

Si/ β -(Fe_{1-x}Ru_x)Si₂/Si 多結晶積層構造における 1.5 μ m 発光の寿命評価 Evaluation of PL lifetimes in Si/ β -(Fe_{1-x}Ru_x)Si₂/Si polycrystalline stacked structures

九工大情報工, [○]吉原 怜, 寺井慶和

Kyushu Inst. of Tech., [○]R. Yoshihara, Y. Terai

E-mail: yoshihara.ren378@mail.kyutech.jp

【はじめに】 β -FeSi₂ は光通信波長帯用のシリコンベース材料として期待されるが、室温で十分な 1.5 μ m 発光(PL)強度が得られない問題がある。その原因の一つとして、伝導帯下端、価電子帯上端とも Fe の 3d 軌道が支配的であるため、バンド間遷移確率が小さいことがあげられる。そこで我々は、Fe の一部を同属元素である Ru で置換し、価電子帯上端での Si-p 軌道の寄与度を上げることで、バンド間遷移確率の増大を目指している[1]。前回我々は、スパッタリング法により Si(111)基板の上に $x = 0.57$ までの β -(Fe_{1-x}Ru_x)Si₂ 多結晶薄膜の作製に成功し、さらに Si/ β -(Fe_{1-x}Ru_x)Si₂/Si 積層構造において Ru 添加による 1.5 μ m 発光強度の増大を観測した[2]。この Ru 添加による発光強度増大効果のメカニズムを検証するため、積層構造試料において 1.5 μ m-PL の発光寿命を評価したので報告する。

【実験方法】スパッタリング法により、Si (100 nm)/B-doped β -(Fe_{1-x}Ru_x)Si₂ (2.5 nm)/Si sub.の積層構造を作製した。その際、活性層厚となる β -(Fe_{1-x}Ru_x)Si₂ の Ru 組成比を今回新たに $x = 0-0.71$ で変化させた。Nd:YAG レーザー(532 nm, 0.6 ns, 17 kHz)を励起光源に用い、InGaAs PMT を用いた時間相関単一光子計数測定法により発光寿命を測定した。

【結果】Fig. 1(a)に Si/ β -(Fe_{1-x}Ru_x)Si₂/Si 積層構造における、PL スペクトルの Ru 組成比依存性を示す。全試料において、0.807 eV 付近にピークを示す発光スペクトルが観測された。これまでの研究で~0.807 eV の発光はアクセプター準位を介したバンド間遷移発光と同定されており、その発光ピーク強度の Ru 組成比依存性を Fig.1(b)に示す。全ての Ru 添加積層構造において、発光強度が β -FeSi₂ ($x = 0$)より増大していることがわかる。次に、 β -FeSi₂ と最大発光強度を示した β -(Fe_{1-x}Ru_x)Si₂ ($x = 0.57$)の積層構造に着目し、発光寿命を測定した。Fig. 2 に 0.807 eV 付近で測定した発光強度の減衰曲線を示す。この減衰曲線を $I(t) = \sum_{i=1}^n \exp(-t/\tau_i)$ でフィッティング (図中の赤線) し、発光寿命 τ_1 , τ_2 を求めた。その結果、 β -FeSi₂ で $\tau_1 = 2$ ns, $\tau_2 = 65$ ns, β -(Fe_{1-x}Ru_x)Si₂ で $\tau_1 = 1$ ns, $\tau_2 = 49$ ns が得られ、 β -(Fe_{1-x}Ru_x)Si₂ 積層構造の発光寿命は β -FeSi₂ より若干短いことが明らかとなった。バンド間遷移確率は $1/\tau_i$ に比例することから、Ru 添加によりバンド間遷移確率が向上し、1.5 μ m 発光強度が増大したと解釈される。Ru 添加によりバンド間遷移確率が向上する理由の一つとして、第一原理計算[1]で示されている価電子帯上端における Si-p 軌道の寄与度増大が考えられ、今後、更なる検証を進める予定である。

[1] W.Henrion, *et al.*, Thin Solid Films, 364 (2000) 171176.

[2] 吉原他, 第 82 回応用物理学会春季学術講演会, 16a-Z23-4

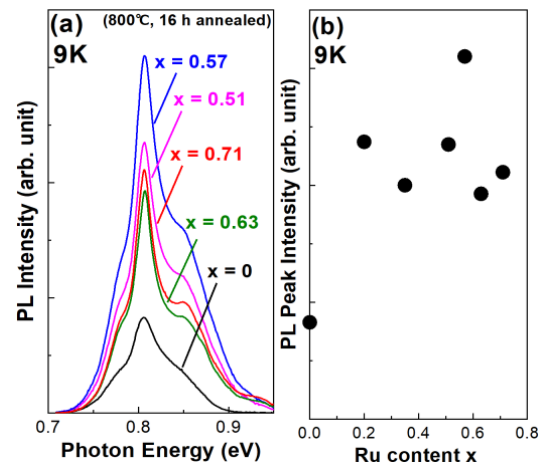


Fig. 1. (a) PL spectra and (b) PL peak intensity at 0.807 eV in Si/ β -(Fe_{1-x}Ru_x)Si₂/Si double-hetero structures.

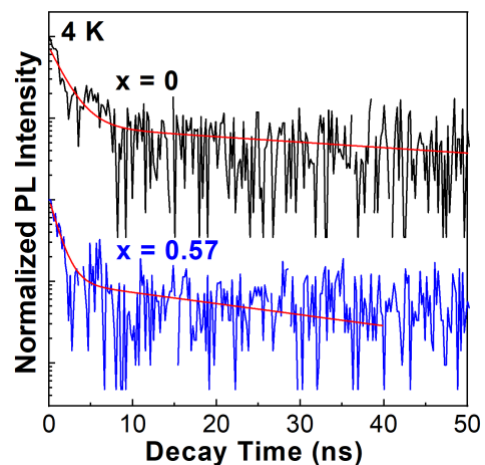


Fig. 2. PL decay curves measured at 0.807 eV in Si/ β -(Fe_{1-x}Ru_x)Si₂/Si double-hetero structures.