18p-F12-6

MSM 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 MSM structures

東大ナノ量子機構 [1]，東大生研 [2]，東大先端研 [3]

○山本巧 [1]，太田泰友 [1]，Edmund Harbord[1]，石田悟己 [3]，熊谷直人 [1]，岩本敏 [1,2]，荒川泰彦 [1,2]

NanoQuine[1], IIS[2], RCAST[3], Univ. of Tokyo, ○T. Yamamoto[1], Y. Ota[1], E. Harbord [1],

S. Ishida[3], N. Kumagai[1], S. Iwamoto[1,2], Y. Arakawa[1,2]

E-mail: 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[3]、またその導波路内垂直方向埋め込み依存性を報告した[4]。今回、同系のより詳細な測定を行うと伴に、誘電体導波路構造中の量子ドットの緩和時間もより詳細に測定し比較検討を行ったので報告する。

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60 nm、高さ h=95 nm ~ 125 nm、長さ30 μm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、10個以上の単一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 ：1μW、時間分解能 ：400ps)。図２に測定された各々の構造における緩和率の増強度を示す。測定の平均緩和率の増強度は、それぞれ、誘電体導波路の高さが95 nmの場合は1.52倍、105nmの場合は1.36倍、高さが125nmの時は、1.39倍であった（図中エラーバーは標準偏差を表す）。これより、MSM構造によって緩和率が増大することが実験的に示された。この結果に対して、3次元時間領域有限要素法を用いて解析を行った結果、定性的によく一致する傾向を示すことができた。また、この傾向はプラズモンが起き得ない完全導体にした場合には生じないことが上記計算からわかり、従って、観測された現象がSPPに依って引き起こされていると期待されることがわかった。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). [4] 山本巧　他、2013年秋季応用物理学会学術講演会 18p-C14-5 (2013).

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。

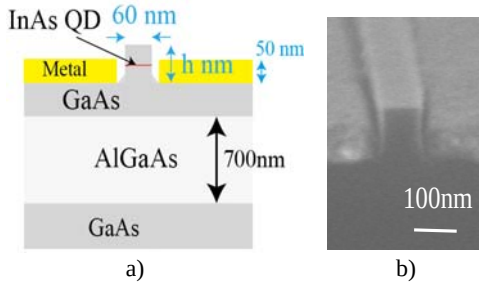

Fig.1 a) Schematic of the MSM waveguide investigated. b) SEM image of the structure.

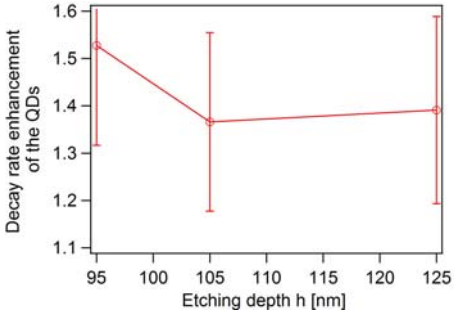

Fig.2 Decay rate enhancement of the QDs in MSM structures.

© 2014 年　応用物理学会