

InGaAs 量子ドットと量子井戸の結合スピン状態に対する電界印加効果

Effects of electric field on coupled spin states in InGaAs quantum dots and wells

北大院情報科学, ○高山 純一, 木場 隆之, 山村 隆文, 野村 譲,

アグス スバギョ, 末岡 和久, 村山 明宏

Grad. School of IST, Hokkaido Univ. ○Junichi Takayama, Takayuki Kiba, Takafumi Yamamura,

Yuzuru Nomura, Agus Subagyo, Kazuhisa Sueoka, Akihiro Murayama

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

強い量子閉じ込め効果を持つ III-V 族自己組織化量子ドットは、温度に依存しないレーザー発振特性などの優れた光学特性に加えて、発光寿命に比較して十分長く電子のスピン状態を保持できることから、その電子スピン特性を反映する円偏光光源としての応用が期待されている。しかし、量子ドットは 0 次元電子系であるためキャリアの波動関数は空間的に局在し、電極層における平面波的な二次元電子系との波動関数の接続が問題となる。そこで我々は、二次元電子系である量子井戸からスピン偏極波動関数を滑らかに接続可能なトンネル結合による量子ドットへの電子スピン注入に着目し、トンネル障壁厚さ依存性 [1] や励起スピン密度依存性 [2] の研究を行ってきた。実際の LED や LD など電流注入デバイスにおいては、活性層となる p-i-n 接合の中心部に量子ドット構造が配置され強い電界が印加される。そこで本発表では、トンネル障壁を介して量子井戸の波動関数が結合された量子ドット構造に外部電界を印加して、トンネル結合したスピン状態と量子井戸から量子ドットへのスピン注入に与える影響について調べた。

MBE 法にて、膜厚 4 nm の GaAs バリア層を介して電子の波動関数が強く結合した $\text{In}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{As}$ 量子井戸と $\text{In}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{As}$ 自己組織化量子ドットを p 型 GaAs 基板上に積層し、外部電界印加のため表面に Au/Ti 電極を格子状に蒸着した。電極に直流電源を接続し、様々な電界強度にて円偏光 PL 測定を行った。

図 1 に、量子ドットと量子井戸の結合基底状態からの円偏光 PL スペクトルの電界強度依存性を示す。外部電界の印加によって電子波動関数の結合が強くなり、量子ドットからの PL 発光強度とその円偏光度 (CPD) が増加している (図 1b)。これらの結果に対して、結合波動関数の計算結果と時間分解 PL 測定によるスピン偏極キャリアのダイナミクスを解析し、波動関数が結合した 2-0 次元電子系における量子ドットへのトンネル効果によるスピン結合状態とスピン注入ダイナミクスの電界強度依存性を明らかにする。

[1] X.Yang et al., Appl. Phys. Lett. **104**, 012406 (2014).

[2] 楊 曉傑他, 第 61 回応用物理学会春季学術講演会 19p-E7-20 (2014).

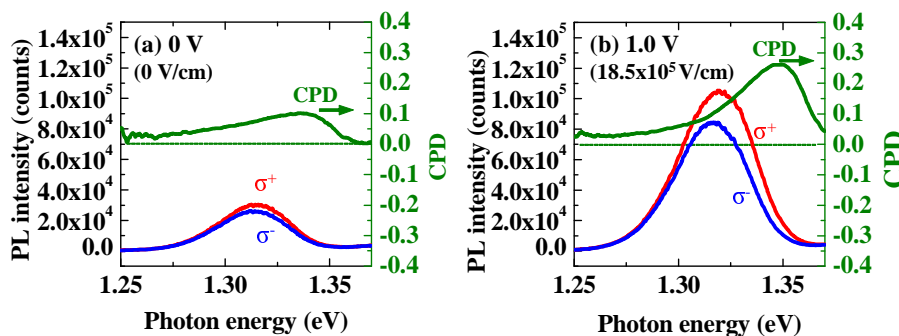


図 1: 結合量子ドットからの円偏光 PL スペクトル (励起波長 780 nm, 励起パワー 2 mW, 測定温度 4 K) とその円偏光度、および電界印加効果 (b)