

課題番号：GR058
助成額：154百万円

固体素子における非平衡多体系のダイナミクス



小林 研介 大阪大学大学院理学研究科 教授
Kensuke Kobayashi

グリーン・イノベーション

理工系

平成23年2月10日～平成25
年6月27日（補助事業廃止）

専門分野
量子物性

キーワード

メゾスコピック系・局在／非平衡・非線形物理学／統計物理学／量子
エレクトロニクス／メゾスコピック物理／量子輸送現象／量子雑音

WEBページ

<http://meso.phys.sci.osaka-u.ac.jp/>

研究背景

現在、量子多体効果を利用する次世代素子の開発研究が進められているが、トランジスタのような能動素子を実現するには、系の非平衡状態に対する理解が必須である。したがって、次世代素子の母体となる多体量子系において、その非平衡状態を定量的に理解し制御する方法論・手法の開発が求められていた。

研究目的

研究の目的は、代表者が独自に開発してきた高精度の非平衡電流ゆらぎ測定によって、「ゆらぎの定理」および固体素子における電流ゆらぎ測定の有用性を多角的に検証し、非平衡多体ダイナミクス研究の新しい方法論と非平衡制御の手法を確立することにある。

実績

代表論文：Appl. Phys. Lett., 103, 172104, (2013)
受賞：第15回丸文研究奨励賞、一般財団法人丸文財団 (2012年3月7日)、第16回久保亮五記念賞、公益財団法人井上科学振興財団 (2012年10月6日)、第10回日本学術振興会賞、独立行政法人日本学術振興会 (2014年2月10日)、第10回日本学士院学術奨励賞、日本学士院 (2014年2月10日)
新聞：朝日新聞朝刊「学士院奨励賞に6人」(2014年1月15日)、読売新聞朝刊「6人に学術奨励賞」(2014年1月15日)

研究成果

メゾスコピック非平衡統計力学

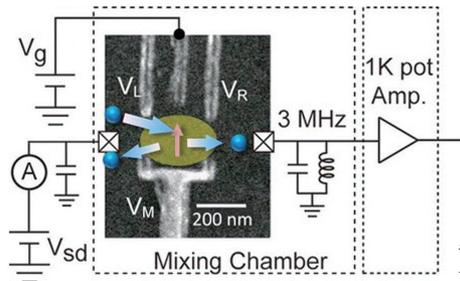
非平衡系を扱う普遍的な枠組みの構築において中心的な役割を果たすと期待されているのが「ゆらぎの定理」である。本研究では、世界で初めて、メゾスコピックサイズの固体素子を用いて、量子系におけるゆらぎの定理とその前提条件である微視的可逆性について定量的に検証した。

非平衡量子輸送の素過程の解明

伝導電子はスピンによって散乱される。本研究では、固体素子における電流ゆらぎを精密に測定することによって、近藤効果、電子スピン-核スピン散乱、シュテルン-ゲルラッハ効果、トンネル磁気抵抗効果等における電子伝導の素過程を解明した。

世界最高精度をもつ電流ゆらぎ測定手法の開発

非平衡系の定量化においてゆらぎ測定は決定的な重要性を持つ。本研究で、独自開発してきた低温アンプの性能を大幅に向上させることに成功した。その結果、20mKという極低温で、世界最高精度での電流ゆらぎ測定が可能となった。



半導体人工原子の電子顕微鏡写真と、そこに生成された単一スピン近藤状態によって電子が散乱される様子の模式図。

2030年の 応用展開

非平衡系を定量的に理解することは、次世代素子の開発において必須であると同時に長い歴史を持つ挑戦的な課題でもある。独自の高精度ゆらぎ測定技術によって、固体素子

における精密非平衡物理学の開拓を行う本研究の発展によって、基礎学理に裏打ちされた次世代素子の開発とそのパフォーマンスの向上が可能となる。