

InGaAs 量子ドットにおけるスピン注入ダイナミクス に対するスピン充填効果

Spin-state filling effect on spin-injection dynamics in InGaAs quantum dots

北大院情報科学¹, 北見工大²

樋浦諭志¹, 武石一紀¹, 浦部晶行¹, 板橋皓大¹, 高山純一¹, 木場隆之², 村山明宏¹

IST, Hokkaido Univ.¹, Kitami Inst. of Technol.²,

S. Hiura¹, K. Takeishi¹, M. Urabe¹, K. Itabashi¹, J. Takayama¹, T. Kiba², and A. Murayama¹

E-mail: hiura@ist.hokudai.ac.jp

近年、電子の電荷とスピンの両方の性質を利用する光スピントロニクスに関する研究が注目を集めている。スピン機能を併せ持つ光デバイスの実現には、量子閉じ込め効果により電子のスピン状態を長時間保持することが可能な半導体量子ドットを光学活性媒体に利用することが有効である。しかし、スピン偏極電子を量子ドットへ注入する際、量子ドット特有の離散的スピン状態密度に対するスピン充填効果により、効率的なスピン注入が制限される[1,2]。そのため、量子ドットへの高効率スピン注入を実現し、スピン情報を利用する量子ドット光デバイスを実用化するためには、量子ドットのスピン注入ダイナミクスに対するスピン充填効果の影響を明らかにする必要がある。本研究では、自己組織化成長法により作製した InGaAs 量子ドットのスピン注入ダイナミクスに対するスピン充填効果を時間分解円偏光 Photoluminescence (PL)測定により研究した。

図 1(a)に面密度の異なる量子ドット試料の走査型電子顕微鏡像、GaAs バリア層を σ^+ 円偏光励起した場合のこれらの量子ドット励起状態における円偏光 PL スペクトルとその時間変化を図 1(b), (c)に示す。ここで、円偏光 PL 強度(I_{σ^+})を用いて、円偏光度 CPD = $(I_{\sigma^+} - I_{\sigma^-}) / (I_{\sigma^+} + I_{\sigma^-})$ を定義した。量子ドット面密度の違いにより、スピン注入初期の円偏光度に違いが見られる。これらの円偏光時間分解 PL について、量子ドットのスピン充填効果を考慮したレート方程式解析をおこなった。その結果、低密度の量子ドットは高密度の量子ドットに対してスピン充填効果が強く働くため、スピン注入初期の円偏光度が低いことがわかった。これらの結果に加えて、スピン充填効果ダイナミクスの面密度依存性および励起光強度・温度依存性などを系統的に議論する。

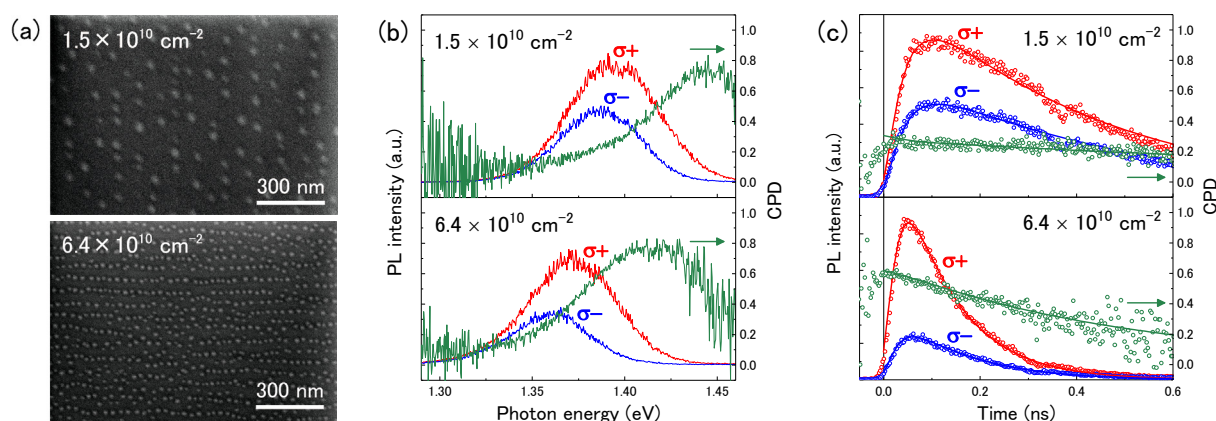


Fig. 1. (a) SEM images of quantum dot (QD) samples with lower and higher sheet densities. (b) Circularly polarized PL spectra and (c) time profiles, and corresponding CPD values at 6 K for QD samples with lower and higher sheet densities under σ^+ -polarized excitation for the GaAs barrier layer. The solid lines show best-fit calculation results of the rate equations considering a spin-state filling effect of QDs.

References:

- [1] V. K. Kalevich et al., Phys. Rev. B **64**, 045309 (2001).
- [2] T. Yamamura et al., J. Appl. Phys. **116**, 094309 (2014).