

量子電気標準を用いた量子メトロロジ トライアングル検証に向けた取り組み

- 電流・抵抗・電圧の基準となる3つの量子現象の整合性を検証
- 単一電子ポンプにより5 ppm以下の不確かさで電流発生に成功
- ナノアンペア以下の微小電流の精確な測定に貢献

研究のねらい

2019年のSI改定に伴い、7つの基本単位は基礎物理定数や普遍的な定数を定義値として実現されることになりました。電圧、抵抗、電流などの単位は基礎物理定数の組み合わせによって表現されますが、そのようにして実現された組み立て量の間どの程度整合性が担保されているのかは現在もまだ確認されていません。量子メトロロジトライアングルはこの組み立て量間の整合性を、不確かさの小さな量子電気標準とオームの法則を利用することで精密に検証する試みです。本研究はさらにガス分析・放射線測定などで利用が期待される精確な微小電流計測に大きく貢献します。

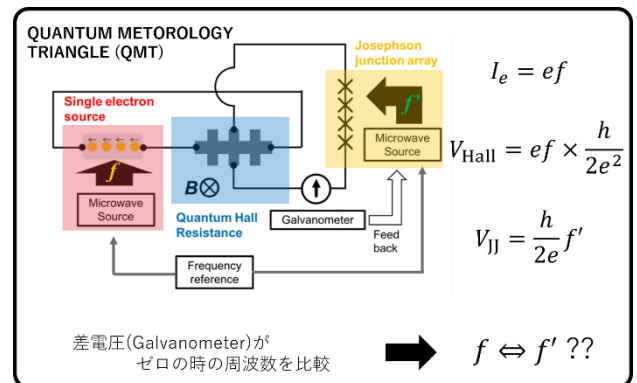
研究内容

量子メトロロジトライアングルは、量子ホール効果に基づく抵抗、ジョセフソン効果に基づく電圧、単一電子トンネル効果に基づく電流をオームの法則を介して結びつける必要があります。私たちのグループでは、同一の希釈冷凍機中で「アレイ化した高抵抗量子ホール素子」「ジョセフソン電圧標準」「並列化したシリコン単一電子素子」を同時に動作させることで 10^{-7} 以下の不確かさで検証することを目指しています。

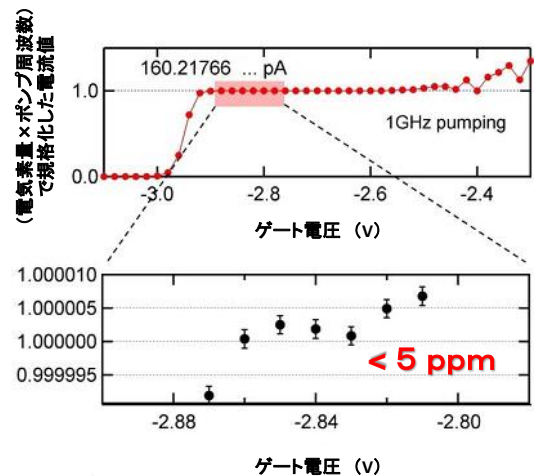
本年度はシリコン単一電子素子を用いた単一電子ポンプの動作検証を行い約160 pAの電流を5 ppm程度の不確かさで発生させることに成功しました。今後、さらに不確かさの小さな単一電子素子の選定、並列駆動などを行い量子メトロロジトライアングルの検証を世界に先駆けて実現します。

今後の展開

- 10^{-7} 以下の不確かさでの量子メトロロジトライアングルの検証
- ナノアンペア以下の精確な微小電流計測
- 本研究の一部は、科研費 基盤 (S) の「単電子制御による量子標準・極限計測技術の開発 (2019年度~2022年度)」により行われたものです。



量子メトロロジトライアングルの概念図



単一電子ポンプによる定電流発生