

## ■ はじめに

私たちが生きているこの宇宙はまだ多くの謎に包まれている。分数量子も謎の一つである。通常、物理量は量子の整数倍になるが、量子よりも小さい値を持つものが発見されてきており分数量子と呼ばれている。例えば、電荷は素電荷で量子化されているが陽子の中のクォークが持つ電荷は分数量子になっている(図1)。この分数量子の謎を私たちは磁束量子を使って研究している。

磁束量子とは超伝導体内で量子化される磁束のことで  $\Phi_0$  と表されている。超伝導体内では  $\Phi_0$  の整数倍の磁束しか存在することが出来ない。私たちの研究はこの磁束量子を分割し、分数磁束量子を人工的に生み出すことを目的としている。私たちは2018年に分数磁束量子の人為的な発生に成功しており[1]、現在はどんな条件で発生するのかを調査している。今後、分数磁束量子を人工的に生み出す技術は量子コンピューターに応用できると考えている。

## ■ 活動内容

### 1. 磁気イメージによる分数磁束量子の観測

走査型磁化率顕微鏡によって、分数磁束量子の発生が確認されたデバイスの概要を示す(図2左)。厚さが20nmの2つのニオブ層とその間に挟まれている厚さが5nmのアルミニウム層で構成されている。2層のニオブ層の上には直径2 $\mu\text{m}$ の穴が40 $\mu\text{m}$ 間隔で開いており、アルミニウム層の上面は酸化している。最も大きいピークが量子磁束だと考えており、それよりも小さい他のピークが分磁束量子である(図3)。

### 2. 分数磁束量子のデバイスへの応用

デバイスとして使用できるようにするために量子ビットに組み込むことを想定した形状にした。穴が中心になるように直径10 $\mu\text{m}$ の円盤にし(図2右)、各層の厚さや穴の半径などの基本的な構造は磁気イメージ観測用デバイスと同じである。測定専用エレメントもデバイスに組み込みながら同時に作製し、そのエレメントで総磁束量を測定している。今後、穴の有効性や層の厚さなどを中心に成果を報告していきたいと考えている。

## ■ 参考文献

[1] Experimental formation of a fractional vortex in a superconducting bi-layer. Physica C 548, 44-49 (2018).

## ■ 関連情報等(特許関係、施設)

1. 超伝導位相シフター, 特願2019-217659
2. トポロジカル・ソリトン回路の模型, 特許第5098946号
3. Quantum turing machine, 米国特許 US7400282B2
4. バンド間位相差ソリトンの発生方法, 特許第6455929号

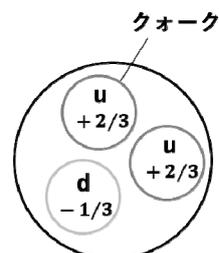


図1. 陽子の構成図

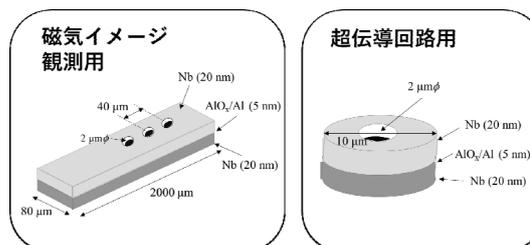


図2. デバイスの特徴と違い

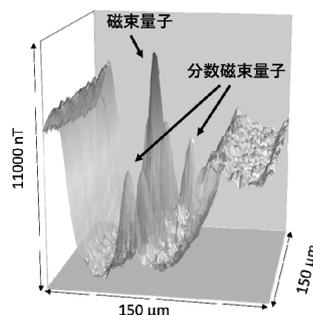


図3. 分数磁束量子の磁気イメージ

代表発表者  
所属

石津 寛 (いしづ ひろし)  
東京理科大学大学院 基礎工学研究科  
エレクトロニクス・製造領域 電子光基礎技術研究部門  
酸化物エレクトロニクスグループ リサーチアシスタント  
〒305-8568 茨城県つくば市梅園 1-1-1 中央第2

問合せ先

TEL: 0298-61-5720  
Mail: [ishidu-tus@aist.go.jp](mailto:ishidu-tus@aist.go.jp) (石津 寛)  
[y.tanaka@aist.go.jp](mailto:y.tanaka@aist.go.jp) (田中 康資)

■キーワード: (1) 超伝導デバイス  
(2) 量子分割  
(3) 量子コンピューター

## ■ 共同研究者:

田中康資(産業技術総合研究所、エレクトロニクス・製造領域、電子光技術研究部門)  
有沢俊一(物質・材料研究機構、機能性材料研究拠点)  
山森弘毅(産業技術総合研究所、エレクトロニクス・製造領域、デバイス技術研究部門)  
常盤和靖(東京理科大学)