

InGaAs 量子ドットの光スピン特性の p ドーピング濃度依存性

P-doping concentration dependence of optical-spin properties in InGaAs quantum dots

北大院情報科学 ○阪元和弥, 樋浦諭志, 高山純一, 村山明宏

Faculty of Information Science and Technology, Hokkaido Univ.

○K. Sakamoto, S. Hiura, J. Takayama, and A. Murayama

E-mail: sakamoto.kazuya.p0@eis.hokudai.ac.jp

高度情報化社会の進展に伴う電力消費量の爆発的増大への解決に向けて、電子の持つ電荷に加えてスピンを情報処理に利用するスピントロニクスに関する研究が進められている。なかでも、電子のスピン情報を光の円偏光情報に直接変換する光電スピン変換は、不揮発性スピントロニクス電子回路と光による信号配線をつなぐ次世代の重要な技術である。III-V 族半導体量子ドット (QD) は強い量子効果により温度に依存しない光学性能とスピン保持特性を示すことから、光電スピン変換素子の有望な光学活性層材料である。また、QD への p ドーピングにより発光強度が増加するとともに、基底状態[1]ならびに励起状態[2]の光スピン特性が向上することがわかっている。そこで本研究では、最適な p ドーピング濃度を確立するために、円偏光時間分解 photoluminescence (PL) 測定により InGaAs QD の光スピン特性の p ドーピング濃度依存性について研究した。

図 1(a) に本研究の試料構造を示す。GaAs キャップ層に Be をドーピングした試料を、Be 濃度を変えて 4 種類作製した。最上部に成長した QD の構造評価により面内密度を推定し、QD1 個あたりの正孔数を 0, 25, 38, 50 と見積もった。図 1(b) に 25, 38 holes/QD における 6 K での円偏光 PL スペクトルと円偏光度 (CPD) スペクトルを示す。ここで、CPD は円偏光 PL 強度 $I_{\sigma\pm}$ を用いて、 $CPD = [(I_{\sigma+} - I_{\sigma-}) / (I_{\sigma+} + I_{\sigma-})]$ と定義する。ドーピング濃度の増加に伴い、基底状態では 9% から 12%、励起状態では 60% から 70% と CPD がわずかに増加した。図 1(c) に CPD のドーピング濃度依存性を示す。38 holes/QD までは CPD はドーピング濃度に対して系統的に増加したが、50 holes/QD では逆に減少した。過剰ドーピングによるキャップ層の結晶性の悪化、あるいは電子正孔交換相互作用が促進し、QD に注入される電子スピンの偏極度が低下したためと考えられる。この結果は、38 holes/QD が量子ドットの光スピン特性の向上において適したドーピング濃度であることを示唆している。

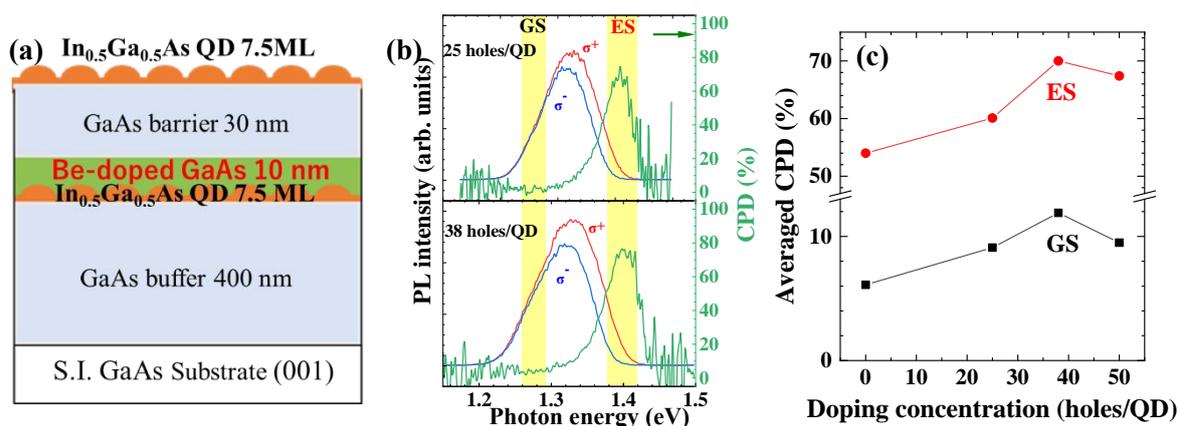


Fig. 1 (a) Schematic of sample structure. (b) Circularly-polarized PL spectra and corresponding CPD of QD samples with 25 and 38 holes/QD. The yellow rectangles indicate QD ground state (GS) and excited state (ES). (c) Averaged CPD of QD-GS and QD-ES as a function of doping concentration.

References:

- [1] M. W. Taylor et al., Appl. Phys. Lett. **97**, 17190 (2010).
- [2] S. Sato et al., Appl. Phys. Lett. **116**, 182401 (2020).