

ホモエピタキシャルダイヤモンド(111)薄膜中に形成された NV センターの配向度と極性

Alignment and preferential orientation of nitrogen-vacancy centers formed during chemical vapor deposition diamond growth on (111) surfaces

寺地徳之¹, J. Michl², S. Zaiser², I. Yakobi², G. Waldherr², F. Dolde²,
P. Neumann², M. W. Doherty³, N. B. Manson³, 磯谷順一⁴, J. Wrachtrup²

¹ 物材機構、² シュットガルト大学、³ オーストラリア国立大学、⁴ 筑波大学

T. Teraji¹, J. Michl², S. Zaiser², I. Yakobi², G. Waldherr², F. Dolde², P. Neumann²,
M. W. Doherty³, N. B. Manson³, J. Isoya⁴, J. Wrachtrup²

¹NIMS, ²University of Stuttgart, ³Australian National University, ⁴University of Tsukuba

E-mail: TERAJI.Tokuyuki@nims.go.jp

【緒言】NV センターを選択配向させることは、NV センターのアンサンブルを利用する磁気センサーの S/N 改善、及び超伝導量子ビット等とのハイブリッド量子デバイスにおける結合強度の改善に役立つ。ダイヤモンド結晶中の NV センターは、NV 方向を対称軸とする C_{3v} 対称をもち、結晶内では4つの異なる方向を取り得る。最近、(111)基板上への CVD 合成により、NV センターを高配向化させる試みがなされている[1-3]。本研究では、高マイクロ波パワー密度条件で(111)基板上にホモエピタキシャルダイヤモンド薄膜を合成し、薄膜中の NV センターの配向度と極性を調べた結果について報告する。

【実験】Ib(111)単結晶基板上に、マイクロ波プラズマ CVD 法により、ダイヤモンド薄膜をホモエピタキシャル成長させた。成長中に周期的にメタンの供給を停止することで試料をエッチングした。これにより、Ib 基板からの窒素を反応系内に取り込み、ホモエピタキシャル薄膜中への窒素ドーピングを行った (図 1 a-c)。高感度電子スピン共鳴 (ESR) 法である共焦点顕微鏡光検出磁気共鳴 (ODMR) を用い、磁場と N-V 軸との角度を調べることで、NV センターの配向度を評価した。また、外部電場による ODMR 周波数のシフトから、極性を決定した。

【結果・考察】図 1d に示すように、成長したホモエピタキシャルダイヤモンド(111)薄膜はマクロスコピックに平滑であった。ODMR 測定した 232 個の単一の NV センターのうち 218 個が基板に垂直の配向をしており、配向度は $94\% \pm 2\%$ と見積もられた。次に、成長方向に配向した単一の NV センター 186 個について、極性 (V_{up} か N_{up}) を判別したところ、今回の(111)ホモエピタキシャルダイヤモンド薄膜では、 $N \rightarrow V$ (V_{up}) は 138 個、 $V \rightarrow N$ (N_{up}) は 48 であった。つまり、窒素が下部で空孔が上部の構造で、NV センターが選択的に配向して形成されることが分かった。

【謝辞】本研究の一部は、日本学術振興会科学研究費補助金(23360143、及び26246001)の助成を受けたものである。

[1] J. Michl *et al.*, Appl. Phys. Lett. **104**, 102407 (2014). [2] M. Lesik *et al.*, Appl. Phys. Lett. **104**, 113107 (2014).

[3] T. Fukui *et al.*, Appl. Phys. Exp. **7**, 055201 (2014).

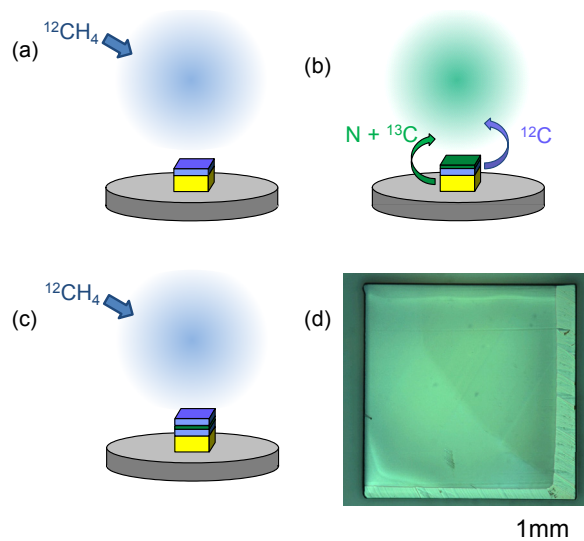


図 1 (a)-(c)ダイヤモンド結晶成長の概念図、
(d)成長した薄膜の表面モルフォロジー