

AlGaAs バリアに埋め込まれた InGaAs 量子ドットの時間分解円偏光発光特性

Time-resolved circularly polarized light emission properties
of InGaAs quantum dots embedded with AlGaAs barrier

北大院情報科学 ○野村 駿介, 樋浦 諭志, 高山 純一, 村山 明宏

Faculty of Information Science and Technology, Hokkaido Univ.

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

E-mail: nomuras2000@eis.hokudai.ac.jp

III-V族半導体量子ドット(QD)は、強い量子閉じ込め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ため[1]、電子のスピン偏極状態を光の円偏光特性に転写するスピン発光デバイスの活性層への応用が期待されている[2]。しかしながら、実用上重要な室温では、キャリアが QD から容易に熱脱離することで発光強度が減少してしまう[3]。この問題を解決するためには、InAs QD を用いる他に、QD 層を囲むバリア層を従来の GaAs から AlGaAs に変えてエネルギー的に深い QD を用いることも有効であると考え、本研究では AlGaAs に埋め込まれた InGaAs QD を作製しその時間分解円偏光発光特性を調べた。

Fig.1に示すように $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ バリアのAl組成を $x = 0.0$ (参照用GaAs試料), $0.1, 0.2$ とした $\text{In}_{0.55}\text{Ga}_{0.45}\text{As}$ 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、バリアのバンド端を σ^+ 円偏光で励起した時間分解円偏光フォトルミネッセンス(PL)によりQDからの円偏光発光特性を測定した。 $x = 0.0, 0.1$ としたQD試料の基底準位における室温でのPL強度と電子のスピン偏極度を反映するPL円偏光度(Circular Polarization Degree: CPD)の時間変化をFig.1(a,b)に示す。ここで、CPDは円偏光PL強度 I_{σ^+} を用いて $\text{CPD} = (I_{\sigma^+} - I_{\sigma^-}) / (I_{\sigma^+} + I_{\sigma^-})$ と定義する。バリア励起により生成される電子のCPDは50 %である。Al組成の増加によりPL減衰時間が増加したが、QDの基底準位とバリアのエネルギー差の増加によるQDからのキャリアの熱脱離の抑制効果を示している。一方、バリアからQDへ注入される電子のスピン偏極度を反映する励起直後のCPD値はAl組成の増加とともに29 %から18 %に減少した。室温の3次元バリアでは電子の散乱によるD'yakonov-Perelスピン緩和機構が支配的になるため、GaAsに対して結晶性が低下するAlGaAsバリアではスピン緩和が促進され、QDへ注入される電子のスピン偏極率が低下した可能性がある。

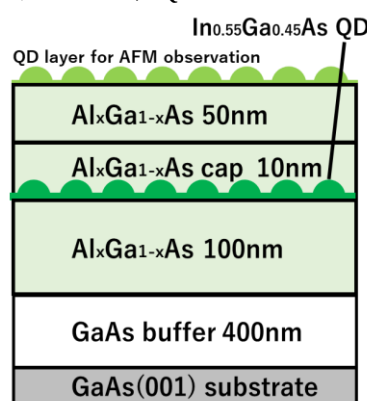


Fig. 1 Schematic of sample structure in this work

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).

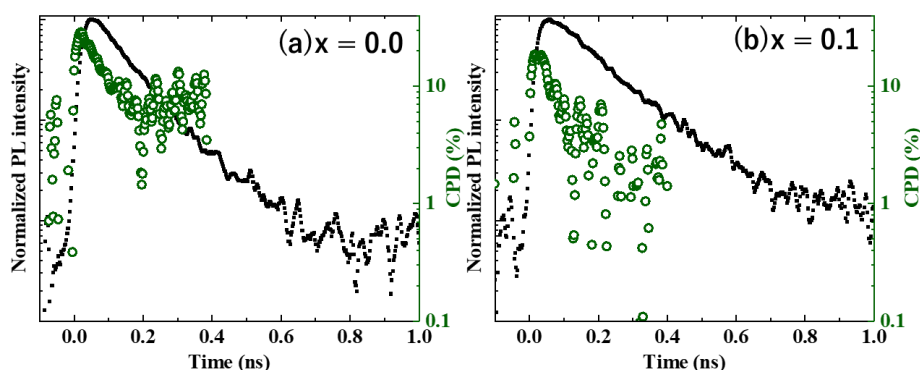


Fig. 2 Room temperature time-dependent PL and CPD of InGaAs QD embedded with (a) GaAs and (b) $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{As}$ barrier.