

Title	Reentrant Transitions in Superconducting Thin Films under Parallel Magnetic Field
Author(s)	瀬口, 泰弘
Citation	大阪大学, 1992, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/38381
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について 〈/a〉 をご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏 名	瀬 口 泰 弘
博士の専攻分野の名称	博 士 (理 学)
学 位 記 番 号	第 1 0 4 8 0 号
学 位 授 与 年 月 日	平 成 4 年 12 月 15 日
学 位 授 与 の 要 件	学 位 規 則 第 4 条 第 2 項 該 当
学 位 論 文 名	Reentrant Transitions in Superconducting Thin Films under Parallel Magnetic Field (平行磁場中の超伝導薄膜におけるリエントラント転移)
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 朝 山 邦 輔 (副査) 教 授 天 谷 喜 一 教 授 西 田 良 男 助 教 授 三 宅 和 正

論 文 内 容 の 要 旨

本研究において、磁場および温度に関する二種のリエントラント転移が、磁性体を含まない Au/Ge および Al の系でそれぞれ見い出された。これは、平行磁場中におかれた超伝導薄膜で、軌道運動による対破壊因子が極めて小さくなった場合におこる超伝導転移であると考えられる。本論文は、これらの Au/Ge および Al 薄膜超伝導体において観測されたリエントラント転移を伴う特異な超伝導状態に関する研究成果をまとめたものであり、以下の二章により構成されている。

(1) Au/Ge, Au-Ge/Ge 薄膜における磁場増強超伝導

Au 膜あるいは Au-Ge 合金膜と Ge 膜との積層膜を真空蒸着法により作製し、超伝導臨界磁場の温度依存性を測定した。膜厚 1-2nm の Au 超薄膜を一層含むサンドウィッチ膜 (Ge/Au/Ge) は、0.6-0.8K 以下で超伝導を示し、その臨界磁場には非常に大きな異方性が観測された。Ge/Au/Ge および Ge/Au-Ge/Ge 膜の構造、電気抵抗および超伝導特性の測定結果を比較すると、Ge/Au/Ge 膜の超伝導は、Au と Ge の混合層によるものと推測される。二次元超伝導体に対する Ginzburg-Landau (GL) 理論からは、零磁場近傍および零磁場での臨界温度 (T_{c0}) 近傍で、平行臨界磁場 $H_{c//}$ の二乗が温度に比例することが期待され、従来の超伝導体はこの GL 理論によってうまく説明されてきた。しかし、本研究において、Au 膜および Au-Ge 膜の膜厚の減少とともに、 $H_{c//}^2$ が増大し、温度に対して上に凸の関数になることが観測された。さらに、その極限の現象として、平行磁場の印加により、臨界温度 (T_c) が零磁場での臨界温度 (T_{c0}) を超えて増大し、 T_{c0} 以上の温度域で $H_{c//}$ が温度に関して二価になる現象が初めて見い出された。

Kogan-Nakagawa (KN) らは、同じ平行磁場中の超伝導薄膜で、GL 理論に反して、電子の軌道運動により、超伝導状態が磁場によって増強され得ることを示した。しかし、この KN 理論では、実験で観測された平行磁場による T_c の増大を $H_{c//}$ の増大と同時に説明することはできない。本研究では、スピン常磁性とスピン軌道散乱の効果をさらに取り入れて KN 理論を拡張し、厳密な温度依存性は別にして、平行磁場中の T_c の増大を $H_{c//}$ の増大と併せて再現することができた。また、 T_c の増大を引き起こす臨界条件を汚れの関数として議論した。KN 理論の結果と

は対照的に、汚れた超伝導体では、 T_c の増大の生じる臨界膜厚はスピン軌道散乱に強く依存し、汚れた極限では T_c の増大は期待できないことを示した。 T_c の増大する現象を観測するためには高い臨界温度と長いコヒーレンス長および大きいスピン軌道散乱を有する物質を選ぶほど有利であることを指摘した。

(2) Al 薄膜における高エントロピー超伝導

Al 薄膜超伝導体において、平行磁場中の臨界温度が低温度域で磁場に関して二価になり、リエントラント転移を生じることが見い出されている。この実験結果は、正常状態より高いエントロピーを持つ超伝導状態が存在することを示唆する。その出現条件を解明するためにAl-Al₂O₃-Agの構造を持つトンネル素子を作製し、トンネル伝導度の測定を行った。トンネルスペクトルのデコンボリューションによって得られたフェルミ準位での状態密度は、平行磁場のもとでは、正常状態よりも超伝導状態の方が高くなり、高エントロピー超伝導状態が出現することを見いだした。これは、軌道運動による対破壊のエネルギーが小さくなった平行磁場中の超薄膜で、ギャップレス状態の準粒子励起スペクトルに常磁性分裂が生じることに起因することを明らかにした。

論文審査の結果の要旨

本論文は超伝導薄膜、金/ゲルマニウム (Au/Ge) およびアルミニウム (Al) における超伝導-常伝導リエントラント転移についての研究をまとめたものである。

(1) Au/Ge 薄膜

Au と Ge, AuGe と Ge の積層膜をつくり、厚みを変えて組織的に超伝導特性を調べた。Au と Ge はそれぞれ単体では超伝導にならないが混合状態で超伝導を示す。Au, AuGe の膜厚の減少とともに平行臨界磁場 $H_{c\parallel}$ が増大し $H_{c\parallel} \sim T^2$ プロットが直線から上に凸の曲線になることを観測し、その極限として臨界温度 T_c が磁場ゼロのものより増大することを発見した。すなわち温度を固定して磁場を下げると常伝導-超伝導-常伝導のリエントラント転移が観測された。薄膜における T_c に対する軌道運動の効果を取り扱った Kogan-Nakagawa の理論にスピン常磁性とスピン軌道散乱の効果を取り入れて上の現象を定性的に説明することに成功した。

(2) Al 薄膜

Al 薄膜において磁場を固定して温度を下げると常伝導-超伝導-常伝導の転移が現れることは既に観測されている。この薄膜においてこの機構を明らかにするためにトンネル伝導度を測定した。トンネルスペクトルの解析から超伝導状態の状態密度が常伝導のそれより大きく、したがって超伝導状態の方が高エントロピー状態にある事を確認した。この状態密度の増大は、平行磁場下の薄膜でギャップレス状態にある準粒子の励起スペクトルがスピン常磁性分裂をおこす事によるものとして説明した。

以上のように本研究は超伝導薄膜において新しいリエントラント現象を発見し、これに説明を与えたもので、薄膜超伝導研究に重要な寄与をなすものであり、博士(理学)の学位論文として価値あるものと認められる。