

ダイヤモンド中 NV 中心の電子スピン三準位系における 二重共鳴現象の周波数特性

Frequency Response of Double Resonance of Sub-levels of Spin-triplet State of NV Centers in Diamond

1. 慶大理工, 2. NTT 物性基礎研, 3. 産総研, 4. 京大

○山口 達万¹, 松崎 雄一郎², 齊藤 志郎², 渡邊 幸志³, 水落 憲和⁴, 早瀬 潤子¹

1. Keio Univ., 2. NTT-BRL, 3. AIST, 4. Kyoto Univ.

○Tatsuma Yamaguchi¹, Yuichiro Matsuzaki², Shiro Saito², Hideyuki Watanabe³,
Norikazu Mizuochi⁴, and Junko Ishi-Hayase¹

E-mail: hayase@appi.keio.ac.jp

ダイヤモンド中空素空孔(Nitrogen Vacancy; NV)中心は、室温・大気圧下で動作する高感度磁場センサとして期待されている。最近我々のグループは、NV 中心の電子スピン三準位系における二重共鳴現象を用いて、パルスを使わずに連続波で高周波交流磁場を測定できることを示した^[1]。しかしすべての NV 配向が信号に寄与していること、強度依存性があることから、観測された二重共鳴スペクトルは複雑で完全に説明することが困難であった。そこで本研究では二重共鳴現象を本質的に理解するために、特定の配向軸に垂直な磁場をかけることで信号に寄与する NV 配向を実効的に一つに制限し、電子スピン三準位系における二重共鳴現象の周波数特性を詳細に調べたので報告する。

外部磁場が存在しない場合の NV 電子スピンのエネルギー固有状態は、歪や外部電場の影響を考慮すると、 $|0\rangle, |B\rangle = (|1\rangle + |-1\rangle)/\sqrt{2}$, $|D\rangle = (|1\rangle - |-1\rangle)/\sqrt{2}$ と表される ($|0\rangle, |1\rangle, |-1\rangle$)はそれぞれ磁気量子数 0, +1, -1 の電子スピン三重項状態)。NV 軸に垂直な磁場を印加すると、ゼロ磁場分裂がゼーマン分裂よりも十分に大きい場合は、磁場が存在しない場合のエネルギー固有状態と近似的に同じである(Fig. 1(a))。 $|B\rangle, |D\rangle$ 間の共鳴周波数を有する交流磁場(RF)をかけると $|B\rangle, |D\rangle$ 間の遷移が起きるため、連続波光検出磁気共鳴(CW-ODMR)の信号が変化する。本研究では、バルクダイヤモンド中の集合体 NV 中心^[2]を対象として、特定の配向軸に垂直な直流磁場を印加した上で、グリーンレーザー(532 nm), MW(2.865-2.885 GHz), RF(10 kHz-10 MHz)を同時に照射し、二重共鳴現象による CW-ODMR スペクトルの変化を観測した。 Fig. 1(b)に RF を印加して CW-ODMR スペクトルを測定した結果を示す。 $|B\rangle, |D\rangle$ 間の共鳴周波数付近で、理論的に予測された、特徴的な四つのディップが観測された^[1]。 Fig. 1(b)から得た四つのディップ(dip1~4)の共鳴周波数の変化を Fig. 1(c)に示す。 Fig. 1(c)の dip2, dip3 の傾きの大きさは理論の予測と一致しており^[1]、またアンチクロッシングも観測されている。発表では、周波数特性の強度依存性についても述べる予定である。

本研究の一部は、MEXT 科研費(18H01502, 15H05868, 15H05870, 15H03996, 26220602, 26249108), JSPS 科研費(15K17732), Spin-NRJ の支援を受けて行なわれた。また使用したダイヤモンドサンプルの一部は NICT フォトニックデバイスラボ, NIMS の協力の下作製した。

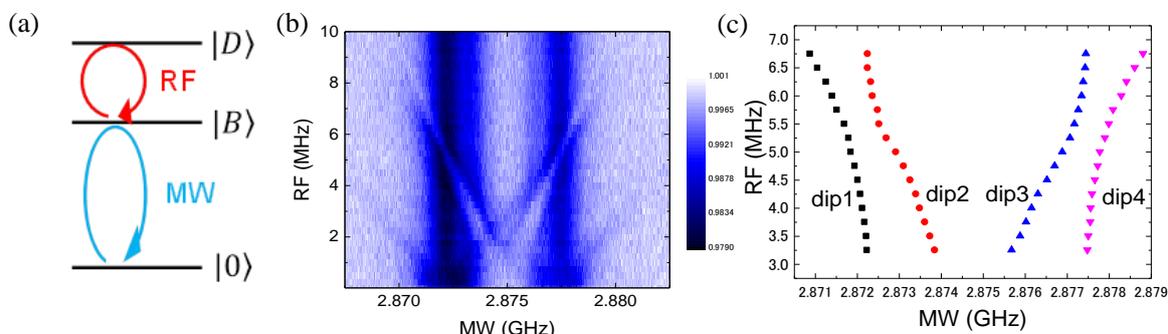


Fig. 1 (a) An energy diagram of spin-triplet ground states of NV center. (b) Experimental CW-ODMR spectra for simultaneously applying radio-frequency AC magnetic field with various frequencies. (c) Experimentally estimated double resonance frequencies.

[1] S.Saijo, *et al.*, arXiv:1801.05865 [2] H. Watanabe, *et al.*, IEEE Transactions on Nanotech. 15, 614 (2016).