

炭化ケイ素中への単一光子源・スピン欠陥の形成と量子科学技術への応用

○大島 武^{1*}¹ 量子科学技術研究開発機構

Creation of single photon source/spin defect in SiC toward quantum applications

○Takeshi Ohshima^{1*}¹National Institutes for Quantum Science and Technology

1. はじめに

半導体のバンドギャップ中に孤立した準位を持つ欠陥の発光やスピンを単一光子源、量子ビット、量子センサといった量子技術に応用する研究が盛んに行われている。バンドギャップ中の孤立した欠陥ということで、母材としてはワイドバンドギャップ半導体が有利であり、例えば、ダイヤモンドでは負に帯電した窒素-空孔 (NV) 中心が有名である¹⁾。本講演で着目する炭化ケイ素 (SiC) もワイドバンドギャップ半導体のひとつであり、超低損失パワーエレクトロニクス応用などの研究開発が進んでおり、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有利な点がある²⁾。

2. SiC 中の単一光子源

これまでに、SiC 中で単一光子源として振る舞う欠陥は、負に帯電したシリコン空孔 (V_{Si})、中性の複空孔 ($V_{Si}V_C$)、炭素アンチサイト-炭素空孔 ($C_{Si}V_C$)、負に帯電した窒素-空孔 (N_CV_{Si})、更には、構造は未同定であるが酸素が関与すると考えられる表面欠陥 (本稿では「表面 SPS」と呼ぶ) が発見されている³⁾ (Fig. 1)。 V_{Si} は室温でのスピン・発光制御が達成されており量子センシング応用が、 $V_{Si}V_C$ は数 K といった低温ではあるが高度なスピン・発光制御が報告されており量子情報通信への応用が期待される。 $C_{Si}V_C$ や表面 SPS は、スピン操作は未報告であるが、高輝度であることから単一光子源として期待される。 N_CV_{Si} は、ダイヤモンド NV と同様にスピン欠陥としての応用が多いに期待されるが、物性、スピン制御が未発達であり、今後の研究の進展が望まれる。

3. 単一光子源・スピン欠陥形成技術

単一光子源の形成には、一般的には結晶成長中に導

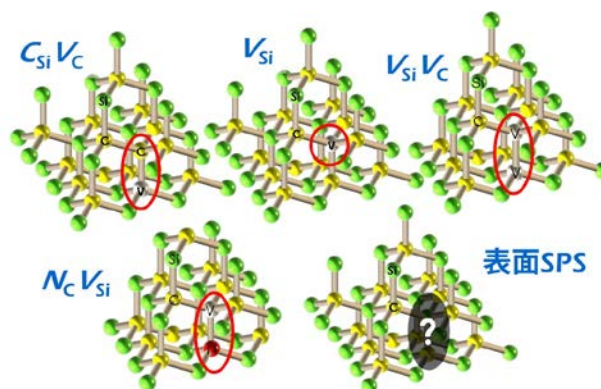


Fig. 1. SiC 中の単一光子源の模式図

入、または結晶成長後の各種プロセスで導入があるが、後者では、放射線照射が良く用いられる。SiC の場合も同様であり、表面 SPS 以外は放射線照射及び照射後の熱処理条件を工夫することで形成できる。放射線照射に関しては、その種類、エネルギーや照射量、更には照射方法を選択することで、形成位置 (深さ) や濃度を制御することができる。例えば、ミリメートルレベルの厚さの試料に深さ方向も含め均一にこれら欠陥を導入といった場合は、MeV 級のエネルギーに加速した電子線が有効であるし、狙った位置や深さという場合は集束イオンビームが有効となる。表面 SPS は酸化により形成できるため、特に放射線照射は必要としないが、形成後にガンマ線照射をすることで酸化膜と SiC の界面を改質させて生成量などを制御するといったことが試みられている。

文 献

- 1) 水落憲和: 応用物理 **87**, 251 (2018).
- 2) T. Kimoto, H. Watanabe: Appl. Phys. Express **13**, 120101 (2020).
- 3) 大島武: 応用物理 **90**, 352 (2021).

*E-mail: ohshima.takeshi@qst.go.jp