

## 【特別推進研究】

# 理工系（数物系科学）



研究課題名 半導体量子構造による電子波束のダイナミクス

東京工業大学・極低温物性研究センター・教授

ふじさわ としまさ  
藤澤 利正

研究分野：数物系科学

キーワード：メソスコピック系 半導体物理

### 【研究の背景・目的】

半導体超格子構造の提案以来、半導体量子構造を用いた電子波の制御技術は著しく発展した。例えば、MBE結晶成長技術による高品質ヘテロ構造では、整数・分数量子ホール効果など特徴的な量子状態が形成される。微細加工技術で作製された量子細線や量子ドットなど低次元構造により、局所的な量子状態を人為的に設計製作できるようになった。近年、量子干渉を短い時間で制御する量子情報デバイスの研究が盛んである。このように半導体量子構造は、電子を量子力学によって制御する舞台として研究され続けている。

本研究は、静止した量子ドット中の電子状態の制御技術を、伝搬する電子波束のダイナミクスに発展するものである。電子波束を空間的かつ時間的に制御することによって、量子電子光学と電子波工学への発展を期待している。特に、一方向で散逸のない量子ホール系のエッジチャンネルに注目し、電子波束の生成・制御・観測技術を確立し、電子波束の基礎物性と応用の可能性を追求する。

### 【研究の方法】

高電子移動度半導体ヘテロ構造に微細加工を施すことにより、電子波束のビームスプリッター、電圧可変のディレイライン、単一電子の電荷パルス生成・検出、電子波の干渉計などの素子を集積化することができる。様々な光の干渉実験を固体素子中で再現するとともに、統計性による相関や相互作用による影響に着目した研究を行う。

例えば、図1(a)は金属ゲートに沿ったエッジチャンネルを用いた遅延制御器を示している。ゲート電圧によって、局所的な電界や遮蔽効果に変化し、群速度の変化が生じる。オーミック接合にパルス電圧を印加することによって生じた電荷パルスを、図1(b)のように遅延制御器によって遅延するこ

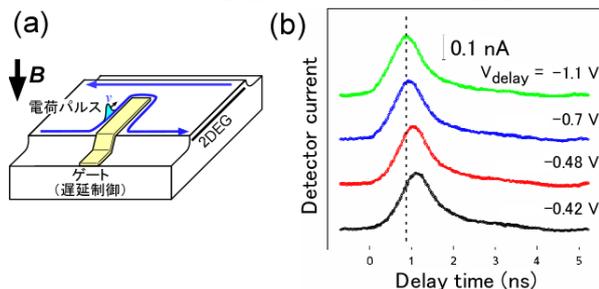


図1 (a) エッジチャンネルの遅延制御 (b)測定例

とができる。このような電荷パルスの制御技術を組み合わせることにより、電子波束ダイナミクスの研究を進める。

### 【期待される成果と意義】

本研究で注目するエッジマグネトプラズモンは、 $10^5 \sim 10^6$  m/s の速度でエッジチャンネルを伝搬する。超高周波領域での電荷パルスを生成・制御・観測する手法を確立し、電荷ダイナミクスの測定を通じて分散、可干渉性、量子統計性などの基礎物性を明らかにし、一次元伝導特有のスピン電荷分離や電荷分断化現象など興味深い現象を明らかにする。これらの研究により、オンチップのコヒーレント輸送への応用や、超高速波束エレクトロニクスへの発展性が見込まれる。

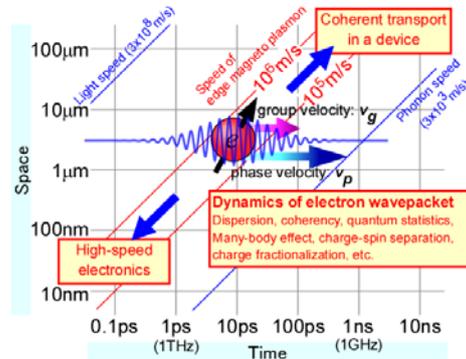


図2 エッジマグネトプラズモンの時空領域

### 【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- [1] H. Kamata, T. Ota, and T. Fujisawa, "Correlation Measurement of Time-Dependent Potentials in a Semiconductor Quantum Point Contact", Jpn. J. Appl. Phys 48, 04C149(2009).
- [2] G. Shinkai, T. Hayashi, T. Ota, and T. Fujisawa, "Correlated coherent oscillations in coupled semiconductor charge qubits", to be published in Phys. Rev. Lett. (2009).

### 【研究期間と研究経費】

平成21年度－25年度  
421,400千円

ホームページ等

<http://fujisawa.phys.titech.ac.jp/>  
[fujisawa@phys.titech.ac.jp](mailto:fujisawa@phys.titech.ac.jp)