

琉球大学学術リポジトリ

(セリウム希土類)・ルテニウム立方晶ラ-ベス相金属 間化合物の高圧下の超伝導状態

メタデータ	言語: 出版者: 矢ヶ崎克馬 公開日: 2009-03-30 キーワード (Ja): 超伝導, 圧力効果, 結晶変態, セリウム化合物, 立方ラ-ベス相, トンネル電子分光, 熱電能 キーワード (En): superconductivity, pressure effect, crystallographic phase transition, Cerium compounds, cubic Laves phase, tunnel electron spectroscopy, thermopower 作成者: 矢ヶ崎, 克馬, 二木, 治雄, 仲間, 隆男 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/20.500.12000/9448

(別紙様式12)

(セリウム, 希土類)・ルテニウム

立方晶ラーベス相金属間化合物の高圧下の超伝導状態

(09640441)

平成9年度～平成10年度科学研究費補助金 (基盤研究(C)(2))
研究成果報告書

平成11年2月

研究代表者 矢ヶ崎克馬

[琉球大学・理学部・教授]

はじめに

CeRu₂の超伝導状態が磁場中で特異な振る舞いをする事が、当研究代表者らによって発見されて以来、多くの研究を見るに至っている。当研究代表者は転移点の圧力効果を行い、0.5 ギガパスカルまでは圧力と共に減少するが、それ以上では圧力と共に増加する事を発見した。これは再び CeRu₂の超伝導相の複雑さ、興味深さを提起するものであり、この現象の状態密度や格子との相互作用の関連についての知見を得るために科研費の申請を行ったところ、

(セリウム、希土類)・ルテニウム立方晶ラーベス相金属間化合物の高圧下の超伝導状態

という研究課題で

平成9年度～平成10年度科学研究費補助金(基盤研究(C)(2))

を獲得したので、その成果を報告する。

研究組織

研究代表者 矢ヶ崎克馬 _____ 琉球大学・理学部・教授

交付分担者 二木 治雄 _____ 琉球大学・理学部・教授

交付分担者 仲間 隆男 _____ 琉球大学・理学部・講師

研究経費

平成 9年度	2, 100千円
平成10年度	1, 000千円
計	3, 100千円

研究発表

1. 学術論文

(1) . Electron tunneling into superconducting CeRu₂.

T. Ekino, H. Fujii, T. Nakama and K. Yagasaki: Phys. Rev. **B 56**, Oct 1 (1997) 7851-7854.

(2) . Pressure effect on Curie temperature of Ce_{1-x}La_xRu₂.

T. Nakama, Y. Uwatoko, T. Kohama, A. T. Burkov, H. Yoshida, S. Abe, T. Kaneko, N. Mori and K. Yagasaki: J. Magn. Magn. Mater., 177-181, (1998) 425-426.

(3) Pressure effect on CeRu₂.

T. Nakama, Y. Uwatoko, T. Kohama, A. T. Burkov, N. Mori, H. Yoshida, S. Abe, T. Kaneko and K. Yagasaki: Rev. High Pressure Sci. Technol., **7**, (1998) 632-634.

(参考 : 関連する過去4年間の著作)

(1) Reentrant Superconductivity of CeRu₂.

K. Yagasaki, M. Hedo and T. Nakama: J. Phys. Soc. Jpn. **62** (1993) 3825-3828.

(2). Field Induced Superconductivity of CeRu₂.

K.Yagasaki, M.Hedo, T. Nakama, E. Sakai and H. Niki: Physica B **194-196** (1994) 2089-2090..

(3). Thermal and elastic properties of superconducting CeRu₂.

H. Goshima, T. Suzuki, T. Fujita, M. Hedo, T. Nakama and K. Yagasaki: Physica B **206&207** (1995) 193.

(4). Evidence of Multiple Superconducting Phases in CeRu₂.

T. Nakama, M. Hedo, T. maekawa, M. Higa, R. Resel, H. Sugawara, R. Settai, Y. Onuki and K.Yagasaki: J. Phys. Soc. Jpn. **64** (1995) 1471-1475.

(5). Tunneling measurements of the superconducting gap in CeRu₂.

