

ダイヤモンド(111)基板中のアンサンブル NV センタ配向率の定量化

Quantification of the alignment ratio of ensemble NV center in (111) diamond

○田原 康佐、小澤 勇人、成木 航、岩崎 孝之、波多野 睦子 (東工大)

○K. Tahara, H. Ozawa, W. Naruki, T. Iwasaki, M. Hatano (Tokyo Tech)

E-mail: tahara.k.ac@m.titech.ac.jp

ダイヤモンド中の窒素-空孔中心 (NV センタ) は、そのスピン ($S=1$) 状態の光による初期化・読み取りと、電子スピン共鳴による操作が室温で可能であり、センサや量子情報への応用が期待できる。特に磁場・電場等のセンサ応用を考えたとき、感度を決めるパラメータには測定に用いる NV センタの数・スピン緩和時間・測定のコントラストがある。このうち測定のコントラストは、NV センタがダイヤモンド中で特定の方向に配向することで向上させられ、最近(111)基板上の CVD 合成により 95-100%の高い配向率が得られることが発見された^[1]。これらの研究では低密度 (共焦点顕微鏡で単一の NV センタを分離可能な 10^{12} cm^{-2} 程度) の NV センタが主に取り扱われ、配向率の評価は多くの単一 NV センタの光検出磁気共鳴 (ODMR) を測定することで行われた。さらなる感度の向上のためには高密度で配向率の高いダイヤモンド試料が必要であると考えられるが、配向が完全でないアンサンブル NV センタの配向率評価方法は確立されていない。

このような背景から、高密度アンサンブル NV センタの配向率の ODMR 信号強度比による簡便な定量化方法を提案する。まず、静磁場は基板に垂直[111]に印加する。これにより[111]に配向した NV センタとそれ以外の NV センタで共鳴周波数の分裂幅に 3 倍程度の違いが生じ、スペクトルを分離できる。信号強度をピーク面積とすると、これはマイクロ波の振動磁場の大きさに比例する (十分に振動磁場が大きい場合)。マイクロ波の偏波方向が試料面内となるようにした場合、[111]配向の NV センタとそれ以外の NV センタでは振動磁場の実効的な強度に 3 倍の違いが発生するため、これを考慮して配向率を $S_{[111]} / (S_{[111]} + 3S_{\text{other}})$ ($S_{[111]}$: [111]配向の信号強度, S_{other} : その他の信号強度) とした。この評価方法で、図 1 に示した未処理の HPHT 合成ダイヤモンド中の NV センタ (密度 10^{14} cm^{-2} 程度) の配向率はおおよそ 26%となり、[111]への配向がないことを示している。それに対し、図 2 の窒素ドーパ CVD で合成したダイヤモンド中の高密度 NV センタ (密度 10^{15} cm^{-2} 程度) ではおおよそ $80 \pm 5\%$ の[111]への配向があることがわかった。

今後センサ応用に向けた NV センタアンサンブルを最適化するためには、NV センタの密度・配向率・スピン緩和時間というパラメータを最大化することが必要だと考えられる。

[1] T. Fukui *et al.* APEX 7, 055201 (2014), J. Michil *et al.* APL 104, 102407 (2014), M. Lesik *et al.* APL 104, 133107 (2014)

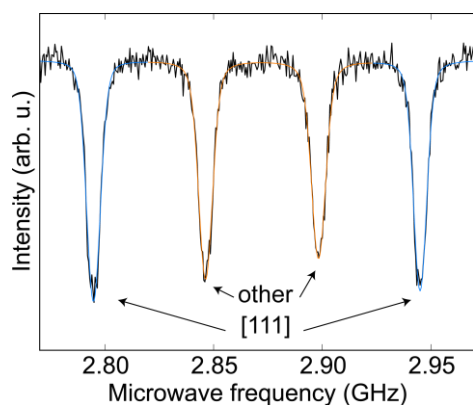


Fig 1. ODMR spectrum of ensemble NV centers in untreated HPHT (111) diamond.

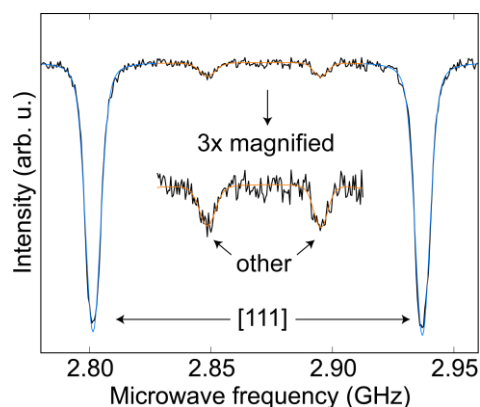


Fig 2. ODMR spectrum of ensemble NV centers in CVD grown (111) diamond.