

第3種郵便物認可

(週刊)

強磁性ジョセフソン接合利用

超伝導整流効果提案

東北大

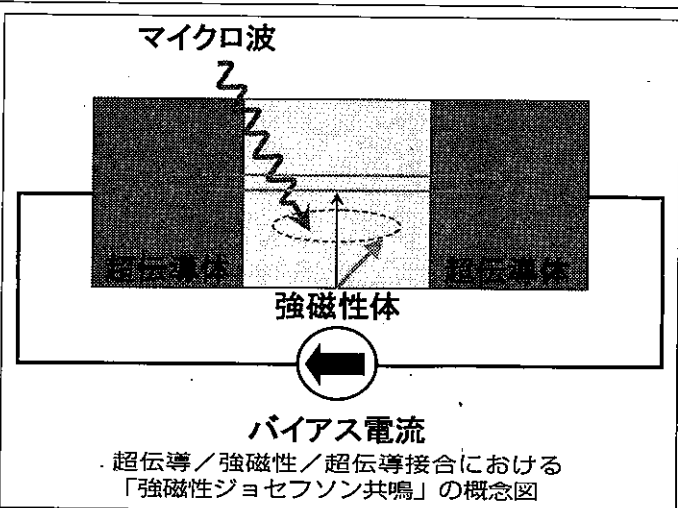
2つの超伝導体で絶縁体を挟んだ構造を持つ素子はジョセフソン接合と呼ばれる、超伝導磁束量子干渉計(SQUID)素子として実用化され、また既存のコンピュータ性能をはるかにしのぐ量子コンピュータの基本素子(量子ビット)としても期待されている。これらの素子の基本原理は、絶縁体を介して超伝導電流が流れる量子力学的効果「ジョセフソン効果」だが、最近、絶縁体を強磁性金属に置き換えた「強磁性ジョセフソン接合」が注目されている。東北大学金属

材料研究所の前川禎通・教授のグループは、絶縁体膜を金属強磁性膜で置き換えた強磁性ジョセフソン素子で、交流超伝導電流を直流に変換する、交流→直流超伝導整流作用が可能であることを理論的に明らかにすることに成功した。

強磁性体には、ある特定の周波数のマイクロ波を照射することにより、磁性体の磁化の担い手(スピン)が集団的な首振り運動(歳差運動)状態に励起されることが知られている(強磁性共鳴)。同グループでは、強磁性体にマイクロ波を照射して強磁性共鳴を引き起こした場合のジョセフソン効果を調べた。

磁化の歳差運動により強磁性体内部には、時間に依存した内部振動磁界が発生し、この内部振動磁界と超伝導体間を流れる交流超伝導電流との相互作用の結果、交流超伝導電流は内部振動磁界の周波数とジョセフソン周波数(2つの超伝導体の間に生じる電位差に比例する周波数)の差の周波数で振動する、一種の「うなり」現象が起こる。このうなりの周波数がゼロになったときに、直流超伝導電流が誘起される。同グループではこの新しい現象を「強磁性ジョセフソン共鳴」と命名した。またこの結果は、強磁性体を用いることによって、超伝導電流を整流することができ、「交流→直流超伝導コンピュータ」(整流作用)の効果を示しているとしている。

前川教授の話「これは強磁性体の作る磁界の振動と交流超伝導電流のうなり現象を利用するものです。超伝導電流のコンパニオンは、従来の電子機器よりも低消費電力での動作や、超伝導電流の増幅など様々な応用が期待されます。強磁性ジョセフソン素子は量子コンピュータの基本素子(キュービット)としても、新たな発展が注目されます。」



この研究成果は日本物理学会発行の英文学術誌「Journal of the Physical Society of Japan (JPSJ)」の5月号に掲載される。