

InAs 二次元電子ガスにおける分数量子ホール状態のゲート制御

Gate tuning of the fractional quantum Hall states in InAs two-dimensional electron gas

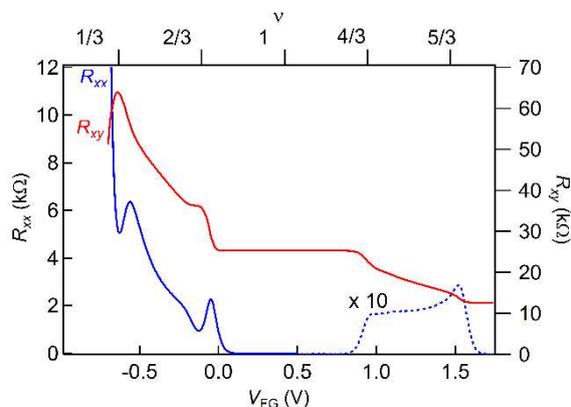
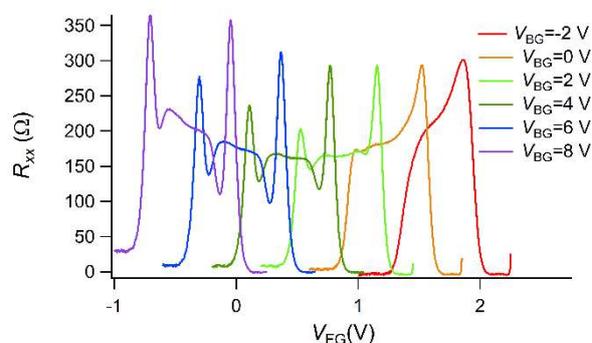
高知高専¹, NTT 物性基礎研², 東北大金研³○(B)小松 颯¹, 入江 宏², 秋保 貴史², 村木 康二², 野島 勉³, 赤崎 達志¹NIT, Kochi College¹, NTT BRL², IMR, Tohoku Univ.³ ○Soh Komatsu¹, Hiroshi Irie²,Takafumi Akiho², Koji Muraki², Tsutomu Nojima³, and Tatsushi Akazaki¹

E-mail: s2108@gm.kochi-ct.jp

強磁場下の二次元電子ガス(2DEG)で生じる分数量子ホール (FQH) 効果は、1982 年に GaAs/AlGaAs ヘテロ構造中の 2DEG において初めて観測された。近年、FQH 状態と超伝導体の界面において、パラフェルミオンが生成されることが理論的に予測され、FQH-超伝導接合の研究が精力的に進められている^[1]。InAs は、超伝導体と良好な界面を形成することができ、また高移動度 InAs 2DEG において $\nu = 4/3$ の FQH 状態の観測が報告されている^[2]。今回我々は、InAs/AlGaSb 量子井戸中の 2DEG において $\nu = 1/3, 2/3, 4/3, 5/3$ 状態を観測するとともに、明瞭な FQH 状態の観測には量子井戸のポテンシャル形状制御が重要であることを見出したので報告する。

試料は、 n 型にドーブされた GaSb 基板の上に MBE 成長した $\text{Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.3}\text{Sb}$ をバリア層とする InAs 量子井戸である。本ヘテロ構造を、フロントゲート (FG)とバックゲート (BG)を備えたホールバーに加工した。これらのゲートにより、電子濃度と波動関数の形を独立に変えることができる。なお、InAs 2DEG では試料端の電荷蓄積により逆方向エッジチャンネルが形成するので^[3]、その影響を避けるためメサエッジに沿った第 3 のゲート (メサゲート、以下 MG)によって試料端を空乏化させることで 2DEG 端を定義するようにした。

測定は、³He 冷凍機と最大 24 T の無冷媒超伝導マグネットを組み合わせ、 $T = 0.48 \sim 1.52$ K, $B = 14 \sim 24$ T においてロックイン抵抗測定(入力電流 100 nA)を行った。 $T = 0.48$ K, $B = 24$ T, MG 電圧 (V_{MG}) を -1.3 V, BG 電圧 (V_{BG}) を 0 V としたときの R_{xx} 及び R_{xy} の FG 電圧 (V_{FG}) 依存性を Fig. 1 に示す。 R_{xx} には $\nu = 2/3$ 及び $1/3$ となる V_{FG} においてディップが、 R_{xy} には $\nu = 2/3$ でプラトーが現れている。また、 R_{xx} - V_{FG} 特性の V_{BG} 依存性を Fig. 2 に示す。正の V_{BG} を印加することで、 0 V では観測されなかった $\nu = 4/3$ 及び $5/3$ での R_{xx} のディップが観測された。以上の結果より、波動関数のゲート制御が、FQH 状態の出現に影響を与えることが明らかになった。

[1] Ö. Gül *et al.*, arXiv:2009.07836. [2] M. K. Ma, *et al.*, Phys. Rev. B **96**, 241301 (R) (2017).[3] T. Akiho *et al.*, Phys. Rev. B **99**, 121303(R) (2019).Fig. 1 V_{FG} dependence of R_{xx} and R_{xy} .Fig. 2 R_{xx} traces for different V_{BG} .