

## ダイヤモンド光学冷却に向けた NV センターにおける 発光ダイナミクスの励起光強度依存性の解明

### Excitation-intensity dependence of photoluminescence dynamics of NV centers for optical cooling of diamond

千葉大院理

○(M1) 間中 遥希, 山田 泰裕

Chiba Univ.

°Haruki Manaka, Yasuhiro Yamada

E-mail: 24wm2107@student.gs.chiba-u.jp

フォノン吸収を伴う光吸収過程があると、励起光よりもエネルギーの高い発光であるアンチストークス (AS) 発光が見られることがある。もし発光効率が十分に高ければ光吸収とそれに続く AS 発光により、物質内部のエネルギーは減少し、温度が下がる。これを AS 光学冷却といい、実際に希土類ドーパの結晶や半導体で実現されている[1]。AS 光学冷却を実現するためには高い発光効率と強い電子-フォノン相互作用が必要である。ダイヤモンド窒素欠陥中心 (NV センター) は発光効率が高く、実際にアンチストークス発光も確認されている[2]。また、毒性のないダイヤモンドは生体親和性が高く、凍結手術のような医療分野への AS 光学冷却の応用も期待されている[3]。さらに、量子コヒーレンスを制御することで、通常の AS 光学冷却を超えた冷却がダイヤモンド量子欠陥で実現できるという予測もあり[4]、NV センターは興味深い研究対象である。しかし、発光励起スペクトル測定やその温度依存性などの NV センターの AS 光学冷却の実現可能性を評価するためのデータが報告されていない。そこで本研究ではダイヤモンド NV センターでの AS 光学冷却のポテンシャルと限界を明確に示すことを目的として AS 発光特性の評価を行った。

まず、励起スペクトルから冷却ゲインスペクトル (冷却パワーの励起波長依存性) を算出し、NV を用いた AS 光学冷却には 98% 以上の発光効率が必要であることを見出した。また、発光寿命の励起光強度依存性を調べたところ、高密度励起で発光寿命の低下が見られた。この発光寿命の低下が光イオン化 (励起状態の時にもう一つ光子を吸収し、NV<sup>-</sup> から NV<sup>0</sup> に変化する事) が原因である可能性がある[5]。NV<sup>0</sup> は NV よりエネルギーギャップが大きいので、励起波長を NV<sup>-</sup> で AS 発光するように調整すると発光せず、冷却パワーが小さくなってしまう。このように発光寿命の低下が NV センターの特性に起因する場合、AS 光学冷却の障害となる。この結果に基づく励起光強度を上げた際の発光ダイナミクスから、光学冷却の実現性について議論する。

本研究の一部は公益財団法人 旭硝子財団 研究奨励の支援による。

[1] Y. Yamada, et al., *Nano. Lett.* **24**, 26, 11255-11261(2024). [2] T. T. Tran, et al., *Sci. Adv.* **5**, eaav9180 (2019). [3] M. Kern, et al., *Phys. Rev. B* **95**, 235306 (2017). [4] L. Tude, et al., *Phys. Rev. Lett.* **132**, 266901 (2024). [5] L. Hacquebard, et al., *Phys. Rev. A* **97**, 063408 (2018).