28p-G20-6

InAlAs 量子ドットでの価電子帯の非対称結合効果 Effects of asymmetric coupling of the valence bands in InAlAs quantum dots 北大院工 大野槙悟, 鍜治 怜奈, 穂積貴人, ^〇足立 智, Hokkaido Univ., Graduate School of Engineering, Singo Ohno, Reina Kaji, Takahito Hozumi,

○Satoru Adachi

E-mail: adachi-s@eng.hokudai.ac.jp

【はじめに】 量子ナノ構造半導体,特に自己成長量子ドット(SK-QD)では,その成長過程に付随 する残留歪による価電子帯混合が励起子スピンや核スピン分極形成に大きく影響する.これまで 我々はInAlAs SK-QDからの発光における歪誘起価電子帯混合(重い正孔(HH)と軽い正孔(LH)の 混合:VBM)の効果,異方的交換相互作用(AEI)の効果およびその複合効果について報告してき た.ここではこれまでの議論から逸脱する特徴を見せたQD発光について,その結果を報告する.

【実験および結果】

これまでの研究において,単一 QD からの発光 の偏光度と偏光角および QD 毎のそれらの変化は 主に,

1) VBM による発光の楕円偏光化

2) AEI による励起子状態混合による励起子発光 の直交直線偏光化

によりが説明できることを示した.1)の効果が交換相互作用の働かない荷電励起子状態を支配し,残留歪みの強い方向に短軸を持つ楕円偏光を誘起するのに対して,2)の効果は交換相互作用の働く中性励起子(X⁰)や中性励起子分子(XX⁰)等の発光に影響し,同じ強度を持つ直交直線偏光の組を誘起する.1)は全ての励起子複合体に作用するため,X⁰,XX⁰発光の偏光状態は1)と2)の複合効果を受けて複雑に変化するが,零磁場での振る舞いについては一見明快に説明することが可能である[1].しかしここで示すように,縦磁場(QDの成長方向と平行な磁場)下での発光には,これらの効果だけでは説明できない偏光パターンが見られることがある.



図 1: InAlAs QD における中性励起子発光の偏 光角の縦磁場強度依存性.上段は0、5Tにおけ る発光の極プロット.

図1は,ある単一QDのX⁰発光の偏光角の縦磁場強度依存性である.このQDでは0Tにおい て,主に2)による発光の直線偏光化が起きているが,詳細に見ると,1)との複合効果により, その偏光は直交から僅かにずれ,強度も1:1からずれていることが分かる(上段左の極プロット参 照). 縦磁場 B_z が印加され, AEI エネルギー $\delta_b(\sim 25 \,\mu eV) \ll B$ 励起子ゼーマンエネルギー $g_X \mu_B B_z (g_X)$ 励起子 g 因子 ~2.28, μ_B:ボーア磁子 ~58 μeV/T) となれば, AEI による状態混合が解消されて, 1) の影響のみを受けた状態に戻ると予想される.したがって1)と2)で決まる偏光角($\theta_{AEI}, \theta_{VBM}$) がそれぞれ異なれば,磁場強度の増大に対して偏光角が θAEI から θVBM に近づくように変化して も良い.図1に示すように,実験からゼーマン分裂の高エネルギー準位(赤)と低エネルギー準位 (青)とで,磁場強度の増加に伴い,VBMのみで決まる楕円偏光の長軸方向(上段右の極プロット参 照)に収束する様子が確認されたが,偏光角変化の大きさが2準位で異なることが分かった.通常 の VBM であれば HH|±3/2>とLH | = 1/2>の VBM での結合角は2準位に関して同一となるため, 偏光角変化が等しくなるべきであるが,今回の結果は θypm がゼーマン分裂 2 準位間で異なること を示唆している.図1での実線は結合角が異なると仮定して計算した曲線である.このQDでは, VBM のみが効く荷電励起子発光においても偏光角が異なる楕円偏光2重線が実際に観測され,そ こから抽出される2つの結合角は図1の各曲線が収束する偏光角に一致する.講演では,この異 なる結合角の効果を説明し,その起源を議論する.

[1] S. Ohno, S. Adachi, R. Kaji et al., Appl. Phys. Lett. 98, 161912 (2011).