

SiC p⁺nn⁺ダイオード中の単一光子源の発光特性に関する考察Study on Luminescence Properties of Single Photon Sources in SiC p⁺nn⁺ Diodes

埼玉大院理工¹, 量研² ○(M2)常見 大貴^{1,2}, 佐藤 真一郎², 山崎 雄一²,
牧野 高紘², 土方 泰斗¹, 大島 武²

Saitama Univ.¹, QST², Hiroki Tsunemi^{1,2}, Shin-ichiro Sato², Yuichi Yamazaki², Takahiro Makino²,
Yasuto Hijikata¹ and Takeshi Ohshima²

E-mail : tsunemi@opt.saitama-u.ac.jp

【はじめに】一度の励起で1つの光子を放出する発光中心は単一光子源 (SPS) と呼ばれ、量子暗号通信や量子センシングといった量子分野への応用が期待されている[1]。炭化ケイ素 (SiC) 半導体はデバイス作製技術が発達しており、大口径高品質ウエハが量産されていることから、量子デバイスへの応用が期待されており、SPS 探索等の研究が盛んに行われている[1-3]。これまでに我々は、SiC 表面に電流注入や光励起によって室温動作する酸化起因の高輝度 SPS (表面 SPS) が存在すること [2]、表面 SPS は急峻なピークを有する発光スペクトル (Sharp peak center : SPC) を持つものとブロードなピークの発光スペクトルを持つもの (Broad peak center : BPC) の二種類が存在することを明らかにしている[3]。本研究ではこの表面 SPS の更なる物性理解を目的として、デバイス中に形成される SPS の発光スペクトルや励起強度依存性などを調べた。

【実験および結果】4H-SiC n型エピタキシャル膜付基板 (ドナー濃度 : $9.1 \times 10^{14} \text{ cm}^{-3}$) を n 領域として in-plane p⁺nn⁺ダイオードを作製した。p⁺および n⁺の両伝導層は、それぞれ 800 °Cでの Al および P イオンの注入と、注入後のアルゴン雰囲気中での 1800 °Cの熱処理により形成した。その後、1100 °Cのピロジェニック酸化によってデバイスに表面 SPS を導入した。作製した p⁺nn⁺ダイオード中の表面 SPS に対して共焦点レーザー走査型蛍光顕微鏡 (CFM) を用いて励起光強度を変化させながらフォトルミネッセンス (PL) 測定による発光中心の蛍光観察を行った。Fig. 1 に酸化によって形成される SPC および BPC の発光ピークのエネルギーのヒストグラムを示す。図より、SPC、BPC ともにピーク値のエネルギーが 0.35eV 程度の分布幅を示すこと、BPC の方が高エネルギー側にピークを有する傾向があることが分かる。Fig. 2 に励起光を変化させた際の、SPC および BPC の発光強度を示す。図より、SPC および BPC の両者ともにレーザーパワーの上昇に伴い発光強度の増加するが、増加はレーザー強度に比例するのではなく飽和傾向が見られることが見いだされた。これらの結果から、SPC と BPC は欠陥構造は異なっているものの、発光に関しては類似の性質を有することが示唆される。講演では、この二種類の表面 SPS についてデバイス動作時の発光特性についても合わせて議論する。

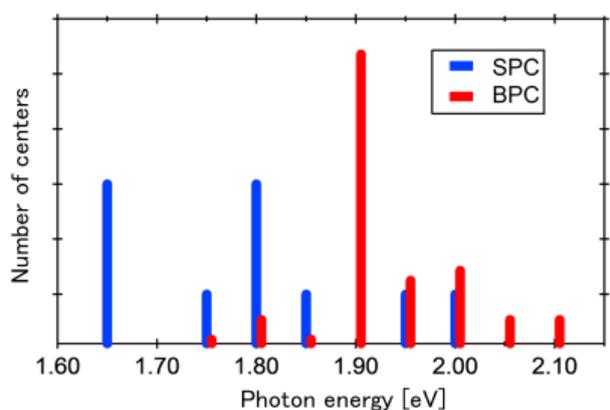


Fig. 1 Peak energy distributions of the PL spectra.

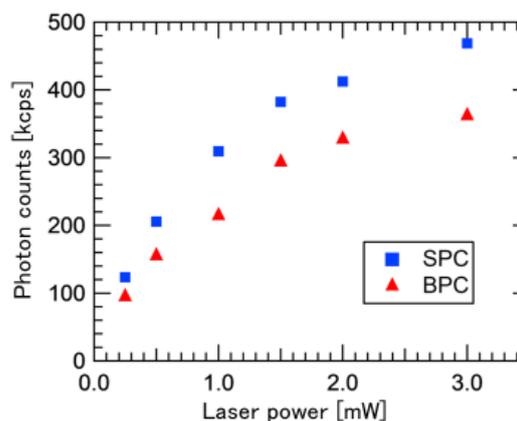


Fig. 2 PL intensity measurements of the SPSs evaluated at discrete excitation power.

【謝辞】本研究に用いたエピタキシャル膜付基板を提供してくださいました電力中央研究所の土田秀一 博士、星乃紀博 博士に感謝を申し上げます。また、本研究の一部はJSPS 科研費 JP17H01056 の助成を受けている。

【参考文献】 [1] S. Castelletto *et al.*, Nature Materials **13**, 151 (2014). [2] A. Lohrmann *et al.*, Nature Communications **6**, 7783 (2015). [3] H. Tsunemi *et al.*, Material Science Forum **924**, 204 (2018)