

単一 InAs 量子リングにおける正孔面内 g 因子異方性の測定 Investigation of in-plane anisotropy of hole g -factor in single InAs quantum rings

北大院工¹, 台湾国立交通大²

○ 富永 隆宏¹, 鍛冶 怜奈¹, 呉 祐年², 鄭 舜仁², 足立 智¹

Division of Applied Physics, Hokkaido University, Sapporo, Japan¹,

Department of Electrophysics, National Chiao Tung University, Hsinchu, Taiwan²

○ T. Tominaga¹, R. Kaji¹, Y.-N. Wu², S.-J. Cheng², and S. Adachi¹

E-mail: t-tomi2@eng.hokudai.ac.jp

【はじめに】半導体ナノ構造での強い3次元閉じ込めは、局在キャリアにエネルギー準位の離散化とスピニコヒーレンスの伸長をもたらす。これらを活用したスピンの任意制御が精力的に研究されているが、そこでは g 因子の精密評価と制御方法の確立が重要な課題となっている [1]。我々はこれまでに、量子リング構造 (Quantum Ring: QR) における面直・面内方向の電子・正孔 g 因子について報告してきたが [2, 3]、本講演では面内異方性に関するより詳細な調査結果について報告する。

【実験および結果】 (001)-GaAs 基板上に成長した InAs/GaAs QR 試料 [4] を用い、7 K、横磁場配置 ($\mathbf{B} \perp \mathbf{k}$, $B_{\perp} \leq 5.0$ T) での発光測定を行った。試料を成長軸周りに回転できるように保持機構を改造することで、磁場の印加角度が発光の偏光状態やゼーマンエネルギーに与える影響を詳細に議論することが可能となった。励起光 ($\lambda \sim 860$ nm) は時間平均無偏光とし、単一 QR 発光スペクトルを直線偏光成分毎に選択検出した。

図 1(a) は単一 QR の荷電励起子発光に関する測定結果であり、磁場の印加角度は $\mathbf{B} \parallel 45^\circ$ (左側), $\mathbf{B} \parallel 135^\circ$ (右側) とした。角度は実験室座標で測ったものである。横磁場によって、電子と正孔がそれぞれスピン混合を起こす。この時、それまで光学的に不活性だった遷移も許容となるため、荷電励起子発光は4つの直交直線偏光の組 (E_1, E_2, E_3, E_4) として観測される。ここで、2つの分裂エネルギー $\Delta E_{\text{out}} = E_1 - E_4$ と $\Delta E_{\text{in}} = E_2 - E_3$ は $(|g_{\perp}^e| \pm |g_{\perp}^h|) \mu_B B_{\perp}$ と表される。

同じ磁場強度 ($B_{\perp} = 4.0$ T) において、 $\mathbf{B} \parallel 45^\circ$ では (E_2, E_3) が近接しているのに対して、 $\mathbf{B} \parallel 135^\circ$ では明確な分裂が観測された。これは、 g 因子に面内異方性があることを示唆している。それぞれの角度において、($\Delta E_{\text{out}}, \Delta E_{\text{in}}$) の $|B_{\perp}|$ 依存性を調べることで、 $|g_{\perp}^e| = 0.43 \pm 0.01$ (0.43 ± 0.01), $|g_{\perp}^h| = 0.28 \pm 0.01$ (0.19 ± 0.01) @ $\mathbf{B} \parallel 45^\circ$ ($\mathbf{B} \parallel 135^\circ$) が得られた。同じ QR について、磁場の印加角度を系統的に変えて測定した $|g_{\perp}^{e(h)}|$ の極プロットを図 1(b) に示す。 $|g_{\perp}^e|$ (●) は等方的であるが、 $|g_{\perp}^h|$ (○) は大きな異方性を持つことが分かる。電子と正孔の g 因子に観られる違いは、波動関数の対称性や、歪みや形状の異方性が誘起する状態混合の違いに関連するものと考えられるが、詳細は講演に譲る。

【謝辞】QR 試料の作製に際しカリフォルニア大学の C. W. Tu 教授、プロセス加工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。

[1] A. J. Bennett *et al.*, Nat. Commun. **4**, 1522 (2013).

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

[3] 富永隆宏 *et al.*, 第 62 回応用物理学会春季学術講演会 (11a-A10-8, 2015 年 3 月 11- 14 日)

[4] S. Suraprapapich *et al.*, Appl. Phys. Lett. **90**, 183112 (2007).

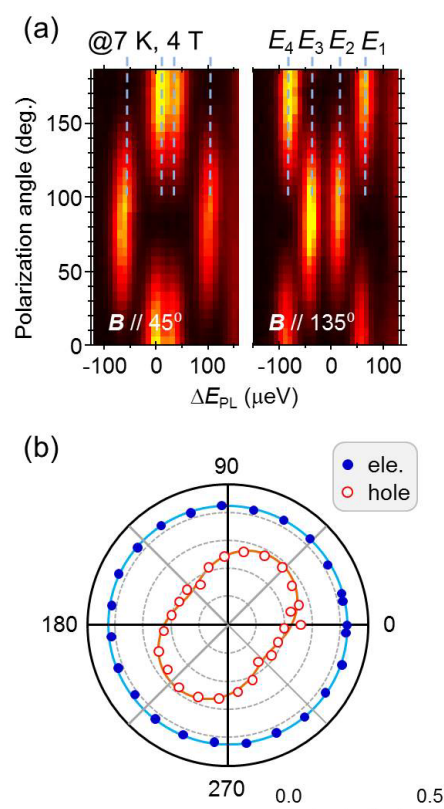


図 1: (a) $B_{\perp} = 4.0$ T における荷電励起子発光の検出角度依存性 (左: $\mathbf{B} \parallel 45^\circ$, 右: $\mathbf{B} \parallel 135^\circ$). (b) 単一 QR における ($|g_{\perp}^e|$, $|g_{\perp}^h|$) の角度分布 (実線: 計算曲線).