

4H-SiC 中の窒素・空孔複合欠陥の形成における窒素不純物濃度の影響

Effects of Nitrogen Impurity Concentration on Nitrogen-Vacancy Center Formation in 4H-SiC

○(M1) 檜原 拓真^{1,2}, 佐藤 真一郎², 児島 一聡³, 山崎 雄一², 土方 泰斗¹, 大島 武²

(1. 埼玉大学、2. 量研、3. 産総研)

○T. Narahara^{1,2}, S.-I. Sato², K. Kojima³, Y. Yamazaki², Y. Hijikata¹, T. Ohshima²

(1. Saitama Univ., 2. QST, 3. AIST)

E-mail: t.narahara.808@ms.saitama-u.ac.jp

【はじめに】

炭化ケイ素(SiC)中の窒素・空孔複合欠陥($N_C V_{Si}$)は、生体透過性が極めて高い 1300 nm 付近の発光を室温で示し、電子スピン(スピン量子数 $S=1$)を持つことから、生命科学や医療分野における量子センシング(局所領域の高感度磁場・温度計測)への応用が期待されている。しかし、量子センシングの実証に不可欠となる室温での光学的なスピン状態の検出(光検出磁気共鳴(ODMR)など)は報告されていない。その理由のひとつとして、現状では $N_C V_{Si}$ の形成条件や形成量の制御方法に関して未解明な部分が多く、 $N_C V_{Si}$ を高密度に形成する方法が明らかにされていないことが挙げられる。そこで本研究では、 $N_C V_{Si}$ 密度の高濃度化を目的に不純物窒素(N)濃度の異なる 4H-SiC にイオンビーム照射と熱処理を行い、N 濃度が $N_C V_{Si}$ 形成に及ぼす影響をフォトルミネッセンス(PL)測定を用いて調査した。

【実験及び結果】

試料として n 型 4H-SiC 基板(4°オフ、Si 面)上に n 型 4H-SiC エピタキシャル膜を成長させたウェハを用いた。エピ膜中の N 濃度は、 7.5×10^{15} 、 2.6×10^{16} 、 2.1×10^{17} 、 $3.5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ である。試料に 4 MeV シリコン(Si)イオンを室温で照射し、1000°C・30 分間の熱処理を行うことで $N_C V_{Si}$ を形成させた。イオン照射量は、 9.0×10^{12} 、 2.5×10^{13} 、 9.0×10^{13} 、 $2.5 \times 10^{14} \text{ cm}^{-2}$ の 4 条件とした。その後、イオン照射された領域における $N_C V_{Si}$ 起因の発光を、顕微 PL 装置を用いて選択的に観測した。励起レーザー波長は 1064 nm とし、測定は室温と低温(80 K)で行った。レーザースポット径と強度はそれぞれ、室温では 1.4 μm 、160.5 mW、80 K では 2.6 μm 、74.8 mW であった。

PL 測定の結果、いずれの試料においても 80 K では $N_C V_{Si}$ に起因する 4 本のゼロフォノン線が観測され[1]、室温では 1300 nm 付近にピークを持つブロードな PL スペクトルが観測された。これらの結果から、全ての試料において $N_C V_{Si}$ の形成が確認できた[2]。N 濃度に対する $N_C V_{Si}$ 起因の PL 強度の変化を Fig. 1 に示す。縦軸は 1150-1450 nm の範囲での積分値の相対値であり、もっとも PL 強度の高かったデータを 1 として規格化した。Fig. 1 より、N 濃度が増加するにつれ PL 積分強度が増加することが分かった。また、N 濃度が高くなるほど低いイオン照射量で PL 強度が高くなる傾向にあることが分かった。講演では、他のイオン種での結果を含めた上で、 $N_C V_{Si}$ の形成条件や形成量についての考察を行う。

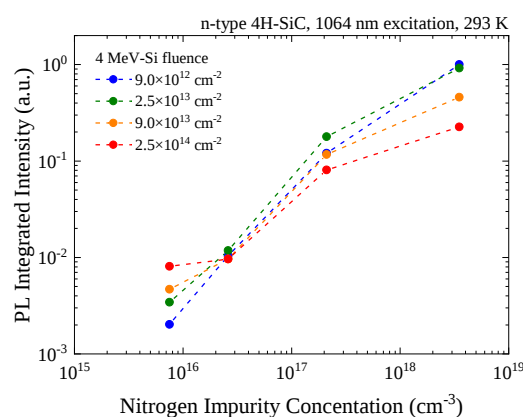


Fig. 1: Integrated NIR-PL intensity at room temperature with different 4 MeV-Si fluences as a function of N concentration.

【参考文献】

[1] B. Magnusson, *et al.*, Phys. Rev. B **98**, 195202 (2018).

[2] 檜原拓真他, 応用物理学会第 66 回講演会, 11p-70A-14, 2019 年 3 月

【謝辞】 本研究は JSPS 科研費 17H01056、18H03770 の助成を受けたものである。