

CdTe 量子ドット超格子における量子共鳴の次元制御

Control of dimension of quantum resonance in CdTe quantum dot superlattices

大阪市大院工¹, 理研 CEMS², 京大院理³ ○李 太起¹, 榎本 航之², 大城 一馬¹, 井ノ上 大嗣²,
喜々津 智郁², 金 賢得³, 夫 勇進², 金 大貴¹

Osaka City Univ.¹, RIKEN CEMS², Kyoto Univ.³, °T. Lee¹, K. Enomoto², K. Ohshiro¹, D. Inoue²,

T. Kikitsu², Kim H.-D.³, Y.-J. Pu², and D. Kim¹

E-mail: d19tb004@ab.osaka-cu.ac.jp

量子ドットが規則的に配列した量子ドット超格子においては、隣接した量子ドット間の相互作用により、独立した個々の量子ドットとは異なる量子ドット集合体としての新たな物性や機能性が発現する。特に、量子ドット表面間の距離が 2 nm 以下まで近接した場合、隣接した量子ドット間で電子波動関数の結合（量子共鳴）が生じ、電子状態は系全体に広がった拡張状態（ミニバンド）を形成する。ミニバンドの形成は電荷移動度の劇的な向上をもたらすため、量子ドットを利用した発光素子やセンサ、太陽電池などのデバイス応用に向けて、量子共鳴に基づいた光物性の理解が重要である。これまで我々は、正または負に帯電した物質を交互に積層させる layer-by-layer (LBL) 法により、負の帯電性をもつ CdTe 量子ドットと正の帯電性をもつカチオン性ポリマーの交互積層構造を作製し、量子ドットが面内・積層方向に配列した量子ドット三次元超格子を実現してきた。そして、量子ドット超格子の光吸収特性の結果から、積層方向の量子ドット間で量子共鳴が生じることを明らかにしてきた[1]。またこの試料においては、積層方向だけでなく面内方向の量子ドット間距離も近接しており、面内方向の量子共鳴も生じている。本研究では、面内・積層方向の量子ドット間距離をそれぞれ独立に変化させることで、量子共鳴が一次元、二次元、三次元的に生じた試料を実現し、それらの試料におけるミニバンドの形成について評価した。

我々は、面内方向の量子共鳴を分離・制御するため、LBL 法に用いる量子ドット分散溶液の濃度を変えることによって、面内の量子ドット密度を制御することを試みた。そして、溶液濃度が低い場合には、面内の量子共鳴が生じていない量子ドット単層試料（孤立系）を作製でき、溶液濃度が高い場合には、面内の量子共鳴が生じている量子ドット単層試料（二次元系）を作製できることを明らかにした。また、面内の量子共鳴が生じない条件と生じる条件でそれぞれ量子ドット積層試料を作製することで、積層方向の量子共鳴のみが生じている量子ドット積層試料（一次元系）と、面内積層両方向の量子共鳴が生じている量子ドット積層試料（三次元系）を作製できることを明らかにした[2]。

講演では、量子ドット超格子の構造評価や光吸収特性の結果から、量子共鳴の次元制御が可能であることを示す。また、本手法により作製した量子ドット超格子において、ミニバンドの形成を示唆する結果が得られたことを報告する。

[1] D. Kim *et al.*, Nano Lett. **15**, 4343 (2015).

[2] T. Lee *et al.*, Nature Commun. **11**, 5471 (2020).