

励起子励起準位を用いた GaN の励起子ダイナミクスの解析

Analysis of exciton dynamics using emission of excited hydrogenic level of exciton in GaN

○竹内 和真¹、大泉 尚之¹、馬 蓓¹、森田 健¹、石谷 善博¹、三宅 秀人²、平松 和政²
(千葉大院工¹、三重大院工²)

○K. Takeuchi¹, N. Ōizumi¹, B. Ma¹, K. Morita¹, Y. Ishitani¹, H. Miyake², and K. Hiramatsu²
(Graduate School of Engineering, Chiba Univ.¹, Graduate School of Engineering, Mie Univ.²)

E-mail: Ishitani@faculty.chiba-u.jp

励起子の発光遷移過程が詳細に解明され、励起子の生成や電子・正孔・励起子のエネルギー緩和過程について研究が進められている。低励起と強励起時の支配的素過程の違い、約 100ps での緩和・準熱平衡化、不純物へのエネルギー移行などが報告された。しかし、フォノンレプリカ解析でボルツマン分布により非熱平衡系の実効温度を求めていること、励起子解離・生成速度のバランスや励起子生成素過程など様々な未解明点があり、励起子安定性のダイナミクスは明らかになっていない。一方、水素プラズマでは、衝突輻射モデル[1]により水素原子の電離・再結合の流れが電子密度・温度により整理され、電子状態の主量子数によって支配的状態遷移状態が異なることが報告されている。本研究では、GaN の励起子について主量子数 $n=2$ を用いた励起子安定性解析手法を探索することを目的とする。

測定試料には、サファイア基板上的の溝加工 MOVPE 成長 GaN 上に成長された GaN (約 6 μm) を用いた。励起光にはパルス幅 150fs、繰り返し周波数 80MHz の Ti:Al₂O₃ レーザの第3高調波(~269nm)を用いた。励起密度は 10¹⁶cm⁻³ 台以下であった。図 1 に 10K の反射スペクトルと 22K における PL スペクトルを示す。励起強度 10mW に比べ、1mW の方が A 励起子の $n=2$ (FX_{A(n=2)}) による発光が分離されたピークとして観測された。図 2 に FX_{A(n=1)} に対する束縛励起子(BX), FX_{A(n=2)} の発光強度およびゼロフォノン線(ZPL)と 1 LO レプリカとのピークエネルギー差を示す。これらより, FX_{A(n=1)} の準熱平衡化は少なくとも励起後 800ps 以降であること, FX_{A(n=2)} の FX_{A(n=1)} に対するポピュレーションは、高励起状態で低い状態から 100ps 程度の一時的に高くなる状態を経て一定値に近づくこと, FX_{A(n=2)} の重心運動量は, FX_{A(n=1)} の重心運動量より大きいことなどが分かった。この結果は、 $n=2$ における励起子解離状態とのポピュレーション流出流入が励起強度に依存して大きく変化することを示し、励起強度および時間変化により、水素再結合プラズマの飽和 - カスケード相の混在状態からカスケード相に移行する過程が見られている可能性がある。

[1] T.Fujimoto, JPSJ 49, 1569(1980)

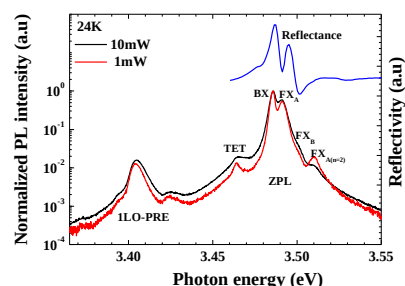


図 1 u-GaN の発光スペクトルの励起強度依存および反射スペクトル。

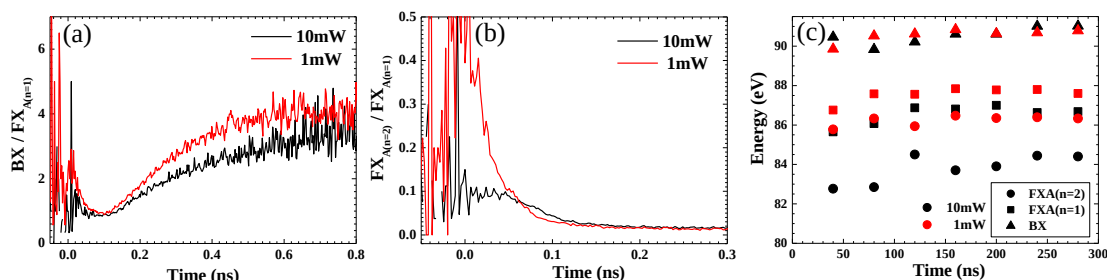


図 2 u-GaN の発光スペクトルの時間依存, (a): BX/FX_{A(n=1)}, (b): FX_{A(n=2)}/FX_{A(n=1)}, (c): ZPL と 1LO レプリカのエネルギー差。