

Sb 添加 β -FeSi₂ エピタキシャル膜におけるドナー活性化条件の最適化(II)

Optimization of donor activation conditions in Sb-doped β -FeSi₂ epitaxial films (II)

九工大情報工, °江口 元, 阿部光希, 木下涼太, 村上智樹, 寺井慶和

Kyushu Inst. of Tech., °H. Eguchi, M. Abe, R. Kinoshita, T. Murakami, Y. Terai

E-mail: n232008h@mail.kyutech.jp

【はじめに】 我々は β -FeSi₂ エピタキシャル膜の電子密度制御を目的に、これまで Si(111) 基板上の Sb 添加 β -FeSi₂(110)(101)//Si(111) エピタキシャル膜を作製し、Sb 添加効果を検証してきた[1]. その結果、as-grown 試料では低い電子密度($8 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$)であったが、Sb 活性化条件の最適化により $4 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ の電子密度を得ることに成功した[2]. しかし、最適活性化条件である N₂ 雰囲気中 600 °C のポストアニールを行った試料では、ドナーとして機能する Si サイトへの Sb 置換だけでなく、アクセプターとして機能する Fe サイトへの Sb 置換も促進されることが明らかとなった[2]. 本研究では、Sb 置換サイト制御を念頭に、成長方位の異なる Sb 添加 β -FeSi₂(100)//Si(001) エピタキシャル膜を作製し、その Sb 添加効果を検証したので報告する.

【実験方法】 テンプレートを用いた MBE 法により、200 nm の Sb 添加 β -FeSi₂ エピタキシャル膜を FZ-Si(001) 基板($\rho > 1-3 \text{ k}\Omega\cdot\text{cm}$)上に成長させた. 成長時の Sb k-cell 温度(T_{Sb})は 400 °C と固定し、Sb の過剰供給条件下で成長を行った. 試料成長後、Sb をドナーとして活性化させるため N₂ 雰囲気中において 1 h の活性化熱処理を行った. その時、活性化温度(T_a)を 100–600 °C で変化させた. その後、van der Pauw 法により電気特性を評価した.

【結果】 成長表面の RHEED 像より、Sb 添加 β -FeSi₂(100)//Si(001) エピタキシャル成長を確認した. Fig. 1 に Si(111) および Si(001) 上の Sb 添加 β -FeSi₂ エピタキシャル膜における (a) 電子密度 n と (b) 移動度 μ の活性化温度依存性を示す. Si(111) 上の場合、 $T_a = 600 \text{ °C}$ まで活性化温度の上昇に伴い電子密度が増加、移動度が低下し、その後、 $T_a = 700 \text{ °C}$ において急激に電子密度が減少、移動度が向上した. この原因の一つとして、添加された Sb 原子の試料表面からの再蒸発が考えられる. 一方、Si(001) 上では、活性化による電子密度の増加が $T_a \leq 300 \text{ °C}$ で確認されたが、それ以上の活性化温度では徐々に電子密度が減少、移動度が増加しており、成長方位に依存して最適活性化温度が異なることが明らかとなった. この結果は、活性化後の Fe および Si サイトへの Sb 置換率、または Sb の再蒸発量が成長方位に依存することを示しており、当りはそれぞれの検証結果について報告する.

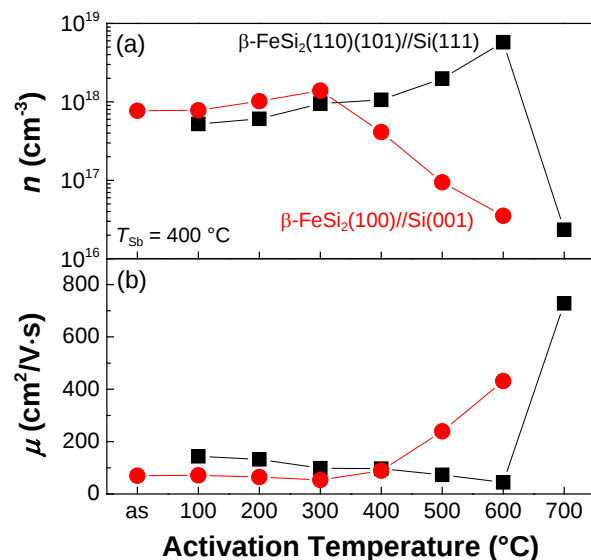


Fig. 1 T_a -dependence of (a) n and (b) μ in β -FeSi₂(100)//Si(001) and β -FeSi₂(110)(101)//Si(111) epitaxial films.

[1]飯沼他, 第64回応用物理学会春季学術講演会, 15p-P13-4.

[2]江口他, 第65回応用物理学会春季学術講演会, 18p-P6-7.