同位体酸素を用いた SiC 表面に形成される単一光子源の構造推定

Structural Identification of the Single-Photon Sources Formed on SiC Surface using Isotope Oxygen

¹埼玉大院理工研,²東工大,³量研 ⁰土方 泰斗¹,松下 雄一郎²,大島 武³

¹Saitama Univ., ²Tokyo Inst. Tech., ³QST °Y. Hijikata¹, Y.-i. Matsushita², T. Ohshima³

E-mail: yasuto@opt.ees.saitama-u.ac.jp

【はじめに】近年、SiC半導体の熱酸化により、基板表面に単一光子源(以下、表面 SPS)が生成されることが見出されている[1]。この表面 SPS は室温下でダイヤモンドNV センタの数倍以上もの輝度を発する上、室温電流注入単一光子発生が可能である[2]ことが特筆すべき特徴となっている。一方、SiC はパワーデバイスの分野で豊富な実用化実績を有することから、表面 SPS の量子効果デバイスへの応用に大きな期待が寄せられている。しかし、この表面 SPS からの SP 発光スペクトルは半値幅が約 100 nm と広く、また、個体差によって発光波長が 580~780 nm までバラツいている、電子スピンの有無が未解明といった実用上の問題もある。ところが、表面 SPS の欠陥構造が未解明のためにこれらの問題の解決が滞っている。本報告では、表面 SPS の形成に酸化処理が必要かどうか、ならびに欠陥構造に酸素原子が含まれているかを判定するため、Ar 雰囲気、自然酸素(¹⁶O) 雰囲気、および同位体酸素(¹⁸O)雰囲気でのアニール処理を行い、それぞれの試料における SP 発光スペクトルを比較した[3]。

単一光子源のようなカラーセンタからの発光遷移過程は、半古典理論である Frank-Condon の原 理に従うことが知られている。Fig. 1 は、同原理に基づく発光遷移過程の模式図と、¹⁶O を ¹⁸O で 置き換えることで予測される遷移過程の変位を示している。¹⁸O は質量が重くなる分フォノンエ ネルギーが減少し、電子励起に伴う原子変位(Frank-Condon Shift)が小さくなることが理論的に予 測される。

【実験及び結果】不純物に窒素を 1.6×10¹⁶ cm⁻³含む n型 4H-SiC エピ基板を用い、圧力 5 Pa 温度 800℃の ¹⁶O または ¹⁸O 雰囲気中 で 30 分間酸化を行った。一方、常圧 800℃30 分間の Ar アニー ルによって作製した試料も用意した。

まず、Arアニール試料において100点の発光中心に対し光子相関 測定を行ったが、単一光子発生を呈する発光中心は一つもなかった。 Fig. 2 は ¹⁶O および ¹⁸O 試料からそれぞれ 60点の表面 SPS を抽出 し、発光波長、半値幅、発光強度のヒストグラムを取ったもので ある。いずれの試料から鋭いピークとブロードなピークをもつ発 光中心が観測された。また、

¹⁸O 試料の方がシャープピー クの割合が多く、より短波長 の発光が優勢で、発光強度が 高いことがわかった。このこ とは、表面 SPS が酸素を含む 欠陥であることを強く示唆 している。

【参考文献】

 A. Lohnmann *et al.*, Appl. Phys. Lett. 108 (2016) 021107.
A. Lohnmann *et al.*, Nat. Commun. 6 (2015) 8783.
Y. Hijikata *et al.*, J. Phys. Commun. 2 (2018) 111003.
【謝辞】本研究は JSPS 科研 費 15H03967, 17H01056, 18H03770 の助成を受けた。



Fig. 1. Schematic of electronic transitions with phonon coupling along the configurational coordinate for an SPS.



Fig. 2. Histograms of peak wavelengths (a), peak widths (b), and radiation intensities normalized by the second-order Raman peak (c) for the ¹⁸O and ¹⁶O samples. All yields are obtained from room temperature measurements and normalized by the number of sampling points.