

希薄窒化物半導体量子ドットの作製と光学特性の評価

Growth of dilute nitride semiconductor quantum dots and their optical properties

北大院情報科学 ○森田 彩乃, 樋浦 諭志, 高山 純一, 村山 明宏

Faculty of Information Science and Technology, Hokkaido Univ.

○A. Morita, S. Hiura, J. Takayama and A. Murayama

E-mail: yuzu0226lavendar@eis.hokudai.ac.jp

III-V 族化合物半導体の量子ドット(QD)は電子と正孔が同一空間に閉じ込められ高い発光効率を示すとともに、微量の窒素を導入することにより通信波長帯での発光が得られることが期待されている[1]。しかし、窒素は強い非混和性を有することから、組成の均一性と結晶性が高い希薄窒化物半導体量子ドットの作製は容易ではない[2]。また、従来の InGaAs QD では、実用上重要な室温において、電子がバリアへ容易に熱脱離して発光強度が大きく低下する問題がある[3]。そこで、窒素の導入により伝導帯の QD 準位を深くし[1]、温度上昇に伴う発光強度の減少を抑制することを目的とした InGaAsN QD を作製し、発光強度の温度依存性を調べた。

本研究では、高周波(RF)窒素プラズマを用いた分子線エピタキシー法により試料を作製した(図1)。同一の窒素流量にて RF 電力を変えることで、窒素組成を $x = 0.016, 0.024$ とした 2 種類の $\text{In}_{0.4}\text{Ga}_{0.6}\text{As}_{1-x}\text{N}_x$ QD を作製した。また、同一成長条件において窒素を加えない QD 試料 ($x=0$) も作製した。フォトルミネッセンス(PL)により、作製した試料の発光特性を 4.5 K ~ 300 K の温度範囲で測定した。低温では $x = 0$ の $\text{In}_{0.4}\text{Ga}_{0.6}\text{As}$ QD の PL 強度が最も強かったが、300 K では $\text{In}_{0.4}\text{Ga}_{0.6}\text{As}_{0.984}\text{N}_{0.016}$ QD の PL 強度が顕著に強くなっている(図2)。また、その PL スペクトル幅は $\text{In}_{0.4}\text{Ga}_{0.6}\text{As}$ QD と比べると顕著に広く、PL ピークも低エネルギー側にシフトしている。InGaAs QD では、室温において基底準位から励起準位に熱励起された電子が容易に熱脱離するため発光強度が減少する。これに対して InGaAsN QD では、伝導帯(電子)の準位が深くなったことにより、発光が低エネルギー側にシフトするとともに、電子の熱脱離が抑制され発光強度が増加する。そして、励起準位に熱励起された電子も脱離せずに発光するため、励起準位からの発光も顕著に増加しスペクトル幅が増加している。

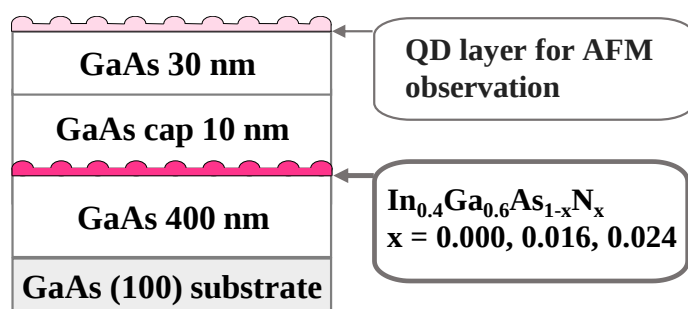


Fig. 1 Schematic illustration of $\text{In}_{0.4}\text{Ga}_{0.6}\text{As}_{1-x}\text{N}_x$ QD sample.

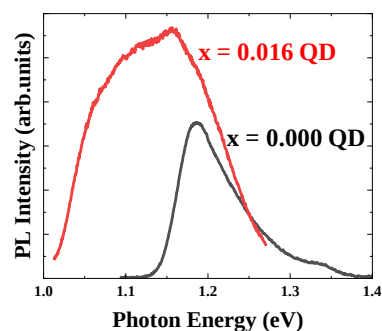


Fig. 2 PL spectra of $\text{In}_{0.4}\text{Ga}_{0.6}\text{As}$ QD and $\text{In}_{0.4}\text{Ga}_{0.6}\text{As}_{0.984}\text{N}_{0.016}$ QD samples measured at 300 K.

References:

- [1] M. Sopanen et al., Appl. Phys. Lett. **76**, 994 (2000).
- [2] S. Makino et al., J. Vac. Sci. Technol. **221**, 561 (2000).
- [3] S. Hiura et al., Phys. Rev. Appl. **14**, 044011 (2020).