Ultrathin-body GeOI の量子閉じ込め直接遷移端蛍光

Quantum-confined near-direct-edge photoluminescence from ultrathin-body GeOI

東大院総合 (駒場)[1], 産総研 [2], ○ 公平拓見 [1], 安武裕輔 [1], 張文馨 [2], 石井裕之 [2],
入沢寿史 [2], 内田紀行 [2], 前田辰郎 [2], 深津　晋 [1]
UTokyo[1], AIST[2], ○T. Kouhei[1], Y. Yasutake[1], W. H. Chang[2], H. Ishii[2],
T. Irisawa[2], N. Uchida[2], T. Maeda[2], and S. Fukatsu[1]
E-mail: kohei-takumi@g.ecc.u-tokyo.ac.jp

モノリシック光集積回路の最後のピースである IV 族光エミッタ実現に向けて伸長歪印加による Ge の擬似直接遷移化が有望視されてきた。しかし、通信波長帯に適合する直接遷移端を格子歪のみで達成する戦略は克服すべき技術障壁が高く、低次元化による発光波長・レーザー発振閾値の制御、量子閉じ込め Stark 効果 [1] を根拠とする楽観論の傍ら Si 格子不整合系を含む Ge 量子構造の利用には課題も多い。一方、近年、ヘテロ構造リフトオフ (HELLO) とデジタルエッチングを融合した高品質超薄膜 Ge(UTB-Ge) 作製法が確立され、トップダウン法による UTB-Ge-on-insulator (UTB-GeOI) におけるキャリア移動度増大と量子閉じ込め効果との相関が注目を集めている。[2,3]

本研究では、HELLO 法をベースに作製した石英基板上の Al_2O_3 被覆 UTB-Ge のフォトルミネセンス (Photoluminescence: PL) から UTB-Ge の直接遷移端輻射再結合と膜厚変化にともなう量子閉じ込め効果を初めて観測したので報告する。まず、GaAs 基板上に形成した Al_2O_3/Ge/AlAs 多層膜を石英基板に直接接合し、AlAs 層の除去により Ge を最上層とする転写構造を形成。これをデジタルエッチング (高精度プラズマ酸化とエッチング反復) で膜厚 5-18 nm の UTB-Ge まで薄膜化した後、ALD により Al_2O_3 被膜を形成した。近直接遷移端の蛍光観測には試料損傷と迷光が低減できる光学配置で低励起密度の 1064 nm ポンプ光を用い、極低温で Γ バレーの選択励起 [4] を試みた。PL スペクトルの膜厚依存性を Fig. 1 に示す。膜厚減少に伴って発光エネルギーの青方シフトが確認できる。シフト量は無限大障壁の無歪 Ge Γ 点量子井戸の e_1-HH_1 遷移 (E_B ≥1.68 meV) と極薄域を除けばほぼ一致し (Fig. 2)、二次元化に伴う量子閉じ込め効果と矛盾しない結果が得られた。基板や障壁層からの光キャリア供給を必要としない UTB-Ge の発光特性は、透明基板上の低散逸の無担持超薄膜の特性と高い構造制御性を活かした新しい光学応用展開への可能性を秘めている。

[1] Y. -H. Kuo *et al.*, Nature **437**, 1334 (2005).
[2] W. H. Chang *et al.*, IEEE T. Electron Dev. **64**, 4615 (2017).
[3] T. Maeda *et al.*, Appl. Phys. Lett. **109**, 262104 (2016).
[4] T. Sakamoto *et al.*, Appl. Phys. Lett. **105**, 042101 (2014).

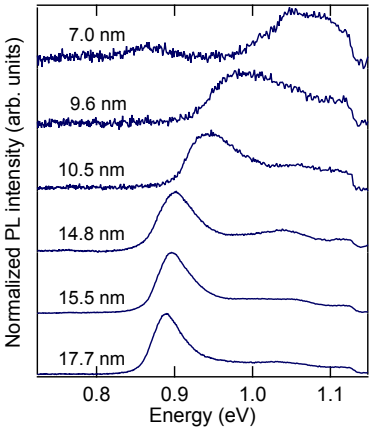


Fig. 1 10-K PL spectra of UTB-GeOI quantum wells. Spectra have been shifted vertically for clarity.

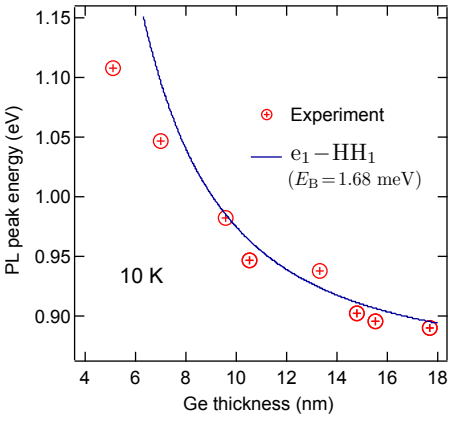


Fig. 2 PL peak energies vs UTB-Ge thickness. E_B represents the exciton binding energy.

© 2019年 応用物理学会