

Si/ β -FeSi₂ 複合薄膜の熱処理温度が交流伝導率の周波数特性に及ぼす影響

Frequency dependence of alternating current conductivity of Si/ β -FeSi₂ composite thin films with different post-heat treatment temperatures

明大理工¹, [○]齊藤 佑太¹, 勝俣 裕¹

Meiji Univ.¹, [○]Yuta Saito¹, Hiroshi Katsumata¹

E-mail: ce181029@meiji.ac.jp, katumata@meiji.ac.jp

【はじめに】近年、高い安全性と高容量化が期待される、無機半導体を利用した全固体二次電池が提案されている[1, 2]。Amorphous-Si(a-Si)膜中にナノ結晶 β -FeSi₂ を含有した a-Si/ β -FeSi₂ 複合薄膜は、全固体二次電池の充電層に応用できる可能性があるが、その電気伝導機構は明らかではない。前回、550°Cで熱処理した Si/ β -FeSi₂ 複合薄膜と熱処理前の Fe 添加 SI 薄膜の電気伝導機構について比較した[3]。今回は Si/ β -FeSi₂ 複合薄膜の熱処理温度に依存した構造的な特性および交流の電気特性を評価し、電気伝導機構について検討した。

【実験方法】Si ターゲット(5N, ϕ 101.6×t5 mm, 高純度化学研究所)上に、Fe チップ(4N, 5×5×t1 mm, 高純度化学研究所) 3 個を同心円状に配置し、RF マグネトロン共スパッタリング法により、石英基板 (Labo-USQ) 上に Fe 添加 a-Si 薄膜を成膜した。その後、Ar ガス雰囲気中にて 550°C, 5 時間あるいは 900°C, 5 時間の熱処理を行うことにより Si/ β -FeSi₂ 複合薄膜を形成し、それらの試料を XRD, TEM, 光透過・反射, I-V, インピーダンスの周波数依存性等の測定により評価した。また、Reference として Fe 無添加で成膜した a-Si 単膜や FeSi₂ ターゲット(4N, ϕ 101.6×t3 mm, 高純度化学研究所)を使用して成膜した β -FeSi₂ 単膜も評価した。

【結果および考察】図1に550°Cで熱処理した FeSi₂ 単膜, Si/FeSi₂ および 900°Cで熱処理した Si/FeSi₂ 試料の XRD スペクトルを示す。図1より FeSi₂ 単膜では 550°Cで十分結晶化しているが、Si/FeSi₂ 複合薄膜では 550°Cで Si, FeSi₂ に起因するピークはともにブロードであり、900°Cでそれら二つのピークの半値幅は狭小化した。図2に a-Si 単膜, β -FeSi₂ 単膜, Fe 添加 a-Si 薄膜および Si/ β -FeSi₂ 複合薄膜の全電気伝導率の角周波数依存性を示す。ホッピング伝導を示す物質の交流電気伝導率 $\sigma_{ac}(\omega)$ は $\sigma_{ac}(\omega) = \sigma_t(\omega) - \sigma_{dc}(\omega) = A\omega^s$ [$\sigma_t(\omega)$: 全電気伝導率, $\sigma_{dc}(\omega)$: 直流電気伝導率, A, s (0<s≤1): 定数]と表される[4]。550°C熱処理後の Si/ β -FeSi₂ 複合薄膜は、 3.0×10^5 rad/s 以上の高周波領域で上式に従うため、ホッピング伝導をしていると考えられる。また、900°C熱処理後の poly-Si/FeSi₂ 複合薄膜は、550°C熱処理後の a-Si 単膜と類似したホッピング伝導を示した。

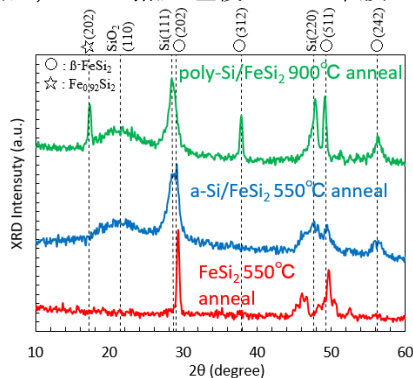


図1 XRD スペクトル

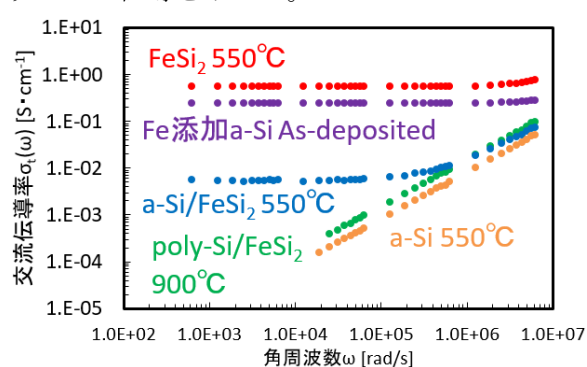


図2 全電気伝導率 σ_t の角周波数依存性

- [1] Akira Nakazawa, US patent, US9887441B2 (2018). [2] 佐々木敦也 他, 第66回応用物理学会春季学術講演会, 9p-S321-14 (2019). [3] 齊藤佑太 他, 第66回応用物理学会春季学術講演会, 11p-W834-16 (2019). [4] Moshin Ganate et al., ACTA PHYSICA POLONICA A, **128**, 59 (2015).