顕微 PL 測定によるホモエピタキシャル AlGaN/AIN 量子井戸における

L0 フォノンレプリカの観測

Well-defined LO Phonon Replicas for Homo-epitaxial AlGaN/AlN Quantum Wells Observed by Microscopic PL Measurements 京大院工 ⁰岩田 佳也, 市川 修平, 船戸 充, 川上 養一

Kyoto Univ. [°]Yoshiya Iwata, Shuhei Ichikawa, Mitsuru Funato, and Yoichi Kawakami E-mail: yoshiya.iwata@optomater.kuee.kyoto-u.ac.jp, kawakami@kuee.kyoto-u.ac.jp

はじめに 窒化物半導体はイオン性結晶であり,励起子-格子相互作用の中では,LOフォノンを介した Fröhlich 相互作用が支配的であることが知られている.また,混晶内の不均一性による励起子の局在や,量子井戸構造における,内部電界による電子と正孔の分離に起因した Fröhlich 相互作用の増大が報告されている[1].今回,ホモエピタキシャル AlGaN/AlN 量子井戸における顕微 PL スペクトルにおいて,強い Fröhlich 相互作用を示唆する複数の LO フォノンレプリカが明瞭に観測されたので報告する.

<u>実験</u> 測定試料は, c 面 AlN 基板上に作製した Al_{0.8}Ga_{0.2}N/AlN 量子井戸構造である[2]. 励起用レーザ は, 80 MHz ピコ秒(1.5 ps)Ti:Sapphire レーザを波長変換することによって発生させた. 第二次高調波発 生装置からの出力を, BBO(β-BaB₂O₄)結晶を用いた自作の第四次高調波発生装置へ入射することによ

って, 205-215 nm の深紫外レーザを出力できる. 深紫外顕微 PL 測定用の対物レンズは、波長分散が生じず、かつガラス厚 補正環を有するカセグレン式の反射型対物レンズ(N.A.=0.5, 倍率 36x)を用いた[3]. PL は対物レンズにより同軸で取り出 され、共焦点系を経て検出される. ナイフエッジ法によって 測定した空間分解能は、1.8 µm である. 励起波長は量子井戸 の選択励起条件を満たす210 nm とし, 測定は4.2 K で行った. <u>結果・考察</u>図(a)に井戸幅L_wの異なる複数のAl_{0.8}Ga_{0.2}N/AlN 量子井戸の PL スペクトルを示す. すべての試料において, LO フォノンレプリカが明瞭に観測できた. LO フォノンエネ ルギーELO をパラメータとし、ガウシアンフィットを行った 結果例も図に示している.励起キャリア密度を同程度とした マクロ PL 測定(レーザスポット径:100-200 µm)においては、 スペクトルがブロードで LO フォノンレプリカが全く分離で きなかったことを考えると、今回の測定結果は、空間的な不 均一性を平均化しているマクロ PL スペクトルが, 顕微 PL 測 定によって空間分解された結果だと考えられる.ここで、LO フォノンカップリングの程度を表す S パラメータ (Huang-Rhys factor S)[4]を, $I_n = I_0(S^n/n!)$ の関係式から見積もっ た結果を図(b)に示す. I_0 は0フォノン線, I_n はn-LOフォノン レプリカの積分強度をそれぞれ表している.いずれの値も過 去に InGaN/GaN 量子井戸で報告されているものよりも大き い値となった. S パラメータの計算値との比較や, 顕微 PL マッピング測定における発光波長との相関などに関しては当 日報告する.

[1]S. Kalliakos *et al.*, Appl. Phys. Lett. **80**, 428 (2002). [2]S. Ichikawa *et al.*, Appl. Phys. Lett. (accepted). [3] 岩田 他, 春季応用物理学会 **20a-E13-10** (2014). [4]K. Huang *et al.*, Proc. R. Soc. A **204**, 406 (1950).



Figure(a): μ -PL spectra of homo-epitaxial Al_{0.8}Ga_{0.2}N/AlN quantum wells (QWs). For the L_w =6.2 nm QW, Gaussian fitting (dashed line) with LO phonon replicas is also shown.



Figure(b): Huang-Rhys factor S values of Al_{0.8}Ga_{0.2}N/AlN QWs.