半導体超格子バリアから量子ドットへのスピン輸送と注入後のスピン緩和

Spin transfer from a semiconductor superlattice barrier into quantum dots and spin relaxation after the spin injection

北大院情報科学　○畠山沙衣子，樋浦諭志，高山純一，村山明宏
Faculty of Information Science and Technology, Hokkaido Univ.
○S. Hatakeyama, S. Hiura, J. Takayama, and A. Murayama
E-mail: hatakeyama@eis.hokudai.ac.jp

近年、強い量子閉じ込め効果により電子スピン緩和を十分に抑制できる III-V 族半導体量子ドット(QD)に注目が集まっている。QD を光学活性層に用いることで、スピン状態を反映した円偏光を発するスピン発光ダイオードが実現できる。そのためには、強磁性電極から QD への電子スピンの保存輸送が不可欠であり、長距離輸送中に電子スピン緩和を抑制する必要がある。我々は最近、超格子中の量子波を用いた量子スピン輸送を提案し、QD へのスピン保存輸送を実証した[1]。本研究では、この超格子から QD へのスピン輸送において、スピンが保存された電子と正孔の数比が有効質量の違いにより異なるため、QD へのスピン注入後に特徴的なスピン緩和現象が現れることを明らかにした。

図 1(a)に試料構造と PL 測定の模式図を示す。GaAs 量子井戸(10 nm)と AlGaAs バリア(5 nm)を繰り返し積層させた超格子構造を上部に持つ QD 試料を作製した。超格子のミニバンドを σ^+円偏光で選択励起し、超格子にスピン偏極キャリアを生成した。図 1(b),(c)に異なる励起光強度で取得した QD 基底準位の円偏光 PL と円偏光度(CPD)の時間変化を示す。円偏光 PL 強度($I_{\sigma\pm}$)を用いて、$CPD = (I_{\sigma^+} - I_{\sigma^-})/(I_{\sigma^+} + I_{\sigma^-})$を定義した。0.1 mW では正の CPD を観測し、これはスピン保存注入を示している。一方、励起光強度を強くすると最大−20%の負の CPD を観測した。有効質量の違いにより、超格子中の電子の輸送速度が正孔に比べて速くなり、QD 内の電子と正孔の数がアンバランスとなることで、基底準位で残留電子スピンが生じる。その結果、励起準位で電子と正孔のスピン反転散乱が促進し[2]、スピン反転した電子正孔対が基底準位で発光再結合することで、負の CPD が得られたと考えられる。

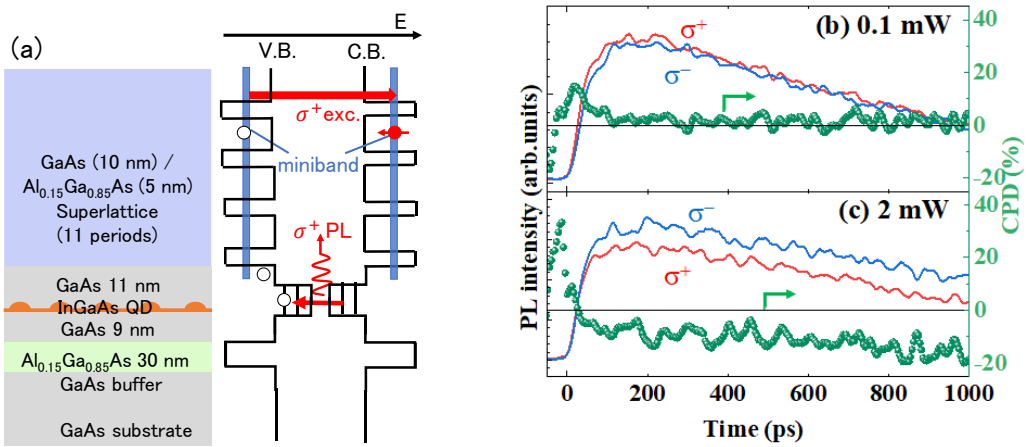

Fig. 1 (a) Schematic of sample structure and PL measurement. Circularly-polarized PL time profiles and the corresponding CPD values for the QD ground state measured at (b) 0.1 mW and (c) 2 mW.

References:
[1] S. Hiura et al., Appl. Phys. Lett. **114**, 072406 (2019).
[2] B. Pal et al., Phys. Rev. B **75**, 125322 (2007).

© 2020年 応用物理学会