

GaN におけるキャリア・励起子エネルギー緩和過程

The energy relaxation process of carrier and exciton in GaN

千葉大工¹, 三重大工² ○馬蓓¹, 山口裕暉¹, 高橋賢治¹, 後藤圭¹, 竹内和真¹, 岩堀友洋¹,
森田健¹, 石谷善博¹, 三宅秀人², 平松和政²

Chiba Univ.¹, Mie Univ.² ○B. Ma¹, H. Yamaguchi¹, K. Takahashi¹, K. Goto¹, K. Takeuchi¹,
T. Iwahori¹, K. morita¹, Y. Ishitani¹, H. Miyake² and K. Hiramatsu²

E-mail: mabei@chiba-u.jp

ワイドギャップ半導体である AlGaN 系結晶は励起子束縛エネルギーが大きく (GaN の場合 26meV)、励起子を利用したデバイス応用が期待できる。ここでは、安定した励起子の存在が必要となる。デバイス動作や分光計測では、ホットエレクトロンやフォノン状態占有度の増加など非熱平衡状態における現象が現れうる。しかし、現在フォノン吸収・放出によるキャリア・励起子のエネルギー緩和過程の検討が不十分である。

我々は、時間分解フォトルミネセンス(TRPL)装置を用いて、低温におけるGaNの発光特性評価を行った。¹⁾その結果、励起強度が1-10 mW増加に伴い、自由励起子の増加や運動エネルギーの増加が観測された他、束縛励起子に対するA,B励起子基底状態の増加にも拘わらず、A励起子励起状態(n=2)の減少がみられた。(図1)これは、励起強度増大に伴うフォノンを介した励起子解離速度の増大を反映している可能性を示す。本研究では電子・正孔のパルス励起後の電子・正孔および励起子の励起・脱励起について非熱平衡状態におけるフォノン吸収・放出を考慮してシミュレーションを行った。GaNをポテンシャル井戸としたダブルヘテロ構造を想定した。フォノンと電子系との相互作用ではフレリッヒ相互作用、変形ポテンシャル相互作用、ピエゾ電気相互作用を考慮し、キャリアおよびフォノンの空間的散逸、発光再結合、フォノン分解過程を取り入れた。熱平衡状態のフォノンは無視した。また励起した際、電子・正孔と励起子の割合を異なるもので解析を行った。フォノンの散逸の程度の差による電子の緩和状態が大きく変化する。これよりフォノンの局在が電子緩和に大きな影響を及ぼすことが分かる。また図2は励起子の存在状態によるフォノンの空間密度の変化を示す。このように励起子の存在確率は、電子・励起子の運動エネルギー、フォノンの状態占有度との相互作用により変化していることが分かる。

本講演ではフォノンの散逸度を変化させた時の励起子の解離・生成の非平衡状態について報告する。

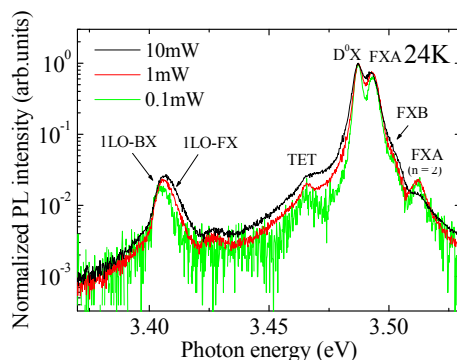


図 1. 発光スペクトルの励起強度依存性

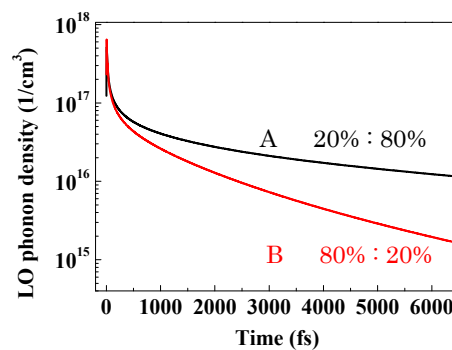


図 2. LO フォノン密度のシミュレーション結果

1) 高橋ら, 第61回応用物理学会春季学術講演会, 2014年3月17-20日, 青山大学