

β -FeSi₂ エピタキシャル膜における直接遷移エネルギーの 成長温度依存性

Dependence of direct transition energy on growth temperature in β -FeSi₂ epitaxial films

鹿児島大理工¹, 九工大情報工²

○塚本裕明¹, 飯沼元輝², 山口陽己¹, 村社尚紀², 山崎一輝², 寺井慶和^{1,2}

Kagoshima Univ.¹, Kyushu Inst. of Tech.²

○H. Tsukamoto¹, M. Iinuma², H. Yamaguchi¹, N. Murakoso², K. Yamasaki², Y. Terai^{1,2}

E-mail: K3559969@kadai.jp

【はじめに】 これまで我々は、Si上の β -FeSi₂エピタキシャル膜において、格子不整合に起因したひずみにより β -FeSi₂の電子構造が変化することを明らかにしてきた[1]。 β -FeSi₂に導入されるひずみは結晶中の欠陥密度に依存すると考えられるが、欠陥量と電子構造変化との相関は明らかになっていない。そこで本研究では、成長温度(T_s)により実効的なSi供給量を変化させ、Si組成比の異なる β -FeSi₂エピタキシャル膜を作製した。そして、フォトリフレクタンス(PR)測定により直接遷移エネルギー(E_g)を評価することで、Si組成比と電子構造変化との相関を検証した。

【実験方法】 RDE法により、 $T_s = 670^\circ\text{C}$ でSi(111)基板上に β -FeSi₂テンプレート(20 nm)を作製した。そして、Si/Fe供給比を1.2と固定したMBE法 (Fe, Siの同時供給) により、60 nmの β -FeSi₂エピタキシャル膜を成長させた。MBE成長の際、 T_s を400–670°Cで変化させ、熱拡散によるSi基板からのSi供給量を変化させた。

【結果】 RHEED と XRD パターンから、全ての試料で β -FeSi₂エピタキシャル成長が確認された。また、ラマンスペクトルからSi供給量を評価したところ、670°C, 600°C 試料ではSi過剰, 550°C 試料ではほぼ化学量論組成, 400–500°C 試料ではSi欠損になっていると推定された。それら試料のPRスペクトルをFig. 1に示す。図より、 T_s が低くなるに伴いスペクトルが高エネルギー側にシフトし、スペクトルもブロードになっていることがわかる。Aspnesの式から求めた各試料の E_g をFig. 2に示す。図より T_s の低下に伴い E_g が高エネルギー側へシフトし、400°C 試料では β -FeSi₂単結晶とほぼ同じ E_g を示すことが明らかとなった。また、400–500°C 試料では結晶の不均一性を示すブロードニング定数が顕著に増加していた。低温成長ではSi基板からのSi供給量が減少し、 β -FeSi₂中にSi空孔が形成されやすくなる。よって、Si空孔の増加により不均一性が促進されたと考えられる。これまで、単結晶の E_g は0.938 eVであるのに対し、エピタキシャル膜ではひずみにより電子構造が変化し、その結果、 E_g が低エネルギー側へシフトすることを報告してきた。しかし、本研究の低温成長試料は単結晶とほぼ同じ E_g を示すことから、Si空孔の増加によりひずみが緩和していると考えられる。よって、 β -FeSi₂へのひずみ導入では、精密な組成制御が必要であることが判明した。

[1] Y. Terai, *et al.* Thin Solid Films **519**, 8468 (2011).

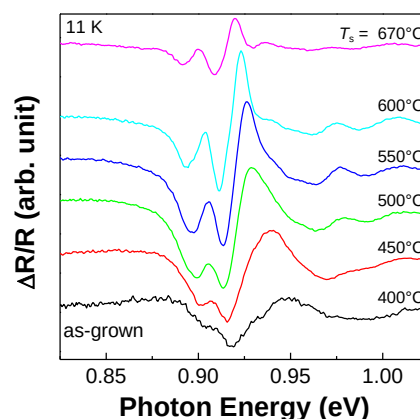


Fig 1. PR spectra as a function of T_s .

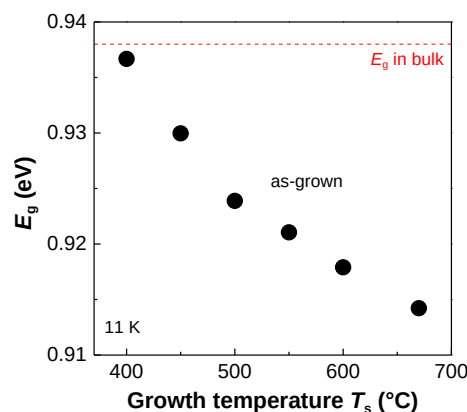


Fig 2. E_g as a function of T_s .