19p-E7-20

半導体自己組織化量子ドットへのトンネル効果によるスピン注入；励起スピン密度依存性

Spin injection into self-assembled semiconductor quantum dots via tunneling; dependence on excitation-spin density

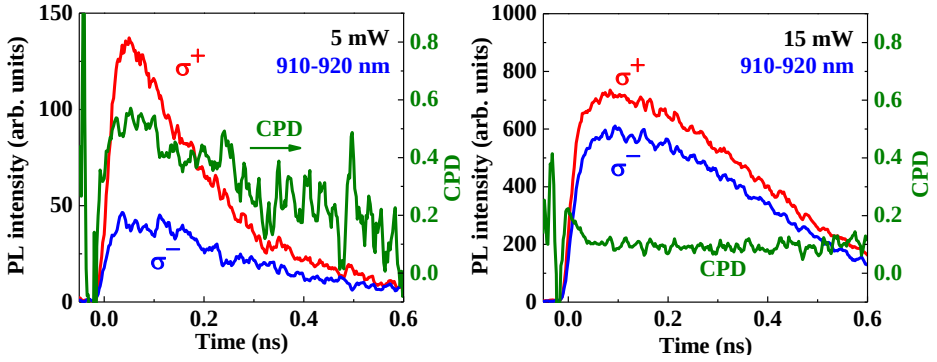
北大院情報科学　楊 暁傑，山村 隆文，木場 隆之，高山 純一，
Agus Subagyo，末岡 和久，○村山 明宏
Hokkaido Univ., Xiaojie Yang, Takafumi Yamamura, Takayuki Kiba, Junichi Takayama
Agus Subagyo, Kazuhisa Sueoka, and ○Akihiro Murayama
E-mail: murayama@ist.hokudai.ac.jp

III-V 族自己組織化量子ドットは光学特性に優れ、超高速光変調や温度に依存しないレーザ発振特性などを生かした光デバイス応用に期待が持たれている。さらに、電子の運動量凍結に伴いそのスピン緩和が著しく抑制されるため、スピン特性を反映した円偏光発光やレーザ発振が期待できる。そこで我々は、量子ドットへの超高速電子スピン注入を目指した研究を行っている。半導体量子井戸と異なり量子ドットへのスピン注入においては以下の点を考慮する必要がある。(i)量子ドットのキャリア波動関数は局在するため、二次元系との波動関数の接続が問題となる。(ii)量子ドットではキャリア状態密度が離散化され、スピン注入時のパウリブロッキングによりスピン分極率が低下する[1]。(i)の観点から我々は、二次元系である量子井戸から波動関数を接続可能なトンネル結合を介して量子ドットにスピン注入を行い、ピコ秒オーダーの超高速励起子スピン注入を観測した[2]。そこで量子井戸における励起スピン密度を変化させ、(ii)の観点からトンネル効果を介した量子ドットへのスピン注入におけるパウリブロッキングの影響を調べた。

様々な膜厚を持つ GaAs バリア層を介した $In_{0.1}Ga_{0.9}As$ 量子井戸と $In_{0.5}Ga_{0.5}As$ 自己組織化量子ドットの結合構造を作製した。量子井戸に対する選択的な円偏光励起によりスピン励起子を生成し、トンネル効果を介して量子ドットにスピン注入を行った。量子ドットにおける時間分解円偏光 PL を測定し、量子ドットへのスピン注入ダイナミクスの励起スピン密度依存性を調べた。

下図に、時間分解円偏光 PL の励起パワー依存性を示す。励起パワーが低い場合（左図 5 mW）、励起直後から高い円偏光度（CPD）が現れドット内スピン緩和を反映して単調に低下する。これに対して高パワー（右図 15 mW）では、PL 強度に立上りが見られ円偏光度は低くゆるやかに低下していく。これらの結果に対してスピン注入時間と注入時のスピン緩和やパウリブロッキングを考慮したレート方程式解析を行い、スピン注入の励起スピン密度依存性を明らかにする。

[1] T. Kiba et al., Appl. Phys. Lett. **103**, 082405 (2013).
[2] 楊 暁傑他，第 74 回応用物理学会秋季学術講演会 16p-C15-8 (2013).



© 2014 年　応用物理学会