# CsNsHs イオン注入による NV センターの形成

Creation of NV Center by C5N5H5 Ion Implantation

群馬大<sup>1</sup>. 量研<sup>2</sup>. 早稲田大<sup>3</sup>. 産総研<sup>4</sup>. 筑波大<sup>5</sup>

○(B)木村晃介<sup>1,2</sup>, (M2)樋口泰成<sup>1,2</sup>, 小野田忍<sup>2</sup>, 加田涉<sup>1</sup>, (M2)薗田隆弘<sup>3</sup>, 川原田洋<sup>3</sup>,

渡邊幸志 <sup>4</sup>,磯谷順一 <sup>5</sup>,花泉修 <sup>1</sup>,大島武 <sup>2</sup>

Gunma Univ.<sup>1</sup>, QST<sup>2</sup>, Waseda Univ.<sup>3</sup>, AIST<sup>4</sup>, Univ. of Tsukuba<sup>5</sup>

<sup>O</sup>Kosuke Kimura<sup>1,2</sup>, Taisei Higuchi<sup>1,2</sup>, Shinobu Onoda<sup>2</sup>,

Wataru Kada<sup>1</sup>, Takahiro Sonoda<sup>3</sup>, Hiroshi Kawarada<sup>3</sup>, Hideyuki Watanabe<sup>4</sup>, Junichi Isoya<sup>5</sup>,

Osamu Hanaizumi<sup>1</sup>, Takeshi Ohshima<sup>2</sup>

### E-mail:t160d048@gunma-u.ac.jp

### 【はじめに】

ダイヤモンド中の窒素・空孔(NV)センターは、室温で優れた磁気光学特性を持つ量子ビットとして知られている。NV センター同士を多量子ビット化する方法は2つに大別される。1つは、ダイヤモンド上に電子線描画法で穴を開けたフォトレジストマスクを介した窒素原子(N)イオン注入法[1]であり、もう1つは、窒素分子(N2)イオンを用いる方法である[2]。N2イオン注入は、電子線描画法で作った穴の大きさが限りなくゼロに近い状態でのNイオン注入に相当する。従って、分子イオン注入は多量子ビット化により適した技術と考えられる。我々は、N2イオン注入を拡張し、窒素を含む有機化合物( $C_5N_4H_n$ )イオンを用いた3量子ビットの形成に成功した[3]。さらに、 $C_5N_4H_n$ イオンよりも窒素の数が多い有機化合物を注入することで、さらなる多量子ビット化が期待できると考えた。本発表では、さらなる多量子ビット化を目指し、新たに開発した $C_5N_5H_5$ イオン注入の結果を報告する。

## 【実験及び結果】

本研究では、産総研のマイクロ波プラズマ化学気相成長(CVD) 法によって形成されたダイヤモンド薄膜試料を用いた。薄膜試料を 4 つの領域に分けて、70 keV、140 keV、280 keV、及び 350 keV に加速した  $C_5N_5H_5$  イオンを注入した。ここで、70 keV 及び 140 keV は  $10^8$  cm<sup>-2</sup>、280 keV 及び 350 keV は  $10^7$  cm<sup>-2</sup> の照射量でそれぞれ注入した。その後、NV センター形成のために、真空中にて  $1000^{\circ}$ C で 2 時間の熱処理を行った。さらに、酸素終端化のため、約  $200^{\circ}$ C の熱混酸処理を施した後、 $465^{\circ}$ C で 4 時間の酸素アニール処理を行った。形成された N V センターは共焦点レーザー走査型蛍光顕微鏡 (CFM)を用いて測定した。

図1に280 keV- $C_5N_5H_5$ を注入した試料の CFM 像を示す。図中の丸印は、1つのスポットに含まれる NV センターの数が 1つ、四角印が 2つ、三角印が 3 つ含まれていることをそれぞれ示す。 NV センターの数は、光検出磁気共鳴(ODMR)スペクトル法を用いて同定した。図 2 は、図 1 で示した各点の ODMR スペクトルを示す。図中の破線は、共鳴周波数を示す。ディップの数が 2 つの時が 1 つの NV センター、4 つの時が 2 つの NV センター、6 つの時が 3 つの NV センターである。観察例より、新たに開発した  $C_5N_5H_5$ イオン注入で光の回折限界の範囲に最大 3 つの NV センターが形成できていることが分かった。発表では、注入エネルギーと NV センターの形成収率やコヒーレンス時間の関係について報告する。

### 【謝辞】

本研究の一部は、科研費基盤(B)17H03526, 文部科学省光・量子 飛躍フラッグシッププログラム (Q-LEAP) JPMXS0118067395 の 助成を受け実施された。

#### 【参考文献】

- [1] I. Jakobi, et al., J. Phys., 752, 012001 (2016).
- [2] T. Yamamoto, et al., Phys. Rev. B, 90, 081117 (2014).
- [3] M. Haruyama, et al., Nat. Commun., 10, 2664 (2019).

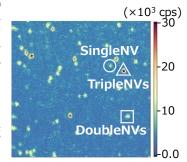
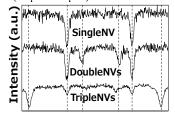


Fig.1: Example of CFM image of 280 keV - $C_5N_5H_5$  ion implantation region ( $20\mu m \times 20\mu m$ ).



2680 2755 2830 2905 2980 3055 Frequency (MHz)

Fig.2: ODMR spectra of single, double, and triple NV centers.