

近接場分光法による窒化物半導体の再結合機構解明

Assessment on recombination mechanism of nitride-based semiconductors by scanning
near-field optical microscopy

京大院工 °川上 養一, 船戸 充, 金田 昭男

Dept. of Electronic Sci. and Eng., Kyoto Univ., °Yoichi Kawakami, Mitsuru Funato and Akio Kaneta

E-mail:kawakami@kuee.kyoto-u.ac.jp

窒化物半導体は, AlN, GaN および InN からなる半導体であり, (Al,Ga,In)N と表記される材料群である. このうち, InN と GaN の三元混晶である InGaN は可視全域を, AlN と GaN の三元混晶である AlGaIn は紫外から深紫外までをカバーするバンドギャップエンジニアリング可能な半導体として, 極めて有用である. 図 1 に示すように, In 組成が約 10~15% 程度の InGaN 活性層からなる青色発光ダイオード(LED) の外部量子効率のトップデータは約 85% に到達している. このことは, 内部量子効率と光取り出し効率がともに 90% レベルにあることを意味しており, 物理限界の 100% に近づいている. しかしながら, 緑色発光 LED (In 組成が約 25%) の外部量子効率は, 青色 LED の 1/3 程度のレベルにあり, 赤色 LED では極めて低い効率(したがって主に AlInGaP 系材料が用いられる)に止まっている. また, Al リッチ AlGaIn 系深紫外 LED の高効率化も重要な課題となっている.

InGaN および AlGaIn ナノ構造では, ポテンシャル揺らぎが励起子の局在化や輻射・非輻射再結合中心への捕獲と関連しており, このような特異構造が発光機構を決定する重要なプロセスとなっている. われわれは, これらの窒化物ナノ不均一系を制御して, 発光波長の空間制御や高効率化を実現するための礎を築きたいと考えている. そのためには, 励起子の振動子強度制御(揺らぎの空間階層, 閉じ込め次元性, ピエゾ電界制御など)だけではなく, 励起子の多体効果(励起子分子など)や励起子とプラズモンカップリングなどを巧みに制御するなどの手法が有用である. また, そのような素励起の時空間ダイナミクスを可視化するための近接場分光法などの計測技術の開発が重要であり, 結晶成長, 材料設計, ナノ光計測, 物性評価, 理論(再結合中心の第一原理計算や素励起ダイナミクスのモデル化など)からなるグループによって, 横断的な研究を展開して行きたい.

任意の空間において任意の波長の光を効率 100% で発光させることは, 発光スペクトル合成による究極のテーラーメイド固体光源の開発に繋がるものであり, 照明のみならず光情報処理やバイオ・医療応用などに革命をもたらすものと信じている.

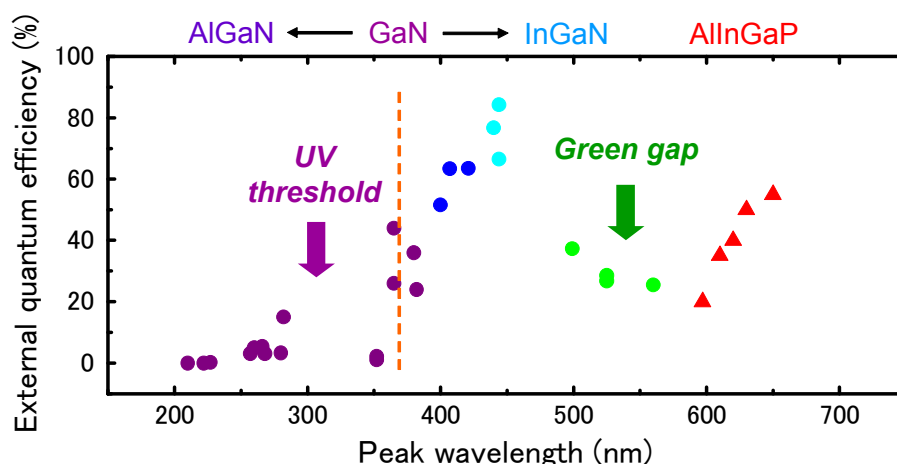


図 1 各 LED の発光波長と外部量子効率のトップデータ