

AlGaN 系量子井戸構造における励起子系発光特性の温度依存性

Temperature dependence of excitonic optical transitions

in AlGaN-based quantum well structures

山口大院・創成科学¹ 徳山高専² 三重大院・工³

早川裕也¹ ○室谷英彰² 三宅秀人³ 平松和政³ 山田陽一¹

Yamaguchi Univ.,¹ NIT, Tokuyama College,² and Mie Univ.³

Y. Hayakawa,¹ ○H. Murotani,² H. Miyake,³ K. Hiramatsu,³ and Y. Yamada¹

E-mail: murotani@tokuyama.ac.jp

これまでに我々は、 $\text{Al}_{0.60}\text{Ga}_{0.40}\text{N}/\text{Al}_{0.70}\text{Ga}_{0.30}\text{N}$ 多重量子井戸構造において高温フォトルミネッセンス測定および高温励起スペクトル測定を行い、750 K においても励起子および励起子分子が安定に存在することを示した。さらに、高温において励起子および励起子分子の非弾性散乱に基づく光学遷移を観測した[1]。今回、同様の試料において、4 から 750 K までの広い温度範囲において PL スペクトルを測定し、励起子系発光特性の温度依存性について考察したので報告する。

測定に用いた試料は、MOVPE 法により c 面サファイア基板上に AlN バッファ層および高 Al 組成 AlGa_N 層を介し成長された 75 周期の $\text{Al}_{0.60}\text{Ga}_{0.40}\text{N}/\text{Al}_{0.70}\text{Ga}_{0.30}\text{N}$ 多重量子井戸構造である。試料の井戸層幅は 2 nm、障壁層幅は 7 nm である。PL スペクトルの測定には励起光源として Ar-F エキシマレーザー ($\lambda_{\text{ex}} = 193 \text{ nm}$) を用いた。

図 1 に励起パワー密度 220 kW/cm^2 における PL スペクトルの温度依存性を示している。7 K において PL スペクトルには励起子発光線 (X) と励起子分子発光線 (M) が明瞭に観測されている。温度上昇に伴い、各発光線は低エネルギー側にシフトしており、高温領域では発光線 M の低エネルギー側に、励起子-励起子散乱(P)、励起子-励起子分子散乱(P_{XM})、励起子分子-励起子分子散乱(P_M)による発光線が観測されている。

図 2 は励起子発光線 (○) および励起子分子発光線 (●) の発光ピークエネルギーと励起子発光線幅 (□) の温度依存性を示している。温度上昇に伴い、発光ピークエネルギーは、バンドギャップエネルギーの温度依存性を反映して、低エネルギー側にシフトしていることがわかる。図中の実線は Bose-Einstein モデル[2]によるフィッティングの結果である。このフィッティングから、励起子発光線および励起子分子発光線の Einstein の特性温度はともに 498 K と見積もられた。

また、励起子発光線幅は温度上昇に伴い単調に増大していることが分かる。これは、励起子-フォノン相互作用の影響を反映したものと考えられる。図中の破線は、励起子-音響フォノン散乱および励起子-LO フォノン散乱を考慮した励起子発光線幅モデル[3]によるフィッティングの結果である。このフィッティングから、励起子-音響フォノン散乱の強度 $\gamma_{\text{ac}} = 33 \text{ } \mu\text{eV/K}$ 、励起子-LO フォノン結合係数 $I_{\text{LO}} = 160 \text{ meV}$ と見積もられた。

本講演では、励起子発光線および励起子分子発光線の発光ピークエネルギーと発光線幅の温度依存性に加えて、発光強度の温度依存性についても考察する。

本研究の一部は、JSPS 科研費 JP16H04335, JP16H06428, JP15H03556, JP16H06415 の援助を受けて行われたものである。

[1] H. Murotani *et al.*, APEX **10**, 021002 (2017). [2] L. Viña *et al.*, PRB **30**, 1979 (1984).

[3] J. Lee *et al.*, PRB **33**, 5512 (1986).

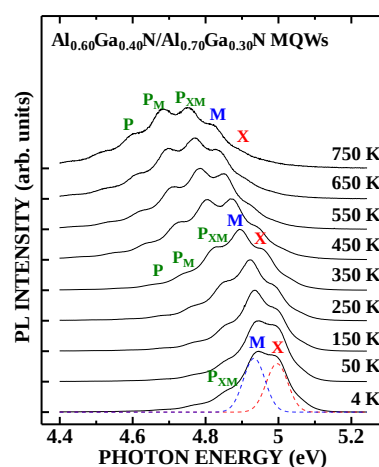


Fig. 1. Temperature dependence of PL spectra for an $\text{Al}_{0.60}\text{Ga}_{0.40}\text{N}$ -MQW under an excitation power density of 220 kW/cm^2 .

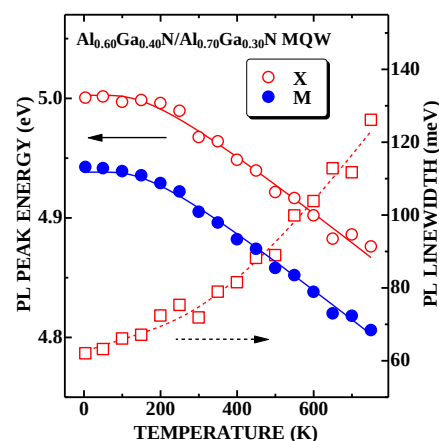


Fig. 2. Temperature dependence of PL peak energies (circles) of lines X and M, and PL linewidth (squares) of line M.