

## フォノンの吸放出による電子・励起子系エネルギーの励起過程

### Excitation processes of electron-exciton system by phonon absorption and emission

千葉大工<sup>1</sup>, 三重大工<sup>2</sup>      ◦馬 蓓<sup>1</sup>, 三宅 秀人<sup>2</sup>, 平松 和政<sup>2</sup>, 石谷 善博<sup>1</sup>

Chiba Univ.<sup>1</sup>, Mie Univ.<sup>2</sup>      ◦B. Ma<sup>1</sup>, H. Miyake<sup>2</sup>, K. Hiramatsu<sup>2</sup>, and Y. Ishitani<sup>1</sup>

E-mail: mabei@chiba-u.jp

励起子は大きな発光再結合速度をもち、高効率発光をもたらすが、GaNのレーザデバイスでは150K以上で励起子がほぼ消失していると報告されている<sup>1</sup>。GaNの低温時間分解PLでは励起子温度の上昇<sup>2,3</sup>や解離への流れ<sup>3,4</sup>が報告された。励起子ダイナミクスでは、キャリア・励起子の相互作用の他にフォノンによるエネルギー授受を行っており、励起子のダイナミクスを変化させていると思われる。我々は非熱平衡状態における励起子の安定化を行うため、電子・正孔-フォノン系の全エネルギーがどのように維持され、励起子ダイナミクスに影響しているかについて、時間分解PLおよび数値計算を用いて解析を行っている。本報告ではパルス励起後のエネルギー形態の在り方と励起子状態に対するフォノンの関与の仕方について検討を行った。

図1は時間分解PL測定により得られるスペクトルの時間依存性を示す。励起波長は266nmで、測定温度は23Kであった。A 励起子の主量子数 $n=2$ : FXA( $n=2$ )、 $n=1$ : FXA( $n=1$ )の発光ピーク位置は時間に依存していない。一方、スペクトル解析よりFXA( $n=1$ )はおよそ150psまで、FXA( $n=2$ )はそれ以降も少なくとも300psまでは運動エネルギーを示す実効温度が高い非熱平衡状態(20-100K)が続いていること、更に励起子遷移エネルギーから見積もられる温度と励起子実効温度が一致していないことが分かった。図2にLOフォノンおよびLAフォノンの吸放出を考慮した電子・正孔系のダイナミクス計算の結果を示す。(a)にはLOフォノンとLAフォノンの存在量を、(b)は電子および励起子のポピュレーションのエネルギー依存性を示す。フォノンの散逸速度を5psとした。この結果、LOフォノンは高速に電子・励起子系による吸放出が繰り返され、それに伴ってLAフォノンに分解される。LAフォノンも高速な吸放出が繰り返されるが、この吸放出過程の繰り返しのため、系の励起エネルギーは100ps経過後も一定量が維持され、フォノンとしてのぞんざい時間が短いため禁制帯幅縮小の影響は殆ど見られないと考えられる。この運動エネルギーの保持時間はフォノンの散逸速度に影響を受けると考えられ、励起子安定性の解明にはフォノン輸送を含めたダイナミクスを解明する必要があると考えられる。

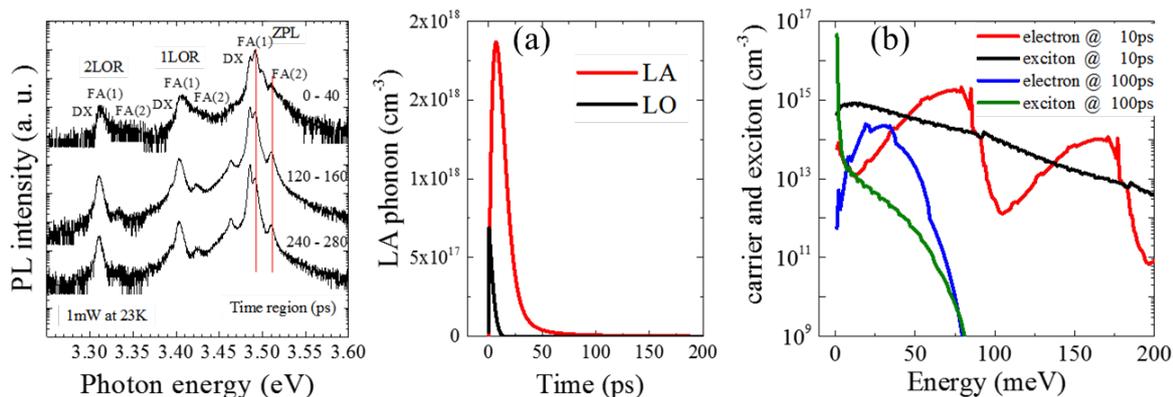


図1. TIPL スペクトル時間依存性 図2. (a) LO, LA フォノン存在量 (b) 電子・励起子ポピュレーション

- 1) S. Bidnyk, et al., Appl. Phys. Lett. 74, 1 (1999). 2) D. Hägele, et al., Phys. Rev. B 59, R7797 (1999)  
 3) Y. Ishitani, B. Ma, et al., J. Phys. D 49, 245102 (2016). 4) T. Iwahori, B. Ma, Y. Ishitani et al. Jpn. J. Appl. Phys. 55, 05FM06 (2016)