

ITO 透明導電膜による SiC/SiO₂ 界面単一光子源の発光強度制御

Control of emission intensity of SiC/SiO₂ interfacial single-photon sources using ITO transparent conducting film

埼玉大理工研¹, QST², 工学院大工³, 東北大院工⁴, ○(M2) 武藤 隆太^{1,2}, 針井 一哉²,
清水 麻希¹, 木菱 完太³, 矢崎 結也³, 相川 慎也³, 大島 武^{2,4}, 土方 泰斗¹
Saitama Univ.¹, QST², Kogakuin Univ.³, Tohoku Univ.⁴, °Ryuta Muto¹, Kazuya Harii²,
Maki Shimizu¹, Kanta Kibishi³, Yuya Yasaki³, Shinya Aikawa³, Takeshi Ohshima^{2,4},
Yasuto Hijikata¹

E-mail: r.muto.970@ms.saitama-u.ac.jp

1. はじめに

SiC 基板の熱酸化により SiO₂ と SiC の界面にできる結晶欠陥は、室温下でも高輝度な単一光子を発生し、発光を電氣的に制御できることから、量子暗号通信への応用が期待されている。この結晶欠陥（表面 SPS）の電氣的制御は、これまでに pn 接合を用いたデバイスに順/逆方向に電界を掛けた際の発光強度の変化が報告されているが[1]、少数の発光点に関する調査にとどまっている。そこで本報告では低蛍光の ITO 透明導電膜を用いたゲート電極から広範囲にわたって様な電界を掛け、フォトルミネッセンス（PL）測定を行うことで、多数の発光点の発光特性の変化を調べた。

2. 実験および結果

本研究では、ゲート電極を ITO 透明導電膜としグラウンド電極を裏面に配置した 4H-SiC MOS キャパシタンス構造のデバイスを作製し、表面 SPS の発光強度のゲート電圧依存性を測定した。デバイスの作製方法は以下の通りである。n 型 4H-SiC（エピ膜厚 10.2 μm、キャリア濃度 $1.6 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 、Si 面 4°オフ角）に対し、1200°Cでの O₂ 熱酸化（時間 3.5 h）、1200°Cでの CO₂ アニール（時間 30 min）、で酸化膜を形成した（膜厚 $29 \pm 6 \text{ nm}$ ）。なお、CO₂ アニールは過去の文献に基づき[2]、発光点の数を減らすために実施した。その後ゲート電極として SiO₂ 上に膜厚 100 nm の低蛍光 ITO 透明導電膜[3]を、基板の裏面に膜厚 100 nm の Al をスパッタ法により形成した。PL 測定は共焦点顕微鏡を用い、波長 532 nm 出力 0.7 mW のレーザーで励起し、室温で行った。

形成された ITO 透明導電膜の発する蛍光は SPS に比べて十分小さく、ITO 上からも明瞭な発光点を確認した。30 点の発光点について測定を行った結果、発光強度の電圧依存性は個々で異なることが分かった。Fig. 1. に典型的な 3 種類の発光点の 2 V ごとの発光強度の推移を示す。発光強度が最大になる電圧値は発光点によって異なるが、概ね -10 ~ +10 V 内に存在し、最大値から高/低電圧側に進むにつれ対称的に減少していた。このことから、表面 SPS の発光のオン/オフは 10 V 程度の電圧印加という低電力で実現でき、極性を持たないことが分かった。また、発光点のスペクトルについても測定を行った結果、数種類のスペクトル形状にグループ分けされた。講演会では、発光スペクトルの分類と発光強度のゲート電圧依存性との関連性についても発表する。

謝辞

本研究の一部は科研費(21H04553, 22H01517, 22K18292)及び JST A-STEP (JPMJTR22R)の支援によって行われた。

[1] S.-i. Sato et al., ACS Photonics 5, 3159–3165 (2018).

[2] T. Nakanuma et al., Appl. Phys. Lett. 123, 102102 (2023).

[3] M. Shimizu et al., Phys. Stat. Solidi A 220, 2200896 (2023).

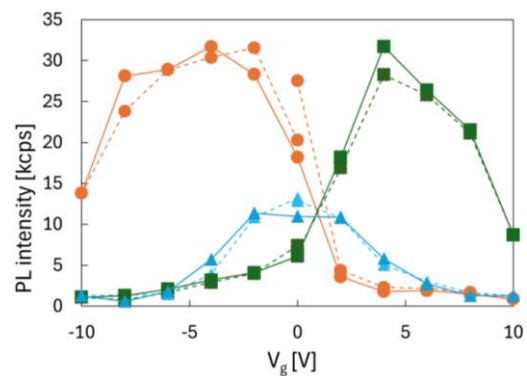


Fig. 1. Gate voltage dependence of PL intensity

Solid line: + sweep, dashed lines: - sweep

0 V → -10 V → +10 V → 0 V