



Title	Investigations of Edge States in the Quantum Hall Effect by Magnetocapacitance Measurements
Author(s)	新井, 宏一郎
Citation	大阪大学, 2002, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/43629
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏 名	新 井 宏 一 郎
博士の専攻分野の名称	博 士 (理 学)
学 位 記 番 号	第 1 6 7 3 8 号
学 位 授 与 年 月 日	平成 14 年 3 月 25 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 4 条第 1 項該当 理学研究科物理学専攻
学 位 論 文 名	Investigations of Edge States in the Quantum Hall Effect by Magnetocapacitance Measurements (磁気電気容量法による量子ホール効果におけるエッジ状態の研究)
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 野 末 泰 夫 (副査) 教 授 大 貫 惇 睦 教 授 阿 久 津 泰 弘 教 授 蒲 生 健 次 助 教 授 鷹 岡 貞 夫

論 文 内 容 の 要 旨

磁気電気容量測定を用いて、低温 (10K~50mK)、強磁場 (~ 16 T) 中の 2 次元電子系における量子ホール効果でのエッジ状態についての研究を行った。

・隣り合うエッジ状態間の「相互キャパシタンス」測定

量子ホール効果状態で隣り合うエッジ状態間の電気容量を測定した。測定には GaAs/AlGaAs ヘテロ接合の 2 次元電子系ウエハーをフォトリソグラフィーを用いて微細加工した試料を用いた。デバイスパターン作成の際にエッジ状態間のエネルギー緩和の影響を出来るだけ抑える工夫を行った。しかし今回の測定では占有数 3 の場合にのみ測定することが出来た。この時のエネルギー緩和長が 3 mm を超えていることが測定から分かり、緩和の影響が十分に小さかったからであると考えられる。

・Si-MOS FET におけるエッジ状態およびバルク伝導の性質

4 K から 50mK の温度領域で Si-MOS FET のゲートと 2 次元電子系の間の磁気電気容量を測定し、電気容量の周波数依存性からエッジ状態の幅を初めて見積もった。求められた占有数 2, 4 の量子ホール効果におけるエッジ状態の広がりには $3 \mu\text{m}$ であった。これは GaAs/AlGaAs ヘテロ接合 2 次元電子系試料での測定で得られる値より数倍大きい。また電気容量の周波数依存性を測定したところ、300kHz あたりのところにピークが観測された。解析に使用した磁気電気容量のモデルを改良してバルク状態の電気伝導度の周波数依存性を扱えるようにした。その結果、そのピークの起源は弱い局在状態にある電子の伝導度に周波数依存性があるためであると考えられる。

・エッジ状態の空間分布

磁気電気容量測定を用いて GaAs/AlGaAs ヘテロ接合 2 次元電子系におけるエッジ状態の空間分布測定を行った。電子ビーム露光を用いて数本の細線ゲートを 2 次元電子系の境界に沿って配置した。一番外側の細線ゲートがちょうど 2 次元電子系の境界上に配置し、境界に対する平行合わせは、誤差が 10^{-4} rad 以下の高精度で行った。細線ゲートの幅と間隔は共に $1 \mu\text{m}$ 、長さは 1 mm である。0.4K でそれぞれの細線ゲートについて電気容量を測定し、エッジ状態が実際に 2 次元電子系の境界部分に存在することを局所的な場所を直接観測することによって実証した。また一番外側のゲートをサイドゲートとして使用した場合の電気容量を測定した。サイドゲートの負電圧を大きくすると、エッジ状態は 2 次元電子系の境界から離れて内側へ移動すると共に、その幅が広がることを見い出

した。

論文審査の結果の要旨

量子ホール効果における電気伝導ではエッジ状態が重要な役割を担っている。新井宏一郎君は半導体微細加工技術を駆使して様々な量子ホール効果デバイスを作製し、その極低温・強磁場での磁気電気容量を測定した。その結果、試料中でのエッジ状態の空間的配置と内部構造が明らかになった。また、Si-MOSの2次元電子系でのバルク状態およびエッジ状態の電気容量についても新しい知見を得た。これらの結果は、強磁場中の2次元電子系の電気伝導の理解に大きく貢献するものである。よって博士（理学）の学位論文として十分価値あるものと認める。