

高い面密度を持つ自己組織化 InGaAs 量子ドットにおける 光学的フィリング効果の抑制

Suppression of an optical state-filling effect

in high-density self-assembled quantum dots of InGaAs

北大院情報科学 ○浦部晶行, 武石一紀, 板橋皓大, 高山純一, 村山明宏

Graduate School of information science and technology, Hokkaido Univ.,

Masayuki Urabe, Kazuki Takeishi, Kodai Itabashi, Junichi Takayama,

and Akihiro Murayama

E-mail: lemonteaudon@eis.hokudai.ac.jp

III-V族化合物半導体の自己組織化量子ドットは、キャリアに対する強い閉じ込め効果と優れた光学特性を持ち、発振特性が温度に依存しない省エネルギーレーザなどの光デバイスへの応用が期待されている[1]。高い利得を持つ量子ドットレーザを作製するためには、光学活性層である量子ドットの面密度を増加させる必要がある[1,2]。本研究では、分子線エピタキシーにおいて、高As分圧条件にて面密度が $2.5 \times 10^{11} \text{ cm}^{-2}$ までの非常に高い $\text{In}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{As}$ 自己組織化量子ドットを成長させた。そして、このような高密度量子ドットにおける光学的フィリング効果の抑制について研究を行った。量子ドットにおいては状態密度が制限されるため、非常に多くのキャリアを注入するとその状態が充填され（フィリング効果）、その後の連続的なキャリア注入が阻害される。このフィリング効果の抑制は、光デバイスへの応用にとって本質的に重要である。

作製した高密度量子ドットのSEM写真の例を図1に示す。As分圧が $2.76 \times 10^{-4} \text{ Pa}$ の場合にはドットの平均直径と密度はそれぞれ11 nmと $1.3 \times 10^{11} \text{ cm}^{-2}$ であった。これに対して $3.33 \times 10^{-4} \text{ Pa}$ の場合には10 nmと $2.5 \times 10^{11} \text{ cm}^{-2}$ であった。次に、光パルス励起により測定した時間分解PLを図2に示す。密度が $1.3 \times 10^{11} \text{ cm}^{-2}$ である量子ドットでは、励起状態におけるPL強度の時間変化は単一の指数関数では表されず、典型的なフィリング効果を示す[3]。これに対してドット密度が $2.5 \times 10^{11} \text{ cm}^{-2}$ である場合、このフィリング効果は解消されてほぼ単一の指数減衰を示す。

参考文献：[1]M. Sugawara et al., nature photonics **3**, 30-31 (2009).

[2] K. Akahane et al., Phys. Stat. Sol. (a) **208**, 425–428 (2011).

[3] S. Grosse et al., Phys. Rev. B **55**, 4473 (1997).

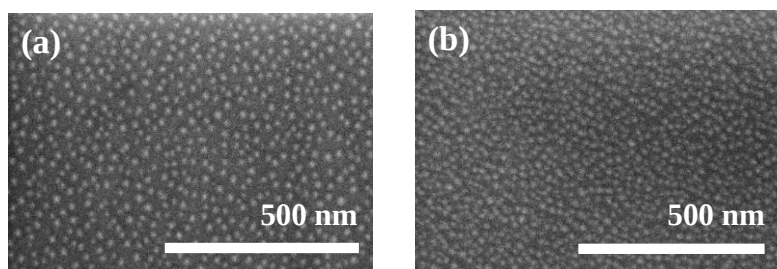


Fig.1 Surface SEM images of $\text{In}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{As}$ QDs grown with As pressures of $2.76 \times 10^{-4} \text{ Pa}$ (a) and $3.33 \times 10^{-4} \text{ Pa}$ (b) under identical optimum growth conditions

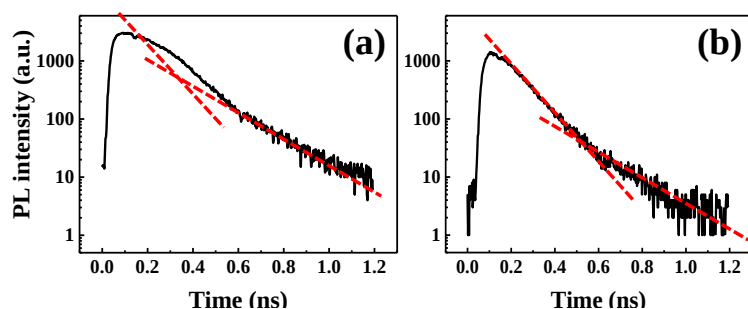


Fig.2 Time-resolved PL from excited states detected at 1.34 – 1.39 eV with an excitation power of 31 Wcm^{-2} for QD samples grown with As pressures of $2.76 \times 10^{-4} \text{ Pa}$ (a) and $3.33 \times 10^{-4} \text{ Pa}$ (b), where a double exponential fitting curve expressing a decaying property in (b) is also shown in (a) as the guide for the eyes (red broken lines)