光検出磁気共鳴によるダイヤモンドWアンサンブル膜中のストレス計測とその制御

Measuring by ODMR of NV ensemble and controlling internal stress of diamond ^O小澤 勇斗^{1,2}、田原 康佐^{1,2}、石綿 整¹、岩崎 孝之^{1,2}、波多野 睦子^{1,2}(1. 東工大、2. CREST) ^OHayato Ozawa^{1,2}, Kosuke Tahara^{1,2}, Hitoshi Ishiwata^{1,2}, Takayuki Iwasaki^{1,2}, Mutsuko Hatano^{1,2}

E-mail: ozawa.h.ad@m.titech.ac.jp

ダイヤモンド中の NV センターの磁気感度向上には、信号のコントラストと検出領域内の NV センター数が重要なパラメータであり、特定方向に配向制御された高密度な NV センターが必要 である。著者らは、(111)基板上へ CVD 法により窒素(N)ドープダイヤモンド薄膜を合成すること で、10¹⁵cm⁻³ 以上の密度において 90%以上の配向率を持つ NV センターの形成を実現してきた^[1]。 信号コントラストの低下のその他の要因として、膜中のストレスが考えられる。これは NV セン ターがストレスに対しても感度を持ち、ESR の共鳴周波数のシフトを示すためである^[2]。本研究 では、NV センターのアンサンブル膜中のストレスに伴う信号コントラスト低減を抑制すること を目的として、ODMR(光検出磁気共鳴)による膜中ストレスの計測を行い、下地バッファー層 による制御方法を検討した。

IIa ダイヤモンド(111)基板上に、CH₄/N₂/H₂をガス源とし、マイクロ波プラズマ CVD により N ドープダイヤモンド薄膜を合成した。NV センターの配向制御を行うために、基板に<Ī12>方向へ 約 3°のオフ角をつけた^[1]。使用した IIa 基板は、XRD 測定において約 0.02%の格子面間隔の縮小 がみられた。この基板の歪みの影響を検討するために、IIa 基板直上(サンプル A)と基板の歪みを 緩和するためのリン(P)ドープ層上(P 5×10¹⁹cm⁻³:サンプル B)に合成した 2 サンプルを作製した。

両サンプルの NV 濃度は 8×10¹⁵cm³(A), 7×10¹⁵cm³(B)となり、ほぼ一定となった。Fig.1 に両サ ンプルの ODMR スペクトルを示す。配向率はサンプル A が 90.3%、サンプル B が 96.7%となり、 どちらも[111]方向への配向制御がなされている。サンプル A については、[111]配向した NV セン ターの共鳴周波数が低周波数側に 20MHz シフトしている。NV センターは圧力に対し、15MHz/GPa だけ ODMR の共鳴周波数がシフトするため(圧縮応力に対して高周波数側へのシフト)^[2]、サンプ ル A には[111]方向に約 1.3GPa の膨張応力がかかっている。また、ピークの半値幅が広く、2 つに 割れていることから膜中ストレスは不均一である。これに対し、サンプル B にはピークシフトは 見られず、ストレスはかかっていない。Fig.2 に両サンプルのラビ振動を示す。サンプル B では、 21%のコントラストが得られているのに対し、サンプル A ではコントラストは 11%であり、不均 ーな膜中ストレスに起因するコントラストの減少がみられた。このことから、膜中ストレスはコ ントラストを低下させることが確認できた。また、基板の歪みを緩和するようなバッファー層を 導入することで、膜中ストレスを緩和でき、NV 密度を保ったままコントラストの向上が可能であ ることが分かった。

[1] K. Tahara et al., APL 107, 193110 (2015) [2] M. W. Doherty et al., PRL 112, 047601 (2014).



Fig. 1 ODMR spectra of sample A (lower) and B (upper) with different internal stress.



Fig. 2 Rabi oscillations of sample A and B.