

ナノダイヤモンド中の窒素 - 空孔中心の 銀ナノ構造との結合に伴う Purcell 効果の解析

Analysis of the Purcell effect of nitrogen-vacancy centers in nanodiamonds coupled to Ag nanostructure

東京工業大学¹, 量子科学技術研究開発機構²

○(M2)柳本 宗達¹, 山本 直紀¹, 三宮 工¹, 秋葉 圭一郎^{1,2}

Tokyo Tech.¹, QST²

○(M2)Sotatsu Yanagimoto¹, Naoki Yamamoto¹, Takumi Sannomiya¹, Keiichirou Akiba^{1,2}

E-mail: yanagimoto.s.aa@m.titech.ac.jp

量子通信や光回路は次世代の情報通信技術として期待をされている。こうした光デバイスでは情報伝達・記録に光子が利用され、その通信速度は光子源の発光寿命により制限される。従って、光デバイスの高速化・安定化には、発光寿命を短縮化し同時に厳密な制御を行う技術が求められる。金属ナノ構造を光子源近傍に配置する事により発光寿命は顕著な短縮化を示し、これは Purcell 効果として知られ[1]、発光寿命制御の有望な手段として期待されている。Purcell 効果は、ナノスケールの局所電磁状態密度の分布に強く依存するため、Purcell 効果のナノスケール観察が重要となる。本研究では、金属構造の有無による発光寿命分布の変化の測定に、電子線励起発光（カソードルミネセンス）を用いて、光子間の時間相関測定を適用する事で、Purcell 効果のナノスケール観察を行った。また、理論計算と実験結果を比較する事で、その機構の解明を試みる。

光子源として、ナノダイヤモンド(ND)の窒素-空孔(NV)中心を用いた。NV 中心を 900 個含む ND 粒子を SiO₂ 膜上、Ag 基板上、および Ag ナノホール中にそれぞれ分散させた 3 種類の試料を用意し、それぞれ 53、58、55 個の粒子の発光寿命を計測した。測定から Ag 構造を有する試料では SiO₂ 膜上の ND 粒子に比べ明確な寿命の短縮化が観察でき、Ag ナノホールの試料についてその傾向が顕著である事が分かった(Fig.1)。この結果は数値シミュレーションを用いて再現され、それにより Ag 表面を伝播する電磁場モードに加え、ナノホールに局在した電磁場モードによる大きな寄与がある事が示された[2]。

参考文献

- [1] “Probing Plasmon-NV0 Coupling at the Nanometer Scale with Photons and Fast Electrons”, H. Lourenço-Martins, M. Kociak, S. Meuret, F. Treussart, Y. H. Lee, X. Y. Ling, H. C. Chang, and L. H. Galvão Tizei, *ACS Photonics* **5**, 324 (2018).
- [2] “Purcell Effect of Nitrogen-Vacancy Centers in Nanodiamond Coupled to Propagating and Localized Surface Plasmons Revealed by Photon-Correlation Cathodoluminescence” S. Yanagimoto, N. Yamamoto, T. Sannomiya, K. Akiba, *Physical Review B* **103**, 205418 (2021).

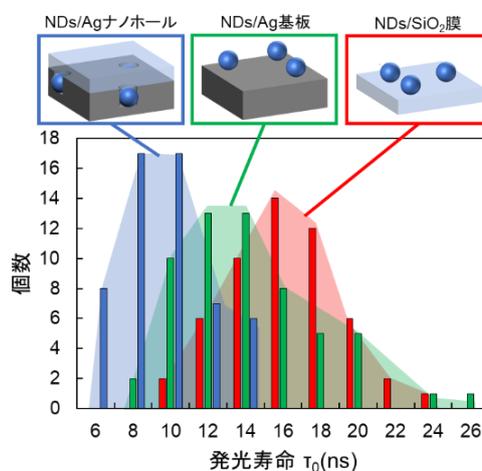


Fig.1. Histograms of the lifetime. From left to right, the lifetime distribution of ND particles located in Ag nanohole (blue), on Ag substrate (green), and on SiO₂ film (red).