

NV センターの多量子ビット化のための 高窒素含有有機化合物イオン注入法の高度化

Improvement of nitrogen-enriched implantation for creation of multi-qubits composed of NV centers

群馬大¹, 量研², 早稲田大³, 産総研⁴, 筑波大⁵

○(M1) 木村晃介^{1,2}, 小野田忍², 山田圭介², 加田渉¹, 川原田洋³,

渡邊幸志⁴, 磯谷順一⁵, 花泉修¹, 大島武²

Gunma Univ.¹, QST², Waseda Univ.³, AIST⁴, Univ. of Tsukuba⁵

○Kosuke Kimura^{1,2}, Shinobu Onoda², Keisuke Yamada², Wataru Kada¹, Hiroshi Kawarada³,

Hideyuki Watanabe⁴, Junichi Isoya⁵, Osamu Hanaizumi¹, Takeshi Ohshima²

E-mail: t201d028@gunma-u.ac.jp, kimura.kosuke@qst.go.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の1つとして、窒素(N)イオン注入法があげられる。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Nイオン注入によって2量子ビットの形成が報告されている[1]。電子線描画法で作った穴の大きさを限りなくゼロに近い状態にできれば高確率で多量子ビット化が期待でき、それに相当するのが窒素分子(N₂)イオン注入を用いる方法である[2]。我々は、N₂よりもさらに窒素原子の多い有機化合物(C₅N₄H_n)イオンを用いて3量子ビットの形成に成功した[3]。C₅N₄H_nイオンよりも窒素の数が多いた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、新たなイオンビームの開発を行っている。2020年にはC₅N₅H₅イオン注入に関して報告した[4]。本研究では、さらに質量数が514と大きいフタロシアニン(C₃₂N₈H₁₈)を原料とするイオンの注入によってNVセンターの多量子ビット化を試みた。

【実験及び結果】

原料として0.2gのフタロシアニン粉末を用いた。始めに、イオン注入装置内のオープンを用いて390°Cに加熱することで、フタロシアニンを気化させた。ついで、熱電子を衝突させてフタロシアニンを正イオン化させ、この正イオンを引き出し電圧3kVで加速させた。このときフタロシアニンは必ずしも元の構造を保っておらず、構造の異なる様々な形でイオン化している。それらのイオンを質量分析マグネットによって分離し、197kVで加速させ、ビーム電流を測定することで質量スペクトルを評価した。

Fig.1に得られた質量スペクトルを示す。同図に示すように、複数のピークが検出された。質量数40付近にはサポートガスとして用いたアルゴン(Ar)を検出した。フタロシアニンは4つのフタル酸イミドが窒素原子で架橋された構造を持つため、六員環と五員環が結合した構造の分子イオン(C₈H₇, C₈NH_n, C₈N₂H_n)が質量数100から130の範囲で検出されたと考えられる。NVセンターを多量子ビット化するためには1分子中により多くの窒素が含まれていることが望ましい。質量数505付近にはC₃₂N₈H_nイオンが検出された。引き出し電圧で加速させるとき多少質量数に誤差が生じるので水素の個数を同定することが難しいため、水素の数をn個とした。質量数が505よりも大きな561に現れたピークはフタロシアニンに金属が結合したものであると考えられる。本発表では、C₅N₅H₅および同分析スペクトル中のC₃₂N₈H_nイオン注入に関する結果について報告する。

【謝辞】

本研究の一部は、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 (2013).
- [3] M. Haruyama, *et al.*, Nat. Commun., 10, 2664 (2019).
- [4] 木村 他 応用物理学会、2020 春季学術講演会 (14p-D221-4).

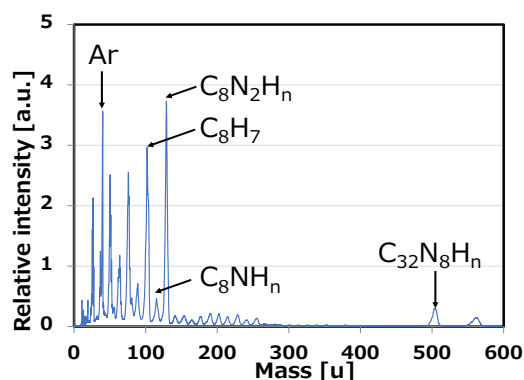


Fig.1 Mass spectra of the C₃₂N₈H₁₈ ion beam.