

単一量子ドットにおける電子・正孔 g 因子符号の判別

Sign identification of electron and hole g factors in single quantum dots

北大院工 ○松崎 亮典, 山本 壮太, 鍛冶 怜奈, 笹倉 弘理, 足立 智

Graduate School of Engineering, Hokkaido Univ.

○R. Matsusaki, S. Yamamoto, R. Kaji, H. Sasakura, and S. Adachi

E-mail: urm5830@eng.hokudai.ac.jp

【はじめに】キャリアスピンドYNAMIKSの解明およびスピン操作法の開発は、半導体スピン応用における重要な課題である。これらの課題に着手する上で、磁気双極子モーメントとスピン自由度を繋ぐ係数である g 因子に関する知見は必須となる。半導体バルク試料では g 因子の大きさ（符号と絶対値）は材料の組成によって決定されるが、量子ドット (QD) を含むナノ構造ではキャリアの閉じ込め効果に加え、形状や歪み分布の異方性などを受けて g 因子に変調が加わる。時間分解分光を用いた g 因子の評価方法を量子井戸構造に適用した例は既に報告されているが [1]、時間分解測定が難しい単一 QD の場合、電子・正孔 g 因子の積の符号に関する報告のみであり [2, 3]、個々の符号の決定には至っていない。今回、励起子発光に観られるゼーマン分裂エネルギーの変化と励起偏光の関係を詳細に調べることで、電子・正孔 g 因子の符号を個別に求める方法を開発したので、単一 InAlAs QD における測定結果と併せて議論する。

【実験結果】まず、本研究で提案する g 因子の符号判別法について述べる。図 1(a) は、電子・正孔 g 因子 (g_z^e , g_z^h) が共に正である系に縦磁場 (B_z) を加えたときに予想されるスピンのエネルギーと偏光分解 PL スペクトルを表している。更に、図中では $|g_z^e| < |g_z^h|$ を仮定している。円偏光 (σ^+ , σ^-) 励起の下では、光誘起核スピン極 (I_z) が電子にのみ働く有効磁場 (核磁場: B_n) として作用するため、観測にかかるエネルギー分裂 ΔE が変化する。特に、 B_n が B_z を打ち消す方向に形成される場合は、 ΔE の急峻な変化が生じるが、それが ΔE の増加と減少のどちらとして現れるかは g_z^e と g_z^h の積の符号で決まる [2]。また、 ΔE の急峻な変化がどちらの円偏光で観られるかは、電子 g 因子の符号によって決定する (例えば $g_z^e > 0$ の場合、 σ^+ 励起で ΔE の急峻な変化が現れる)。以上の事柄を組み合わせると、電子・正孔 g 因子の符号を個別に求めることができる。

図 1(b) に 3 T, 6 K の下、励起偏光を系統的に変えて得られる単一 InAlAs QD の正の荷電励起子発光 (X^+ -PL) の 2 次元図を示す。 σ^+ 励起では ΔE が緩やかに減少するのに対して、 σ^- 励起では ΔE の急峻な増加が観られた。従って、本実験で使用した $\text{In}_{0.75}\text{Al}_{0.25}\text{As}/\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$ QD では $g_z^e < 0$ かつ $g_z^h > 0$ と考えられる。講演では、判別法における詳細な定義と仮定及び他の QD の結果についても述べる。更に、 B_z を掃引して ΔE の急峻な変化を観測する手法 [3] を組み合わせることで、(g_z^e , g_z^h) を絶対値まで含めて評価も行なった。また、 g 因子の符号が異なると予想される In(Ga)As/GaAs QD もしくは GaAs/AlGaAs QD における測定結果も紹介する。

[1] X. Marie, T. Amand, J. Barrau, P. Renucci, and P. Lejeune, Phys. Rev. B **61**, 11065-11077 (2000).

[2] R. Kaji, *et al.* Appl. Phys. Express **7**, 065002/1-4 (2014).

[3] R. Kaji, S. Adachi, H. Sasakura, S. Muto, Appl. Phys. Lett. **91**, 261904/1-3 (2007).

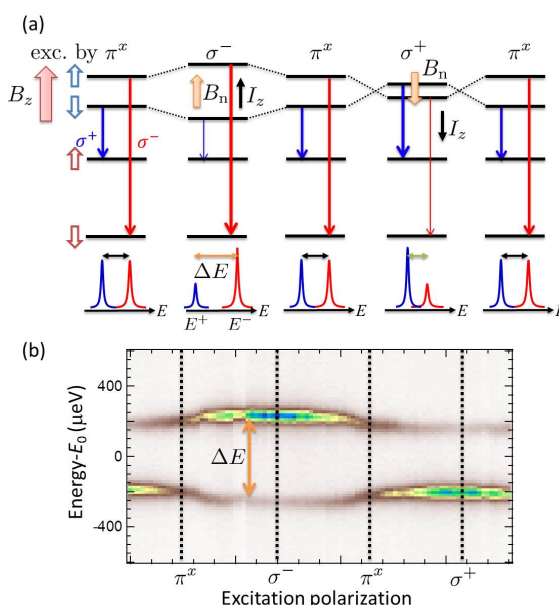


図 1: (a) 縦磁場配置におけるスピンエネルギー準位図と PL スペクトル. (b) 励起偏光を変えたときの X^+ -PL の 2 次元図.