

優先配向された窒素空孔中心集合体を含むピラーの作製

Fabrication of diamond pillar structure including preferentially-oriented NV centers

慶應義塾大学¹, 産業技術総合研究所² [○](M1)千地 遼平¹, 織部 優也¹, 渡邊 幸志², 早瀬 潤子¹

Keio Univ.¹, AIST², [○]Ryohei Chiji¹, Yuya Oribe¹, Hideyuki Watanabe², Junko Ishi-Hayase¹

E-mail: sukiyaki@keio.jp

【背景・目的】ダイヤモンド中窒素空孔中心 (NV センター) は、室温大気圧下で動作する高感度・高空間分解能磁場センサーとして期待されている^[1]。NV センターを用いた磁場測定では、集光効率を高める導波路構造や、広範な測定対象に適用可能なダイヤモンドプローブを利用するために、ダイヤモンドピラーの作製が求められている。しかし集合体 NV センターを含むピラー構造を作製した例は少なく、特に配向制御された NV センター集合体を含むピラー構造を作製した例はない。そこで本研究では、プローブ作製に必要な薄型加工が行いやすい(001)基板を用いて、配向制御された NV センターを含むピラー構造の作製に成功したため報告する。

【方法】高純度(001)ダイヤモンド基板を RIE で加工し、 μm オーダーのホールを有する 2 次元アレイ構造を作製した。この基板に $[^{12}\text{C}]=99.999\%$ に同位体制御された CH_4 ガスを $\text{N/C}=1\%$ の割合で流すことで選択 CVD 成長を行い、(001)基板に施したホール内に優先配向された NV センターを生成した^[2]。その後、優先配向された NV 中心の存在する領域を位置選択的に電子線描画・RIE 加工をし、優先配向された NV センターを含むピラー (直径 200~1200 nm) を作製した。作製したピラー構造に対して、電子線顕微鏡、自作の共焦点顕微鏡を用いて、形状評価および NV センターの特性評価を行なった。

【結果】Figure 1 に作製したサンプルの電子線顕微鏡像と共焦点顕微鏡像を示す。電子線顕微鏡像で観察されたピラー部分から強い発光があることから、ピラー内部に NV センターが含まれていることがわかった。同一基板上に存在するピラー加工部分と未加工部分に存在する NV センターの特性を比較した結果を Table 1 に示す。これにより、ピラー内部に優先配向 (配向率約 70 %) された NV センターが含まれていることがわかる。またピラー構造によって集光効率、コヒーレンス時間が向上し、配向率は劣化していないことがわかった。これらの要因により、直流磁場感度、交流磁場感度共にピラー未加工部分に比べて向上した。以上より、本研究で用いた作製手法は、優先配向された NV センター集合体を含むピラー構造作製に有効であることが示された。

本研究の一部は、科研費(18H01502, 15H05868)、Q-LEAP、慶大スピントロニクス研究開発センターの支援を受けて行なわれた。サンプルは、NIMS 微細加工プラットフォームの支援の下作製された。

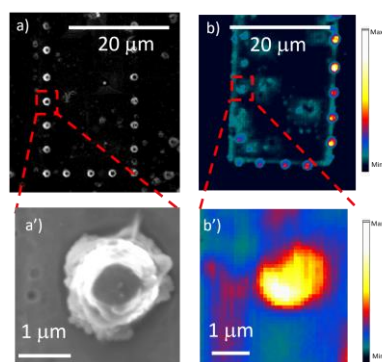


Fig. 1 image of pillar structure, (a)SEM (b)PL

Table 1 Properties of NV centers

	800nm pillar	Non pillar
Photon count (k count)	556 ± 117	304 ± 72
T_2 (μs)	139 ± 12	113 ± 17
T_2^* (ns)	342	91
Orientation ratio (%)	70 ± 17	70 ± 12
DC Sensitivity ($\mu\text{T}/\text{Hz}^{\frac{1}{2}}$)	52	125
AC Sensitivity ($\text{nT}/\text{Hz}^{\frac{1}{2}}$)	3.47	8.57

References:

[1] L. Childress, *et al.*, Science **314**, 281 (2006).

[2] H. Watanabe, *et al.*, IEEE Transactions on Nanotechnology **4**, 614 (2016).