

## 人工磁性超伝導体における非相反応答の開拓

名古屋大学 物質科学国際研究センター 准教授 成田 秀樹

非相反応答の代表例であるダイオード効果は、順方向に電流をよく流す一方で、逆方向にはほとんど流さない現象である。

近年では、時間・空間反転対称性の破れた超伝導体において、[図 1]に示すように超伝導電流が一方向にのみに流れる超伝導ダイオード効果が観測された。特に強磁性体の磁化を利用することで、外部磁場を必要としないものは、ゼロ磁場超伝導ダイオード効果と呼ばれている。

超伝導ダイオード効果を実現するためには、[図 2]に示すように臨界電流( $J_c$ )が正方向(赤色)と負方向(青色)で異なり、非相反臨界電流( $\Delta J_c$ )が有限になる必要がある。これは  $\Delta J_c$  の範囲内の電流に対して、正方向では超伝導であり、負方向では常伝導を示すためである。

本研究は、超伝導体における非相反応答の制御パラメータを解明し、その大きさと新しい磁気制御の確立を目指すものである。これまでゼロ磁場超伝導ダイオード効果は、強磁性と超伝導が共存する系に限られていたが、本研究では人工磁性超伝導体において磁化配置や磁気構造を利用することで実現する。

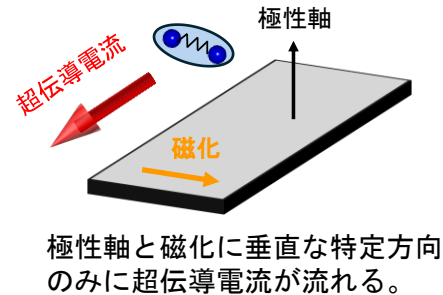
本研究は、超伝導体における非相反応答の開拓にとどまらず、新奇な磁性超伝導体の設計指針の構築に資するものである。

### 【実用化が期待される分野】

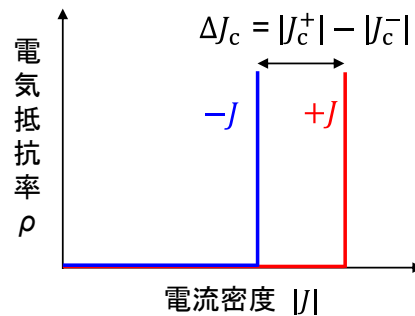
現在の電子デバイスの構成要素の1つである半導体ダイオードとの類似性から、超低消費電力で利用できるダイオードや整流器等様々な応用が期待されている。

さらに、顕著なゼロ磁場超伝導ダイオード効果を示す物質は、従来の超伝導体では実現が困難だと考えられてきたスピン自由度を持つ超伝導状態を示すことが理論研究で指摘されており、超伝導スピントロニクスの中核技術になりうる。

[図1] ゼロ磁場超伝導ダイオード効果

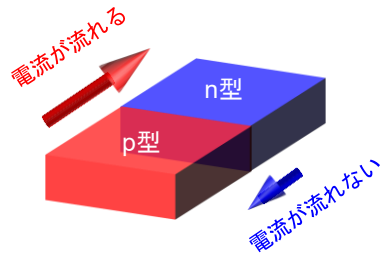


[図2] 超伝導ダイオード効果の概念図



## 研究の現状と将来

### 半導体ダイオード



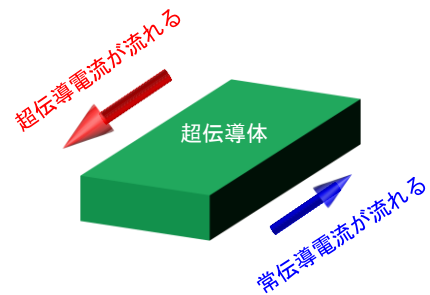
#### [利点]

- 室温で使用可能
- 磁場が不要

#### [課題点]

- 低温でエネルギーロスが大きい
- 接合が必要
- 磁場制御にはp型、n型の磁性半導体が必要

### 超伝導ダイオード



#### [利点]

- 低温でエネルギーロスが少ない
- 接合が不要
- 磁場によるダイオード効果の制御が可能

#### [課題点]

- 現状では室温で使用不可
- 磁性による制御方法の開拓