

量子ドットを用いた長距離伝搬表面プラズモン光源

A Quantum Dot-Based Long-Range Surface Plasmon Source

阪大院工¹, フォトニクスセ² ○宮田 将司¹, 高原 淳一^{1,2}Graduate School of Eng.¹, PARC, Osaka Univ.², Masashi Miyata¹, Junichi Takahara^{1,2}

E-mail: miyata@ap.eng.osaka-u.ac.jp

量子ドット (QD) と表面プラズモン (SPP) の強い相互作用は、プラズモン回路における高効率プラズモン光源の実現を可能にする[1]. しかし、回路を構築するには、プラズモン光源と長距離・低分散伝搬を可能とする平面プラズモン導波路の結合が不可欠である。したがって、新たな光源-導波路集積のデザインおよび作製プロセスの確立が極めて重要である。

本研究では、金属薄膜構造上に QD プラズモン光源 (Fig. 1a) を集積し、長距離伝搬を有する SPP の直接励起に関する実証を行った[2]. QD プラズモン光源は、電子ビームリソグラフィと集束イオンビームにより作製した (Fig. 1b). Figure 1c は QD プラズモン光源による SPP の直接励起を示す。QD による蛍光に加え、出力スリットから光が観測された。また、導波構造において SPP モードのみが存在することを有限要素法 (FEM) により確認している。以上より、我々はスリットからの出力光は QD により励起された SPP によるものと結論付けた。

QD により励起した SPP は光源を中心として二次元等方伝搬を示す。Figure 2a は光源を中心として作製した円状のスリットにおける観測結果である。出力光はすべての方向でほぼ一定の強度を示す。また、出力光は偏光依存性を有しており、SPP 固有の特性を示す (Fig. 2b,c)。

我々は光源を中心とした同心円状の出力スリットを各距離に配置し、出力強度を測定することで SPP の伝搬距離を得た。Figure 2d は各 Ag 膜厚における伝搬距離を示す。伝搬距離 L_{SP} は Ag 膜厚に強く依存し、 $t_{Ag} = 20$ nm において FEM 解析とよく一致する $L_{SP} = 35.4$ μm が得られた。この値は、我々の系が単一界面 SPP やナノロッド SPP に比べ、 ~ 20 倍長い伝搬距離を有することを意味する。また、QD からの蛍

光と SPP による出力光の両者のスペクトルがほぼ一致したことから、本光源が広帯域の QD-SPP 結合および SPP の低分散伝搬を有していると推測できる。さらに、本光源は QD-SPP 結合効率 $34 \pm 8\%$ を有しており、高効率光源に向けた高いポテンシャルを示した。

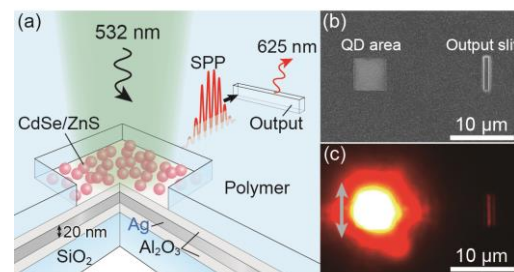


Fig. 1: (a) Schematic of the QD-based plasmon source. (b) Scanning ion microscope image of the fabricated system. (c) Fluorescence image with an excitation laser focused onto the QD area.

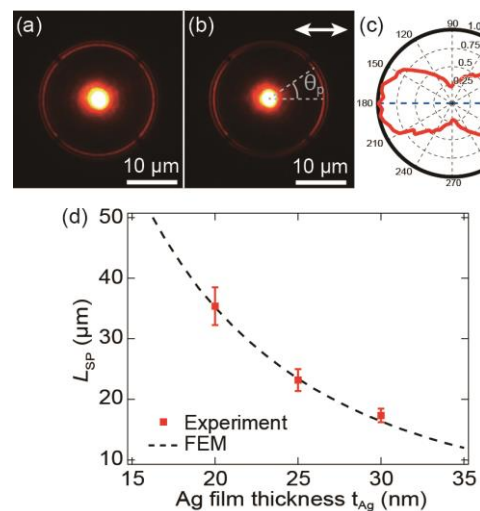


Fig. 2: (a) Fluorescence image of the system with the concentric slits. (b) Fluorescence image when only collecting with the electric field polarized along the arrow direction. (c) Polar plot of the emission intensity at different points of θ_p in (b). (d) Propagation length L_{SP} as a function of the Ag film thickness t_{Ag} . Error bars indicate ± 1 s.d.

[1] A. V. Akimov *et al.*, Nature **450**, 402 (2007).

[2] M. Miyata *et al.*, Opt. Express **21**, 7882 (2013).