

スパッタリング法で作製した β -FeSi₂ 多結晶薄膜内の不純物濃度分析

Investigation of impurity concentrations in β -FeSi₂ films grown by sputtering method

鹿児島大理工¹, 九工大情報工², °服部 哲¹, 東 貴彦¹, 池田修哉², 扇 和也², 寺井慶和^{1,2}

Kagoshima Univ.¹, Kyushu Inst. of Tech.², °T. Hattori¹, T. Higashi¹, S. Ikeda², K. Ogi², Y. Terai^{1,2}

E-mail: K1003167@kadai.jp

【はじめに】 これまで我々は、高純度Fe (5N)と n -Siウエハー (P濃度: 10^{14} – 10^{15} cm⁻³; $\rho = 1$ – 20 Ω ·cm) をターゲットとしたRFマグネトロンスパッタリング法により、低電子密度(約 10^{16} cm⁻³)の n 型 β -FeSi₂多結晶薄膜(無添加試料)を作製してきた[1]。また、Siターゲットを p^+ -Siウエハー (B濃度: 10^{19} – 10^{20} cm⁻³)に変更することで、正孔密度が約 10^{17} cm⁻³の p 型多結晶薄膜 (B添加試料)の作製にも成功している[2]。しかし、これらの多結晶薄膜内における残留不純物元素およびB添加濃度は明らかとなっていない。そこで本研究では、無添加およびB添加試料においてSIMS分析を行い、試料内の残留不純物濃度およびB添加濃度の深さ方向分布を調べたので報告する。

【実験方法】 高抵抗 Si 基板($\rho > 1$ k Ω ·cm)上に約 800–850 nm の Fe, Si アモルファス層(Fe : Si = 1 : 2)を室温にて堆積した。その際、Si ターゲットには上記 2 種類の n -Si ウエハーと p^+ -Si ウエハーを用いた。室温堆積後、真空中 800°C, 32 h の熱処理によりシリサイド成長を行った。そして、高質量分解能 SIMS 測定により、残留不純物元素の特定、および深さ方向分布を測定した。

【結果】 Fig. 1(a)に無添加試料 (電子密度: 1×10^{16} cm⁻³), (b)に B 添加試料 (正孔密度: 1×10^{17} cm⁻³) における不純物元素の深さ方向分布を示す。無添加試料(a)では n 型ドーパントとなる As のみが検出され、B, Al, P, S, Cl, Cr, Mn, Co, Ni, Cu といった元素は検出限界以下で β -FeSi₂ 膜中での存在は確認されなかった。よって、無添加試料の電子密度はFe原料から混入したAsに由来すると考えられる。これまで、MBE で作製した β -FeSi₂ エピタキシャル膜の SIMS 分析では、Fe 原料から Al, Mn, As が混入するが、ドナー準位が浅い As が n 型伝導の主たる起源であると報告してきた[3]。本結果は、無添加試料の n 型伝導が As に由来することを支持するものである。次に B 添加試料(b)では、 β -FeSi₂ 膜中で 2 – 5×10^{19} cm⁻³ の B が存在し、 p^+ -Si ターゲット中の B がほぼ添加されていることが確認された。B 添加により伝導型が p 型へ変化することから、添加された B が β -FeSi₂ でアクセプターとして機能しているといえる。しかし、得られた正孔密度は 1×10^{17} cm⁻³ と B 添加濃度に比べ 2 桁小さいことが明らかとなった。よって、アクセプターとしての B の活性化率は低いといえる。 β -FeSi₂ では、B が Si サイトを置換した場合アクセプター、Fe サイトを置換した場合はドナーとして機能すると報告されている[4]。我々の多結晶膜での B の置換サイトは検証できていないが、Fe サイトを置換した B 濃度が高いため得られた正孔密度が低いと考えられる。

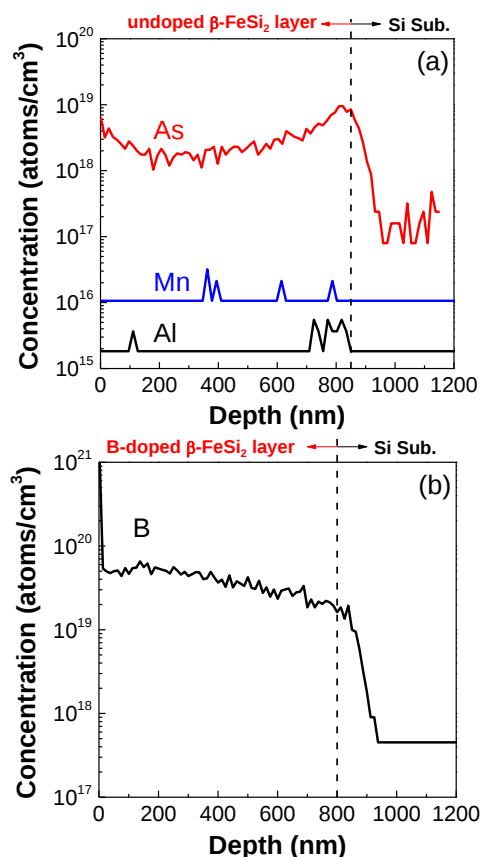


Fig. 1 Depth profiles of impurity elements in (a) undoped and (b) B-doped β -FeSi₂ films.

[1] 東他, 第 62 回応用物理学会春季学術講演会, 13p-A25-8.

[2] 服部他, 第 62 回応用物理学会春季学術講演会, 12p-P8-4.

[3] Y. Terai, *et al.* J. Appl. Phys. **112**, 013702 (2012).

[4] J. Tani, *et al.* Jpn. J. Appl. Phys. **41**, 6426 (2002).