

課題番号 : F-14-IT-0040
 利用形態 : 技術代行
 利用課題名(日本語) : 一次元電子系の非平衡状態のエネルギー分光
 Program Title (English) : Energy spectrum of non-equilibrium state in one-dimensional electronic systems
 利用者名(日本語) : 橋坂昌幸、藤澤利正
 Username (English) : M. Hashisaka, T. Fujisawa
 所属名(日本語) : 東京工業大学大学院理工学研究科物性物理学専攻
 Affiliation (English) : Department of Physics, Tokyo Institute of Technology

1. 概要(Summary)

一次元電子を記述する朝永ラッティンジャーモデルによると、相互作用する電子は、相互作用しないボゾン(プラズモン)によって記述でき、孤立した一次元電子系は熱平衡状態に達することはなく、非平衡定常状態に留まることが期待される。しかし、それを実験的に検証することは困難であった。本研究では、量子ホール状態の端に形成されるカイラル1次元系を対向して集積化することにより、人工的な一次元電子系を構成し、量子ポイント接合から注入した非平衡電子のエネルギー分光を測定し、非平衡定常状態による特異な2成分スペクトル(1)や非平衡な温度分布(2)を観測することに成功した。

2. 実験(Experimental)

・利用した主な装置：電子ビーム露光装置、走査型電子顕微鏡、電子ビーム露光データ加工ソフトウェア

・実験：フォトリソグラフィや電子ビーム露光装置によってナノ構造のパターニングを行い、真空蒸着装置や化学エッチングによってゲート電極構造を形成した。図1は、走査型電子顕微鏡による素子の写真を示しており、

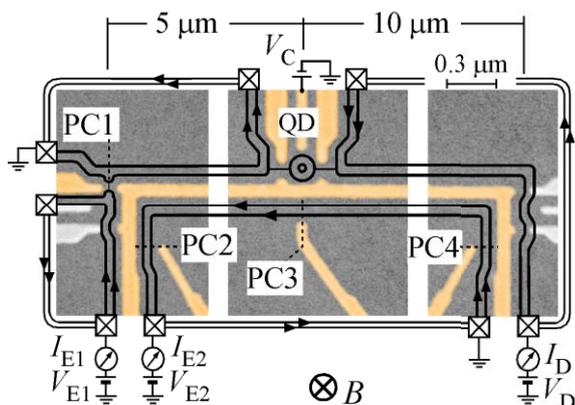


Fig. 1. Scanning electron micrograph of the device for integrating edge channels (arrows), a quantum dot (QD), and quantum point contacts (PC1 – PC4).

AlGaAs/GaAs 変調ドーパヘテロ構造半導体薄膜の上に形成した金属ゲート電極パターンによって、量子ホール端に形成されるエッジチャネル(矢印)、量子ドット QD、量子ポイント接合 QPC1~QPC4を集積したものである。QPCから電流と熱流を注入し、5–10 μm離れた場所におけるエネルギー分光を量子ドット QD によって測定した。

3. 結果と考察(Results and Discussion)

熱平衡状態にある電子系のエネルギー分光は、1つの温度で決まるフェルミ分布を示す。しかし、本研究結果は、単純なフェルミ分布と異なり、2つの温度成分をもつフェルミ分布の合成で近似されるスペクトルを示す。この2成分スペクトルは、伝搬距離(5–10 μm)に依存しないことから、非平衡定常状態に達していると考えられる。

4. その他・特記事項(Others)

本研究は、NTT 物性科学基礎研究所の村木康二氏との共同研究である。科学研究費・特別推進研究 21000004、基盤研究(A)26247051 の支援を受けた。

5. 論文・学会発表(Publication/Presentation)

- (1) K. Washio, R. Nakazawa, M. Hashisaka, K. Muraki, and T. Fujisawa, "Non-equilibrium binary spectrum in coupled quantum Hall edge channels", Int. Conf. Topological Quantum Phenomena (TQP2014), Kyoto, Japan (Dec. 16-20, 2014).
- (2) 中澤遼、森田恭維、橋坂昌幸、村木康二、藤澤利正、日本物理学会第 70 回年次大会 21pBK-11, 平成 27 年 3 月 21 日.

6. 関連特許(Patent)

なし