

課題番号 : F-18-HK-0001
利用形態 : 共同研究
利用課題名(日本語) : 半導体量子ドットを用いた光スピン機能性素子の作製
Program Title (English) : Fabrication of optical spin-functional devices using semiconductor quantum dots
利用者名(日本語) : 村山明宏, 高山純一, 樋浦諭志, 陳 杭
Username (English) : Akihiro Murayama, Junichi Takayama, Satoshi Hiura, Hang Chen
所属名(日本語) : 北海道大学 大学院情報科学研究科
Affiliation (English) : Graduate School of Information Science and Technology, Hokkaido University
検索キーワード : リソグラフィ・露光・描画装置, エッチング, スピン LED, 量子ドット, 開口電極

1. 概要(Summary)

様々な光デバイスへの応用が可能な実用光学特性に加えて、省エネルギー特性や電子スピンの保持にも優れた III-V 族化合物半導体量子ドットを光学活性層とする半導体量子構造を作製する。そして、電子スピン注入電極となる Fe 系強磁性薄膜の積層と微細ナノ加工を行い、電流による電子スピン注入が可能な発光ダイオード素子や、電界により量子井戸からドットへとスピンを輸送することが可能な電界効果型スピン注入素子を作製し、これらの素子におけるスピンの依存した光学特性を研究した。

2. 実験(Experimental)

【利用した主な装置】

EB 加熱・抵抗加熱蒸着装置(アルバック社製:EBX-8C)、両面マスクアライナ(ズースマイクロテック社製:MA-6)、電子ビーム描画装置(エリオニクス社製:ELS-3700)、ICP 加工装置(エリオニクス社製:EIS-700)

【実験方法】

分子線エピタキシーで作製した InGaAs 自己組織化量子ドットからなる光学活性層に対して、MgO 酸化膜トンネルバリアを介した CoFe 金属強磁性体電子スピン電極層を用いて電子スピン注入型量子ドット発光ダイオードを作製した。また、InGaAs 量子ドットと量子井戸のエピタキシャル結合構造からなるスピン注入型電界効果素子を作製した。特に後者においては、井戸とドット間のスピン注入時間を制御するため、井戸とドット間のトンネルバリア厚さを変えた試料を作製した。そして、これらの素子のスピン注入特性について、量子ドットにおける電流注入発光あるいは光励起発光の円偏光特性により研究した。

3. 結果と考察(Results and Discussion)

InGaAs 量子ドットと量子井戸のエピタキシャル結合構造からなるスピン注入型電界効果素子において、円偏光照射により量子井戸に生成した励起子スピンを、電界印

加によるポテンシャル変調により量子ドットへと注入輸送する、量子ドットを用いた新しいタイプのスピン注入型電界効果素子の作製を行った。そして、微細構造素子における量子ドット光学活性層へのスピン注入特性を反映する、発光の円偏光特性を顕微発光分光により測定した。

その結果、電界や温度、励起スピン密度に依存した量子ドットの円偏光発光スペクトルを得ると共に、詳しいスペクトル解析を行った。さらには、独自に開発した時間分解顕微発光により、スピンドイナミクスを反映した円偏光成分時間変化の観測を行った。そして、電界に依存した量子井戸とドットの結合ポテンシャルの変化と、その結果生じた電子スピンの注入特性について詳細な議論を行い、学会発表を行った。

4. その他・特記事項(Others)

- ・共同研究者:末岡和久(北海道大学)
- ・本研究は日本学術振興会による科研費基盤研究(S)と二国間交流事業共同研究の支援を受けています。

5. 論文・学会発表(Publication/Presentation)

- (1) H. Chen, S. Hiura, J. Takayama, S. Park, K. Sueoka, and A. Murayama, "Electric field control of spin polarity in spin injection into InGaAs quantum dots from a tunnel-coupled quantum well", Appl. Phys. Lett. accepted for publication.
- (2) H. Chen, J. Takayama, S. Hiura, A. Subagy, K. Sueoka, and A. Murayama, "Effects of electrical field on circularly polarized photoluminescence in InGaAs-based coupled nanostructures of quantum dots and a well", The 12th International Conference on Excitonic and Photonic Processes in Condensed Matter and Nano Materials (EXCON2018), PO120, 2018.7.12.

6. 関連特許(Patent)

なし。