T. Ekino, H. Fujii, T. Nakama and K. Yagasaki: Czech. J. Phys. **46** (1996) 783-784

2. 口頭発表

(1) 日本物理学会 1997 年秋の分科会(1997.10)

- ・「CeRu₂の圧力誘起相転移」：小濱俊郎、仲間隆男、上床美也、毛利信夫、矢ヶ崎克馬

(2) 日本物理学会 1997 年秋の分科会(1997.10)

- ・「CeRu₂のトンネル分光 II(エネルギーギャップの磁場効果)」：浴野稔一、梅田秀信、藤井博信、仲間隆男、矢ヶ崎克馬

(3) 日本物理学会 1997 年秋の分科会(1997.10)

- ・「高圧下における R-Ru₂の磁性と伝導性」：星野克政、竹下直、小川信二、毛利信夫、上床美也、仲間隆男、矢ヶ崎克馬

(4) 日本物理学会第 53 回年回(1998.4)

- ・「RRu₂の物性」：小濱俊郎、島袋亮二、新谷和雅、大吉隆文、A. T. Burkov、仲間隆男、矢ヶ崎克馬

(参考：関連する過去4年間の発表)

1. 日本物理学会 1993 年秋の分科会(1993. 10)

- ・「CeRu₂の磁場誘起超伝導相」：矢ヶ崎克馬、仲間隆男、辺土正人

2. 日本物理学会 1994 年第 49 回年会(1994. 3)

- ・「CeRu₂の磁場誘起超伝導相 II」：矢ヶ崎克馬、仲間隆男、辺土正人

3. 日本物理学会 1994 年第 49 回年会(1994. 3)

- ・「CeRu₂の超伝導状態の熱的・弾性的性質」：五嶋宏史、鈴木孝至、藤田敏三、仲間隆男、辺土正人、矢ヶ崎克馬

4. 科研費重点領域研究「強相関伝導系の物理」研究会，東京工業大学 (1995. 1)

- ・「CeRu₂の磁場中の伝導現象」：仲間隆男、辺土正人、前川恒久、比嘉美幸、R. Resel、矢ヶ崎克馬

- 5 科研費重点領域研究「強相関伝導系の物理」研究会, 東京工業大学
(1995. 1)
- ・「 CeRu_2 の物性」: 辺土正人, 仲間隆男, R. Resel, 前川恒久, 比嘉美幸
矢ヶ崎克馬
6. 日本物理学会 1995 年秋の分科会(1995. 9)
- ・「熱電能測定装置の磁場較正」: 比嘉美幸, 前川恒久, 仲間隆男,
矢ヶ崎克馬
7. 日本物理学会 1995 年秋の分科会(1995. 9)
- ・「 RRu_2 (R: 希土類)の物性」: 仲間隆男, 前川恒久, 比嘉美幸,
矢ヶ崎克馬,
8. 日本物理学会 1995 年秋の分科会(1995. 9)
- ・「 CeRu_2 の特異な混合状態における磁歪」: 五嶋宏史, 鈴木孝至,
藤田敏三, 辺土正人, 仲間隆男, 矢ヶ崎克馬
9. 科研費重点領域研究「強相関伝導系の物理」研究会, コープイン渋谷
(1996. 1)
- ・「 CeRu_2 の磁気状態と超伝導状態」: 仲間隆男, 前川恒久, 比嘉美幸,
矢ヶ崎克馬
10. 日本物理学会 第 51 回年会(1996. 3)
- ・「 CeRu_2 の超伝導転移温度・臨界磁場に及ぼす圧力効果」: 加賀山朋子,
北古賀律子, 櫻井康弘, 巨海玄道, 仲間隆男, 矢ヶ崎克馬
11. 日本物理学会 1996 年秋の分科会(1996.9)
- ・「 $\text{Ce}_{1-x}\text{La}_x\text{Ru}_2$ の圧力効果」: 仲間隆男, 小濱俊郎, 矢ヶ崎克馬,
上床美也, 毛利信夫
12. 日本物理学会 1996 年秋の分科会(1996.9)
- ・「希土類金属化合物の熱電能」: 仲間隆男, 小濱俊郎, 上床美也,
矢ヶ崎克馬
13. 日本物理学会 1996 年秋の分科会(1996.9)
- ・「 CeRu_2 のトンネル分光」: 浴野稔一, 梅田秀信, 藤井博信, 仲間隆男,
矢ヶ崎克馬

