

NV センターの形成効率の熱処理温度依存性

Annealing Temperature Dependence of Creation Efficiency of NV Center

群馬大理工¹, 原子力機構², 物材機構³, 筑波大学⁴

○(M2)春山 盛善^{1,2}, 小野田 忍², 立見 和雅¹, 寺地 徳之³,

磯谷 順一⁴, 加田 渉¹, 大島 武², 花泉 修¹

Gunma Univ.¹, JAEA², NIMS³, Univ. of Tsukuba⁴

Moriyoshi Haruyama^{1,2}, Shinobu Onoda², Kazumasa Tatsumi¹, Tokuyuki Teraji³,

Junichi Isoya⁴, Wataru Kada¹, Takeshi Ohshima², and Osamu Hanaizumi¹

E-mail: t14804074@gunma-u.ac.jp

【はじめに】

NV (Nitrogen Vacancy) センターはダイヤモンド中の発光中心の一つであり、ナノスケールセンシングや量子コンピューターの量子ビットとしての応用が期待されている。我々はこの NV センターの高い発光効率を利用した新しい応用として、ダイヤモンド中の重イオン飛跡を高空間分解能で可視化する研究に取り組んでいる[1-2]。まず、ダイヤモンドに対して重イオンを照射すると、その飛跡に沿って高密度の原子空孔が導入される。その後の熱処理によって原子空孔を拡散させ、ダイヤモンド中の窒素不純物原子と結合させることで、イオン飛跡に沿って多量の NV センターを形成し、NV センターからの蛍光によってイオン飛跡が観察可能となる。前回の発表では熱処理時間を変えたときの重イオン飛跡の形成状況を観察することで、原子空孔の熱拡散挙動を調べた[1]。その結果、熱処理温度が 1000°C では 400 分を超えても飛跡を構成する NV センターの数が増え続けることが分かった。このことから、この温度条件では原子空孔が依然として残留していることが示唆される。そこで本研究では、より効率良く原子空孔と不純物窒素とを結びつけるために、様々な温度での熱処理を試み、イオン飛跡検出器の感度向上やイオン照射により導入される原子空孔の拡散過程に関する知見を得ることを目指す。

【実験及び結果】

サンプルには CVD 法および HPHT 法によって合成された IIa 型単結晶ダイヤモンドを用いた。サンプルに対して斜めに Os-490MeV イオン照射を行った。イオン照射後、800~1200°C の範囲で熱処理を施し、共焦点レーザー走査型蛍光顕微鏡 (CFM) を用いて観察した。

1000°C で 400 分の熱処理では導入された原子空孔を完全に NV センターに変換するには不十分であったため、今回はさらに熱処理を追加して 1000°C で 640 分まで行った。加えて、1000°C より高い温度で熱処理した方がより効率よく原子空孔を拡散させることが出来ると期待して、1200°C で 120 分の熱処理を追加で行った。

図 1(a) に 1000°C で 640 分の熱処理を施した時の CFM 像を示す。図に見られるように、イオン飛跡に沿って多量の NV センターが観察された。1000°C で 400 分の熱処理と比較した結果、観測されたイオン飛跡の長さは変わらなかったが、単一イオン飛跡を構成する NV センターの数は依然として増加傾向を示すことが分かった。図 1 (b) に 1200°C で 120 分の熱処理を施した時の CFM 像を示す。その結果、イオン飛跡に沿って形成された NV センターの飛跡の長さは変化が見られなかったものの、一つの飛跡を構成する NV センターの数は大きく減少することが分かった。当日は、様々な条件での熱処理を試みた結果について報告し、NV センター形成効率やイオン飛跡検出感度の熱処理依存性について議論する。

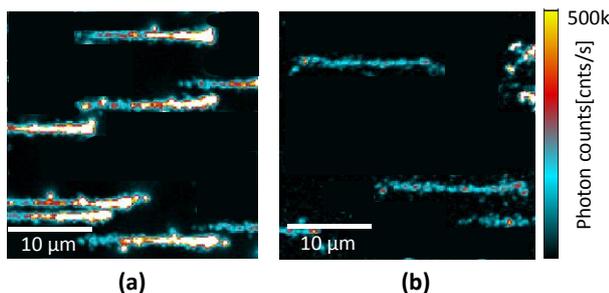


図 1. CFM images of diamond irradiated by Os-490 MeV after thermal annealing (a: 1000°C, 640 min, b: 1200°C, 120 min).

【参考文献】

- [1] 春山盛善 他, 第 76 回 応用物理学会秋季学術講演会 15p-4F-23, 2015 年 9 月
[2] S. Onoda et al., Phys. Stat. Sol. A 212, No. 11, p. 2641 (2015)

【謝辞】

本研究の一部は科研費・基盤 (C) 26420877, 基盤(A) 26246001 および基盤 (S) 26220903 により実施された。本研究で用いた HPHT 結晶は、住友電工の角谷均博士が合成したダイヤモンドを使用しました。