アモルファス Si/β-FeSi₂ 複合薄膜の電気伝導機構

Electrical conduction mechanism of amorphous Si/β-FeSi₂ composite thin films

明大理工¹,⁰齊藤 佑太¹, 勝俣 裕¹

Meiji Univ.¹, ^OYuta 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。本研究では a-Si/β-FeSi2複合薄膜の直流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, 石英基板上に Fe 添加 a-Si 薄膜を成膜した。Reference として Fe を添加しない Si 単膜および FeSi₂ターゲットを 用いて同様にスパッタ成膜した FeSi₂単膜の試料も作製した。その後, Ar ガス雰囲気中にて 550℃, 5 時間の熱処理を行った。熱処理残後の薄膜を XRD, 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。

【結果および考察】

図1にFe添加a-Si薄膜の熱処理前後のXRDスペクトルを示す。熱処理前ではSiO2基板に起因 するピーク以外は観測されなかったが、熱処理後ではa-Siとβ-FeSi2に起因するピークが観測され、 光吸収スペクトルでも両物質(a-Si/β-FeSi2複合薄膜)に起因した吸収端が観測された。

図 2 に Fe 添加 a-Si 薄膜, a-Si/β-FeSi₂ 複合薄膜および a-Si 単膜の試料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[3]。a-Si/β-FeSi₂ 複合薄膜の高周波領域および a-Si 単膜の試料は上式に従って伝導率が変化しているため、ホッピ ング伝導が示唆され、s 値は各々0.762, 1.00 と見積もられた。また、I-V 測定から Fe 添加 a-Si 薄膜 および a-Si/β-FeSi₂ 複合薄膜の直流伝導率が各々2.53×10⁻¹, 5.17×10⁻³ [S·cm⁻¹]と求まり、図 2 から求 めた $\sigma_{dc}(\omega)$ = 2.42×10⁻¹, 5.78×10⁻³ と良い一致を示した。



[1] Akira Nakazawa, US patent, US9887441B2 (2018).

[2] Atsuya Sasaki et al., Jpn, J. Appl. Phys. 57, 041201 (2018).

[3] Moshin Ganate and M.Zulfequar, ACTA PHYSICA POLONICA A, 128, 59 (2015).