

【基盤研究(S)】

理工系 (総合理工)



研究課題名 電気制御量子ドットを使った光子—電子スピン相互量子状態変換の研究

大阪大学・産業科学研究所・教授 おおいわ あきら
大岩 顕

研究課題番号: 17H06120 研究者番号: 10321902

研究分野: 半導体量子物性

キーワード: 電子スピン、光子、量子状態変換、量子ドット、面内 p-n 接合

【研究の背景・目的】

量子情報通信は安全な次世代通信方式として重要視されている。特に量子中継は、長距離化に不可欠な技術で、様々な量子系において活発な研究がなされている。本研究では、電気制御 GaAs 量子ドット中の単一電子スピンと情報伝送を担う単一光子の偏光状態との間で量子状態を相互に変換する研究を行う。単一光子から単一電子スピンへの量子状態変換と光子対から離れた電子スピン対へのもつれ変換の実現を目指す。さらに平面 p-n 接合と電気制御量子ドットを融合した新しい単一光子発光素子を開発し、電子スピンから光子への量子状態変換を実現する。また量子中継における量子メモリとして期待される IV 族半導体素子での光スピン変換を研究する。

【研究の方法】

上述の目的を達成するために具体的に以下の研究課題を設定して遂行する。

1. 電気制御量子ドットを使った単一光子から単一電子スピンへの量子状態変換

光生成単一電子スピンの観測基底回転操作を達成し、単一光子から単一電子スピンへの量子状態変換の実証を目指す。またもつれ光子対源を導入し、光子対から電子スピン対へのもつれ変換を目指す。変換効率の評価とその向上も重要な課題である。加えて、スピンバルブ効果を光生成スピン検出に利用して、Ge 量子構造における偏光と電子スピン間の変換の素過程と間接遷移の影響を解明する。

2. 平面 p-n 接合と融合した量子ドットを使った単一電子スピンから単一光子への量子状態変換
- 平面 p-n 接合を作製し、エレクトロルミネッセンス

(EL)を観測する。その平面 p-n 接合に電気制御量子ドットを形成する。そして、量子ドットから単一電子を発光領域へ注入し、その単一光子発光の観測を目指す。次のステップでは、量子ドット中の電子スピンと発光された光子円偏光の対応を調べ、電子スピンから光子への角運動量変換をまず実証する。次に量子状態変換が可能となるように平面 p-n 接合中の光学遷移を設計し、光子偏光と電子スピン相関測定法の開発を進め、量子状態変換の実証を目指す。

【期待される成果と意義】

本研究により、光子から電気制御量子ドット中の電子スピンへの量子状態変換や、光子対から遠隔電子スピン対へのもつれ変換、さらに IV 族半導体量子構造における光子から電子スピンへの変換の成果が期待される。これらは量子中継実現に革新的な基盤技術をもたらすとともに固体における非局所もつれ制御にかかわる新しい研究を開拓する。また面内 p-n 素子と電気制御量子ドットを融合したスピン状態発光素子が達成できると、電子スピン状態から偏光状態を発生する新しいオンデマンド量子光源として、新しい量子通信のプロトコルや量子情報処理技術の創成が期待される。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- Conversion from single photon to single electron spin using electrically controllable quantum dots, A. Oiwa *et al.*, J. Phys. Soc. Jpn. 86, 011008 (2017).
- Non-destructive Measurement of Single Photo-electrons by Inter-dot Tunneling in a Double Quantum Dot, T. Fujita *et al.*, Phys. Rev. Lett. 110, 226803 (2013).

【研究期間と研究経費】

平成 29 年度—33 年度 166,100 千円

【ホームページ等】

<http://www.sanken.osaka-u.ac.jp/labs/qse/>
oiwa@sanken.osaka-u.ac.jp

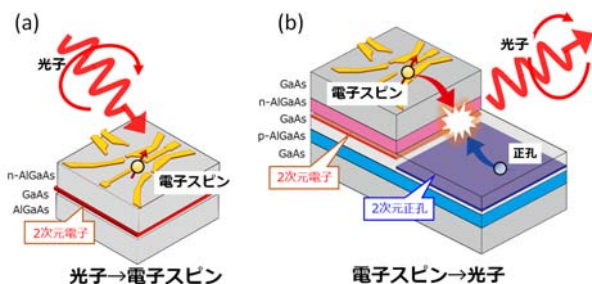


図 1 (a)光子から電子スピンへ、(b)電子スピンから光子への量子状態変換の概念図