

InGaAs 自己組織化量子ドットの 光スピン注入ダイナミクスに対する変調 p ドーピング効果 Effects of modulation p-doping on optical spin injection dynamics in self-assembled InGaAs quantum dots

○山崎 大樹¹, 陳 舒垚¹, 高山 純一¹, 村山 明宏¹ (1. 北大院情報科学)

Daiki Yamazaki¹, Shula Chen¹, Junichi Takayama¹, Akihiro Murayama¹ (1. Hokkaido Univ.)

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

InGaAs 量子ドットに対して変調 p ドーピングを行い、量子ドットへの光スピン注入ダイナミクスに対する影響を調べた。変調ドーピングの効果については、量子ドットレーザの発振特性に対する温度安定性や、量子ドット中の電子スピン緩和に対する研究などがなされている。^{[1][2]}

分子線エピタキシーにより InGaAs 自己組織化量子ドット試料を作製した。GaAs(001)基板上に GaAs バッファ層を形成し、その上に濃度 $1.7 \times 10^{17} \text{ cm}^{-2}$ の Be ドーパントを添加した p-GaAs 層を設けた。またこの p-GaAs 層の膜厚を 0~28 nm の範囲で変えた試料を作製した。これらの試料はドット当たり 0~12 hole の変調ドーピング量に対応している。その後 GaAs スペーサー層(膜厚 10 nm)、量子ドット層(膜厚 6 ML)、キャップ層(膜厚 40 nm)を成長させた。これらの試料について、量子ドットへの光スピン注入ダイナミクスを時間分解円偏光 PL により測定した。スピン分極電子正孔対の励起には、モード同期 Ti サファイアレーザーの円偏光パルスを用いた。その励起波長は 800 nm である。

量子ドットから得られた円偏光 PL スペクトルの例を図 1 に示す。測定に用いたストリークカメラの感度特性から、量子ドットへの光スピン注入直後の励起状態からの発光が強く観測されている。p ドープした量子ドット励起状態からの発光強度(a)は、ドーピングしない場合(b)に比べ著しく増大する。この PL 強度の増加量はドーピング量と強い相関を示す。変調 p-ドーピングによる励起状態 PL 強度の増大には、量子ドットの正孔基底準位のフィリング効果、およびバリア中の欠陥による正孔捕捉に対する補償効果などが考えられる。次に、円偏光 PL 強度から $\text{CPD} = (I_{\sigma^+} - I_{\sigma^-}) / (I_{\sigma^+} + I_{\sigma^-})$ により円偏光度を求めた。この円偏光度に関しては、正孔ドーピング濃度に依らず 900 nm で 60 %程度の高い円偏光度が得られている。すなわち、注入される電子のスピン分極率が観測される CPD 値に対して支配的と考えられる。また、この変調 p ドーピングにより、高い円偏光度を保ったまま発光強度を大幅に増加させることが可能である。

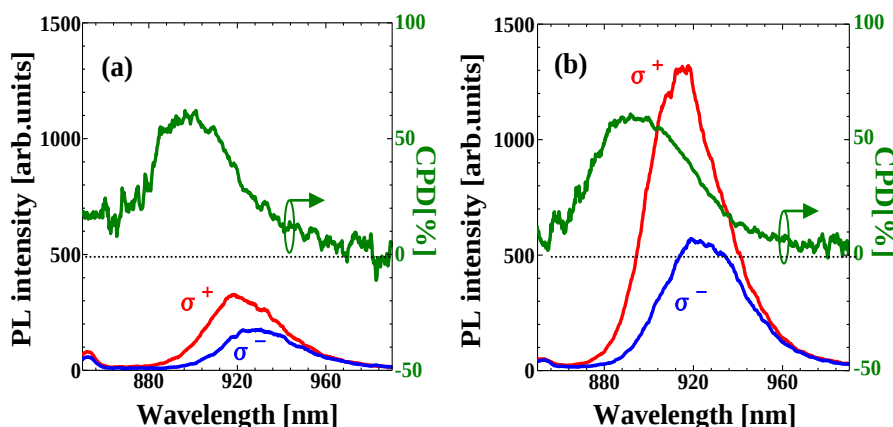


Figure.1 circularly polarized PL spectra and the corresponding CPD values,

in (a) undoped and (b) p-doped (12 hole/dot) quantum dot samples.

参考文献

- [1] E.Harbord et al, Phys. Rev. B **80**, 195312 (2009).
- [2] P.-F.Braun et.al, Phys. Rev. Lett **94**, 116601 (2005).