

Title	High-Quality Single Crystal Growth and de Haas-van Alphen Effect of URu ₂ Si ₂
Author(s)	大國, 仁
Citation	大阪大学, 2003, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/44099
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	大 國 仁
博士の専攻分野の名称	博 士 (理 学)
学 位 記 番 号	第 1 7 5 0 5 号
学 位 授 与 年 月 日	平成 15 年 3 月 25 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 4 条第 1 項該当 理学研究科物理学専攻
学 位 論 文 名	High-Quality Single Crystal Growth and de Haas-van Alphen Effect of URu_2Si_2 (URu_2Si_2 の純良単結晶育成とドハース・ファンアルフェン効果)
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 大 貫 惇 睦 (副査) 教 授 竹 田 精 治 教 授 大 山 忠 司 教 授 野 末 泰 夫 助 教 授 杉 山 清 寛

論 文 内 容 の 要 旨

ウラン・セリウム化合物は比較的局在性の強い f 電子と伝導電子が低温で織り成す強相関電子系であり、磁気・電荷・四極子秩序、重い電子系、小さな磁気モーメント、近藤絶縁体及び異方的超伝導など興味ある物性を示す。

本研究では超伝導体 URu_2Si_2 の純良な単結晶を育成して、磁気抵抗とドハース・ファンアルフェン (dHvA) 効果の測定を行い、 URu_2Si_2 のフェルミ面の性質と超伝導混合状態での dHvA 振動を明らかにした。

まず 10^{-10} torr の超高真空中でエレクトロ・トランスポート法でウラン原材料の純良化を行った。例えば約 40 ppm の Fe 不純物を 2 ppm 以下にするなど、高純度のウランを準備した。このウランを原料として、テトラアーク溶解炉を用いて直系 3 mm~4 mm、長さ 80 mm の単結晶インゴットを育成した。このインゴットを再びエレクトロトランスポート法でアニールを行い、残留抵抗比が 255 の世界最高の良質な単結晶を育成することに成功した。

この試料を用いて 40 mK、17 T の低温・強磁場下で横磁気抵抗を測定した。全ての方向で磁気抵抗は磁場の増大に伴い増大し、飽和の傾向は見えなかった。したがって、 URu_2Si_2 は電子と正孔のフェルミ面の体積が等しい金属であり、フェルミ面は全て閉じていて、オープン軌道を持つような多重連結のフェルミ面はないと結論した。また磁気抵抗から超伝導の上部臨界磁場 H_{c2} の温度依存性及び角度依存性も明らかにした。

次にフェルミ面の形状やサイクロトロン有効質量及び散乱の緩和時間を決定するドハース・ファンアルフェン (dHvA) 効果の実験を磁気抵抗と同じ実験条件で行った。その結果球状 1 つと楕円形 2 つの 3 個のフェルミ面を検出した。3 個のフェルミ面の中で一番大きいブランチ (α と呼ぶ) のフェルミ面は、約 $10 m_0$ (m_0 : 電子の静止質量) の比較的重いサイクロトロン有効質量を持つ。

このブランチ α は超伝導混合状態でも検出された。ただし、dHvA 振幅は著しく減衰した。混合状態での dHvA 振幅はクーバー対が磁場で壊れた準粒子によるものであり、dHvA 振動振幅の減衰は、超伝導の空間に渦糸が侵入したノーマル相と超伝導相とが相互に入り込んだアブリコソフ構造をしていて、その相境界で準粒子のサイクロトロン運動が散乱されるためと思われる。真木理論との比較も行った。

論文審査の結果の要旨

ウラン化合物は比較的局在性の強い f 電子と伝導電子との混成により、低温で重い電子系や異方的超伝導など興味ある物性が出現する。本研究では重い電子系の超伝導体 URu₂Si₂ の純良な単結晶を育成して、電気抵抗、磁気抵抗、ドハース・ファンアルフェン (dHvA) 効果などの測定を行い、フェルミ面の特徴と超伝導混合状態での準粒子の性質を明らかにした。特筆すべきことは、残留抵抗比 ρ_{RT}/ρ_0 (ρ_{RT} と ρ_0 はそれぞれ室温と 0 K での抵抗値) が 255 の、これまでに報告のない良質な単結晶を育成したことである。これには、原材料のウランと URu₂Si₂ の単結晶に対して、超高真空中でアニールするエレクトロ・トランスポート方が用いられたことによる。URu₂Si₂ は電子と正孔の数が等しく、フェルミ面はすべて閉じたフェルミ面であり、サイクロトロン質量は 10~25 m_0 と重い。また、超伝導混合状態でサイクロトロン質量は軽くなり、準粒子の散乱は大きくなることが明らかにされた。

以上博士 (理学) の学位論文として十分価値があるものと認める。