InGaN 量子井戸構造における非輻射再結合寿命と内部量子効率の 励起エネルギー密度依存性

Excitation energy density dependence of nonradiative recombination lifetime and internal quantum efficiency in InGaN-based quantum wells

豊田高専」山口大院・理工²名古屋大院・エ³

 $^{
m O}$ 室谷英彰 1 杉浦藤虎 1 山田陽一 2 本田善央 3 天野浩 3

Toyota National College of Technology,¹ Yamaguchi Univ.,² and Nagoya Univ.³

^OH. Murotani,¹T. Sugiura,¹Y. Yamada,²Y. Honda,³ and H. Amano³

E-mail: murotani@toyota-ct.ac.jp

これまでに我々は、InGaN 量子井戸構造において輻射および非輻射再結合寿命の励起エネルギー 密度依存性を導出し、強励起下における内部量子効率の低下が主に非輻射再結合確率の増大によるも のであることを明らかにした。今回、内部量子効率の異なる2種類のInGaN 量子井戸構造において同様 の解析を行い、非輻射再結合寿命と内部量子効率の励起エネルギー密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 c 面サファイア基板上に GaN バッファ層を介し成長された 3 周期および 8 周期の InGaN/GaN 多重量子井戸構造である。いずれの試料においても井戸層幅は 2.5 nm、障壁層幅は 5 nm であり、室温の発光ピーク波長は約 450 nm である。時間分解 PL 測定は、Ti:Al₂O₃レーザーの第 2 高調 波(λ = 400 nm)を励起光源とし、シンクロスキャンストリークカメラを用いて行った。

図1に3周期および8周期の試料の低温(●)および室温(○)における内部量子効率の励起エネルギー密度依存性を示している。低温において、いずれの試料でも内部量子効率は励起エネルギー密度の増大に伴い増大した後、減少していることが分かる。一方、室温においては、8周期の試料では低温と同様な傾向が観測されているが、3周期の試料では強励起側での内部量子効率の低下が観測されていない。図2は、内部量子効率の測定時に同時に測定した発光寿命の励起エネルギー密度依存性を示している。発光寿命の変化と内部量子効率の変化の傾向が一致していることから、内部量子効率の変化は非輻射再結合寿命の変化を反映したものと考えられる。そこで、このことについて詳細に検討するために図1および図2の結果から非輻射再結合寿命を導出した。図3に(a)5Kおよび(b)300Kにおける非輻射再結合寿命の励起エネルギー密度依存性を示している。非輻射再結合寿命の変化は内部量子効率の変化は主に非輻射再結合寿命の励起エネルギー密度依存性を示している。そこで、強励起側での内部量子効率の低下が顕著な低温の結果に注目すると、非輻射再結合寿命は励起エネルギー密度の-1乗に比例して減少していることが分かる。この結果は、自由キャリアのオージェ再結合過程から予測される非輻射再結合寿命の変化(τ_{nr}~n²)とは異なっているため、強励起下における内部量子効率の低下には自由キャリアのオージェ再結合とは異なる非輻射再結合過程が関与しているものと考えられる。



Fig. 1. Internal quantum efficiency at

5 K and 300 K as a function of excitation energy density.



Fig. 2. Photoluminescence lifetimes at 5 K and 300 K as a function of excitation energy density.



Fig. 3. Nonradiative recombination lifetimes at (a) 5K and (b) 300 K as a function of excitation energy density.