

p ドープ InGaAs 量子ドットの励起準位における電子スピンドイナミクス

Electron spin dynamics at excited states of p-doped InGaAs quantum dots

北大院情報科学, [○]佐藤紫乃, 中村裕人, 樋浦諭志, 高山純一, 村山明宏

Faculty of Information Science and Technology, Hokkaido Univ.,

[○]S. Sato, Y. Nakamura, S. Hiura, J. Takayama, and A. Murayama

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

半導体量子ドット(QD)は、キャリアのスピンドイナミクスを抑制できるとともに、電子と正孔の発光再結合確率も高いため、電子のスピンドイナミクスを光の円偏光に変換して伝送する、光スピンドイナミクスの光学活性層への応用が期待されている。QD を光スピンドイナミクスに応用するためには、QD への電子スピンドイナミクス注入と発光再結合にかかる時間がスピンドイナミクス緩和時間よりも十分に短い必要がある。p ドープ InGaAs QD の基底準位(GS)では、p ドープによってスピンドイナミクス注入時間と発光再結合時間が減少するとともに、スピンドイナミクス緩和時間が増加することが報告されている[1]。しかし、QD の励起準位(ES)への p ドープの影響とその温度依存性については未だ十分な議論がされていない。QD の ES は状態密度が大きいため、状態充填効果によるスピンドイナミクス偏極度の低下が抑制されるといった、光スピンドイナミクス応用に有利な特長を有しており、ES における電子スピンドイナミクスの理解は重要な課題である。そこで、本研究では、InGaAs QD の ES の電子スピンドイナミクス特性に p ドープが与える影響を、6 K から室温までの円偏光時間分解 Photoluminescence (PL)測定によって研究した。

図 1(a)は分子線エピタキシー法で作製した QD 試料構造の模式図である。p ドープ QD はキャップ層に Be を $3.0 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ ドーピングすることで作製した。キャップ層へのドーピング以外の成長条件はドーピング無し、ドーピング有り試料で同じである。原子間力顕微鏡測定から得られた p ドープ QD の面内密度は $1.5 \times 10^{10} \text{ cm}^{-2}$ であるため、QD1 個あたりに正孔が約 20 個添加されていると考えられる。図 1(b),(c)は 6 K におけるドーピング無し QD と p ドープ QD の円偏光 PL スペクトルである。GS の円偏光度 : CPD = $(I_{\sigma+} - I_{\sigma-}) / (I_{\sigma+} + I_{\sigma-})$ の平均値を比較すると、ドーピング無し QD では -1%, p ドープ QD では 4% と、p ドーピングによって負の CPD が解消されている[2]。また、ES の CPD についても、ドーピング無し QD では 17% であった CPD が p ドープ QD では 24% に増加した。この p ドープ QD の ES における高い CPD は室温でも観測された。本研究では、円偏光時間分解 PL の解析により、p ドープが QD の ES の電子スピンドイナミクスに与える影響について議論する。

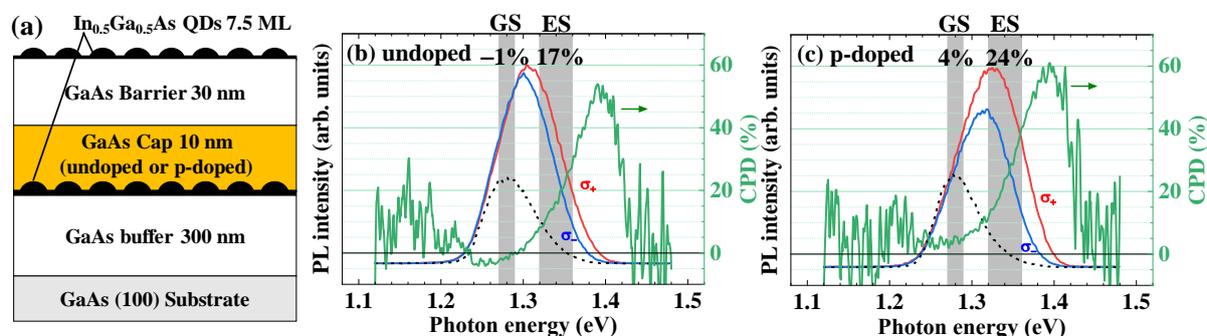


Fig. 1. (a) Schematic drawing of the QD sample structure. (b), (c) Circularly polarized PL spectra and the corresponding CPD values at 6 K for (b) undoped and (c) p-doped QDs. Black dashed lines show the PL spectra from GS at the low excitation power.

References:

[1] M. W. Taylor et al, Appl. Phys. Lett. **97**, 171907 (2010).

[2] M. W. Taylor et al, ibid., **106**, 122404 (2015).