

Ge/ β -FeSi₂ 薄膜における PL, PR スペクトルの Ge 面内ひずみ量依存性

Dependence of PL and PR spectra on Ge in-plane strain in Ge/ β -FeSi₂ thin films

九工大情報工, [○]長友 颯一郎, 石飛 新太郎, 寺井慶和

Kyushu Inst. of Tech., [°]S. Nagatomo, S. Ishitobi, Y. Terai

E-mail: terai@phys.kyutech.ac.jp

【はじめに】Ge は間接遷移型半導体であるが, 2%の面内引張ひずみ導入により直接遷移型となることが予測される[1]. 我々は Ge と β -FeSi₂ の熱膨張係数差が大きいことに着目し, β -FeSi₂ 上の Ge 薄膜で Ge 面内引張ひずみの導入を目指している. これまでに2段階成長法(低温での Ge 初期成長+Ge 高温成長)により, Ge(001)/ β -FeSi₂(100)薄膜を作製してきた. その結果, as-grown 試料では面内圧縮ひずみ($\varepsilon_{//} = -0.21$), 成長後のポストアニールにより引張ひずみ($\varepsilon_{//} = +0.75$)が導入されることを報告してきた[2]. さらに Ge 初期成長温度($T_{\text{ini-Ge}}$)を低下させることで, 引張ひずみが増加($\varepsilon_{//} = +0.89$)することを見いだした [3]. 今回は, これら試料で発光(PL), 光変調反射率(PR)スペクトルを測定し, ひずみに依存した Ge の電子構造変化について検証した.

【実験方法】MBE 法により, Ge(150 nm)/ β -FeSi₂(70 nm)/CZ-*n*-Si(001) sub.構造を作製した. Ge 初期層(約 20 nm)の成長温度を $T_{\text{ini-Ge}} = 250^\circ\text{C}$ とし, その後 130 nm の Ge 薄膜を 300°C で成長した. 成長後, 急速冷却による面内引張ひずみの導入を目的に, RTA 装置を用いて 800°C , 10 min のポストアニールを真空中で行った. PL 測定では 532 nm のレーザー光で試料を励起し, Ge-PIN 検出器を用いて室温で発光スペクトルを測定した. PR 測定では, タングステンランプと 532 nm のレーザーを光源に用い, 40 K にて光変調反射率($\Delta R/R$)を InGaAs フォトダイオードで測定した.

【結果】XRD 測定によるひずみ評価の結果, as-grown 試料では $\varepsilon_{//} = -0.21$ の圧縮ひずみが Ge 層内に残留していた. 一方, ポストアニール後は $\varepsilon_{//} = +0.89$ の最大引張ひずみが Ge 層へ導入されていた. Fig. 1 に示した as-grown と annealed 試料の室温 PL スペクトルでは, 両者ともブロードな発光スペクトルを示した. この発光は Ge の Γ 点における直接遷移発光と報告されている. ピークエネルギーに着目すると, as-grown 試料は 0.86 eV 付近であるのに対し, annealed 試料は 0.83 eV 付近にピークを示した. Fig. 2 に 40 K で測定した PR スペクトルを示す. Aspn の 3 次微分形の光変調反射率スペクトルが観測され, Ge の Γ 点における直接遷移に起因する信号と同定される. as-grown 試料に対し annealed 試料のスペクトルは低エネルギー側にシフトした. 以上の結果より, $\varepsilon_{//} = -0.21$ (as-grown) と $\varepsilon_{//} = +0.89$ (annealed) のひずみに依存して, Ge の電子構造変化が生じていることが明らかとなった. 引張ひずみ導入により Γ 点の伝導帯が低エネルギー側にシフトすることから, 更なる引張りひずみ導入により直接遷移化が可能であると示唆される.

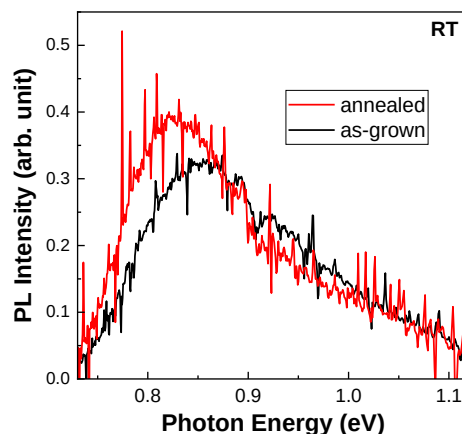


Fig. 1 PL spectra of Ge on β -FeSi₂.

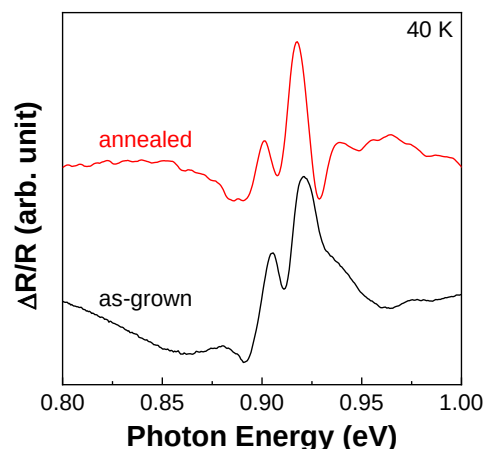


Fig. 2 PR spectra of Ge on β -FeSi₂.

[1] Y. Hoshina, *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys. **48**, 04C125 (2009).

[2] 石飛他, 第 84 回応用物理学会秋季学術講演会, 23p-B205-3.

[3] 石飛他, 第 71 回応用物理学会春季学術講演会, 24p-12K-7.