

4H-SiC 中の窒素・空孔複合欠陥の形成におけるイオンビーム照射の影響

Effects of Ion Beam Conditions on Nitrogen-Vacancy Center Formation in 4H-SiC

○(B4) 檜原 拓真^{1,2}, 佐藤 真一郎², 土方 泰斗¹, 大島 武²

(1. 埼玉大学, 2. 量研)

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

(1. Saitama Univ., 2. QST)

E-mail: narahara@opt.ees.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、電子スピン(スピン量子数 $S=1$)を持ち、生体内での透過性が高い 1300 nm 付近の発光を室温で示すことから、生命科学や医療分野における量子計測・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。 $N_C V_{Si}^-$ に起因する発光スペクトルは過去の論文によって報告されているが[1]、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、量子センシングの実証には至っていない。 $N_C V_{Si}^-$ は不純物に窒素を含んだ SiC 基板中にイオンビームを照射して照射欠陥(点欠陥)を導入し、熱処理を行うことによって形成される。我々はこの過程に注目し、これまでに窒素イオンビーム照射量や熱処理温度を変化させることにより、 $N_C V_{Si}^-$ 起因のフォトルミネッセンス(PL)特性に影響が表れたことを報告している[2]。本研究では、点欠陥の導入に様々なイオン種を用いた場合の依存性を調べ、 $N_C V_{Si}^-$ の形成条件や形成量の制御方法の解明を試みた。

【実験及び結果】

不純物に窒素を $9 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 含む n 型 4H-SiC 基板を試料とし、基板中に点欠陥を導入するためのイオン種として、水素(H)、窒素(N)、シリコン(Si)、ヨウ素(I)を選択した。基板表面から深さ約 1.5 μm の位置に点欠陥が最も高密度に形成されるように、エネルギーは順に、240 keV、2 MeV、4 MeV、7 MeV とした。イオンビーム照射による点欠陥の分布や形成量の見積もりには SRIM モンテカルロコードを用いた[3]。その後、1000°C・30 分間の熱処理を行って $N_C V_{Si}^-$ を形成し、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、レーザースポット径、レーザー強度はそれぞれ 1064 nm、1.4 μm 、160.5 mW であり、測定は室温で行った。その結果、いずれの試料においても、1300 nm を中心としたブロードな発光を示すことがわかった。イオンビーム照射条件に対する PL 強度の変化を明

らかにするため、1150-1450 nm の範囲での積分値をまとめたものを Fig. 1 に示す。横軸はイオンビームの照射量(cm^2)であり、縦軸は 7 MeV-I・ $6 \times 10^{12} \text{ cm}^2$ 照射時の PL 積分強度を 1 としたときの相対値である。Fig. 1 より、イオンビームの質量数が増加すると、少ないイオン照射量で PL 積分強度が最大となることが分かった。講演では、基板として高純度半絶縁性 4H-SiC を用いた場合や、低温測定時のイオン種依存性を含め、 $N_C V_{Si}^-$ の形成条件や形成量についての考察を行う。

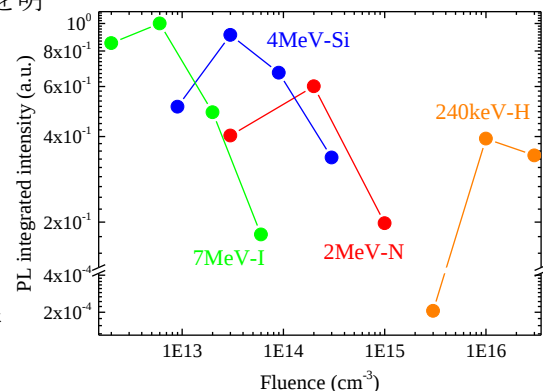


Fig. 1: PL integrated intensity of $N_C V_{Si}^-$ centers in 4H-SiC irradiated with different ion beam conditions

【参考文献】

- [1] B. Magnusson, *et al.*, Phys. Rev. B **98**, 195202 (2018).
- [2] 檜原拓真 他, 先進パワー半導体分科会 第 5 回講演会, P-81, 2018 年 11 月
- [3] <http://www.srim.org/>

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