

## 炭化ケイ素 (SiC) の量子技術応用の可能性 — スピン欠陥形成と量子センシング応用 —

### Prospect of Silicon Carbide for Quantum Technologies

#### - Creation of Spin Defects and their Application as Quantum Sensing -

量研, °大島 武

QST, °Takeshi Ohshima

E-mail: ohshima.takeshi@qqst.go.jp

近年、ワイドバンドギャップ半導体中のエネルギー準位的に孤立した結晶欠陥の発光やスピンを活用した量子技術の研究が活発である。その代表はダイヤモンド中の負に帯電した窒素-空孔 (NV) 中心であり、室温動作の量子ビットや量子センサに向けた研究が精力的に行われている[1]。一方、炭化ケイ素 (SiC) はダイヤモンドと同様にワイドバンドギャップ半導体であり、超低損失パワーエレクトロニクス応用が進むことから、高品質な大型基板が入手可能、デバイス作製プロセスが発達しているなど母材としての優位性を有する [2]。SiC 中の量子応用可能な欠陥については、負に帯電したシリコン空孔 ( $V_{Si}$ )、中性の複空孔 ( $V_{Si}V_C$ ) や負に帯電した窒素-空孔 ( $N_CV_{Si}$ ) などがこれまでに報告されている。このうち  $V_{Si}$  は、ダイヤモンド NV (600 nm 付近) と比べて長波長である 900 nm 付近のフォトルミネッセンス (PL) を示し、室温においても PL 観測やスピン操作が可能なることから、深部の観察が可能な量子センサへの応用が期待されている[3]。本講演では  $V_{Si}$  を中心に、その形成技術と量子センシング応用について紹介する。

$V_{Si}$  は結晶欠陥であるので、電子やイオンビームといった放射線照射がその形成の有効な手段となる。我々は、目的に応じて放射線を使い分けているが、SiC デバイスの局所情報 (温度や電流など) の計測では、MeV 級のエネルギーを有する陽子や He といったイオンをマイクロメートルに集束し照射する粒子線描画 (Particle Beam Writing: PBW) を活用している。Fig. 1 に PBW を用いて  $V_{Si}$  を形成したプレーナー型の SiC pn ダイオードの室温 PL マップを示す。規則的に並んだ発光点は PBW により形成された  $V_{Si}$  からの発光である。PBW には 2MeV 陽子線を用い、スポットサイズは  $5 \times 5 \mu m^2$  とし、各スポットに  $1 \times 10^6$  個の陽子を打ち込んでいく。この条件でダイオード全面に陽子線を照射すると結晶損傷によりデバイス特性が劣化してしまうが、PBW を用いることで必要な位置にのみ  $V_{Si}$  を形成することで SiC ダイオードの特性は劣化しないことを確認している。

量子センシングは、光検出磁気共鳴 (ODMR) の周波数が磁場や温度により変化することを利用して行う。つまり、スピン ( $S$ )  $3/2$  を持つ  $V_{Si}$  は磁場中ではゼーマン分裂により ODMR 周波数が分裂し、且つ、磁場の大きさでその値が変化することから ODMR 周波数を読取することで磁場強度が分かる。講演では SiC デバイスに電流を流すことで発生する磁場や、温度上昇を  $V_{Si}$  を用いた量子センシングにより測定した結果を報告する。

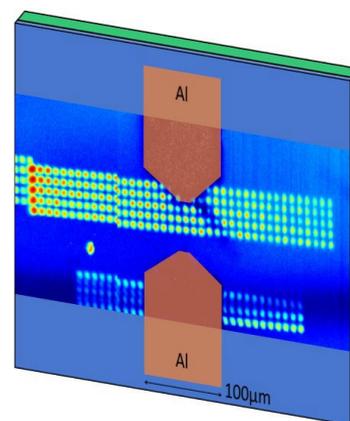


Fig.1 Room temperature PL map for  $V_{Si}$  created in a SiC pn diode using PBW. Excitation laser: 785 nm, 3mW. Long pass filter: 900 nm

【謝辞】本研究は山崎雄一氏、田中友晃氏をはじめとした QST Quarc メンバーの協力、及び電力中央研究所や産業技術総合研究所などとの共同研究により実施された。ここに感謝の意を表す。本研究の一部は、Q-LEAP (JPMXS118067395)、ATLA (JPJ004596) 及び科研費 (20H00355, 21H04553) を用いて行われた。

【参考文献】例えば、[1] 岩崎孝之, 応用物理 **89** (2020) 196, [2] 山川聡, 応用物理 **85** (2016) 941, [3] S. Castelletto, A. Boretti, J. Phys. Photonics **2** (2020) 022001.