

超格子の電子スピン輸送特性に対する井戸厚さの影響

Effect of well thickness of superlattice on electron-spin transport properties

北大院情報科学 ○畠山沙衣子, 樋浦諭志, 高山純一, 村山明宏

Faculty of Information Science and Technology, Hokkaido Univ.

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

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

近年、強い量子閉じ込め効果により電子スピン緩和を十分に抑制できる III-V 族半導体量子ドットが注目されている。量子ドットを光学活性層に用いることで、電子のスピン状態を反映した円偏光を発するスピン偏極発光ダイオードを実現できる[1]。その性能向上にむけては、強磁性体電極から量子ドットへの電子スピンの保存輸送が不可欠であり、輸送中に電子スピン偏極の緩和を抑制する必要がある。これまでに、超格子中の量子波を用いた量子ドットへのスピン保存輸送が実証されている[2]。最近では、超格子の電子スピン緩和に対するバリア厚の影響について報告されている[3]。本研究では、時間分解円偏光フォトルミネセンス(PL)測定により、超格子の井戸厚の違いによる、超格子から量子ドットへの電子スピン輸送特性への影響を調べた。

図 1(a)に試料構造を示す。GaAs 井戸($d = 5, 9$ nm)と $\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$ バリア(5 nm)を繰り返し積層させた超格子構造を $\text{In}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{As}$ 量子ドットに隣接させた 2 種類の試料を作製した。 $d = 5$ nm の試料では 11 周期、 $d = 9$ nm の試料では 9 周期の超格子を積層させた。室温でのスピン緩和を抑制するため量子ドットを埋め込むキャップ層に p ドーピングを行った[4]。超格子のミニバンドを σ^+ 円偏光で選択励起することでスピン偏極キャリアを生成し、量子ドットへの注入後の発光を観測した。図 1(b)と図 1(c)に室温で取得した量子ドットの円偏光 PL スペクトルと円偏光度(CPD)を示す。円偏光 PL 強度($I_{\sigma\pm}$)を用いて、 $\text{CPD} = (I_{\sigma^+} - I_{\sigma^-}) / (I_{\sigma^+} + I_{\sigma^-})$ を定義した。井戸厚が薄い $d = 5$ nm の試料において、発光強度が強くなった。これは、井戸厚が薄くなることで、超格子中で再結合するキャリアが減少し、量子ドットへの高効率なキャリア注入が生じていることを示している。一方、CPD は井戸厚が厚い $d = 9$ nm の試料の方がわずかに高くなった。

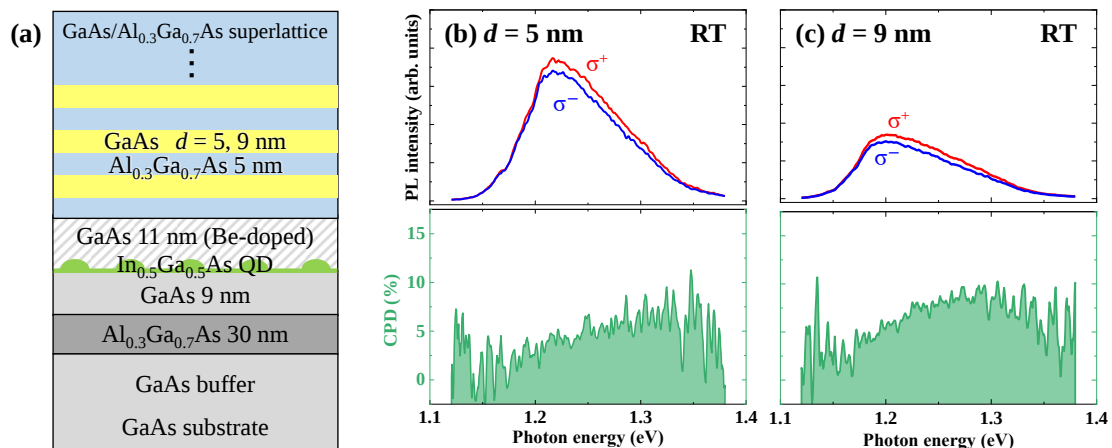


Fig. 1 (a) Schematic of the sample structure. Circularly polarized PL spectra and the corresponding CPD of $\text{In}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{As}$ quantum dots (QDs) at room temperature for the samples with (b) $d = 5$ nm and (c) $d = 9$ nm.

References:

- [1] A. E. Giba et al., Phys. Rev. Appl. **14**, 034017 (2020).
- [2] S. Hiura et al., Appl. Phys. Lett. **114**, 072406 (2019).
- [3] Y. Ohno et al., Appl. Phys. Express **13**, 123003 (2020).
- [4] S. Sato et al., Appl. Phys. Lett. **116**, 182401 (2020).