

# ハイブリッド量子センサに向けた ダイヤモンド中NVセンタによる超磁歪材料の磁場ベクトルイメージング

## Magnetic field vector imaging of giant magnetostrictive material using NV centers in diamond towards hybrid quantum sensor

○(M2)北川 涼太<sup>1</sup>, 浦下 宗輝<sup>1</sup>, 荒井 慧悟<sup>1</sup>, 水野 皓介<sup>1</sup>, 石綿 整<sup>1,2</sup>, 高村 陽太<sup>1</sup>,  
岩崎 孝之<sup>1</sup>, 中川 茂樹<sup>1</sup>, 波多野 睦子<sup>1</sup> (1. 東工大, 2. PRESTO)

○Ryota Kitagawa<sup>1</sup>, Soki Urashita<sup>1</sup>, Keigo Arai<sup>1</sup>, Kosuke Mizuno<sup>1</sup>, Hitoshi Ishiwata<sup>1,2</sup>,  
Yota Takamura<sup>1</sup>, Takayuki Iwasaki<sup>1</sup>, Shigeki Nakagawa<sup>1</sup>, and Mutsuko Hatano<sup>1</sup>  
(1. Tokyo Tech., 2. PRESTO)

E-mail: [kitagawa.r.ab@m.titech.ac.jp](mailto:kitagawa.r.ab@m.titech.ac.jp)

単一細胞から組織までマルチスケールに細胞質をイメージングする技術[1,2]は、副作用の少ない抗がん剤の開発などに応用可能である。超磁歪材料とダイヤモンド中 NV センタのハイブリッド量子センサが有望な候補であることが、これまでの理論提案[3,4]により示されている。本センサの実現には、高感度化に必要な薄膜の超磁歪材料と NV センタを用いた超磁歪薄膜が作る磁場ベクトルのイメージングが必要不可欠である。このため、本研究の目的は、垂直磁気異方性(PMA)を持たせたアモルファス超磁歪薄膜  $\text{SmFe}_2$ [5]が作る磁場ベクトルを NV センタを用いてイメージングすることとした。 $\text{SmFe}_2$  薄膜の PMA を試料振動型磁力計(VSM)と NV センタによる磁場イメージングの双方で計測した。垂直磁化膜である  $\text{SmFe}_2$  は面内磁化膜である Terfenol-D などと比較して反磁界が大きく内部の実効磁場が小さいため、応力による磁化の変動率が大きくなり、質量感度を向上させる可能性が期待できる。

実験では、膜厚 100 nm の  $\text{SmFe}_2$  薄膜を対向ターゲット式スパッタリングによって極薄ガラス基板と熱酸化シリコン基板上に成膜した。 $\text{SmFe}_2$  の磁気異方性の検証は、VSM によって行った。質量感度に直結する磁歪定数  $\lambda$  は、 $\pm 10$  MPa の曲げ応力を誘起しながら VSM 測定した磁化-磁場曲線から求めた磁気異方性エネルギー密度の変化から計算した。また、アンサンブル NV センタを  $\text{Ia}(100)$  ダイヤモンド基板上に、加速電圧 6 keV、照射量  $2 \times 10^{13} \text{ cm}^{-2}$  で窒素をイオンインプラすることによって成膜した。 $\text{SmFe}_2$  薄膜上に NV センタ薄膜を固定し、NV センタのエネルギー縮退を解くための 5 mT 程度の均一な磁場を印加した状態で、光検出磁気共鳴(ODMR)によって静磁場イメージングを行った。

VSM による磁化-磁場ステリシス曲線の測定から、成膜した  $\text{SmFe}_2$  薄膜は PMA と磁歪定数  $\lambda = -600$  ppm(一般的な超磁歪材料と同程度)を有することを確認した(Fig. 1 (a)). NV センタによる ODMR 測定では  $\text{SmFe}_2$  が作る磁場ベクトルを、空間分解能 $\sim 500$  nm、視野範囲  $64 \mu\text{m} \times 64 \mu\text{m}$ 、磁場感度  $50 \mu\text{T}/\sqrt{\text{Hz}}$  で明らかにした(Fig. 1 (b)). 測定された磁場は基板表面に直交しており、VSM の結果から得た PMA と整合した。我々はハイブリッドシステムの構築に必要な、垂直磁気異方性を持つ超磁歪薄膜  $\text{SmFe}_2$  の NV センタによる磁場ベクトルのイメージング技術を確立した。本研究は MEXT Q-LEAP JPMXS0118067395 の支援を受けております。

- [1] G. Popescu *et al.*, *Lab Chip* **14**, 646 (2014).  
[2] D. Martin *et al.*, *Nature* **550**, 500 (2017).  
[3] J. Cai *et al.*, *Nat. Commun.* **5**, 1 (2014).  
[4] V. Punyamooty *et al.*, 2019 IEEE RAPID, Mirmar Beach, Aug.2019.  
[5] Y. Takamura *et al.*, *Solid. State. Electron.* **128**,194 (2017).

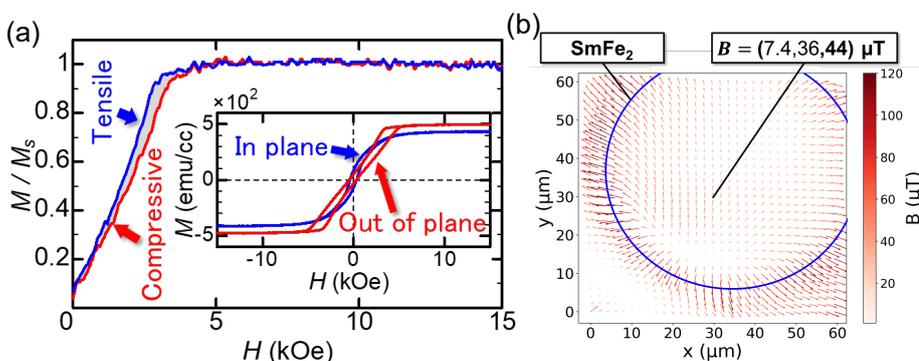


Fig. 1. (a) Change of magnetic property due to a bending stress. The gray area is proportional to magnetostrictive constant  $\lambda$ . The insert shows M-H hysteresis loop measured by VSM. (b) Magnetic field vector imaging by NV centers.