

SiC 結晶中窒素空孔センタの量子状態測定

Quantum state measurement of nitrogen vacancy center in SiC crystal

若林 健¹, 富高 祐哉¹, 檜原 拓真^{1,2}, 佐藤 真一郎², 児島一聡³, 大島 武², 土方 泰斗¹¹ 埼玉大学、埼玉県さいたま市桜区下大久保 255、k.wakabayashi.083@ms.saitama-u.ac.jp² 量子科学技術研究開発機構(QST)、群馬県高崎市綿貫町 1233、³ 産業技術総合研究所(AIST)

1. はじめに

現在、炭化ケイ素(SiC)は結晶多形(ポリタイプ)を持ち、ポリタイプの違いによって物性が異なることが見出されている。この内、4H-SiC はデバイス応用に向けて物理的性質が最も優れている。一方、4H-SiC 中における電子を1個捕獲した窒素空孔センタ($N_C V_{Si}^-$, NV センタ)は量子分野への応用が期待されている。従来の暗号通信よりもはるかに秘匿性が高い「量子暗号通信」においては、安定した単一光子の生成のために“単一の”NV センタが必要である。しかし、4H-SiC 結晶中の単一 NV センタを観測した例は世界でも数例しかなく効率的な形成メカニズムは明らかになっていない。本研究では、単一 NV センタを生成するために、プロトン照射を行った試料で PL マッピングを行った。また、生成された NV センタが単一光子性を有しているか判定するため、光子相関測定を行った。

2. 実験および結果

試料として、窒素濃度 $7.5 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ の n 型 4H-SiC 基板にプロトン(H^+) (照射量: $1.0 \times 10^{15} \text{ cm}^{-2}$) を室温で照射した。加速エネルギーは、SRIM モンテカルロシミュレーション[1]に基づき、基板表面から $1.5 \sim 2.0 \mu\text{m}$ に欠陥が最も高密度に形成されるように設定した。その後、 $1050^\circ\text{C} \cdot 30$ 分間の熱処理を行い、 $N_C V_{Si}^-$ を形成させた。励起レーザー波長は $1064 \text{ nm} \cdot 25\text{mW}$ とし、共焦点蛍光顕微鏡を用いて室温で発光を観測した。照射試料にて PL マッピングを測定した結果、孤立した発光点を観測した[Fig.1.(a)]。その発光点で、光子相関測定を行った。フィッティングは以下の式を用いた。

$$g_{(\tau)}^2 = 1 + c \times e^{-\frac{|\tau+\tau_0|}{\tau_b}} - (1+c) \times e^{-\frac{|\tau+\tau_0|}{\tau_a}} \quad (1)$$

さらに、以下の式を用いてバックグラウンド補正[2]を行った。

$$g_{\text{exp}}^{(2)}(\tau) = g^{(2)}(\tau)\rho^2 + 1 - \rho^2, \quad \rho = S / (S + B) \quad (2)$$

バックグラウンド補正後の光子相関測定結果を[Fig.1.(b)]に示す。補正後、 $g^{(2)}(0) < 0.5$ を示し、発光点が単一光子性を有することが分かった。

【参考文献】

[1] Information on <http://www.srim.org/>[2] M. Berthel *et al.*, Phys. Rev. B 91 (2015) 035308.

【謝辞】本研究は JSPS 科研費 18H03770 の助成を受けた。

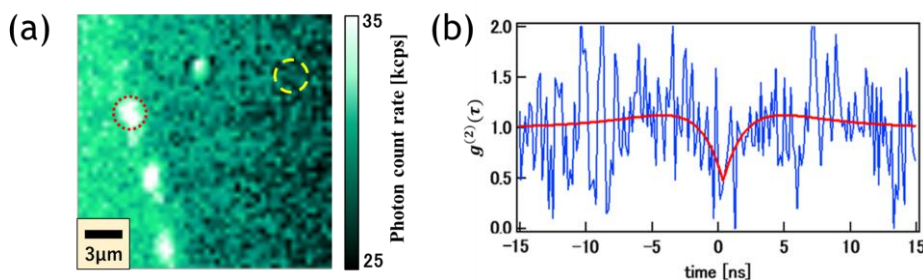


Fig.1. プロトン照射試料の PL マッピングと光子相関結果(a)点線の丸は孤立した発光点。破線の丸はバックグラウンドとして強度を測定した点。(b)青実線が測定値、赤太線がフィッティング式であり、補正後は $g^{(2)}(0) = 0.47 < 0.5$ を示した。