

課題番号 : F-18-AT-0087
 利用形態 : 技術代行
 利用課題名(日本語) : II-VI 族半導体に添加した遷移元素の微量分析
 Program Title (English) : Microanalysis of transition-metal impurities incorporated in II-VI semiconductor
 利用者名(日本語) : 須永雅弘、牧田憲治、有野雅史、黒田眞司
 Username (English) : Masahiro Sunaga, Kenji Makita, Masashi Arino, 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) : Graduate School of Pure and Applied Sciences, University of Tsukuba
 キーワード/Keyword : 形状・形態観察、分析、分子線エピタキシー、磁性半導体、単一スピン

1. 概要(Summary)

半導体の量子ドットに微量の遷移元素を含んだ系が注目を集めている。とりわけ遷移元素の原子 1 個を含んだ量子ドットは遷移元素 d 電子の局在モーメント 1 個が孤立した系となり、単一スピンを対象とした実験研究の格好の舞台となる¹⁾。我々は、分子線エピタキシー(MBE)により Cr 原子 1 個を含む CdTe 自己形成ドットを作製し、ドット中の単一 Cr スピンの振舞いの解明を試みている²⁾。

ドット当たり Cr 原子がちょうど 1 個含まれるような試料の作製するためには、MBE 成長時に供給する Cr 分子線量の調整が鍵となる。今回の研究では、MBE により微量の Cr 分子線を供給して CdTe:Cr 層を成長し、層中の Cr 濃度を二次イオン質量分析(SIMS)により測定した。これにより Cr 分子線量と実際に結晶中に取り込まれる Cr 濃度との関係を定量的に把握することを目指した。

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】

CdTe/CdTe:Cr 多層構造は MBE により GaAs(001) 基板上に作製した。分子線源は Cd, Te, Cr を用い、Cd と Te の分子線量は一定とし、Cr の分子線量を各層で変化させた。SIMS 測定においては、電子プローブマイクロアナライザー(EPMA)測定で Cr 組成が判明している(Cd,Cr)Te 薄膜を標準試料として用いた。

3. 結果と考察(Results and Discussion)

Figure 1 は SIMS により測定した CdTe/CdTe:Cr 多層構造の Cr 濃度プロファイルを示す。この構造は厚さ 10~30 nm の 7 つの CdTe:Cr 層から成り、各層の成長時の Cr 分子線の供給量(ビーム等価圧力 BEP)および供

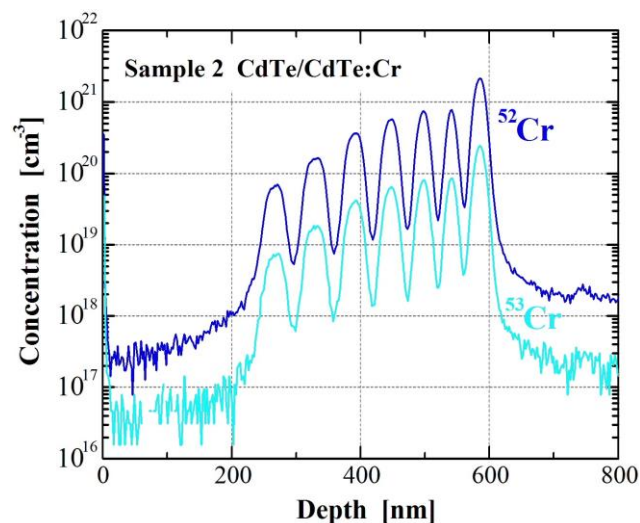


Figure 1 : SIMS profile of a CdTe/CdTe:Cr multilayer structure grown by MBE.

給時間を変化させた。標準試料の測定結果より相対感度係数を算出し、各層の Cr 濃度の絶対値を算出した。図に示す通り、Cr 濃度は $8 \times 10^{19} \sim 3 \times 10^{21} \text{ cm}^{-3}$ (原子組成割合で 0.6~17.3 %) の範囲で変化していることが判る。この測定結果より、CdTe:Cr 層成長時の Cr 分子線量と結晶中に取り込まれる Cr 濃度の定量的関係を求めることができた。得られた関係より、CdTe 自己形成ドット作製においてドット当たり Cr 原子 1 個が含まれるために適量の Cr 分子線量を検討し、試料作製を行う。

4. その他・特記事項(Others)

- 1) L. Besombes *et al.*, PRL **93**, 207403 (2004).
- 2) A. Lafuente-Sampietro *et al.*, PRB **95**, 035303 (2017).

5. 論文・学会発表(Publication/Presentation)

なし。

6. 関連特許(Patent)

なし。