

# ナノサイズ MSM プラズモニック導波路における 単一 InAs 量子ドットの発光緩和特性

## Emission decay properties of single InAs quantum dots embedded in nanoscale MSM structures

東大ナノ量子機構<sup>1</sup>, 東大生研<sup>2</sup>, 東大先端研<sup>3</sup>

○山本巧<sup>1</sup>, 太田泰友<sup>1</sup>, Edmund Harbord<sup>1</sup>, 石田悟己<sup>3</sup>, 熊谷直人<sup>1</sup>, 岩本敏<sup>1,2</sup>, 荒川泰彦<sup>1,2</sup>

NanoQuine<sup>1</sup>, IIS<sup>2</sup>, RCAST<sup>3</sup>, Univ. of Tokyo, ○T. Yamamoto<sup>1</sup>, Y. Ota<sup>1</sup>, E. Harbord<sup>1</sup>,

S. Ishida<sup>3</sup>, N. Kumagai<sup>1</sup>, S. Iwamoto<sup>1,2</sup>, Y. Arakawa<sup>1,2</sup>

E-mail: [takuyama@iis.u-tokyo.ac.jp](mailto:takuyama@iis.u-tokyo.ac.jp)

**はじめに** 表面プラズモンポラリトン(SPP)は回折限界を超えた光の集光・伝搬を可能とするため、高密度集積光回路などへの応用が期待されている。近年、Metal-Semiconductor-Metal(MSM)構造中のSPP効果に関する研究が盛んとなっている[1,2]。特に、MSM構造内部に発光体を導入した構造は高効率光源への展開などの観点から注目を集めている。高品質な半導体自己形成量子ドット(QD)はこの発光体として適した構造であるが、MSM構造中のQDについて、その発光特性に関する理解は十分には進んでいない。前回までに我々は、金とGaAsからなるMSM構造を作製し、その内部に埋め込まれたInAs QDに対して、SPPモードによるモード密度の増大が引き起こす自然放出レートの増大現象すなわちPurcell効果の観測を報告した[3]。今回、同系においてQD発光寿命の導波路内垂直方向埋め込み位置依存性を測定したので、その結果を報告する。

**実験** 図1に実験に用いた試料の概略を示す。GaAsリッジ部分は幅約80 nm、高さ  $h=110\text{ nm} \sim 85\text{ nm}$ 、長さ $30\text{ }\mu\text{m}$ で、単層のInAs QDが試料表面から80 nm下に存在する(赤線)。左右に蒸着された厚さ50 nmの金表面上のSPPが場の増強効果をもたらすと考えられる。リッジ部の高さを変えた試料を準備し、それぞれについて、4つ以上の単一QDについて、発光寿命を時間分解低温(5K)顕微分光法により測定した(パルス励起、パルス幅: 1ps、波長: 840nm、パワー: 1 $\mu\text{W}$ 、時間分解能: 400ps)。図2に測定された各々の構造における時間分解減衰曲線の一例を示す。測定の前平均緩和率、標本分散 $s^2$ は、誘電体導波路の高さが85 nmの場合は $1.33\text{ ns}^{-1}$  ( $s^2:0.0524\text{ ns}^{-2}$ )、110 nmの場合は $1.1\text{ ns}^{-1}$  ( $s^2:0.0145\text{ ns}^{-2}$ )、また1辺1100nm四方のメサ構造中では $0.78\text{ ns}^{-1}$  ( $s^2:0.0026\text{ ns}^{-2}$ )であった。これより、MSM構造によって緩和率が增大すること(高さ85 nmの時に1.7倍、110 nmの時に1.4倍)、及び、量子ドット層が金属底面近くなるほど緩和率が增大することが示唆される。これはよりSPP場の強い位置へQDが配置されたことに起因すると考えられる。このことは、2次元周波数領域有限差分法を用いた数値計算による解析結果と定性的な一致を示した。その他詳細は当日報告する。

**参考文献:** [1] Y. C. Jun, *et.al.*, Phys. Rev. B **78** 153111 (2008). [2] Y. C. Jun *et.al.*, J. Phys. Chem. C **114** 7269 (2010). [3] 山本巧 他、2011年秋季応用物理学会学術講演会 30p-P13-26 (2011).

**謝辞:** 本研究は文部科学省イノベーションシステム整備事業および最先端研究開発支援プログラムにより遂行された。

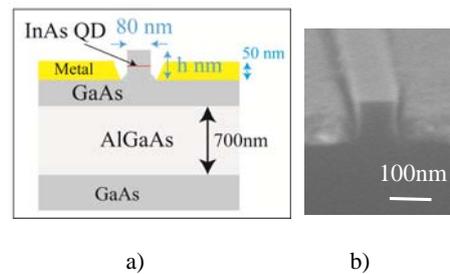


Fig.1 a) Schematic of the MSM waveguide investigated. b) SEM image of the structure.

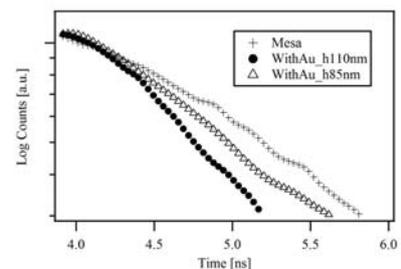


Fig.2 Examples of the emission decay curves for single QDs prepared in different situations (cross: buried in the mesa structure, open triangle: buried in the MSM structure with  $h=110\text{ nm}$ , solid circle: in the MSM with  $h=85\text{ nm}$ ).