

量子状態の高度な制御に基づく革新的量子技術基盤の創出  
2018年度採択研究代表者

2022年度  
年次報告書

長谷 宗明

筑波大学 数理物質系  
教授

ダイヤモンドを用いた時空間極限量子センシング

主たる共同研究者:

安 東秀 (北陸先端科学技術大学院大学 先端科学技術研究科 准教授)

重川 秀実 (筑波大学 数理物質系 教授)

吉村 雅満 (豊田工業大学 大学院工学研究科 教授)

## 研究成果の概要

2022年度は、引き続きダイヤモンドカンチレバーを創成するための基礎・基盤研究を継続しつつ、窒素ドーパダイヤモンドナノプローブの創成と機能最適化、および、ダイヤモンドナノプローブ計測システムの開発を中心に、量子センシングシステムの開発に注力した。今年度の研究成果の概要について下記に示す。

筑波大・長谷(代表者)グループでは、安グループ、重川グループと共同で NV センターを導入したダイヤモンド中に 10 兆分の 1 秒で瞬く磁化を観測した。また、高純度のダイヤモンド基板 (Electronic Grade: EG) から高効率に発生する第3高調波の観測について報告した。さらに、AFM 型ポンプ-プローブ EO サンプリングシステム (AFM-EO) に標準的なシリコンカンチレバーを組み込み、フェムト秒レーザーのポンプ光とプローブ光を導入してのテストを実施するとともに、自己検知型カンチレバーの探針には、安グループが作製した NV ダイヤモンドチップを接着し、量子センシングシステムの開発がほぼ終了した。

筑波大・重川グループでは、安グループ、長谷グループと情報を共有することで構成したマイクロ波印加回路を用い、ダイヤモンドナノ粒子クラスターからの信号検出を確認した。一方、ダイヤモンド NV センター計測のバイオ応用では、単一細胞レベルでの機能評価を試みるが、オートファジーを担うファゴソームを制御する新しい方法を見出した。

豊田工大・吉村グループは、安グループにより高純度のダイヤモンド基板 (EG) 表面にイオン注入されたダイヤモンド NV センターを顕微ラマン及び探針増強ラマン散乱 (TERS) によりフォトルミネッセンス・マッピングした結果を得ることができた。

北陸先端大・安グループは、高純度のダイヤモンド基板 (EG) を用いて FIB 加工ダイヤモンド NV 中心プローブを作製し、表面下約 30 ナノメートル付近にのみ NV 中心層が生成されたプローブを作製し、ガーネット表面からの漏洩磁場計測による磁気ドメイン像の観察に成功した。

### 【代表的な原著論文情報】

- 1) R. Sakurai, Y. Kainuma, T. An, H. Shigekawa, and M. Hase, “Ultrafast opto-magnetic effects induced by nitrogen-vacancy centers in diamond crystals”, *APL Photonics*, vol. 7, p 066105 (2022). (JST プレスリリース)
- 2) H. Mogi, Y. Arashida, R. Kikuchi, R. Mizuno, J. Wakabayashi, N. Wada, Y. Miyata, A. Taninaka, S. Yoshida, O. Takeuchi, and H. Shigekawa, “Ultrafast nanoscale exciton dynamics via laser-combined scanning tunneling microscopy in atomically thin materials”, *npj 2D Mater. Appl.* vol. 6, p. 72 (2022). (プレスリリース)
- 3) A. Abulikemu and M. Hase, “Highly-efficient third-harmonic generation from ultrapure diamond crystals”, *Optical Materials Express*, vol. 13, pp. 916-924 (2023).
- 4) T. Ichikawa, A. Abulikemu, and M. Hase, “Detection of mechanical deformation induced by ultrafast laser irradiation upon a metallic cantilever”, *Physical Review Applied*, vol. 19, p. 024054 (2023).
- 5) M. Kamiyanagi, A. Taninaka, S. Ugajin, Y. Nagoshi, H. Kurokawa, T. Ochiai, Y. Arashida, O.

Takeuchi, H. Matsui, and H. Shigekawa, "Cell-level analysis visualizing photodynamic therapy with Porphylipoprotein and Talaporphyrin Sodium", *International Journal of Molecular Science*, vol. **23**, p.13140 (2022).