## β-FeSi2多結晶薄膜における結晶欠陥と残留キャリア密度との相関

Correlation between crystal defects and residual carrier density in β-FeSi<sub>2</sub> polycrystalline films 鹿児島大理工,<sup>○</sup>東 貴彦,服部 哲,塚本裕明,山口陽己,寺井慶和

Kagoshima Univ., <sup>°</sup>T. Higashi, T. Hattori, H. Tsukamoto, H. Yamaguchi, Y. Terai

## E-mail: K0681822@kadai.jp

【はじめに】 前回我々は、スパッタリング法により室温で Fe, Si アモルファス層を堆積し、800 ℃、16hの長時間熱処理を行った後に、低残留キャリア密度(7×10<sup>15</sup>~6×10<sup>16</sup> cm<sup>-3</sup>)の β-FeSi<sub>2</sub>多結 晶薄膜が形成することを報告した[1]. このキャリア密度の低減を達成するには、成長時の不純物 原子の混入を抑制することが重要であった.本研究では、不純物以外の結晶欠陥がキャリア密度 へおよぼす影響を検証することを目的に、熱処理時間が短く結晶欠陥が残留した多結晶薄膜にお いて、電気伝導特性を評価した.

【実験方法】 スパッタリング法により, Fe: Si = 1:2のアモルファス層(約 200 nm)を FZ-Si 基板(1-3 k\Omega·cm)上に堆積した. その基板を小片に切り出し, 真空中 800 °C の熱処理時間を 0.5~16 h で変化させてシリサイド成長を行った. そして, 各試料において Al オーミック電極を作製し, van der Pauw 法によりホール効果測定を行った. ラマンスペクトル測定から, 0.5 h 試料において も  $\beta$ -FeSi<sub>2</sub>相に起因する強いラマン線が確認されたことから, 全ての試料でアモルファス層全体が  $\beta$ -FeSi<sub>2</sub>層へ変化していると判断した.

【結果】 Fig.1に室温で測定した (a) キャリア密度  $n_{e}$ , (b) 移動度  $\mu$  の熱処理時間依存性を示す. 熱処理時間に依存せず,全ての試料は n 型伝導であった.短時間熱処理の 0.5, 2, 4 h の試料では, キャリア密度が  $10^{20} \sim 10^{21}$  cm<sup>-3</sup> と非常に高く,移動度は極めて低い値であった.一方,熱処理時 間が 4 h を超えると急激にキャリア密度が  $10^{16}$  cm<sup>-3</sup> 台まで減少し,移動度も二桁以上大きい値を 示した.このように、キャリア密度は熱処理時間に大きく依存することが明らかとなった.次に 各試料においてラマンスペクトルを測定し、各ラマン線の熱処理時間依存性を調べた.その結果, 248 cm<sup>-1</sup>付近の Fe の Ag-mode のラマン線において、そのエネルギー位置が熱処理時間とともに高 エネルギー側にシフトする結果が得られた.

長時間熱処理した試料は低残留キャリア密度を示すことから,成長した Fe, Si アモルファス層 内の不純物密度は低い(~10<sup>17</sup> cm<sup>-3</sup>)と判断される.よって,短時間熱処理の試料で観測された高い

キャリア密度は、 $\beta$ -FeSi<sub>2</sub>層内に存在する不純物以外の結 晶欠陥に由来するものと考えられる.これまで、 $\beta$ -FeSi<sub>2</sub> 格子中の Fe 空孔はドナー、Si 空孔はアクセプターとし て機能することが報告されている[2].また、Lefki 等は Fe 原子の欠損により Fe の Ag-mode のラマン線が低波数 側にシフトすることを報告している[3].よって、我々の 多結晶膜で観測した Fe の Ag-mode のシフトは、短時間 熱処理の膜内には多数の Fe 空孔が存在することを示唆 している.以上の結果から、短時間熱処理の $\beta$ -FeSi<sub>2</sub>多 結晶薄膜内には、Fe 空孔または Fe 空孔に関連した欠陥 が多量に存在し、それらがドナーとして機能するため、 高い電子密度を示したと解釈される.そして、熱処理時 間の増加に伴い Fe の空孔密度が減少し、その結果ドナ 一密度が減少することで長時間熱処理試料での低残留 キャリア密度が達成されたと考えられる.

 [1] 服部他,第 61 回応用物理学会春季学術講演会, 19p-D3-10.
[2] J. Tani, *et al.* J. Alloys Comp. **352** (2003) 153.
[3] K. Lefki, *et al.* Solid State Commun. **80** (1999) 791.



Fig. 1 Annealing time dependence of (a) carrier density, (b) mobility in  $\beta$ -FeSi<sub>2</sub> polycrystalline films.