

空間的に不均一な系における時空間キャリアダイナミクス Spatiotemporal Carrier Dynamics in a Spatially Inhomogeneous System

早川 祐輔, 石川 陽, 小林 潔

山梨大学大学院

Yusuke Hayakawa, Akira Ishikawa, and Kiyoshi Kobayashi

University of Yamanashi

E-mail: g17tz011@yamanashi.ac.jp

InGaN など III-V 族半導体での発光過程においては、組成揺らぎに起因する空間的に不均一なバンドギャップポテンシャルの極小領域にキャリアが束縛される過程が重要であると考えられている [1, 2]。これらの系においては、図 1 のように、キャリアの空間伝搬、散乱状態から束縛状態への緩和過程、自然放出による発光過程が重要であるが、未だにそれらすべてを議論できる全量子論は確立されていない。そこで本研究では、空間的に不均一なバンドギャップエネルギーを持つ次元系を仮定して、散乱状態と束縛状態を同時に含む時空間キャリアダイナミクス全量子論を構築することで普遍的な性質の解明を目指す。

本研究では、空間的に不均一なバンドギャップポテンシャルを持つ次元励起子系が光子系と結合した全量子論モデルを考える。励起子密度分布、光子密度分布、分極の Wigner 表示を定義し [3]、それらに対する閉じた連立時間発展方程式を微視的に導出した。また、励起子-フォノン相互作用による緩和過程を現象論的に取り入れた。導出した方程式は全量子論的に光学過程を記述できるルミネセンス方程式と、励起子の空間伝搬およびエネルギー緩和を記述できる量子ボルツマン方程式を含んだ形となっている。さらに、古典的なボルツマン方程式とは異なり、励起子の粒子的な空間伝搬だけでなく波として伝搬する過程も記述することができる。

本発表では、以上のような全量子論的な定式化の詳細を説明する。そして、導出した連立時間発展方程式を数値的に解析し、時空間キャリアダイナミクスにおいて、空間的不均一ポテンシャルの効果、散乱状態から束縛状態への緩和過程の効果、分極の量子力学的な空間伝搬効果などがもたらす新奇特性を議論する。

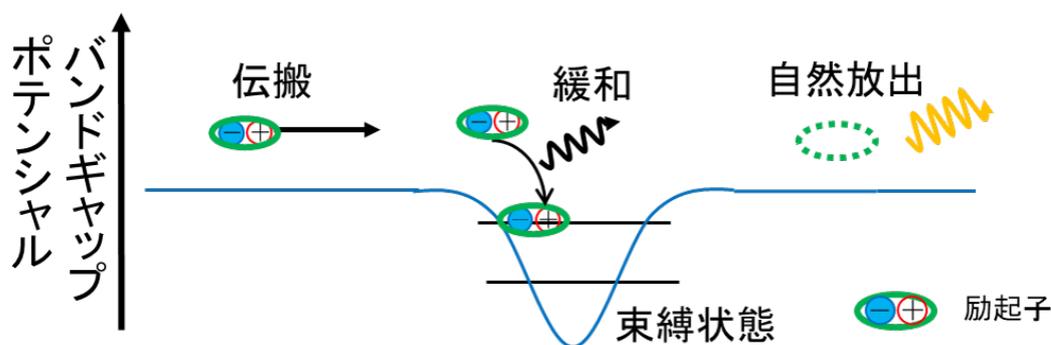


図 1: 空間的に不均一な系における励起子のおもな振る舞い

参考文献

- [1] A.Kaneta, M.Funato, and Y.Kawakami, *Physical Review B* **78**, 125317 (2008).
- [2] 岩本亘平, 酒井優, 石川陽, 堀裕和, 岸野克巳, 小林潔, 第 78 回応用物理学会秋季学術講演会, 6p-PA3-3 (2017).
- [3] O.Hess and T.Kuhn, *Physical Review A* **54**, 3347-3359 (1996).