

多重量子井戸間におけるフォノン支援励起移動の理論的研究

Theory of phonon-assisted excitation transfer between multiple quantum wells

山梨大院医工 °諏訪貴之, 石川陽, 松本俊, 堀裕和, 小林潔

Interdisciplinary Graduate School of Medicine and Engineering, University of Yamanashi.

°Takayuki Suwa, Akira Ishikawa, Takashi Matsumoto, Hirokazu Hori, and Kiyoshi Kobayashi

E-mail: g12me015@yamanashi.ac.jp

【概要】近年、希薄磁性半導体多重量子井戸構造において、励起子と光近接場およびフォノンとの相互作用を介した励起移動が観測されている[1]。我々は現在までに、二重量子井戸における共鳴励起子準位間の励起移動ダイナミクス理論を提唱し、励起子-光近接場有効相互作用を評価した[2,3]。また、量子井戸内のフォノン緩和過程を現象論的に導入し、非共鳴励起子準位間の励起移動に対するフォノン緩和の重要性について議論した[4]。しかし、現象論的であったために、励起移動の起源となる量子井戸間のコヒーレントな相関に対するフォノン支援機構の本質は未だに理解できていない。そこで本研究では、励起子-光近接場有効相互作用から量子井戸間における分極間相互作用を導出し、さらに、励起子-フォノン相互作用を微視的に取り入れることで、励起移動ダイナミクスに対するフォノン支援機構を詳細に議論する。

【理論】下図のような二重量子井戸構造を想定し、光近接場およびフォノンとの相互作用を介した励起移動を議論する。量子井戸内の励起子は互いに独立した 2 準位系とし、輻射場及び各量子井戸内におけるフォノン場と相互作用していると仮定する。また、励起子-光近接場相互作用を起源とする量子井戸内の分極間相互作用を導入する。励起子密度・分極・フォノン振幅・フォノン密度などに対する閉じた連立時間発展方程式をクラスター展開切断近似[5]によって導出し、励起移動ダイナミクスを議論する。

【結果】励起移動を表す指標として、励起移動におけるアクセプタ側量子井戸からの発光、量子井戸内のポピュレーションの変化、励起移動にともなうカレント、円偏光度、量子井戸間のコヒーレンスなどに注目する。本講演では、それら励起移動を表す指標の励起子-光近接場相互作用や励起子-フォノン相互作用に対する依存性を明らかにし、励起移動に対するフォノン支援機構と、光近接場相互作用との競合などについて議論する。

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

[5] M. Kira and S. W. Koch, Phys. Rev. A **73**, 013813 (2006)

[2] T. Suwa et al., Phys. Scr. **T151**, 014054 (2012)

[3] 諏訪貴之 他, 第 73 回応用物理学会学術講演会(2012), 13a-PA4-11

[4] 諏訪貴之 他, 日本物理学会 2013 春季大会, 28pPSB-19

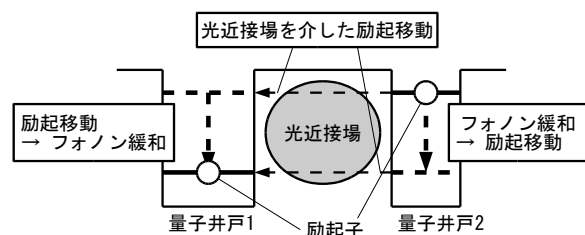


図. 理論モデルの概略