

課題番号 : F-19-AT-0112  
 利用形態 : 技術代行  
 利用課題名(日本語) : II-VI 族磁性半導体(Zn,Fe)Te 中の窒素濃度の定量分析  
 Program Title (English) : Quantitative analysis of nitrogen concentration doped in II-VI magnetic semiconductor (Zn,Fe)Te  
 利用者名(日本語) : インドラジットサハ、黒田眞司  
 Username (English) : Indrajit Saha, Shinji Kuroda  
 所属名(日本語) : 筑波大学大学院数理物質科学研究科  
 Affiliation (English) : Institute of Materials Science, University of Tsukuba  
 キーワード/Keyword : 磁性半導体、ドーピング、分析

## 1. 概要(Summary)

室温強磁性を目指し、半導体に遷移元素などの磁性元素を添加した磁性半導体(DMS)が盛んに研究されている。遷移元素添加の DMS の場合、遷移元素の d 電子数および局在準位の位置は磁化特性を決める上で重要な役割を果たす。ここにドナー、アクセプターの荷電不純物をドーピングすると、遷移元素イオンの価数、すなわち d 電子数が増減し、DMS の磁化特性に変化を齎すことが期待される。本研究では、II-VI 族 DMS (Zn,Fe)Te にアクセプター性不純物となる窒素をドーピングした薄膜の磁化特性を調べ、上記の遷移元素イオンの価数と磁性の変化の関連の実験的検証を試みた。

## 2. 実験(Experimental)

### 【利用した主な装置】

二次イオン質量分析装置(D-SIMS)、触針式段差計

### 【実験方法】

窒素ドーピング(Zn,Fe)Te 薄膜は GaAs 基板上に分子線エピタキシー(MBE)法により成長した。分子線源は Zn, Te, Fe は固体ソースを用い、窒素は RF プラズマ励起した窒素ガス(N<sub>2</sub>)を供給した。窒素濃度は、RF プラズマ源の出口に設けたシャッターの口径を変化させることで制御した。作製した薄膜中の窒素濃度は SIMS 測定により求めた。測定においては、ZnTe 基板に窒素をイオン打ち込みしたものを用いた。

## 3. 結果と考察(Results and Discussion)

Figure 1 に Fe 組成を一定(1.4 %)と一定として、窒素濃度を变化させた(Zn,Fe)Te 薄膜の SIMS 測定結果を示す。Figure では 4 つの薄膜試料の深さ方向の <sup>14</sup>N 濃度のプロファイルを示している。(Zn,Fe)Te 層の厚さ(約 500~700 nm)の全範囲に <sup>14</sup>N 濃度はほぼ一定となっており、窒素は薄膜中に均一にドーピングされていることが

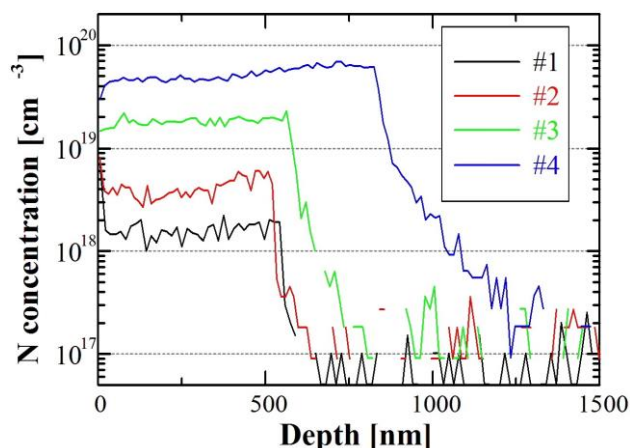


Figure 1: SIMS profile of N concentration of (Zn,Fe)Te:N films grown by MBE.

わかる。測定した 4 つの薄膜試料#1~#4 はこの順に RF プラズマ源の出口の口径を大きくして薄膜成長を行っており、この手法で窒素濃度の制御が可能であることが示された。さらにこれらの薄膜に対し、X 線微細構造(XAFS)測定より Fe イオンの価数を、超伝導量子干渉磁束計(SQUID)により磁化測定を行い、両者の相関を明らかにした。

## 4. その他・特記事項(Others)

なし。

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

- I. Saha et al., "Structural and magnetic properties of nitrogen co-doped II-VI diluted magnetic semiconductor (Zn,Fe)Te thin films grown under Zn-rich condition by MBE", 第 80 回応用物理学会秋季学術講演会(2019/9/18-21、北海道大学 札幌キャンパス)
- I. Saha, et al., "Structural and Magnetic properties of nitrogen acceptor co-doped (Zn,Fe)Te thin films grown in Zn-rich condition by MBE", 19th International Conference on II-VI Compounds and Related Materials (October 27-31, 2019, Zhengzhou, China)

## 6. 関連特許(Patent) なし。