

コヒーレント - インコヒーレントフォノン支援励起移動の理論

Theory of Excitation Transfer Assisted by Coherent and Incoherent Phonons

山梨大院医工 °石川 陽, 松本 俊, 堀 裕和, 小林 潔

Univ. of Yamanashi, °Akira Ishikawa, Takashi Matsumoto, Hirokazu Hori, and Kiyoshi Kobayashi

E-mail: aishikawa@yamanashi.ac.jp

【概要】励起移動は、生物系や物質系、さらにナノ光電子デバイスにおける基本機構であることから研究が進められている。近年、半導体多重量子井戸構造において、光近接場励起移動が観測された [1]。通常の励起移動は、共鳴励起子準位間で実現すると考えられていたが、その実験では、非共鳴励起子準位間における光学フォノンを介した励起移動機構を示唆する報告がなされた。現在までに、我々は、異なる量子井戸に閉じ込められた励起子の光近接場を介した結合状態が、コヒーレントフォノンとエネルギー及び位相に関して共鳴するとき、新規励起移動現象が発現することを見出した [2]。また、コヒーレントフォノンとインコヒーレントフォノンの競合によって、励起移動が変調されることを明らかにした [3]。しかし、励起移動に寄与するフォノン系の量子状態やフォノン系と光 - 励起子結合系との相関性など、新規励起移動現象の微視的メカニズムは充分には理解できていない。そこで、本研究では、励起移動に寄与するフォノン系の量子状態に注目し、コヒーレント成分及びインコヒーレント成分を微視的立場から定義する。そして、新規励起移動にともなう光 - 励起子結合状態とコヒーレントフォノン状態との相関性を議論することで、フォノン支援による新規励起移動の微視的メカニズムを解明する。

【理論】下図のように、異なる量子井戸に閉じ込められた励起子（二準位系）が、光近接場を介して結合している系を考える。また、それぞれの励起子系は、異なるフォノン系と結合しているものとする。現在までは、ハイゼンベルク描像による励起移動ダイナミクスの時間発展方程式をもとに、フォノン支援励起移動発現の条件やインコヒーレントフォノンの効果などを解析してきた。本研究では、コヒーレント及びインコヒーレントフォノン状態を明確に定義し、シュレーディンガー描像による量子マスター方程式をもとに、励起移動にともなう光 - 励起子結合状態とコヒーレントフォノン状態のダイナミクス及び相関性について議論する。

【講演内容】本講演では、(1) コヒーレント及びインコヒーレントフォノン状態の明確で微視的な定義、(2) それにもとづくフォノン支援励起移動ダイナミクスに対する量子マスター方程式の導出及びハイゼンベルク描像による励起移動ダイナミクス方程式の微視的意味付けと、同期現象との関連性についての考察、(3) 励起移動にともなう光 - 励起子結合状態とコヒーレントフォノン状態との相関性について講演を行なう。

[1] T. Matsumoto et al., Jpn. J. Appl. Phys. **50**, 05FC13 (2011).

[2] T. Suwa et al., Appl. Phys. A. **115**, 39 (2014).

[3] 諏訪貴之 他, 第 61 回応用物理学会春季学術講演会 (2014), 18a-F12-1.

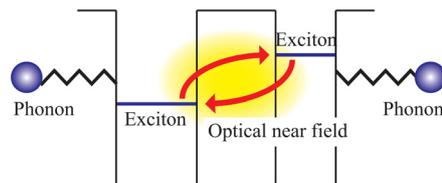


FIG: Model of an exciton-phonon system in double quantum wells