ダイヤモンド中電子スピンの光検出磁気共鳴イメージング

Optically Detected Magnetic Resonance Imaging of Electric Spins in Diamond

○岡崎 睦¹, 藤田 留士郎¹, 渡邊 幸志², 赤羽 浩一³, 門内 靖明¹,

伊藤 公平¹, 早瀬 潤子¹(1.慶大理工, 2.産総研, 3.情報通信研究機構)

[°]Mutsumi Okazaki¹, Ryushiro Fujita¹, Hideyuki Watanabe², Kouichi Akahane³, Yasuaki Monnai¹,

Kohei M. Itoh¹, and Junko Ishi-Hayase¹ (1.Keio Univ., 2.AIST, 3.NICT)

E-mail: mutsumi0113@keio.jp

【背景・目的】生物・物理分野において磁場イメージング技術の発展は必須だが、既存の技術で は測定環境の制限・感度・空間分解能の点において未だ課題が残る.そこで近年注目されている のが、ダイヤモンド中の欠陥構造である窒素空孔中心(NV中心)である[1].NV中心は、光励起 により室温で安定に発光し、発光強度はNV中心に局在した電子スピン状態に依存する(図1(b)). したがって、連続的にマイクロ波を照射しながら発光強度を測定することで、電子スピン共鳴ス ペクトルを得ることができる(光検出磁気共鳴;ODMR).磁気共鳴エネルギーは、結晶中のN-V が並ぶ方向(NV配向方向)への磁場の射影成分に依存するため(図2(a))、ODMRスペクトルを 取得することで、外部磁場のセンシングやNV配向方向・配向率の決定が可能である.本研究で は、NV中心集合体における ODMR スペクトルを、広範囲かつ高感度に測定可能な ODMR イメ ージング装置を開発し、NV配向イメージングおよび磁場イメージングを行なったので報告する.

【実験方法】図 1(a)に ODMR イメージング装置の概要を示す.サンプル上における励起光(波長 532 nm)のビーム径を拡大し,82 × 82 µmの広視野を得た.NV 中心からの発光は EMCCD によ り検出し,発光イメージ像を取得した.また,視野内で空間的に均一で高強度のマイクロ波を照 射するため,二次元ループ型アンテナを使用した.マイクロ波周波数を掃引しながら発光を検出 し,ODMR イメージ像を取得した.本研究では,直流磁場を印加し,異なる配向を有する NV 中 心からの ODMR 信号を分離できるようにした.配向イメージ像および磁場イメージ像は,周波数 を固定したマイクロ波を ON・OFF した時の発光強度の比をとることで得た.サンプルには,µm オーダーの溝に高密度かつ特徴的な配向分布をもつ NV 中心集合体を使用した[2].

【実験結果】図2は,NV中心集合体の発光像と配向イメージ像である.溝内に高密度NV中心集合体が存在し、その配向方向や配向率が溝内の場所により異なっていることがわかった.本発表ではさらに、平坦なダイヤモンド基板上に均一に分布する集合体NV中心を用いた磁場イメージングのデモンストレーション結果などについて詳しく報告する.

本研究の一部は,科研費(15H05868, 26220602, 50392684, 50342746)および先端光量子科学アラ イアンス,福澤基金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は,NICTフ ォトニックデバイスラボの協力の下作製した.

[1] S. Steinert, et al., Rev. Sci. Instrum. 81, 043705 (2010). [2] T. Gomi, et al., CLEO- PR, WI1-3 (2013).



図 1.(a) 実験系概要図(b) NV 中心の基底状 図 2.(a) 結晶構造(b) 集合体 NV 中心発光像(c)赤枠 態におけるエネルギー準位図 線内における配向イメージング