## Sb 添加 β-FeSi2 エピタキシャル膜における Si/Fe 組成比の最適化 Optimization of Si/Fe composition ratio in growth of Sb-doped β-FeSi2 epitaxial films 九工大情報工,<sup>0</sup>木下涼太,阿部光希,江口元,寺井慶和 Kyushu Inst. of Tech.,<sup>0</sup>R. Kinoshita, M. Abe, H. Eguchi, Y. Terai E-mail: p232030r@mail.kyutech.jp

【はじめに】 我々は β-FeSi<sub>2</sub>エピタキシャル膜の電子密度制御を目的に, Sb 添加 β-FeSi<sub>2</sub>エピタキシャル膜を作製し, その電気特性を評価してきた. その結果, as-grown 試料では低電子密度 (4 × 10<sup>17</sup> cm<sup>-3</sup>) であるが, 最適活性化条件である N<sub>2</sub>雰囲気中 600 °C の活性化処理を行った試料では 6 × 10<sup>18</sup> cm<sup>-3</sup> の電子密度を得ることに成功した[1]. しかし,活性化処理により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. 活性化条件の精密制御により Sb の置換サイトの制御を試みたが, Fe サイト置換の抑制には至らなかった[2]. そこで本研究では,エピタキシャル成長時の Si/Fe 組成比を変化させて Sb 添加 β-FeSi<sub>2</sub> エピタキシャル膜を作製し,電子密度と Sb 置換サイトの Si/Fe 組成比依存性を検証した.

【実験方法】 テンプレート法を用いた MBE 法により, Sb k-cell 温度を 400 ℃ と固定して成長温度 (T<sub>s</sub>) と Si/Fe フラックス比 (R<sub>Si/Fe</sub>)を変化させて, Sb 添加 β-FeSi<sub>2</sub> エピタキシャル膜を FZ-Si(111)基板に作製

した. ラマン分光法による Si/Fe 組成比評価より,  $T_s = 670$  °C,  $R_{Si/Fe} = 1.47$  で作製した試料はSi 過剰 (Si rich),  $T_s = 550$  °C,  $R_{Si/Fe} = 1.17$  の試料は化学量論組成 (Stoichiometry),  $T_s = 670$  °C,  $R_{Si/Fe} = 0$  の試料はSi 欠 損 (Si poor)であると判断された. 試料成長後, N<sub>2</sub> 中において活性化温度 ( $T_a$ ) 100–700 °C で1 h の活 性化処理を行い, van der Pauw 法により電気特性を 評価した.

【結果】室温における電子密度の活性化温度依存性 を Fig.1 に示す. 各試料において, 活性化温度の上 昇に伴い電子密度が増加し,500 ℃ または 600 ℃ で最大電子密度を示した. 従来報告してきた Sirich 試料と比較すると, Stoichiometry 試料と Si poor 試 料では最大電子密度が増加しており、Stoichiometry 試料でこれまでの最大電子密度が2×1019 cm-3得ら れた. 次に各成長条件で作製した as-grown 試料のキ ャリア密度の温度依存性を Fig.2 に示す. これまで 報告してきた Si rich 試料は全温度領域で n 型伝導 を示すのに対し, Stoichiometry 試料と Si poor 試料 では低温領域で p 型伝導, 高温領域で n 型伝導を示 す結果が得られた. Si poor 試料では p型伝導領域で の正孔密度が高く, n型から p型に変化する温度も Stoichiometry 試料より高いことから, Fe サイトへ の Sb 置換量が増加していると考えられる.以上の 結果より, MBE 成長中の Si/Fe 組成比は Fe および Si サイトへの Sb 置換量に影響をおよぼし、最大電 子密度を得るためには化学量論組成比での作製が 適していることが明らかとなった.

H. Eguchi, Y. Terai, Defect and Diffusion Forum, 386 (2018) 38.
阿部他,平成 30 年度応用物理学会九州支部学術講演 9Ba-5.







Fig. 2 Temperature dependence of carrier density in Sb doped  $\beta$ -FeSi<sub>2</sub>.