

超伝導ダイオード効果のメカニズム解明と応用展開

京都大学化学研究所材料機能化学研究系 教授 小野 輝男

研究代表者らは、ニオブ(Nb)層、バナジウム(V)層、タンタル(Ta)層から構成される非対称構造を有した人工格子において(図 1(a))、測定電流と垂直に外部磁場を印加すると(図 1(b))、超伝導の臨界電流の大きさが電流方向に依存することを見出した(図 1(c)) (Nature 584, 373 (2020))。図 1(c)の結果は、順方向の臨界電流と逆方向の臨界電流の間の電流値では、順方向では超伝導状態でゼロ抵抗であるが、逆方向では常伝導状態で抵抗が有限となることを示し、超伝導ダイオード効果と呼ぶべき現象が観測されたことを意味する。さらに、この超伝導ダイオード効果は、極性が外部磁場で切り替え可能であるという、従来のダイオードにはない特徴を持つ。

本研究の目的は、研究代表者らが見出した超伝導ダイオード効果のメカニズム解明と応用展開である。図 1で使用した素子では、超伝導ダイオード効果を得るために外部磁場の印加が必要であるが、応用上は無磁場でダイオード効果が得られる方が好ましい。研究代表者らは、既に、強磁性 Co 層を挿入した超伝導ダイオード素子によって無磁場で超伝導ダイオード効果を得ることに成功している(Nature Nanotechnology 17, 823 (2022))。超伝導ダイオード効果の周波数依存性等を研究することで、超伝導ダイオード効果のメカニズムを解明するとともに、超伝導ダイオード効果の特性限界を評価し、整流素子や論理回路などへの応用展開を図る。

【実用化が期待される分野】

超伝導ダイオード効果の整流素子や論理回路への応用展開は、量子コンピュータをはじめとする将来の超伝導回路一般への大きなインパクトが期待される。

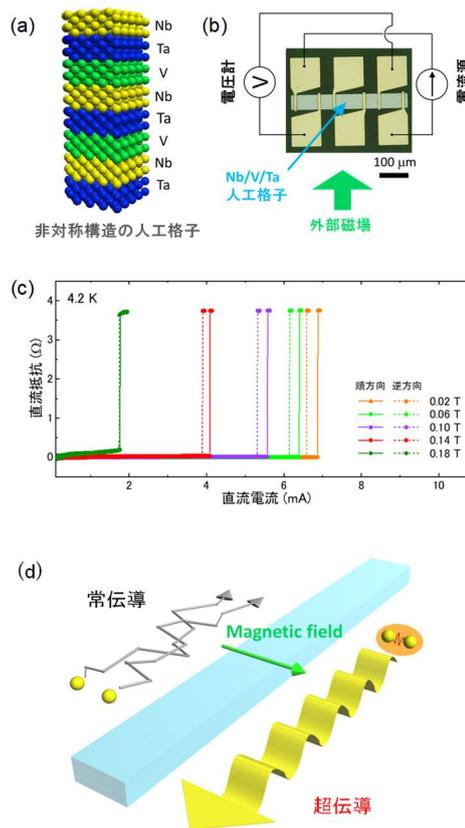


図 1 (a) 非対称構造 Nb/V/Ta 人工格子の概念図 (b) 試料の光学顕微鏡図と 4 端子電気抵抗測定の実験配置 (c) 磁場中での抵抗の測定電流方向依存性 (順方向(実線)、逆方向(点線)) (d) 超伝導ダイオード効果の概念図