

# プロトンビーム描画を用いて SiC デバイス中に作製したシリコン空孔の ODMR 測定

## Optically Detected Magnetic Resonance Measurements of Silicon Vacancy Created in

### SiC pn Junction Diodes by Proton Beam Writing

埼玉大院<sup>1</sup>, 量研<sup>2</sup>, 産総研<sup>3</sup>

○(M1)千葉 陽史<sup>1,2</sup>, 山崎 雄一<sup>2</sup>, 牧野 高紘<sup>2</sup>, 佐藤 真一郎<sup>2</sup>, 山田 尚人<sup>2</sup>,

佐藤 隆博<sup>2</sup>, 児島 一聡<sup>3</sup>, 土方 泰斗<sup>1</sup>, 大島 武<sup>2</sup>

Saitama Univ<sup>1</sup>, QST<sup>2</sup>, AIST<sup>3</sup>

○Yoji Chiba<sup>1,2</sup>, Yuichi Yamazaki<sup>2</sup>, Takahiro Makino<sup>2</sup>, Shin-ichiro Sato<sup>2</sup>, Naoto Yamada<sup>2</sup>,

Takahiro Satoh<sup>2</sup>, Kazutoshi Kojima<sup>3</sup>, Yasuto Hijikata<sup>1</sup>, and Takeshi Ohshima<sup>2</sup>

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

【はじめに】炭化ケイ素(SiC)半導体中のシリコン空孔( $V_{Si}$ )は、固体量子ビット<sup>1</sup>、量子暗号通信に応用可能な単一光子源<sup>2</sup>、室温において局所的な磁場や温度を高感度検出する量子センサ<sup>3</sup>といった、「量子デバイス」への応用が期待されている。基礎研究で先行するダイヤモンドを母材とした発光中心(NV センター<sup>4</sup>)の研究に対して、SiC は大口径・高品質ウエハの入手性の良さ、成熟したデバイス作製技術といった実用化に係る利点を持つ。この観点から、我々は SiC デバイスに量子センサを埋め込むことを試みている。本研究では、プロトンビーム描画(PBW)により SiC pn ダイオード中に  $V_{Si}$  を形成し、量子センシングの基本操作である光検出磁気共鳴(ODMR)測定を行った。

【実験及び結果】p 型 4H-SiC エピタキシャル膜付基板(アクセプタ濃度  $1.5 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ )に、800 °C でのアルミニウム及びリン注入、及び注入後 1800 °C、10 分間の熱処理により、p+及び n+層を形成することでプレーナー型の  $p^+p^-n^+$  ダイオードを作製した。作製したダイオード中に PBW (直径約 1  $\mu\text{m}$  ビーム径)によりドットを配列させたパターンを照射した。ビームエネルギーは 0.5 MeV、照射量は  $1 \times 10^5 \text{ H}^+/\text{dot}$  とした。評価には共焦点レーザー走査型蛍光顕微鏡を用い、室温にてフォトルミネッセンス(PL)マッピング像を取得した後、発光点の一つを選択して ODMR 測定(印加磁場なし)を行った。Fig. 1 に PL マッピング像、Fig.2 に ODMR 測定結果をそれぞれ示す。Fig. 1 より、p-層および n+層において明瞭な発光点の羅列が確認された。また、Fig. 2 より  $V_{Si}$  のゼロ磁場分裂幅に相当する 70 MHz 付近<sup>5</sup>にピークを観測したことから、デバイス中に形成した  $V_{Si}$  の ODMR 信号検出に成功したと結論できる。講演では、ダイオードの電流注入により発光させた  $V_{Si}$  の ODMR 信号検出の検討結果についても報告する。

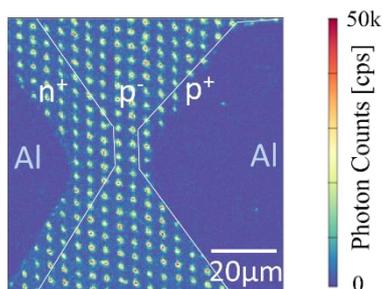


Fig. 1. Confocal PL map ( $\lambda_{exc}$ : 671 nm, 1.6 mW, 808 nm long pass filter) for a proton irradiated ( $1 \times 10^5 \text{ H}^+/\text{dot}$ )  $p^+p^-n^+$  diode.

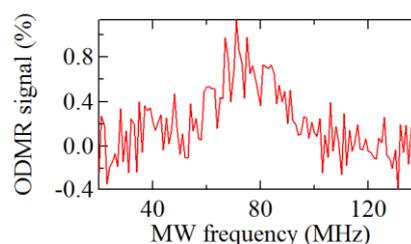


Fig. 2. ODMR spectrum of  $V_{Si}$  ( $1 \times 10^5 \text{ H}^+/\text{dot}$ ) created in a  $p^+p^-n^+$  diode ( $\lambda_{exc}$ : 532 nm).

【謝辞】PBW プロセスをサポートしていただいた群馬大学加田渉博士に感謝いたします。本研究は科研費基盤 A (17H01056) の助成を受けたものである。

【参考文献】<sup>1</sup> D. Riedel, *et al*, Phys. Rev. Lett. **109**, 226402 (2012). <sup>2</sup> B. Lounis and M. Orrit, Reports Prog. Phys. **68**, 1129 (2005). <sup>3</sup> L.T. Hall, *et al*, Sci. Rep. **2**, 401 (2012). <sup>4</sup> G.E. Victor Acosta and Philip Hemmer, MRS Bull. **38**, 127 (2013). <sup>5</sup> H. Kraus, *et al*, Nano lett. **17**, 2865 (2017).