

分数磁束量子操作技術開発のための調査研究 Quantum Fission Project

概要

古典・量子両コンピュータで、低消費電力・高速動作を可能にする超伝導エレクトロニクス。メモリ容量不足（半導体の千万分の1）を解決して、Society 5.0実現に貢献したい。量子分割は、そのカギとなる独自のアイデア。この実証に、かけはし事業で成功した。

We report the experimental formation of a fractional vortex generated by using a thin superconducting bi-layer in the form of a niobium bi-layer. This success will contribute for realization of Society 5.0 as it will supply a new information-bit for the superconducting electronics.

量子の分割に成功：Society 5.0に貢献する新しい超伝導メモリ創成へ

Society 5.0 に貢献する量子分割技術

三次元空間とは異なる「位相差空間」を人工的に作り出し、その位相差空間を使って、微細化の限界を打ち破る独自のアイデア。量子科学の常識を覆し、量子を分割することで、このアイデアを実証した。通常は、量子は1個、2個と数えるもの。しかし、細かくできれば、記憶容量は増大する。超伝導メモリの大容量化で、超伝導コンピューターは、膨大なビッグデータを、高速に、低消費電力で処理するためのプラットフォームへと進化できる。

量子分割素子の発明と分数磁束量子の実現

- 独創による理論を、デバイス、計測、材料科学、理論という異分野の研究者が集結して、具体的なデバイス、実験計画に練り上げ、量子の分割に挑戦。
- 実験計画・デバイス設計には、宇宙論・素粒子論の研究者といった異分野の研究者との議論も生かされている。
- 今まで、分数量子渦はp波三重項超伝導や、d波超伝導という限定的かつPassiveな状況で議論されてきた。今回は「s波超伝導を使った分数磁束量子渦」の初めての実験例である。分数量子は、デバイスにより自由自在に実現できることが分かった。

分数量子のインパクト

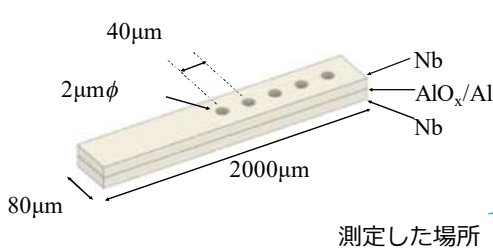
スピンの半整数角運動量量子 ($\hbar/2$) や、分数量子ホール系のエニオンの持つ分数電荷に見られるように、分数量子の出現・実現は、量子科学に必ず革命をもたらし、数々のノーベル賞科学者を輩出してきた。革新を経た量子科学は、現在のすべてのエレクトロニクスの基盤となっている。

量子分割素子

詳細は→



Quantum decomposition device



上の層だけ穴が開いている

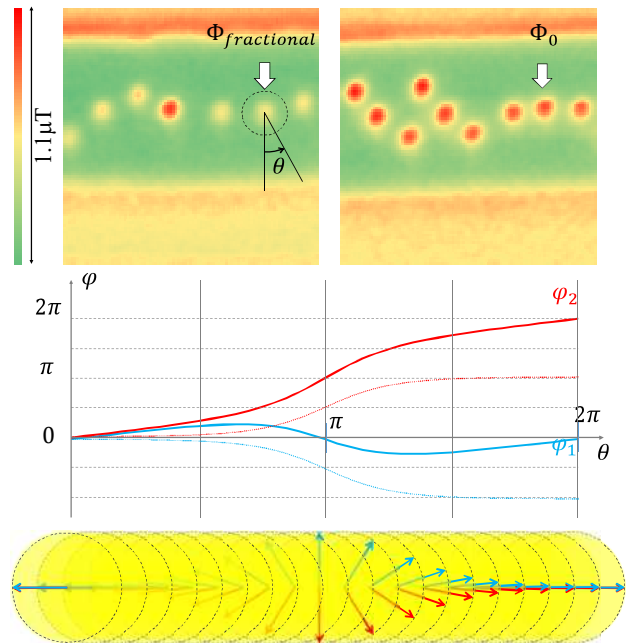
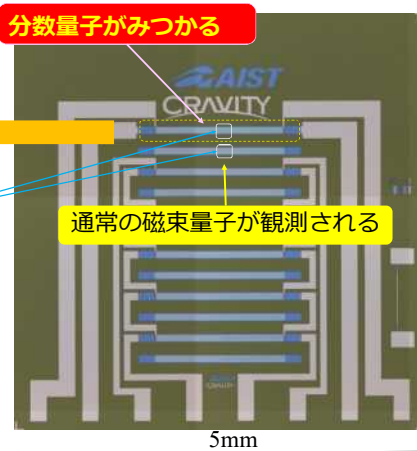
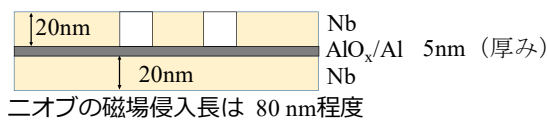


図1. 上段は観測された分数量子渦の磁束像。観測された分数磁束量子 ($\Phi_{fractional}$) は通常の磁束量子 (Φ_0) より明らかに小さい。中段は、図2下層の位相 (ϕ_1) と、上層の位相 (ϕ_2) の位相構造を示す。位相は、磁場による位相回転と位相差ソリトンによる位相回転の和になる。位相差ソリトンのみによる位相回転を中段の点線と下段に示している。

図2. 量子分割素子。左上段は発明した素子の基本構造の見取り図。左下段は断面図。Nbの膜厚 (およそ20nm) は、磁場侵入長 (およそ80nm) より薄く、磁場から見た場合、上層と下層は重なって見える。通常のジョセフソン渦糸とは異なり、磁束量子を膜間に保持できない。また、分数量子渦のピン止めを狙って、上の層 (第2層) にのみ穴が開いている。左図は、作製されたチップの光学顕微鏡像。電極が付いた素子には分数量子渦が発生し、電極が付いていない素子には磁束量子を保持する通常の量子渦が発生している。

謝辞：

本研究に使用されたデバイスは、(独)産業技術総合研究所 (AIST) の超伝導クリーンルーム CRAVITYにおいて作製された。

The devices were fabricated in the clean room for analog-digital superconductivity (CRAVITY) in National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST).

本研究では、東理大の西尾太一郎先生も主要なメンバーとして活躍されている。

