

氏 名	井 崎 学
学位(専攻分野)	博 士 (理 学)
学 位 記 番 号	理 博 第 3222 号
学位授与の日付	平 成 20 年 3 月 24 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研究科・専攻	理 学 研 究 科 物 理 学 ・ 宇 宙 物 理 学 専 攻
学 位 論 文 題 目	Ceを含む重い電子系金属間化合物の薄膜作製と超伝導

論文調査委員 (主 査) 教 授 松 田 祐 司 教 授 前 野 悦 輝 准教授 芝 内 孝 禎

論 文 内 容 の 要 旨

希土類元素のCeやアクチノイド元素Uを含む金属間化合物は、高温で局在していたf電子が伝導電子と近藤効果により混成し、低温で狭いf電子のバンドが形成される。このような系では伝導電子の有効質量が自由電子の千倍近く重くなり結晶中を遍歴するため重い電子化合物とよばれる。重い電子系化合物はしばしば超伝導転移を示し、強い電子相関効果のために超伝導電子対が有限の角運動量を持ち、従来型の超伝導とは異なるといわれる異方的な超伝導状態が実現される。またこれらの化合物は磁気量子臨界点近傍にある物質群が多く磁性と超伝導の共存と競合が起こる。このような重い電子系化合物の研究は固体物理学、特に強相関電子系の中心的な課題の一つである。これまでの重い電子系化合物の研究のほとんどはバルクの単結晶を用いて行われてきた。f電子化合物の単結晶薄膜作製によって「次元性の制御」、「結晶方位制御」及び「微細加工」等を行うことができるようになる。これによりトンネル接合やジョセフソン接合の作成が可能になり超伝導状態の解明、f電子のデバイス化が可能となり重い電子系化合物の理解が格段に進むことが期待できる。また、重い電子系薄膜が作製できれば磁性を人工的に制御しスピントロニクス材料としても新しい研究領域を開拓することが可能になる。

このような背景のもと、本研究では分子線ビームエピタキシー薄膜作製装置の開発を行いCe系重い電子系化合物、CeCoIn₅、CeIn₃薄膜作製を行った。CeCoIn₅は最近発見された2次元的な電子構造を持つ重い電子系超伝導体であり、量子臨界点近傍で超伝導が起こるため様々な興味ある電子特性が報告されている。さらにCeIn₃は常圧では反強磁性体であり圧力中で超伝導を示す。本研究ではまずCeCoIn₅の膜を作製した。膜の構造特性をX線回折により調べた結果、我々の作製した薄膜はc軸配向膜であることを確認した。さらに電気抵抗の測定によりシャープな超伝導転移を観測し、バルクのCeCoIn₅とほとんど同じ超伝導転移を持つことを確認した。さらに超伝導磁石中での電気抵抗を測定し超伝導上部臨界磁場を測定した結果、バルクとほぼ同じ値の臨界磁場と異方性を持つことがわかった。また超伝導転移温度以上の電気抵抗の温度依存性もバルクのものとはほぼ同じであった。さらに本研究では反強磁性に転移する重い電子系化合物CeIn₃について分子線エピタキシー法により薄膜成長を行った。結晶成長は高速電子線回折(RHEED)によりその場観察を行った結果、鮮明なストリーク状のRHEED回折パターン像の観測に成功した。このことは原子層単位で平坦な結晶成長が起こっていることを示している。この膜の単結晶製は、X線回折により確認し表面の平坦性は原子間力顕微鏡により確認した。さらに電気抵抗を測定した結果、電気抵抗の温度依存性はほぼバルクのものと同じであり、また反強磁性転移温度もほぼバルクのものと同じであった。

論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

f電子を含む重い電子系化合物の研究は固体物理学、特に強相関電子系の中心的な課題の一つである。これまでの重い電子系化合物の研究のほとんどはバルクの単結晶を用いて行われてきた。井崎氏は超高真空中での希土類元素の金属間化合物の結晶成長を、様々な結晶成長速度と基板温度の条件、そして基板の種類を変えて粘り強く行い、超伝導薄膜とエピタキシ

ャル成長薄膜の作製に成功した。本研究で行われたバルクの単結晶と遜色のない超伝導特性を持つ配向膜の作製や、Ce系単結晶薄膜のエピタキシャル成長はこれまでに例がなく先駆的な研究である。

本研究によるf電子化合物の単結晶薄膜作製によって「次元性の制御」、「結晶方位制御」及び「微細加工」等を行うことができるようになる。これにより重い電子系化合物のトンネル接合やジョセフソン接合の作成が可能になり、超伝導状態の解明、f電子のデバイス化により重い電子系化合物の理解が格段に進むことが期待できる。また、磁性を人工的に制御スピントロニクス材料としても新しい研究領域を開拓する可能性も示したと言える。

以上本研究は重い電子系化合物の新しい研究分野を開拓した点で高く評価できる。よって、本論文は博士（理学）の学位論文として価値あるものと認める。また、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。