

相変化マスク分光法を用いた半導体量子ドットの 発光エネルギー制御とその応用

Emission energy shift of semiconductor quantum dot using phase change mask and its application

慶大院理工, °金澤翔平, 佐藤悠, 山村有慶, 津守伸宏, 斎木敏治

Keio Univ. °Shohei Kanazawa, Yu Sato, Ariyoshi Yamamura, Nobuhiro Tsumori, Toshiharu Saiki

E-mail: shohei.kanazawa@saiki.elec.keio.ac.jp

量子コンピュータや量子暗号通信等の新たな技術を実現する候補として半導体量子ドットが注目されており、単一ドット分光技術やエネルギー制御法が研究されている。我々はこの半導体量子ドットの分光技術の一つとして相変化材料を用いた光学マスク法を提案した[1]。これは(1)レーザーパルス照射により結晶相とアモルファス相が可逆的に変化する、(2)レーザースポットよりも小さな相変化領域を形成できる、(3)励起波長における光透過率がアモルファス相の方が大きいといった相変化材料の性質を利用し、結晶相から相変化させたアモルファス相をサブ回折限界程度の開口として用いることで、半導体量子ドットの高空間分解能な分光を実現するものである。

加えて相変化材料間では結晶相からアモルファス相へ変化する際に体積が 10%程度増加する。この性質を利用することで、量子ドットに応力を印加し発光エネルギーをシフトさせることができる[2,3]。我々は、相変化材料のアモルファス化、結晶化による発光エネルギーの可逆的なシフトを観測した。

本研究は、この相変化材料の体積膨張を利用した半導体量子ドットのエネルギーシフトの更なる発展を目的としている。実験では相変化材料 GeTe を成膜した InAs/InP 量子ドットを 8 K に冷却し、GeTe のアモルファス化には Q スイッチ Nd: YAG SHG パルスレーザ(波長 532 nm、パルス幅 300 ps)を用い、量子ドットの励起には He-Ne レーザ(波長 633nm)を使用した。量子ドットからの PL を回折格子で分光後 InGaAs ダイオードアレイで検出した。GeTe が結晶相の場合とアモルファス相の場合の PL を比較し、エネルギーシフトを観測した。その結果、アモルファス領域の中心ではレッドシフト、端ではブルーシフトが観測された。さらに、レッドシフトにおいては PL 強度比とエネルギーシフト量が比例関係にあることが確かめられた(Fig1)。これは結晶相中に形成されたアモルファス領域の深さと応力に相関があるためと考えられる。

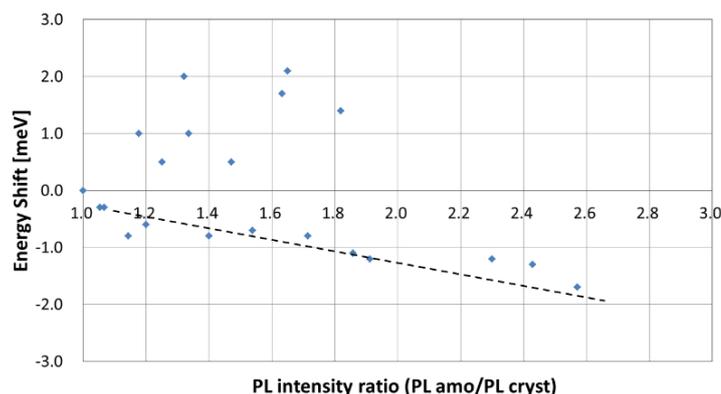


Fig1. Relationship between PL intensity ratio and energy shift of QDs

本講演ではさらに、アジマス偏光を集光することで得られるドーナツ状スポットを用いた結晶化を併用した局所的なエネルギーシフトおよびその応用についても検討する。

[1] N. Tsumori, *et al*, Appl. Phys. Lett. **100**, 063111 (2012)

[2] M. Takahashi. *et al*, Appl. Phys. Lett. **102**, 093120 (2013)

[3] Nurrl Syafawati Binti Humam et al, Opt. Expr. **22**, 14830 (2014)