

単一 NV 中心の観測が可能な小型測定装置の開発

Development of a compact measuring device capable of observing a single NV center

慶大理工¹, 慶大先端研² ○(B)御園生 大器¹ (D) 佐々木 健人² (M1)石津 俊太郎¹

伊藤 公平^{1,2} 門内 靖明¹ 阿部 英介²

Keio Univ. Sci. & Tech.¹, Keio Univ. ARC² ° Daiki Misonou¹, Kento Sasaki¹, Shuntaro Ishizu¹

Kohei M. Itoh^{1,2}, Yasuaki Monnai¹ and Eisuke Abe²

E-mail: daiki.miso15199@keio.jp

ダイヤモンド窒素空孔中心 (NV 中心) は、室温において長いコヒーレンス時間を持つこと、光学的に電子スピン状態を読み出せること、マイクロ波照射による電子スピンの制御が可能であることなどから量子情報通信や量子センシングの分野での応用が期待されている。特に単一 NV 中心はその空間分解能の高さから、例えば nanoMRI といった応用先が考えられており、基本的物性に関する研究を始め、様々な研究がなされている。

NV 測定装置は一般的に、主に 2 つの系からなる。1 つはダイヤモンド中の NV 中心にレーザー光を入射し、NV 中心からの発光強度を読み取るレーザー共焦点顕微鏡。もう 1 つは、磁気共鳴を用いてスピン操作を行うためのマイクロ波印加系である。しかし、多くの NV の測定装置は光学系のアライメントに広いスペースを必要とする。今回我々は、単一 NV の測定が可能な簡易デスクトップ型の NV 中心測定装置を開発した。その主な特徴は、①ファイバー素子とケージシステムを用いて小型化を実現したにもかかわらず、②数 mm 角の試料全体をスキャンし単一 NV を識別・スピン操作可能であること、③単一 NV 中心を用いた最先端の量子センシングプロトコル(核スピン検出など)が実装可能なことである。

光学系においては、532nm のレーザーを用いており、レーザー光は音響光学素子によってパルス化される。ダイヤモンドからの発光の検出には、シングルフォトンカウンティングモジュールを用いている。マイクロ波印加系においてはシグナルジェネレータからのマイクロ波に任意波形発生装置を用いて、IQ 変調およびスイッチングを行うことで任意の形状、位相および振幅を持ったパルス波形を作成することが出来る。また作成したマイクロ波はダイヤモンド中に広範囲の均一なマイクロ波を印加することのできる自作のアンテナから照射することで、様々な測定を行うことが可能となる。さらに Z 方向のピエゾアクチュエータと 20mm×20mm の可動域と 10nm の高分解能を持つ XY 軸のフィードバックステージを用いて、広範囲の NV 中心の測定を可能とする。

この装置を用いて IIa 型ダイヤモンド中の単一 NV の評価を行った。まず連続波光検出磁気共鳴測定を行い、共鳴スペクトルを得た。ゼロ磁場における共鳴スペクトルと磁場を印加した時の共鳴スペクトルを比較し、ゼーマン分裂によるスペクトルの分裂を確認した。次に印加マイクロ波の周波数を電子スピンの 0 状態 ↔ -1 状態に対応する周波数にあわせたのち、マイクロ波をパルス化しラビ測定を行い、ラビ振動を観測した。 π パルスや $\pi/2$ パルスといったパルス長を校正し、それらのパルスを用いてハーンエコー測定を行い、バルク中単一 NV 中心の位相緩和時間 (T_2) を求めたほか、周囲の ^{13}C からの電子スピンエコー包絡線変調を観測した。さらにパルス光検出磁気共鳴測定を行い、 ^{14}N との超微細相互作用によるスペクトルの分裂を確認した。ダイヤモンド表面上に塗布した油浸オイル中の核スピン検出にも成功した。