

課題番号 : F-18-IT-0001
 利用形態 : 技術代行
 利用課題名(日本語) : 量子ホールエッジチャンネルにおける非熱的準安定状態
 Program Title (English) : Nonthermal Metastable State in Quantum Hall Edge Channels
 利用者名(日本語) : 藤澤利正
 Username (English) : 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 : 量子ホールエッジチャンネル、非平衡準安定状態、リソグラフィ・露光・描画装置

1. 概要(Summary)

一次元電子系である朝永ラッティンジャー流体は、熱化を示さない非熱的準安定状態が出現する可能性が指摘されているが、実験的に観測することは困難であった。本研究では、量子ホールエッジチャンネルのエネルギー分光測定によって非熱的準安定状態の観測に成功した。

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、走査電子顕微鏡

【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ナノ集積化素子を作製した。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)

強磁場中で、Fig.1(a)の各ゲート電極1-10に適当な電圧を印加することで、Fig.1 (b)の模式図のような実験系を構成した。細長いゲート1に沿ってスピンの異なる2本のエッジチャンネル $C_{\uparrow}, C_{\downarrow}$ を形成し、ゲート4による量子ポイント接合(QPC)から非平衡電子を注入すると、電子のエネルギー分布関数 f_{\uparrow} が Fig.1 (c)(ii)のような階段状の初期状態を形成できる。チャンネル間の相互作用により、電子波束は電荷波束とスピン波束に分裂する(スピン電荷分離)ことが知られているが、このあとで電子系が非熱的準安定状態に保たれるかどうかに着目した。この様子を調べるため、ゲート8,9,10による量子ドット(QD)分光器により分布関数 f_{\uparrow} を測定した。QPC-QD間の距離 L (0.12 – 15 μm) の異なる試料を用いることで、初期状態(ii)から非

熱的準安定状態(ii')への変化は短い距離($< 0.5 \mu\text{m}$)でおこり、この非熱的分布関数(ii')は十分に長い距離($> 15 \mu\text{m}$)にわたって観測され、ゆっくりと熱平衡状態(ii'')に近づく様子が観測された。これは、朝永ラッティンジャー流体モデルで予測される準安定状態の理論計算とよく一致しており、非熱的準安定状態の観測に成功したことを示している。

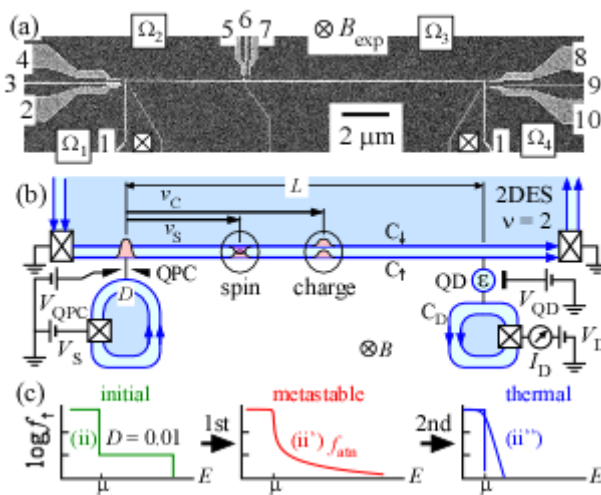


Fig. 1. (a) Scanning electron micrograph of the device. (b) Schematic layout of the device. (c) Schematic energy distribution function f_{\uparrow} at various distance L .

4. その他・特記事項(Others)

本研究は、科研費(JP26247051, JP15H05854)の支援を受けた。共同研究者:橋坂昌幸氏・村木康二氏(NTT物性基礎研)、技術支援者:河田真太郎氏(東工大)に感謝致します。

5. 論文・学会発表(Publication/Presentation)

(1) K. Itoh et al., Phys. Rev. Lett. 120, 197701 (2018).

6. 関連特許(Patent)

なし