

微小光リザーバの構築に向けた FRET ネットワークが示す応答ダイナミクスの検証 Experimental analysis of response dynamics of FRET network toward sub-nano scale optical reservoir

九大シス情¹, 阪大院情², 阪大院工³

○宮田 裕基¹, 下村 優², 西村 隆宏³, 豎 直也¹, 小倉 裕介², 谷田 純²

Grad. Sch. ISEE, Kyushu Univ.¹, Grad. Sch. IST, Osaka Univ.², Grad. Sch. Eng., Osaka Univ.³

°Yuki Miyata¹, Suguru Shimomura², Takahiro Nishimura³, Naoya Tate¹, Yusuke Ogura², and Jun Tanida²

E-mail: miyata@npip.ed.kyushu-u.ac.jp

リザーバコンピューティング(RC)とはリカレント型のニューラルネットワークの一種であり、学習の過程で中間層・リザーバのノード間の結合重みには変化を加えないことから、計算量を抑えた学習が可能である[1]。リザーバの実装には非線形な応答を示す物理現象を利用することができ、これまでに光を使ったいくつかの RC が提案されている[2,3]が、ハードへの実装と実用化に際してはさらなる小型化・高集積化が必要である。我々は、半導体ナノ微粒子・量子ドット群内部で生じる蛍光共鳴エネルギー移動(以下 FRET)を利用し、同ネットワークが示すナノ光系由来の時空間ダイナミクスに基づいて機能するリザーバの構築を目指している。本発表では、小型かつエネルギー消費量が少ない光学的リザーバとして試作した FRET ネットワークについて、その入出力応答の時間および空間のダイナミクスについて検証したので報告する。

今回、蛍光ピーク波長がそれぞれ 540, 580, 620 nm の CdSe/ZnS 量子ドット(Sigma-Aldrich)を熱硬化性樹脂(Dow Corning; Sylgard184)中に封入し、カバーガラス上に順に成膜し、硬化させた試料を作製した。このとき、試料内部では、量子ドットから成る FRET ネットワークのノードの密度・経路に応じた多様な入出力応答が発現することが期待される(Fig.1)。この試料上に波長 510 nm、パルス幅 10 ns のレーザー光を試料上の異なる三点に照射することで、各点における蛍光強度と蛍光寿命を測定した(Fig.2, 3)。これらの結果から、各測定点において多様な強度・寿命をもつ蛍光出力が得られることを定量的に実証した。

今回得られた入出力応答のバリエーションは、別途検証中の FRET モデルの基本原理由より測定点の近傍領域に含まれる量子ドットネットワーク構造の構成に由来していることが示唆されている。今後、発現可能なネットワーク構造の設計・実現論理の確立を目指す。本研究は、JST, CREST, JPMJCR18K2 の支援を受けたものです。

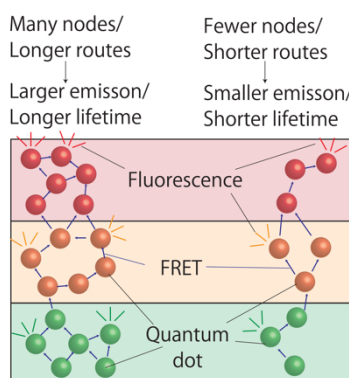


Fig.1. Schematic diagram of layered-type FRET network.

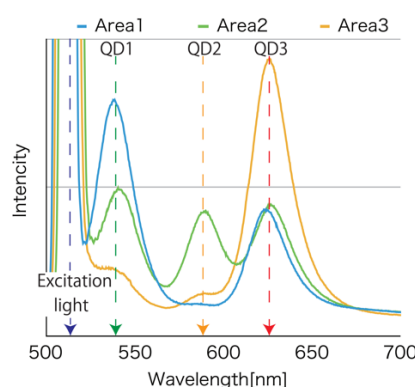


Fig.2. Variation of fluorescence spectra as spatio dynamic of the FRET network.

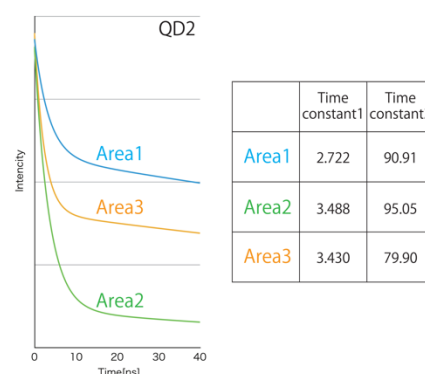


Fig.3. (a) Experimentally obtained fluorescence lifetimes and (b) the numerical variation as temporal dynamics of the FRET network.

[1] G Sande et al. Nanophotonics, pp 561-576 (2017). [2] Y. Paquot et al. Sci.rep., 2, 287 (2012). [3] C. Du, et al. Nat.Comm., 8, 2204 (2017).