

## Ultrathin-body GeOI における量子閉じ込め電子ラマン散乱

### Quantum-confined electronic Raman transitions in ultrathin-body GeOI

東大院総合(駒場)<sup>1</sup>, 産総研<sup>2</sup> ○(M2)公平拓見<sup>1</sup>, 安武裕輔<sup>1</sup>, 張文馨<sup>2</sup>, 石井裕之<sup>2</sup>,

入沢寿史<sup>2</sup>, 内田紀行<sup>2</sup>, 前田辰郎<sup>2</sup>, 深津 晋<sup>1</sup>

UTokyo<sup>1</sup>, AIST<sup>2</sup> ○T. Kouhei<sup>1</sup>, Y. Yasutake<sup>1</sup>, W. H. Chang<sup>2</sup>, H. Ishii<sup>2</sup>,

T. Irisawa<sup>2</sup>, N. Uchida<sup>2</sup>, T. Maeda<sup>2</sup>, and S. Fukatsu<sup>1</sup>

Email: kohei-takumi@g.ecc.u-tokyo.ac.jp

CMOS テクノロジーに適合する高移動度チャネル材料の探求が進むなか、大面積化、多様な基板との親和性、トップダウン技術との適合性を示す二次元チャネル材料としてヘテロ構造リフトオフ(HELLO)法により形成可能な Ultrathin-body (UTB)-Ge<sup>1</sup> が注目されている。Ge 超薄膜化(< 2 nm)による移動度向上と量子閉じ込め効果による間接端バンド分散変調との相関にもつぱら注目が集まる中<sup>2</sup>、これまで我々は、フォトニクス応用に重要な直接遷移端の発光評価を軸に Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>層を障壁とする UTB-Ge 量子閉じ込め効果について報告してきた<sup>3,4</sup>。選択バレー励起による UTB-Ge の photoluminescence(PL)観測から、膜厚減少に伴い明瞭な量子サイズ効果(バンドギャップ拡大)の発現が認められた。一方で、PL 測定ではバンド裾広がりや励起子の影響により正確なバンド端追跡に支障を及ぼす恐れがある。そこで波数空間上の垂直緩和過程である電子ラマン遷移(ER)、特に直接遷移端と共鳴励起可能な split-off 由来 ER(SO-ER)を利用して、UTB-GeOI の直接遷移端の膜厚依存性の詳細な追跡を試みた。ER の円偏光敏感な過程を利用し、円偏光励起蛍光 (Circular-polarized photoluminescence : CPL)から、SO-ER と直接遷移端蛍光を偏光スペクトル分離し、SO-ER の UTB-GeOI バンドギャップ拡大時における閾値特性を精査した。

試料はHELLO法で作製した石英基板上の Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>被覆 UTB-Ge (膜厚 5 ~ 20 nm)である。試料損傷と迷光を低減する配置で、右円偏光( $\sigma^+$ )励起下で左右円偏光 PL ( $\sigma_{PL-}$ と  $\sigma_{PL+}$ )を検出し、円偏光度(DCP) =  $(\sigma_{PL+} - \sigma_{PL-}) / (\sigma_{PL+} + \sigma_{PL-})$  を評価した。SO-ER は split-off hole バンドから伝導帯に励起された電子が同一波数上の heavy hole バンドに緩和する過程 (Fig. 1)で、負の円偏光度を示し、直接遷移端シフトに対して閾値特性を持つと予想される。実験から励起波長 1064 nm では UTB-Ge 膜厚  $L_z < 15.7$  nm 領域において、1030 nm 励起では  $L_z < 10.5$  nm 領域において SO-ER 信号が減衰し明瞭な閾値特性が認められた。これは SO バンドからの励起がやがて共鳴条件から外れるためであり、量子閉じ込めシフト量の理論計算とも良い一致を示した。

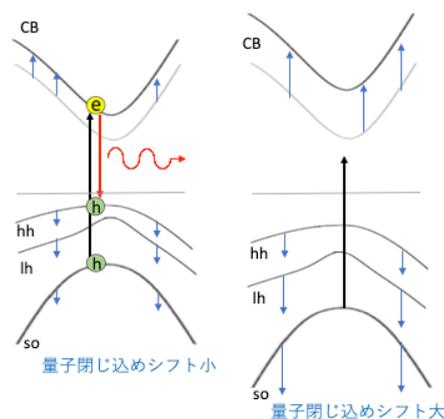


Fig. 1 SO-ER vs direct band gap shift

[1] T. Maeda *et al.*, Appl. Phys. Lett. **109**, 262104 (2016).

[2] W. H. Chang *et al.*, IEEE T. Electron Dev. **64**, 4615 (2017).

[3] T. Kohei *et al.*, The 80th JSAP Fall 19p-E206-18 (2019).

[4] T. Kohei *et al.*, The 67th JSAP Spring 14p-PB3-2 (2020).