

励起子分子のポピュレーション密度及び発光減衰時間の理論計算

Theoretical Calculation of Population Density and Radiative Decay Time of Biexciton

千葉大工 °大木 健輔, 野町 健太郎, 林 伯金, 志村 桐門, 馬 蓓, 森田 健, 石谷 善博

Chiba Univ., °Kensuke Oki, Kentaro Nomachi, Bojin Lin, Kirito Shimura, Bei Ma, Ken Morita, and

Yoshihiro Ishitani

E-mail: okiken@chiba-u.jp

ワイドギャップ半導体である GaN、AlN、ZnO 等では励起子の束縛エネルギーが室温と同程度以上に高く、励起子による高効率な紫外レーザデバイス等への応用が期待されている。又、励起子分子は励起子よりさらに発光再結合確率が高いことが予想されており、更に効率的なレーザデバイス等に利用できる可能性がある。GaN のレーザでは 150K 以上で励起子による発振がなくなることが観測されている[1]が、その詳細なメカニズムは明らかになっていない。種々のデバイスの開発のためには、励起子や自由キャリア等の各状態のダイナミクスを記述する理論体系が必要である。我々は、主量子数 n が 5 までの励起子と自由キャリアの各準位間の遷移確率を理論的に計算し、それらの準位の密度の温度依存性等を明らかにする理論モデル(PXR モデル)を構築した[2]。

本研究では、上記の各準位に新たに励起子分子の準位を加え、励起子分子のポピュレーション密度の時間発展及び減衰時間を計算した。10K の GaN において励起密度 10^{18}cm^{-3} のバンド間パルス励起をした後の $n=1$ 励起子と基底準位励起子分子の密度の時間発展を Fig. 1 に示す。励起子分子密度の減衰時間は 57ps となっており、この値は励起子分子の再結合確率の逆数 (intrinsic な再結合寿命) として仮定した 3.9ps よりも 1 桁程大きい。この現象は、 $n=1$ 励起子からの励起子分子形成レートが励起子

分子の再結合レートと競合していることに起因している。本計算結果より、実験で観測されている 39ps 等の発光減衰時間[3]の逆数から予想される再結合確率よりも、実際の再結合確率が高い可能性があることが示された。このことは、高効率発光デバイス開発における励起子分子の有用性を示唆している。

発表では、ポピュレーション密度と減衰時間の励起密度依存性や温度依存性等の詳細も報告する予定である。

参考文献

- [1] S. Bidnyk, *et al.*, Appl. Phys. Lett. **74**, 1 (1999).
- [2] K. Oki, *et al.*, Phys. Rev. B **96**, 205204 (2017).
- [3] Y. Kawakami, *et al.*, Appl. Phys. Lett. **69**, 1414 (1996).

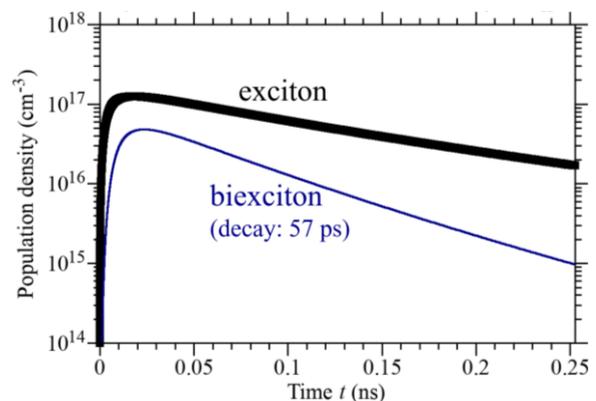


Fig. 1. Calculated time evolution of population densities of the $n=1$ exciton and the ground-state biexciton in GaN.