

Motivation

どんな問題に取り組むのか？

光半導体デバイスに用いられる量子構造(量子井戸など)の光学特性(利得、PLスペクトル)のシミュレーションを行う際、従来は、量子力学的多体効果に起因する固体中の散乱現象を単純な緩和時間近似により単純化していました。そのため、モデルの中に実験値から決定するフィッティングパラメータが含まれ、デバイス作製の前の定量的な特性予測が困難であるという問題点がありました。

Originality

得られた結果はどう新しいのか？

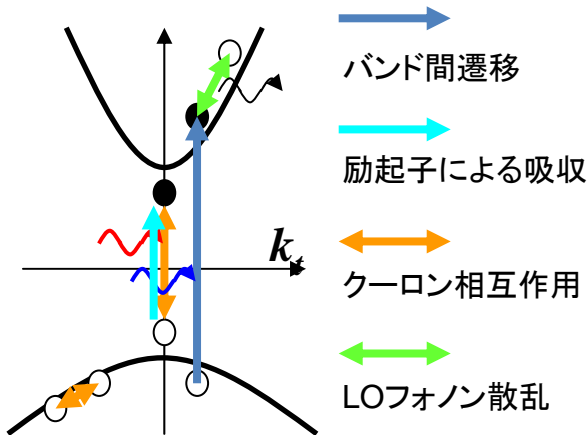
緩和時間近似に頼らずに、第2量子化ベースで問題を定式化することで、固体中の散乱現象をフィッティングパラメータ抜きでシミュレーションすることが可能となりました。本モデルによる計算結果を、実際に作製したデバイスの光学特性(PLスペクトル、吸収特性)と比較することで、実験結果を定性的のみならず、定量的に説明することに成功しました。

Impact

この研究が成功した場合のインパクトは？

実験結果のフィードバックを受けることなく、デバイスの最適設計をすることで、より速い光半導体デバイス開発が可能となります。また、これまでの手法ではモデリングすることのできなかつた、新しい光半導体デバイスの探索をすることで、実験結果を先導する役割を担いたいと考えています。

半導体中の多体効果



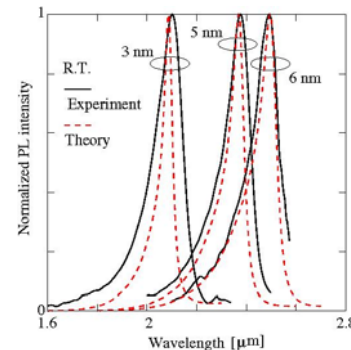
半導体ブロッホ方程式

$$\frac{dp_{k_i}}{dt} = -i\omega_{k_i} p_{k_i} - i\Omega_{k_i} (f_{ek_i} + f_{hk_i} - 1) + \left. \frac{\partial p_{k_i}}{\partial t} \right|_{col}$$

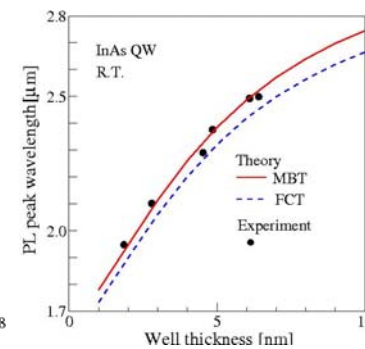
Many-Body Theoryによる光半導体デバイスの設計例

中赤外量子井戸光学特性

PLスペクトル

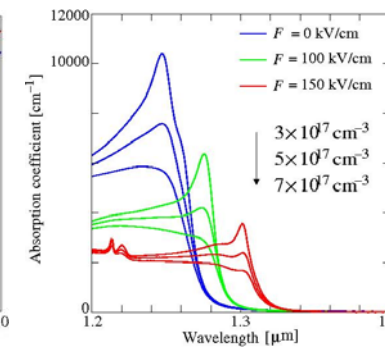


PLピーク波長井戸幅依存性

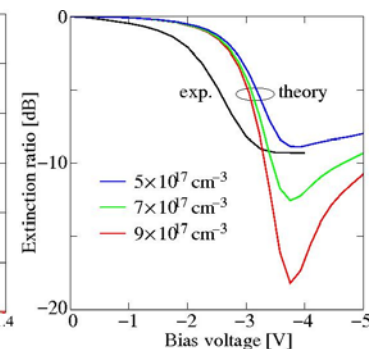


1.3 μm帯量子井戸電界吸収型変調器

吸収スペクトル



消光特性



MBT : Many-body theory, FCT : Free-carrier theory