

電子線照射 Si 結晶の室温フォトルミネッセンスで観測される C-line 近傍発光の起源

Origin of Room-Temperature Photoluminescence around C-line in Electron-Irradiated Si

明治大¹, °田島道夫¹, 木内広達¹, 石川陽一郎¹, 小椋厚志¹

Meiji Univ.¹, °Michio Tajima¹, Hirotatsu Kiuchi¹, Yoichiro Ishikawa¹, Atsushi Ogura¹

E-mail: tajima@meiji.ac.jp

【序】 高効率太陽電池・先端パワーデバイス等の Si 基板の高品質化を図る上で、少数キャリアライフタイムの劣化要因である残留炭素不純物の低減が求められている。微量炭素不純物の定量においては、従来の赤外吸収法では感度不足のため、発光活性化フォトルミネッセンス(PL)法が着目されている¹⁾。我々は、これまでの液体ヘリウム温度測定に代わり、扱いが簡便な液体窒素温度 PL 法を考案し、高速化・高精度化の利点があることを示した²⁾。今回、寒剤が不要で大気中で測定が行える室温 PL 測定においても、低温の炭素起因発光線 (C-line) 近傍に深い準位の発光帯が現れることを見出した。本稿では、その発光帯が炭素起因である可能性が極めて高く、定量評価に利用できることを示す。

【測定方法】 これまでの 4.2 K, 77 K 測定に使用した 4 機関から提供された約 130 枚の CZ, MCZ, FZ 結晶について、電子線照射後に大気中・室温において PL 測定を行った。室温測定条件は 77 K 測定時と同様に、波長 532 nm のレーザーを照射し、試料表面上強度を 190 mW (ビーム径: 約 2.3 mm) とし、InGaAs ダイオードアレイにて検出した。

【測定結果】 CZ-Si 結晶 ($[P] \approx 1.5 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$, $[C_s] \approx 3 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$) の PL スペクトルの温度依存性を Fig. 1 に示す。従来の定量評価に利用されていた炭素起因の発光線 C-line (0.79 eV) および G-line (0.97 eV) は高温になるにつれて消滅するが、C-line 近傍の 0.8 eV 付近の広い発光帯 (C08-band と命名) は室温でも観測される。同発光帯の熱処理温度依存性を調べたところ、Fig. 2 に示すように C-line と極めて類似する挙動を示した。同発光帯は、電子線照射前には観測されず、次講演で示すようにその強度は炭素濃度と正相関を示す³⁾。なお、C08-band の形状は、測定した約 130 枚の全試料で同一であり、この領域の発光⁴⁾として知られる D-line 発光、酸素析出物起因発光、サーマルドナー関連発光とは明確に異なる。

以上より、C08-band は電子線照射で誘起された炭素起因発光である可能性が高い。

【謝辞】 本研究で使用了試料をご提供頂いた 4 機関の方々に厚くお礼申し上げます。本研究の一部は経済産業省のもと、NEDO から委託され、実施したもので関係各位に感謝致します。

- 1) 中川聰子: 応用物理, **84**, 976 (2015).
- 2) M. Tajima et al.: Appl. Phys. Express **10**, 046602 (2017).
- 3) 石川陽一郎他: 本講演会 次講演 (2018).
- 4) M. Tajima: IEEE J. Photovoltaics, **4**, 1452 (2014).

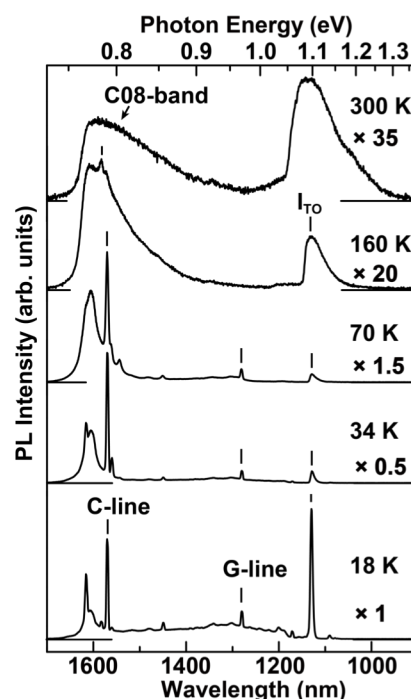


Fig. 1. Temperature dependence of PL spectra of CZ-Si after 2 MeV e^- irradiation. (Uncalibrated spectral response)

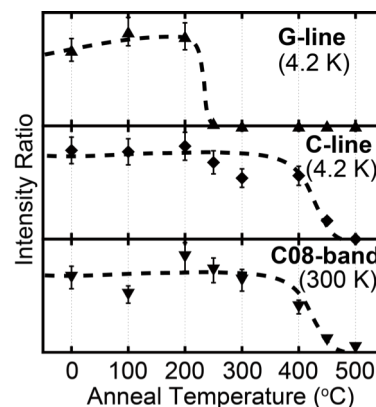


Fig. 2. Annealing dependence of intensity ratios for G- and C-lines at 4.2 K and C08-band at 300 K. Denominator of ratios is band-edge emission.