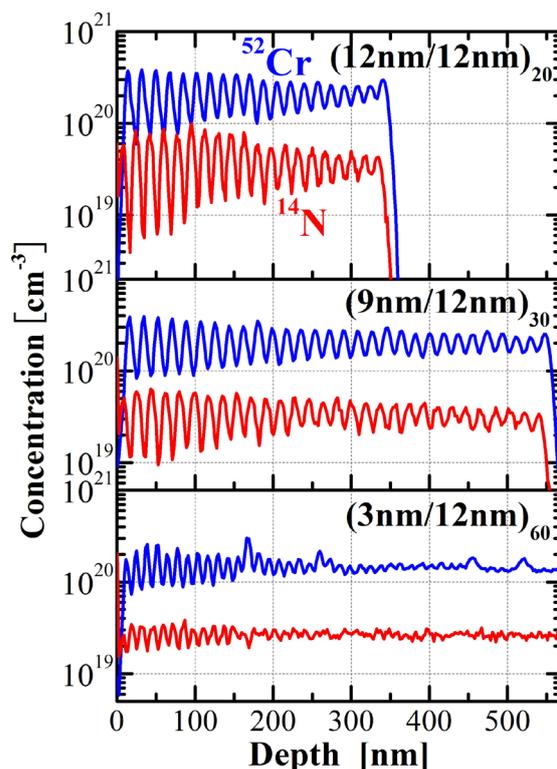


Fig.1 : Depth profiles of Cr and N concentrations in (Zn,Cr)Te/ZnTe:N superlattices.

また、上の 2 つの試料のプロファイルでは超格子の繰り返し周期と同じ回数の振動が見られるのに対し、一番下の試料では振動は途中で減衰し不明瞭になっている。これは測定中のミキシング効果等により、深さ分解能が低下したためと考えられる。

### 4. その他・特記事項(Others)

なし。

### 5. 論文・学会発表(Publication/Presentation)

- (1) K. Zhang *et al.*, *phys. stat. sol. (c)* **11**, 1324 (2014).
- (2) 張 珂「希薄磁性半導体(Zn,Cr)Te における窒素ドーピングによる強磁性抑制の研究」博士論文(筑波大学, 2014)

### 6. 関連特許(Patent)

なし。