

課題名 (タイトル):

ヘリウム液面上電子の隘路伝導特性

利用者氏名: 東辻 浩夫

所属: 和光研究所 基幹研究所 河野低温物理研究室

1. 本課題の研究の背景、目的、関係するプロジェクトとの関係

河野低温物理研究室で行われた実験により、ヘリウム液面上の 2 次元電子系がウィグナー結晶を構成するほどの強結合状態にある場合、隘路のあるチャンネルにおいて特異な伝導特性をもつことが示されている。シミュレーションによりその機構を解析することが本課題の目的である。

2. 具体的な利用内容、計算方法

実験条件に近似的に対応するポテンシャル場を設定し、その中における電子系の振る舞いを分子動力学法によるシミュレーションにより調べる。多数の標本について長時間の軌跡を保存し、統計処理により電子系の結合度とポテンシャルを記述するパラメータに対する依存性を求める。

3. 結果

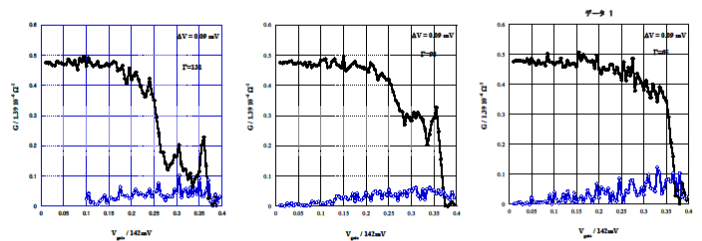
チャンネルの隘路部分の幅を変化させると伝導特性 (コンダクタンス) が変化する。2 次元電子系が十分に高密度・低温で、クーロン結合度が大きく、ウィグナー結晶が形成される領域になると、コンダクタンスの隘路幅依存性は、実験と同様に、非単調で、特異なものになる。電子の軌跡を解析することにより、この隘路幅依存性は、チャンネル内で 2 次元電子が整列する際の電子間の間隔と隘路幅との整合性の変化により生じていると考えられることが分かった。

4. まとめ

ヘリウム液面上でウィグナー結晶をなすような強結合 2 次元電子系が隘路をもつチャンネルにおいて示す伝導特性の実験結果に対して、分子動力学法によるシミュレーションにより微視的な機構を明らかにした。左欄にシミュレーションにより得られた伝導特性と軌跡の例を示す。

図 1: クーロン結合度の 3 例における伝導特性。グラフは伝導率 (上) とその統計誤差 (下)。横軸はゲート電圧 (ゲート電圧が高いほど隘路は狭い)。クーロン結合度は右から左に 66, 98, 131 (131 ではウィグナー結晶化)。

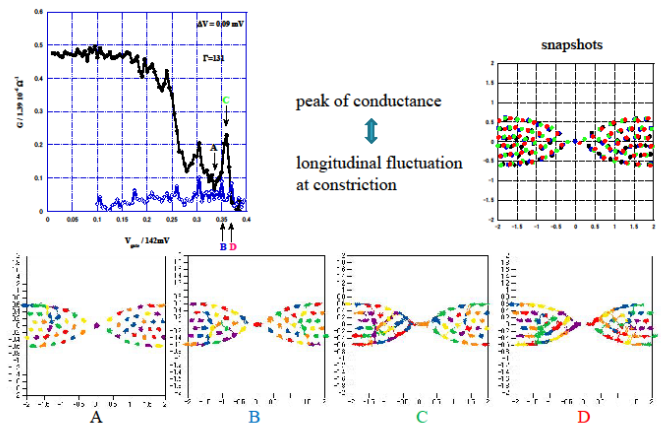
Conductance vs. gate voltage



$$\Gamma = (\epsilon^2 / 4\pi\epsilon_0 a) / k_B T, \quad a = (\pi n)^{-1/2}$$

図 2: 図 1 左の場合、伝導率ピーク前後の隘路付近における軌跡の例。伝導率は隘路付近の電子配置に依存し、隘路幅に対して単調には変化しない。

Behavior of electrons around the peak



平成 24 年度 RICC 利用研究成果リスト

**【論文、学会報告・雑誌などの論文発表】**

D. G. Rees, H. Totsuji, and K. Kono,

“Commensurability-Dependent Transport of a Wigner Crystal in a Nanoconstriction”,

Phys. Rev. Lett. Vol.108, Issue 17, pp.176801-1--176801-5, April 2012.