

C₅N₄H_n イオン注入による双極子結合した NV センターの形成

Creation of Dipolar Coupled NV Centers by C₅N₄H_n Ion Implantation

¹群馬大学、²量研、³物材機構、⁴早稲田大学、⁵筑波大学

○(D)春山盛善^{1,2}, 小野田忍², 樋口泰成^{1,2}, 加田渉¹, 千葉敦也², 平野貴美²,
寺地徳之³, 五十嵐龍治², 河合空⁴, 川原田洋⁴, 石井邑^{2,4}, 福田諒介^{2,4},
谷井孝至⁴, 磯谷順一⁵, 大島武², 花泉修¹

¹Gunma University, ²QST, ³NIMS, ⁴Waseda University, ⁵University of Tsukuba

○M. Haruyama^{1,2}, S. Onoda², T. Higuchi^{1,2}, W. Kada¹, A. Chiba², Y. Hirano²,

T. Teraji³, R. Igarashi², S. Kawai⁴, H. Kawarada⁴, Y. Ishii^{2,4}, R. Fukuda^{2,4},

T. Tani⁴, J. Isoya⁵, T. Ohshima², O. Hanaizumi¹

E-mail: t162d002@gunma-u.ac.jp

【はじめに】ダイヤモンド中の NV(Nitrogen Vacancy)センターは、その優れた磁気光学特性から量子ビットとしての応用が期待されている。我々は、孤立した NV センターの電子スピンを 1 量子ビットとする量子レジスタの形成に取り組んできた。その実現のためには複数の NV センターを近距離に配置し、それらが双極子双極子相互作用で結合することが必要である。我々は 4 つの窒素イオンを含んだ分子イオンである C₅N₄H_n イオン注入に着目した。C₅N₄H_n イオン注入を用いると、十数 nm の距離に 4 つの窒素を導入できるため、高純度結晶中の近接した NV センター形成が期待できる。本研究では、孤立した 3 個の NV センターから成る量子レジスタを初めて形成することに成功した。

【実験及び結果】本研究では、有機化合物の 1 つであるアデニン(C₅N₅H₅)を原料とし加速した C₅N₄H_n イオン (65 keV) を使用した。試料はマイクロ波プラズマ化学気相成長(CVD)法によって、高温高压合成 Ib 型(100)単結晶基板上に成長した ¹²C 濃縮ダイヤモンド薄膜 (¹²C:99.95%)を使用した。イオン照射後、1000°C で 2 時間の熱処理を施すことで NV センターを形成した。NV センターの観察は共焦点レーザー走査型蛍光顕微鏡(CFM)を用いて行った。CFM の分解能は数百 nm であるため、数十 nm 程度の距離に複数の NV センターを形成したとしても、個々の NV センターを分離することはできず、1 つの蛍光スポットとして観測される。そこで、1 つの蛍光スポット中に含まれる軸の異なる NV センターの数を、光検出磁気共鳴(ODMR)スペクトル法を用いて同定した。観測された軸の異なる 3 個の NV センター(NV_A, NV_B, NV_C)間の双極子双極子相互作用を、電子電子二重共鳴(DEER)法を用いて評価した。図 1(a)に 3 つの近接した NV センターの模式図を示す。図 1(b)に DEER 法のパルスシーケンス、図 1(c)に NV_A-NV_C 間の DEER 測定結果を示す。双極子双極子相互作用は 53.0 kHz であった。同様に NV_B-NV_C 及び NV_A-NV_B 間の双極子双極子相互作用はそれぞれ 24.1 kHz 及び 6.4 kHz であった。発表では得られた 3 つの近接した NV センターが 3 量子ビット量子レジスタとして扱えるか否かを議論する。

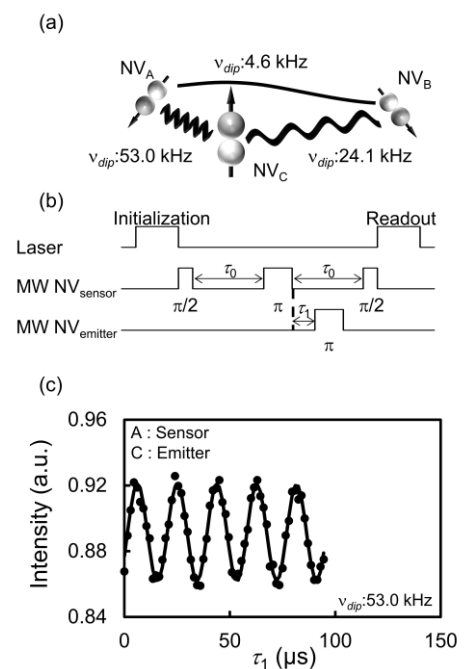


図 1 (a)3 つの近接した NV センター
(b)DEER 法のパルスシーケンス
(c)NV_A-NV_C 間の DEER 測定結果

【謝辞】科研費(17H03526、26220903、15H03980、16H06326)により実施された。CFM の整備にご協力頂いた Ulm 大の L. McGuinness 博士と F. Jelezko 教授に感謝致します。