

## $p$ ドープ InGaAs 量子ドットへの電子スピン注入の電界制御

### Electric-field control of electron-spin injection into $p$ -doped InGaAs quantum dots

北大院情報科学, <sup>○</sup>朴昭暎, 陳杭, 樋浦諭志, 高山純一, 村山明宏

Faculty of Information Science and Technology, Hokkaido Univ.,

<sup>○</sup>S. Park, H. Chen, S. Hiura, J. Takayama, and A. Murayama

E-mail: s\_y\_park@eis.hokudai.ac.jp

光学特性に優れたIII-V族化合物半導体量子ドット(QD)では電子スピンの緩和が抑制されるが、光電スピン変換素子の実現に向けては、その電子スピン特性を制御するための研究が必要である。スピン偏極した電子を量子井戸(QW)で高速捕獲し、QD にトンネル注入することで、高いスピン偏極度を持った電子を QD に注入できることが報告されている [1, 2]。そこで、電界を利用して QW から QD に電子スピンを注入し、そのスピン偏極を制御する研究を進めている [3]。本研究では、 $p$  ドーピングにより QD へ正孔を供給することで QD の電子スピン偏極度が増加することに着目し[4]、QW とトンネル結合した  $p$  ドープ InGaAs QD を用いた電界印加型素子を作製して、QW から QD への電子スピン注入におけるスピン特性とその偏極度の電界制御について研究した。

円偏光を照射して QW に光励起した電子スピンを QD にトンネル注入し、QD における電子スピン偏極を反映する円偏光発光(PL)の印加電圧依存性を測定した [図 1(a)]。ここで、電圧は半導体層成長方向(- $z$  方向)に印加した。円偏光度は、円偏光 PL 強度( $I_{\sigma\pm}$ )を利用して  $CPD = [(I_{\sigma^-} - I_{\sigma^+}) / (I_{\sigma^-} + I_{\sigma^+})]$  で表す。図 1(b), (c)に印加電圧が 0 と -2.4 V の場合の、円偏光 PL と CPD のスペクトルを示す。0 V の場合、ドーピングしていない試料では正孔の注入が抑制され、QD では電子が過剰に存在する。その結果、QD の基底状態で電子 2 個と正孔 1 個が束縛した負の荷電励起子が形成され、スピン極性が QW 内に励起されたスピンと反対方向の負の CPD が現れる[4]。一方、 $p$  ドープ試料では QD への正孔供給により荷電励起子状態が解消され、正の CPD が得られる。 $p$  ドープ QD の基底状態(1.28 eV)では-2.4 V の場合に-20%という大きな負の CPD が得られている。これは  $p$  ドープによる正孔の供給により負荷電励起子を生成するためには、より強い負バイアスの印加が必要なためである。

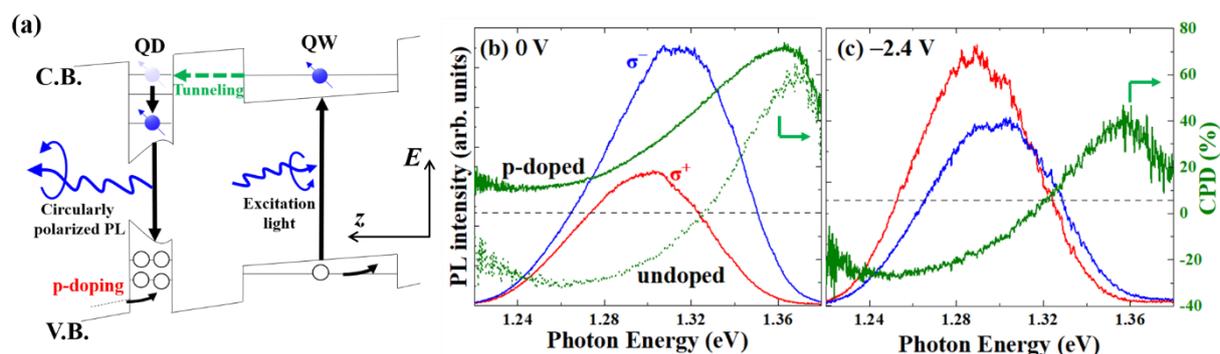


Figure 1. (a) Schematic illustration of energy bands and the related electron-spin injection process of the QW-QD coupled structure at 0 V. Circularly polarized PL spectra and the corresponding CPD in the  $p$ -doped QDs at (b) 0 V (dotted line: undoped reference QDs) and (c) -2.4 V.

#### References:

- [1] X. J. Yang et al., Appl. Phys. Lett. **104**, 012406 (2014).
- [2] K. Takeishi et al., Phys. Rev. Appl. **10**, 034015 (2018).
- [3] H. Chen et al., Appl. Phys. Lett. **114**, 133101 (2019).
- [4] M. W. Taylor et al., Appl. Phys. Lett. **106**, 122404 (2015).