

フェムト秒レーザー照射によるダイヤモンド内の NV 中心形成とその偏光による影響

Effects of polarization on NV center formation in diamond

by femtosecond laser irradiation

京大院工¹, 京大化研² ○(M1)木内 康平¹, (M2)矢野下 瑠星¹, 栗田 寅太郎¹, 下間 靖彦¹,
藤原 正規², 水落 憲和², 清水 雅弘¹, 三浦 清貴¹

Kyoto Univ.¹, Kyoto Univ. ICR² ○Kohei Kinouchi¹, Ryusei Yanoshita¹, Torataro Kurita¹,
Yasuhiko Shimotsuma¹, Masanori Fujiwara², Norikazu Mizuochi²,
Masahiro Shimizu¹, Kiyotaka Miura¹

E-mail: kinouchi.kouhei.56e@st.kyoto-u.ac.jp

【目的】ダイヤモンド中の窒素とそれに隣接する空孔からなる NV 中心は、光学的な観測及び操作が室温で可能な量子ビットとして機能し、量子センサなどへの応用が期待されている。当初はイオンビームや電子線照射により NV 中心を形成する手法のみの報告であったが、近年フェムト秒レーザー照射および熱処理による NV 中心形成[1,2]が報告されている。しかし、熱処理を行うことなく、単一パルス照射のみでの NV 中心形成の報告は未だない。また、照射レーザーの偏光と NV 中心形成との関係も明らかにされていない。本研究では、フェムト秒レーザーのパルス数および偏光状態に注目し、これらが NV 中心形成へ与える影響を明らかにすることを目的とした。

【方法】実験①照射パルス数:CVD 合成 IIa 型ダイヤモンド ($N < 1$ ppm) を用い、中心波長 800 nm、パルス幅 110 fs のレーザーパルスを 50 倍 (NA 0.80) の対物レンズを通して内部 190 μm に 20 μm 間隔で格子状に集光照射した。照射パルス数を 1 - 10 パルス (繰り返し周波数 1 Hz)、パルスエネルギーを 0.5 - 10 μJ と変化させた。実験②偏光状態:HPHT 合成 Ib 型ダイヤモンド ($N \sim$ 数十 ppm) を用い、波長 800 nm、パルス幅 60 fs、繰り返し周波数 250 kHz、パルスエネルギー 2 μJ 、照射パルス数 250000 のレーザーパルスの偏光状態を、直線偏光、円偏光、ラジアル偏光、アジマス偏光、光渦に変化させ、50 倍 (NA 0.80) の対物レンズを通して実験①と同様に試料内部に集光照射した。NV 中心由来の蛍光強度が形成量に比例すると仮定し、実験①、②ともに、波長域 640 - 660 nm の蛍光強度を共焦点顕微鏡により測定し、レーザー未照射部に対する照射部の強度比を求めた。

【結果と考察】実験①照射パルス数:照射パルス数に対する蛍光強度比の変化を Fig. 1 に示す。照射パルス数の増加にしたがい、NV 中心由来の蛍光強度が線形的に増加した。特に、熱処理することなく、フェムト秒レーザーの単一パルス照射のみで NV 中心の形成が可能であることを明らかにした。M. Kempkes 等[3]は、熱による空孔拡散とは異なり、強光励起下では窒素を含む原子の振動と格子間炭素の形成によって、光励起後数百 fs 以内の短い時間で NV 中心が形成するという第一原理 MD 計算結果を示しており、この計算結果は今回の実験結果を支持している。実験②偏光状態: Fig. 2 に各偏光状態における蛍光強度変化を示す。同一パルスエネルギーにもかかわらず、直線偏光に比べて円偏光の方が、蛍光強度が高くなった。これは多光子吸収断面積が、直線偏光に比べて円偏光の方が大きいためと考えられる[4]。

【参考文献】

- [1] Y. C. Chen et al., Nat. Photonics 11, 77 (2017).
- [2] V. Bharadwaj et al., J. Phys.: Photonics, 1, 022001 (2019).
- [3] M. Kempkes et al., Carbon 174, (2021) 524 (2021).
- [4] S. Klarsfeld, A. Maquet, Phys. Rev., 29, 2 (1972).

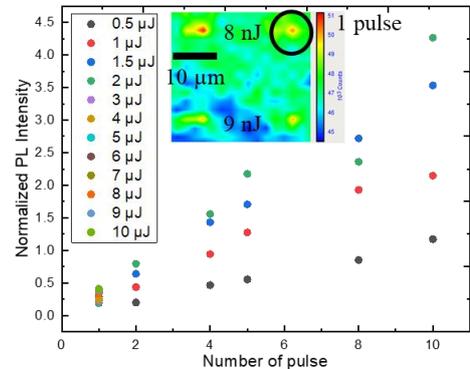


Fig. 1 NV PL Intensity as a function of pulse number and pulse energy

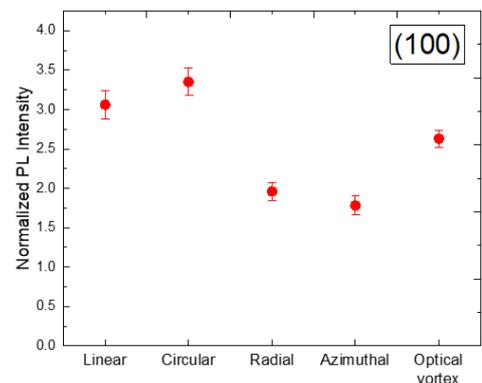


Fig. 2 NV PL Intensity depending on states of polarization