

表面損傷を与えた Si 基板における Si 欠陥発光の寿命評価

PL lifetimes of Si defect-related PLs in surface-damaged Si substrate

九工大情報工, [○]扇 和也, 岡 直大, 池田修哉, 瀬戸島健太, 寺井慶和

Kyushu Institute of Technology, [○]K. Ogi, N. Oka, S. Ikeda, K. Setojima and Y. Terai.

E-mail: m232018k@mail.kyutech.jp

【はじめに】応力変形により転位が導入された Si 基板では, D-line と呼ばれる Si 欠陥由来の発光が複数観測される[1]. その中で D1-line の発光エネルギー(約 0.812 eV)は, β -FeSi₂ のバンド間遷移発光(A-band : 0.803 eV)と非常に近い. そのため, Si 基板上に作製した β -FeSi₂ では, 観測される 1.5 μ m 発光の起源の同定が困難となる. これまで我々は, イオン注入法で作製した β -FeSi₂ とイオン損傷を与えた Si 基板で時間分解発光測定を行い, 発光寿命評価が A-band と D1-line の区別に有効であると報告してきた[2]. しかし, Si 欠陥発光の寿命値の報告例は少なく, 報告値もナノ秒からマイクロ秒の領域で異なっている[3]. そこで, 詳細に D-line の発光寿命を調べることを目的に, 本研究では表面損傷を与えた Si 基板を作製し, 発光および発光寿命評価を行ったので報告する.

【実験方法】ダイヤモンドスクライバー(切削圧力, 約 1 kg)を用い, p-Si(001)基板 ($\rho = 8\text{--}12 \Omega\cdot\text{cm}$) 鏡面へ格子状 (0.5 mm 間隔) の表面損傷を与えた (Fig. 1 挿入図). その後, RTA により真空中 900 $^{\circ}\text{C}$, 0.5 h の熱処理を行い, 欠陥の導入を試みた. 発光測定では Nd:YAG レーザー (532 nm) を励起光源に用い, 発光は Ge-pin 検出器で測定した. 時間分解発光測定では, 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法により測定した.

【結果】Fig. 1 に発光スペクトルの温度依存性を示す. 11 K で 0.807 eV と 0.871 eV にピークを示す強い発光が観測され, 160 K まで発光が検出された. 両者のピークエネルギーは D1-line および D2-line の報告値とほぼ一致する. よって, 表面損傷を与えた Si 基板内に欠陥が導入され, D1 と D2-line に対応する欠陥準位が形成されたと考えられる. それぞれのピークエネルギーで測定した, D1-line と D2-line の発光強度の減衰曲線を Fig. 2 に示す. 指数関数によるフィッティングの結果 (図中の実線), D1-line において $\tau_1 = 40 \text{ ns}$, $\tau_2 = 700 \text{ ns}$, $\tau_3 = 4.9 \mu\text{s}$ の発光寿命が得られた. これらの値は, イオン損傷 Si 基板での D1-line の発光寿命($\tau_1 = 14 \text{ ns}$, $\tau_2 = 140 \text{ ns}$, $\tau_3 = 3.3 \mu\text{s}$ [2])と比較し, 若干長い寿命値となっている. 両者の試料では, 欠陥の導入方法が大きく異なり, 発光スペクトル形状も異なっているにもかかわらず, D1-line で短い寿命 (ナノ秒) と長い寿命 (マイクロ秒) が観測される点で一致している. よって, 欠陥の導入方法に依存せず, D1-line では光励起キャリアの早い緩和過程と遅い緩和過程が混在すると判断される.

[1] R. Sauer, *et al.*, Appl. Phys. A **36**, 1 (1985).

[2] Y. Terai, *et al.*, J. Appl. Phys. **54**, 07JB05 (2015).

[3] S. Fukatsu, *et al.*, Thin Solid Films **294**, 33 (1997).

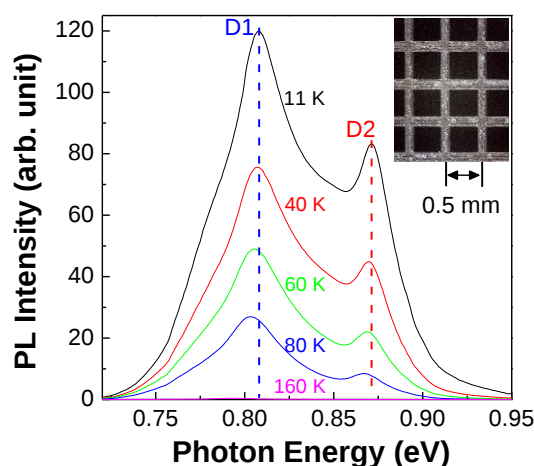


Fig. 1 Temperature dependence of PL spectra in surface-damaged Si substrate.

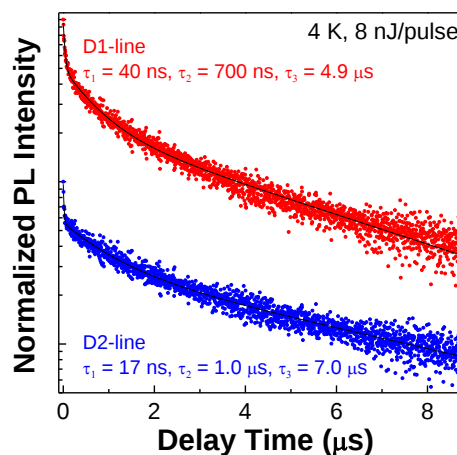


Fig. 2 PL decay curves of D1 and D2-line.