

AlGaAs バリアに埋め込まれた InGaAs 量子ドットの 円偏光発光特性の温度依存性

北大工学部¹, 北大情報科学研究所² ○野村 駿介¹, 樋浦 諭志², 高山 純一², 村山 明宏²

E-mail: nomuras2000@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ることによる高い発光効率に加えて、強い量子効果によりキャリアのスピンの状態を長時間保持できるという特徴を持つ[1]。そのため、電子のスピンの状態を光の円偏光に転写するスピン偏極発光ダイオードの活性層への応用が期待されている[2]。しかし、実用上重要な室温では QD からキャリアが容易に熱脱離して発光強度が低下してしまう[3]。この課題を解決するためには、QD を囲むバリア層を従来の GaAs からよりバンドギャップの大きい AlGaAs に変えることが有効であると考え、本研究では AlGaAs バリアに埋め込まれた InGaAs QD を作製し、円偏光発光特性の温度依存性を調べた。

$\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ バリアの Al 組成を $x = 0, 0.1, 0.2$ とした InGaAs QD 試料を分子線エピタキシー法により GaAs(100)基板上に作製し[図 1(a)]、円偏光フォトルミネッセンス(PL)により QD の円偏光発光特性を取得した。測定温度は 300 K でバリア組成の異なる各試料に対してバリアのバンド端励起を行った。図 1(b, c)に $x = 0.1, 0.2$ の QD 試料の円偏光 PL スペクトルと円偏光度(CPD)を示す。ここで、CPD は円偏光 PL 強度 $I_{\sigma\pm}$ を用いて $\text{CPD} = (I_{\sigma+} - I_{\sigma-}) / (I_{\sigma+} + I_{\sigma-})$ と定義する。Al 組成の増加により QD 準位とバリアのエネルギー差が増加したことで、QD からのキャリアの熱脱離が抑制されて発光強度が増加した。一方で、Al 組成を増加させると円偏光度が大きく減少した。キャリアの無輻射緩和過程となる熱脱離の抑制により発光減衰時間は増加するが、その発光過程においては同時にスピン緩和が進行するため、発光時間が長くなるとキャリアのスピンの偏極度を反映する円偏光度が減少することが考えられる。当日は $x = 0$ の試料も含めた円偏光発光特性の温度依存性について議論する。

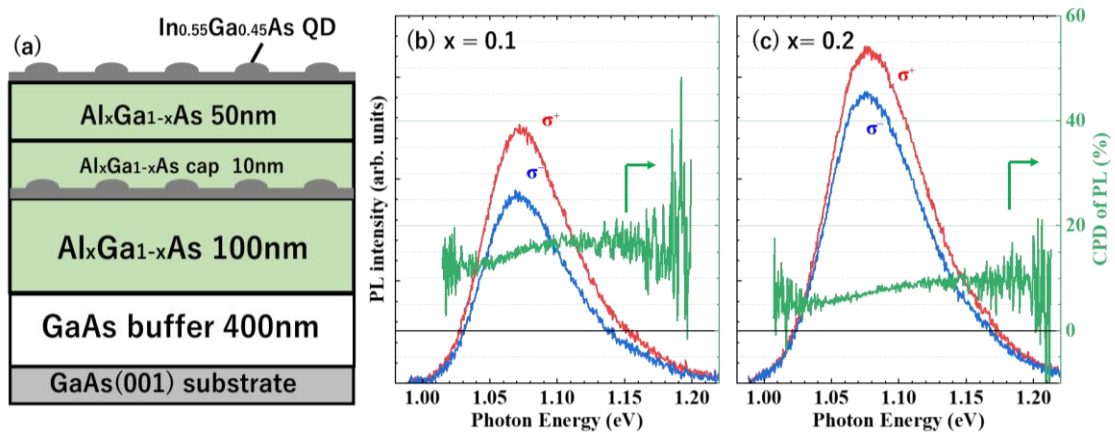


Fig. 1 (a) Schematic of sample structure in this work. Circularly polarized PL spectra and corresponding circular polarization degree (CPD) of InGaAs QD embedded with (b) $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{As}$ and (c) $\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{As}$ barrier.

References:

- [1] M. Paillard et. al., Phys. Rev. Lett. **86**, 1634 (2001).
- [2] K. Etou et. al., Phys. Rev. Appl. **16**, 014034 (2021).
- [3] S. Hiura et. al., Phys. Rev. Appl. **14**, 044011 (2020).