研究の経緯・成果

研究の目的

この研究を始めるにあたって、以下の3点を具体的な目的とした。

- (A) 高圧・強磁場下における超伝導特性を測定し、圧力-磁場相図を明らかにする。
- (B) 結晶格子との相互作用を解明するために、高圧下で X 線と常伝導状態の電子状態を解明する諸測定を行う。
- (C) 磁場中超伝導状態を解明するために、トンネル分光と中性子回折を行う。

研究実施計画

[超伝導の圧力-磁場相図の完成]

すでに高圧中で超伝導転移点の圧力依存が 0.5 ギガパスカルを境として負から正に突然変化することを確認しているが、特に帯磁率と電気抵抗の方法で相図を完成する。

- (1) CeRu₂ の良質の多結晶試料および単結晶試料を作成する。
- (2) 高圧・磁場中での電気抵抗, x 線散乱を, 超伝導温度および常伝導温度で測定する。測定は東大物性研で行い, 埼玉大学上床研究室の協力を得る。
- (3) 強磁場中でのトンネル分光の測定を超伝導温度および常伝導温度で行う。測定は広島大学で行い, 藤井研の協力を得る。
- (4) (Ce, R) Ru₂ : R=希土類, の高圧下の電気抵抗は琉球大学で行い, 東北大学の山口研究室の協力を得る。
- (5) 強磁場, 高圧中の熱電能を測定し, 電子状態についての知見を得る。測定は琉球大学にて行う。

2年間の研究の経過

1. 試料として $Ce_{1-x}La_xRu_2$ を対象とした。
2. 高压下の電気抵抗の測定によって超伝導転移点と電子相関の大きさを評価した。試料として $x=0, 0.03, 0.2, 1$ の4個に対して、8Gpa までの圧力を加えて実験を行った。
3. $CeRu_2$ のX線測定を8Gpa までの圧力下で行った。
4. $x=0, 0.05, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.8, 1$ の9個の試料について15T までの磁場中で熱電能の測定を行い、フェルミ面の状態について知見を得た。
5. $CeRu_2$ トンネル電子分光を行った。

研究の主な成果

(1) $Ce_{1-x}La_xRu_2$ の常圧下の成分依存について

1. 超伝導転移点の成分依存は Shelton らによって得られた結果とほぼ同じ成分依存を得た。
2. 低温の電気抵抗の温度依存は、温度の2乗に比例し、その係数から状態密度が評価できた。状態密度の成分依存は超伝導転移点とほぼ同様な傾向が得られた。
3. Yanase 等および Hasegawa 等によるバンド計算の結果から、リジットバンドモデルに立つならば、成分の中間で状態密度が最低となり、上記1, 2, の結果を説明することができる。

(2) 圧力効果

1. $CeRu_2$ では5Gpa 付近で圧力誘起相転移を生じる。(論文(1))
X線の結果は明瞭な構造相転移であることが判明。結晶構造は未解明。
圧縮率は相転移後もほとんど変化しない。(図1, 2: 未発表)
2. $CeRu_2$ 低圧側で、0.5Gpa 近辺で超伝導転移点が圧力と共に減少から増加へ変化する。 $Ce_{0.97}La_{0.03}Ru_2$ でも同様に圧力と共に減少する領域が存在する。(論文(2))

3. LaRu_2 では超伝導転移点も状態密度も共に、8Gpa までの圧力範囲で圧力と共に減少する。

4. $\text{Ce}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Ru}_2$ では超伝導転移点は圧力と共に増加し、状態密度は大変小さい。(図3:未発表)

(3) 熱電能

1. バンド構造は $x=0.5$ を境界として突然 CeRu_2 型から LaRu_2 型へ変化している。

2. 状態密度は電気抵抗から得られた結果と同様である。(図4:未発表)

(4) トンネル電子分光

1. CeRu_2 の超伝導構造は強結合のBCSタイプである。(論文(1))

今後の課題

1. 個別の測定報告が未発表でいくつか残されている(熱電能、高圧下のX線、電気抵抗の圧力効果)。総合的検討がいくつかのデータを待っている状態でなされていない。
2. 引き続きいくつかのサンプルで8Gpa までの圧力効果を確認してみる必要がある。
3. 上記の諸整理をやり遂げると共に総括的論文を1年以内出版したい。

参考資料

本科研費による研究期間に、この科研費の目的の一部を研究テーマとして修士学生を研究指導してきた。その学生による研究成果が「修士論文」としてまとめられつつある。検討の記述も不十分で指導不行き届きの点は現段階で各所に認められるが、この化合物の物性について言及しているので参考資料として報告する。