

InAs サブモノレイヤー構造における光アップコンバージョン過程

Photon up-conversion in submonolayer InAs structures

豊田工業大学 ○(M2)水野 皓登, Yuwei Zhang, 神谷 格

Toyota Tech. Inst. ○Hiroto Mizuno, Yuwei Zhang, Itaru Kamiya

E-mail: sd17435@toyota-ti.ac.jp, kamiya@toyota-ti.ac.jp

【背景と研究目的】

近年、中間バンド型太陽電池等への応用に鑑み、キャリアのアップコンバージョン (UC) が注目されている。我々は直径数百 nm、厚さ 2、3 ML 程度の 2次元島状 InAs 量子井戸島 (QWI) 構造により量子ドット構造以上の UC 効率の可能性を示してきたが、QWI は量子準位間のエネルギーが大きいため 900 nm より長波長の近赤外光を UC できない[1]。本研究では、QWI に類似した構造作製のために、1 ML 未満の InAs と数 ML の GaAs を交互積層するサブモノレイヤー (SML) 法に着目した [2]。SML 法では QWI のような 2 次元島を積層でき、成長軸方向の量子的結合により量子準位のエネルギーが小さくなると期待される。今回は SML 構造を介した光 UC について報告する。

【実験】

SML 構造の近傍に量子井戸 (QW) を埋め込んだ試料を分子線エピタキシーで作製し、InAs の拡散を促進するためのアニールによるフォトルミネッセンス (PL) への影響を調べた。また SML 構造のみを選択的に励起し形成されたキャリアが QW で発光するのを観察して間接的に UC の発生を確認する up-converted PL (UPL) 測定を実施した。

【結果】

アニールにより PL ピークがレッドシフトしており、QW、SML の両方で InAs が拡散すると共に、SML からの発光強度が低下している (図 1)。SML 構造中の InAs 偏在領域に波動関数が局在することを考慮すると、アニールにより InAs が拡散すると波動関数の局在がなくな

なり、発光確率が QW と同程度まで低下すると考えられる。波動関数の局在は伝達行列法によるバンド計算でも確認され、InAs 集中部には 0 次元、その他には 2 次元的な量子準位が存在すると考えられる。また、図 1 に内装に示した UPL 強度の励起強度依存性では、QW の UPL 強度を励起強度の n 乗でフィットすると $n = 1.63$ である。すなわち、励起子 1 つを UC する際に光子を平均 1.63 個が関与していると考えられ、オージェ過程等の 2 光子を介する UC が起きていると考えられる。一方、アニールを施し InAs の面内分布が均一化されると $n = 1.20$ となったため、2 光子過程の UC は InAs が局在した領域で生じていると考えられる。

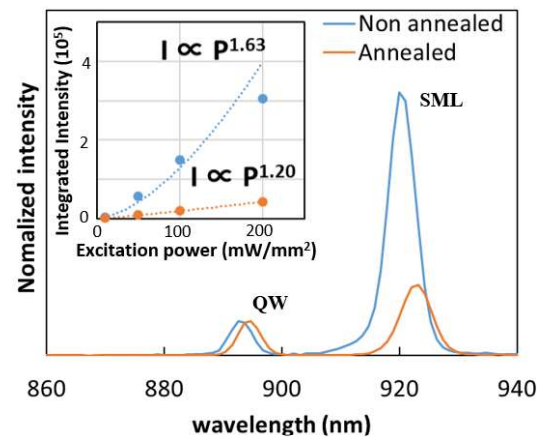


図 1. SML 構造の PL と UPL 励起強度依存性

アニールあり (橙)、無し (青)、試料の PL。測定温度 4K、 $\lambda_{\text{ex}} = 780\text{nm}$ で、QW での発光強度で規格化した。内装図は $\lambda_{\text{ex}} = 920\text{nm}$ での UPL 積分強度の励起光強度依存性。

参考文献 [1] D. M. Tex and I. Kamiya, *Phys. Rev. B* **83**, 081309(R) (2011). [2] A. Lenz *et al.*, *J. Vac. Sci. Technol. B* **29**, 04D104 (2011).