

高温高圧処理による NV センター形成効率

NV center formation efficiency by high temperature high pressure treatment

群馬大学¹, 量研², 愛媛大学 GRC³○(M2)樋口泰成^{1,2}, 小野田忍², 齋藤寛之², 西原遊³, 加田渉¹, 大島武², 花泉修¹Gunma Univ.¹, QST², Ehime Univ.³Taisei Higuchi^{1,2}, Shinobu Onoda², Hiroyuki Saito², Yu Nishihara³,Wataru Kada¹, Takeshi Ohshima², and Osamu Hanaizumi¹

E-mail: t181d059@gunma-u.ac.jp

【はじめに】

ダイヤモンド中の窒素・空孔(NV)センターは、炭素原子を置換した窒素原子と、隣り合う原子空孔で構成される。NV センターは電子スピンを有しており、室温においてその状態を検知・制御できる特徴から、微小な物理量を計測するための量子センサーとしての利用が期待されている。量子センサーとしての感度を向上させるためには、NV センターを高濃度に形成することが必要となる。また、NV センターを同じ方向に向けること（配向制御）も重要である。

高濃度の NV センターを形成するための有力な手法の 1 つとして電子線照射が挙げられる。電子線によって導入される原子空孔を窒素不純物と結合させるために熱処理が必要である。通常は真空または常圧下にて熱処理が行われる。当該手法では、NV センターを高濃度に形成することができるものの、配向させることはできない。しかし、異方的圧力下で熱処理を施せば NV センターを配向させることができる可能性が、第一原理計算によって示された[1]。本研究では、電子線照射と異方的高温高圧処理を組み合わせにより NV センター形成に及ぼす影響を検証する。

【実験及び結果】

本研究では HPHT(High Pressure High Temperature)法により合成された Ib 型(100)基板を使用した。試料を 9 分割した後、量研・高崎にて 2 MeV 電子線照射を室温にて実施した。照射量は $1 \times 10^{18} \text{ e/cm}^2$ とした。その後、量研・播磨にて等方的高温高圧処理を、愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センターにて異方的高温高圧処理を行った。等方的高温高圧処理条件は、4~9 GPa の封圧で、1000~2000 °C とした。また、異方的高温高圧処理では、上下方向に差応力を加えた上で 480 $\mu\text{m/mm}$ までの変位を加えた。比較実験として、真空中で 1000 °C・2 時間の熱処理を実施した。最後に波長 532 nm の励起光を用いてフォトルミネッセンス(PL)測定を実施し、PL 強度から NV センターの濃度を評価した。

図 1 は、等方的圧力下における熱処理温度ごとの PL スペクトルを示す。全てにおいて NV センターからのゼロフォノンラインが確認できた。図 2 は、真空及び等方的圧力 (4~9 GPa) における PL 強度の熱処理温度依存性である。温度が高くなると NV センターの生成量が下がり、1800 °C では消失した。1000 °C が最も生成率が高い結果となった。図 3 は PL 強度の異方的高温高圧処理における変位量依存性を示す。比較のために等方的高温高圧処理の PL 強度も示す。変位量の増大に伴い PL 強度の減少が確認された。発表では NV センターの配向について議論する。

【参考文献】 [1] T. Karin, et al., Applied Physics Letters, 105, 053106, 2014.

【謝辞】本研究は、公益財団法人村田学術振興財団の研究助成、及び MEXT Q-LEAP・CAO PRISM による助成を受けた。異方的高温高圧実験は、愛媛大学先進超高压科学研究拠点(PRIUS)の共同利用・共同研究の下で実施された。

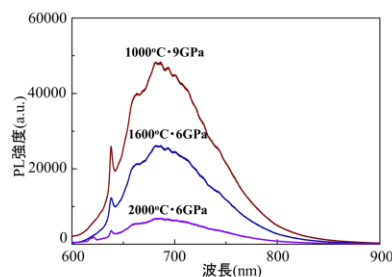


図 1

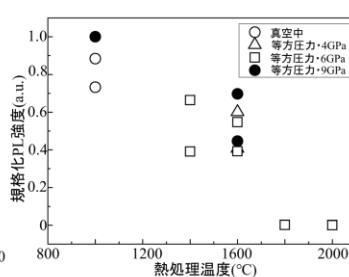


図 2

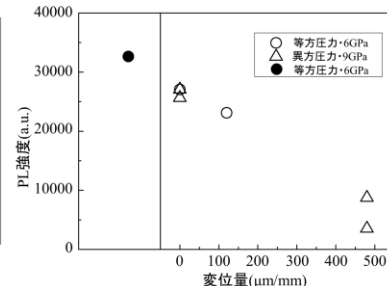


図 3

図 1：等方的圧力下における熱処理温度ごとの PL スペクトル

図 2：PL 強度の真空中高温処理及び等方的高温高圧処理における熱処理温度依存性

図 3：PL 強度の異方的高温高圧処理における変位量依存性