

カソードルミネセンスにおけるフォトンバンチング

Photon bunching observed in cathodoluminescence

東工大物質理工¹, JST さきがけ², 農工大工³

(B) 柳本 宗達¹, 山本 直紀¹, ○三宮 工^{1,2}, 秋葉 圭一郎³

Tokyo Tech.¹, JST PRESTO², Tokyo Univ. of Agri. and Tech.³

(B) Sotatsu Yanagimoto¹, Naoki Yamamoto¹, ○Takumi Sannomiya^{1,2}, Keiichirou Akiba³

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

電子線励起による発光はカソードルミネセンス (CL) と呼ばれ、古くはブラウン管ディスプレイ (CRT) として広く一般に普及していた。一方、電子顕微鏡を用いた CL 法は、解析手法として、半導体・鉱物の解析や、ナノフォトニクスにおける近接場分布の測定などに用いられている。CL の発光過程は、遷移放射や局在表面プラズモンの発光などコヒーレントな放射と、蛍光体の発光などのインコヒーレントな発光に大分される。後者の蛍光体を介した CL 発光過程においては、電子線励起によるバルクプラズモンが、fs 程度の時間差でほぼ同時に複数の発光中心を励起するといわれている[1-4]。このため、1つの加速電子が試料に入射しプラズモンを励起した際には、複数の光子が塊 (バンチ) として放出される。このようなフォトンバンチングは、光子をスプリッターで分岐して時間差を測定する Hanbury Brown—Twiss (HBT) 測定系を用いると、2次の相関 ($g^{(2)}(\tau)$ 、 τ は遅延時間) が $g^{(2)}(\tau=0) > 1$ として検出される。このバンチング曲線の時間幅は蛍光体の蛍光寿命に相当する。この HBT 測定と、電子顕微鏡による CL を組合せ、バンチングを計測することで、ナノ領域での寿命測定が可能となる。

本研究では、これまでに数例[3,4,5]しか報告されていない CL におけるバンチングを検証し、その応用を検討する。蛍光発光体には、ナノダイヤモンドの窒素—空孔欠陥 (NV) 発光センターを用いた。フォトンバンチングが電子線電流量に依存することを確認した。またナノダイヤモンドの寿命は、個体に大きく依存し、10ns~20ns 程度まで分布することが明らかになった。

参考文献

- [1] “Optical excitations in electron microscopy” F. J. García de Abajo, *Rev. Mod. Phys.* 82, 209, 2010.
- [2] “Spatially Resolved Quantum Nano-Optics of Single Photons Using an Electron Microscope” L. H. G. Tizei and M. Kociak, *Phys. Rev. Lett.* 110, 153604, 2013.
- [3] “Photon Bunching in Cathodoluminescence” S. Meuret, L. H. G. Tizei, T. Cazimajou, R. Bourrellier, H. C. Chang, F. Treussart, and M. Kociak, *Phys. Rev. Lett.* 114, 197401, 2015.
- [4] “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. G. Tizei, *ACS Photonics* 5, 2, 324-328, 2018.
- [5] “Nanoscale Relative Emission Efficiency Mapping Using Cathodoluminescence $g^{(2)}$ Imaging” S. Meuret, T. Coenen, S. Y. Woo, Yong-Ho Ra, Z. Mi, and A. Polman, *Nano Lett.* 18, 2288–2293, 2018.