

課題番号 : F-21-IT-019
 利用形態 : 技術代行
 利用課題名(日本語) : トンネル結合調整可能な二重量子アンチドットの実現
 Program Title (English) : Double quantum antidot with tunable-coupling
 利用者名(日本語) : 秦徳郎、藤澤利正
 Username (English) : T. Hata, T. Fujisawa
 所属名(日本語) : 東京工業大学理学院物理学系
 Affiliation (English) : Department of Physics, Tokyo Institute of Technology
 キーワード/Keyword : 量子ホール効果、量子アンチドット、リソグラフィ・露光・描画装置

1. 概要(Summary)

二つの量子アンチドットが結合した二重量子アンチドットは、量子ホール系の準粒子を操作するのに理想的な系である。本研究では、不純物ポテンシャルと結合した二重量子アンチドット系を形成することで、トンネル結合が調整可能な二重量子アンチドットを実現した。

2. 実験(Experimental)

【利用した主な装置】

電子ビーム露光データ加工ソフトウェア、電子ビーム露光装置

【実験方法】

AlGaAs/GaAs 半導体ヘテロ構造基板上に、プラットフォームの電子ビーム露光によりレジストパターンを形成し、金属薄膜(Ti/Au)を蒸着することにより、Fig. 1 (a)の走査電子顕微鏡写真のようなブリッジ構造型ゲート電極を作製した。

Fig. 1 (b)は本研究で対象とする系である。二重量子アンチドットを二つのブリッジ構造型ゲート電極によって形成した。また、両ゲート電圧とキャパシティブに結合している不純物ポテンシャルを、真ん中の量子アンチドットとして動作させた。これは、左右の量子アンチドットとトンネル結合しており、このエネルギー準位を操作することで、左右の量子アンチドット間の結合強度をゲート電圧で制御できる。

作製した試料は、東京工業大学藤澤研究室の希釈冷凍機により極低温強磁場中で測定した。

3. 結果と考察(Results and Discussion)

Fig. 1 (c)は垂直磁場 4.9 T 下での、伝導度のゲート依存性である。伝導度は両ゲート電圧に対して振動しており、二重量子アンチドットが形成していることがわかる。また、各電荷状態を囲む線の滑らかさが変化している。これは、

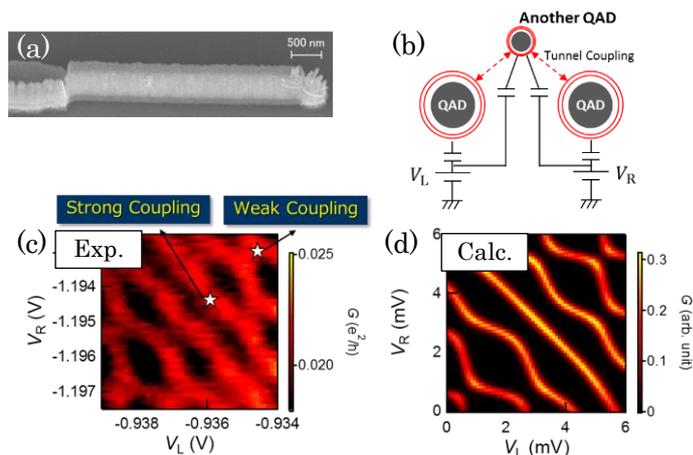


Fig. 1 (a) SEM image of a 55°-tilt view of an airbridge gate. (b) Schematic view of our device. (c) Experimental result. (d) Calculation result with master equations.

ゲート電圧によって、二重量子アンチドットの結合が強結合から弱結合へと連続的に制御できたことを示す。計算結果[Fig. 1 (d)]ともよく合い、トンネル結合が調整可能な二重量子アンチドットが実現していることの妥当性が証明された。本成果は、量子アンチドットを用いた準粒子操作デバイス実現に向けて、新たな指針を与えるものである。

4. その他・特記事項(Others)

本研究は、科研費(JP19H05603、JP19K14630)の支援を受けた。共同研究者：秋保貴史氏・村木康二氏(NTT 物性基礎研)、技術支援者：梅本高明氏(東工大)に感謝致します。

5. 論文・学会発表(Publication/Presentation)

(1) 秦徳郎 他 "整数量子ホール領域における二重量子アンチドットの形成" 日本物理学会 2021年秋季大会 (ポスター発表)

(2) T. Hata et al., "Double Quantum Antidot Formed by Air-bridged Gates in the Integer Quantum Hall Regime" EP2DS-24. (ポスター発表)

6. 関連特許(Patent)

なし