

単一量子リングにおける正孔 g 因子のばらつきと価電子帯混合の相関 Correlation between dispersion of hole g -factor and valence band mixing in single quantum rings

北大院工¹, 北大創成研究機構², 台湾国立交通大³

○鍛冶 怜奈¹, 富井 拓真¹, 笹倉 弘理², 吳 佑年³, 鄭 舜仁³, 足立 智¹

Hokkaido Univ.¹, CRIS², NCTU³

○R. Kaji¹, T. Tomii¹, H. Sasakura², Y.-N. Wu³, S.-J. Cheng³, and S. Adachi¹

E-mail: r-kaji@eng.hokudai.ac.jp

【はじめに】半導体ナノ構造をプラットフォームとしたスピンの任意操作を実証するにあたって、局在キャリアの g 因子評価と制御法の確立は重要な課題である。量子ドット構造では既に、外部電場や歪み [1, 2]、光誘起核スピン分極を利用した電子 g 因子制御 [3] が報告されているが、本講演では量子リング構造 (Quantum Ring: QR) 中の電子・正孔 g 因子 (g_z^e, g_z^h) の実測結果に加え、価電子帯混合 (Valence Band Mixing: VBM) が正孔 g 因子に与える影響について議論する [4]。

【実験および結果】実験には (001)-GaAs 基板上に成長した InAs/GaAs QR 試料を用いた [5]。測定温度は 5 K であり、結晶成長軸方向に外部磁場 ($|B_z| \leq 5$ T) を印加して単一 QR の発光スペクトルを取得した。

通常、縦磁場配置 ($B_z \parallel k$) での発光測定では、励起子状態としての g 因子 ($g_z^X = g_z^e + g_z^h$) しか求められないが、核スピン分極を利用すると電子の有効磁場のみを変えることができるため、(g_z^e, g_z^h) の個別評価が可能となる。発光波長が異なる複数個の QR について (g_z^e, g_z^h) を測定したところ、ばらつきと平均値は各々、 $0.47 \leq g_z^e \leq 0.68$, $\bar{g}_z^e = 0.60$; $0.93 \leq g_z^h \leq 1.46$, $\bar{g}_z^h = 1.46$ となった。電子 g 因子がほぼ一定の値を取るのに対し、正孔 g 因子は大きな値のばらつきを示すことが分かる。更に図 1(a) に示すように、正孔・励起子 g 因子の間に強い相関があることから、より簡単な測定で求められる g_z^X を g_z^h の指標として用いることが可能となる。

正孔 g 因子に見られるばらつきの起源を特定するために、歪み誘起 VBM における重い正孔 (HH) と軽い正孔 (LH) の混合度 β に着目する。図 1(b) は各 QR の g 因子 (g_z^e, g_z^h, g_z^X) と β の相関を示している。励起子 g 因子に着目すると、(i) VBM が小さい領域では値が大きくばらつくのに対し、(ii) VBM が大きい領域では β の増加に伴い g_z^X (g_z^h) が減少していることが分かる。後者の特徴は、HH と LH の g 因子の比に関する簡単な考察から説明されるが、講演では QR の形状異方性を考慮した理論曲線と併せて、前者の特徴についても議論する予定である。

【謝辞】試料提供に際しカリフォルニア大学の C. W. Tu 教授、プロセスに際し理化学研究所の定 昌史博士に御礼を申し上げます。本研究の一部は JSPS 科研費 25247047, 26800162 の助成を受けた。

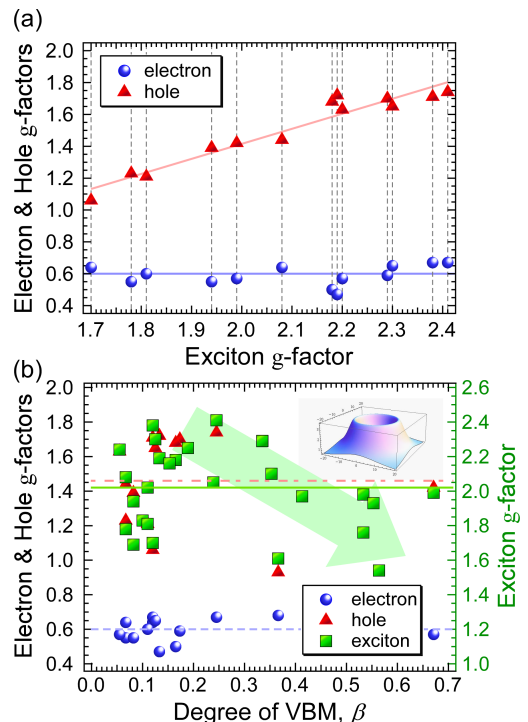


図 1: (a) 複数個の QR における (g_z^e, g_z^h) と g_z^X の相関図。 g_z^h と g_z^X の間に明らかな線形性が見られる。(b) (g_z^e, g_z^h, g_z^X) の VBM 依存性。

- [1] A. J. Bennett *et al.*, Nat. Commun. **4**, 1522 (2013).
- [2] T. Nakaoka *et al.*, Phys. Rev. B **76**, 041301(R) (2007).
- [3] R. Kaji *et al.*, Appl. Phys. Lett. **91**, 261904 (2007).
- [4] R. Kaji *et al.*, Appl. Phys. Express **7**, 065002 (2014).
- [5] S. Suraprapapich *et al.*, Appl. Phys. Lett. **90**, 183112 (2007).