

単電子トランジスタによる量子ホール効果エッジ状態の検出

東京大学物性研究所 藤岡 博幸、勝本 信吾、家 泰弘

Detection of edge channels in quantum Hall regime by single electron transistors

H. Fujioka, S. Katsumoto, Y. Iye

Institute for Solid State Physics, University of Tokyo

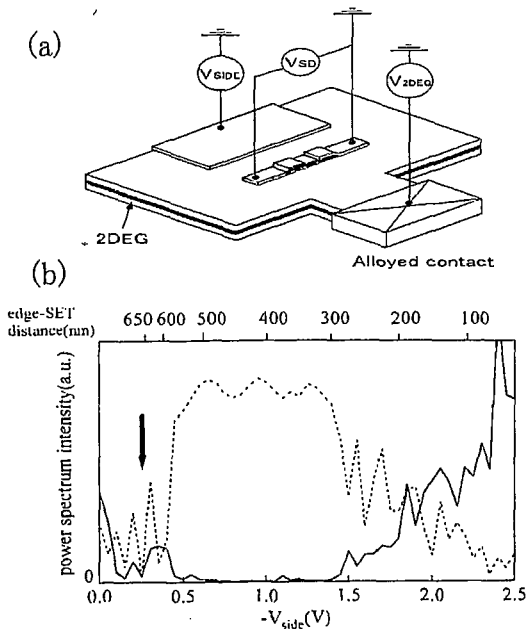
量子ホール状態における輸送現象では、試料端に形成されるエッジ状態が重要な役割を果たしていることが知られている。しかし、分数量子ホール状態が本質的に多体効果であるため、エッジ状態の概念は整数量子ホール効果ほど明瞭ではなく、実験的にも理論的にも未だ決定的なモデルはない。そこで我々は分数量子ホール効果のエッジチャネルの空間分布を測定することを目的として実験を行った。

エッジチャネルの空間分布に関する情報を得るためには、磁気長と同程度の高い空間分解能を持った測定が必要である。我々は単電子トランジスタ(SET)が高感度で高い空間分解能の電位計として利用できることを用い、SET を2次元電子系のプローブとすることによって整数量子ホール効果のエッジチャネルを測定することに成功した。また、分数量子ホール状態の2次元電子系の非圧縮性を同様の試料で検出することに成功した。これらの結果は、分数量子ホール効果のエッジ状態の空間分布を測定することが可能であることを示している。

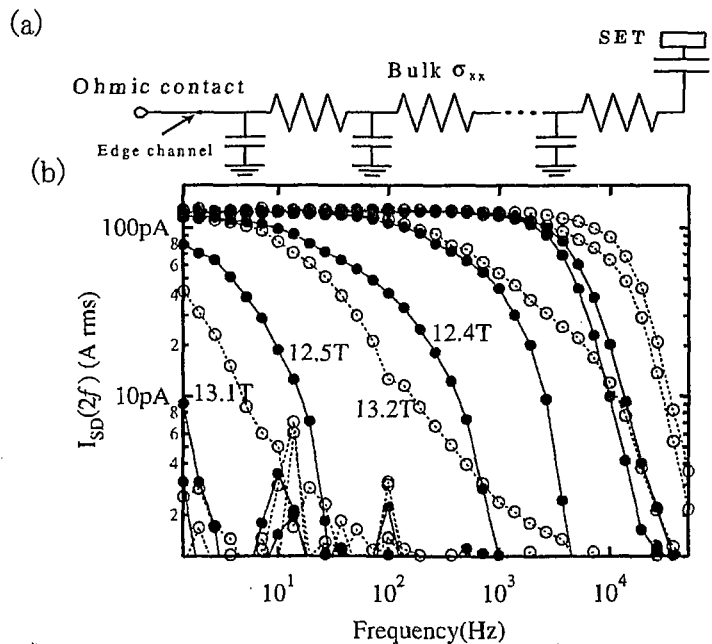
図1(b)に $\nu=1$ のエッジチャネルの測定結果を示す。SET はその直下の2次元電子系をゲート電極として動作するので、2次元電子系が非圧縮性の時にはクーロン振動が測定できずノイズのみが観測される。サイドゲートに負の電圧を印可し、エッジチャネルが SET の下に現れたところでクーロン振動は回復する。このような方法で圧縮性の伝導チャネルを測定した。

一方、 $\nu=2/3$ については同様の測定方法が適用できない。これは、エネルギーギャップが小さいため σ_{xx} が有限に残り、クーロン振動が観測できるからである。しかし、 σ_{xx} の現象は応答時間の増加をもたらすため、応答関数を測定することで非圧縮性を検出できる。図2に、 $\nu=2/3$ 前後の磁場での応答関数の測定結果を示す。磁場が $\nu=2/3$ に近づくにつれてカットオフ周波数が小さくなり、 σ_{xx} が小さくなっていることがわかる。このようにして、分数量子ホール状態の非圧縮性の検出が可能になった。

以上の方法を組み合わせることによって分数量子ホール効果のエッジ状態や整数量子ホール効果の内部構造の空間分布を測定することが可能であると考えている。



(a) 試料の概念図。(b) クーロン振動のフーリエ成分。点線: クーロン振動の周波数成分。実線: 高周波成分(ノイズ)。矢印で示された電圧でサイドゲート下の2次元電子系が完全に空乏化される。



(a) モデル等価回路。(b) $\nu=2/3$ 前後の磁場での SET 直下の2次元電子系の応答関数。●: 12.1T~12.7T。○: 12.8T~13.4T。