

カルコゲナイドスピネル超伝導体 CuRh_2S_4 及び CuRh_2Se_4 の強磁場下電気伝導

Transport Properties of Chalcogenide-Spinel Superconductor CuRh_2S_4 and CuRh_2Se_4

鹿児島大・理
東北大金研

伊藤 昌和
岡田宏成、小山圭一

M. Ito¹, N. Okada², K. Koyama²

¹ Department of Physics, Kagoshima University

² Institute for Materials Research, Tohoku University

1. はじめに

AB_2X_4 (A :3d 原子、 B :d 電子原子、 X : S, Se, Te) で表されるカルコゲナイドスピネル化合物は、磁氣的、電気伝導的特性において多彩な物性を示すことから、古くから注目を集めている系である。この系の磁性および電気伝導は主として B サイトイオンの電子状態と深く関わっている。従って強磁場をカルコゲナイドスピネルに印可し、 B サイトイオンの電子状態に影響を与えると、その電気伝導及び磁氣的特性が大きく変化することが予想される。実際、古くは磁性半導体 CdCr_2Se_4 においてキュリー温度 (130 K) 付近で[1]、また最近では、低温でスピングラスを示す CuCrZrS_4 において広い温度範囲で大きな負の磁気抵抗が報告されている[2]。

CuRh_2S_4 と CuRh_2Se_4 はそれぞれ温度 $T=4.7$ K、3.4 K で超伝導転移を起こす。 B サイトを占める Rh は化合物中で Rh^{3+} と Rh^{4+} が半々存在する、いわゆる原子価混合状態にあると考えられている。 Rh^{4+} のスピン量子数は $S=1/2$ であり、磁性を持つことから、これら物質の強磁場が電気伝導機構に与える影響に興味を持たれる。本研究では CuRh_2S_4 と CuRh_2Se_4 における電気伝導と磁性の関係を調べるため、強磁場下電気抵抗率測定を行った。

2. 実験

実験に用いた CuRh_2S_4 および CuRh_2Se_4 多結晶試料は固相反応法により、作成した。化学量論比で秤量した単体元素を石英管で真空封入し、850°C で 10 日間一次焼結した。これを取りだし、ペレット成形したものを再び石英管に入れ真空封入し、850°C で 3 日間二次焼結を行った。これらの作業は試料を出来るだけ酸化させないため、Ar ガスで満たしたグローブボックス内で行った。高磁場下電気抵抗率測定は東北大学金属材料研究所付属強磁場超伝導材料センターの超伝導マグネット 18T-SM を用い、磁場範囲 $0 < B < 18$ T で、直流 4 端子法により測定を行った。

3. 実験結果

Fig. 1 にゼロ磁場 ($B = 0$ T) における CuRh_2S_4 と CuRh_2Se_4 の電気抵抗率 (ρ) の温度 (T) 依存性を示す。全測定温度域で金属的 ($\partial\rho/\partial T > 0$) で、 CuRh_2S_4 は $T=4.2$ K で CuRh_2Se_4 は $T=3.4$ K で超伝導転移を

起こしている。

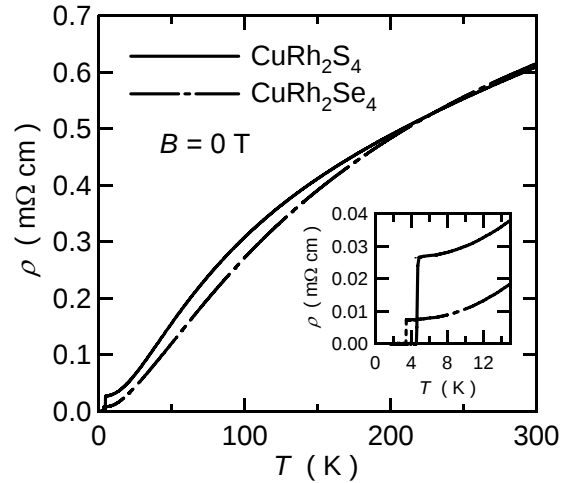


Fig. 1 Temperature dependence of electric resistivity for CuRh_2S_4 and CuRh_2Se_4 .

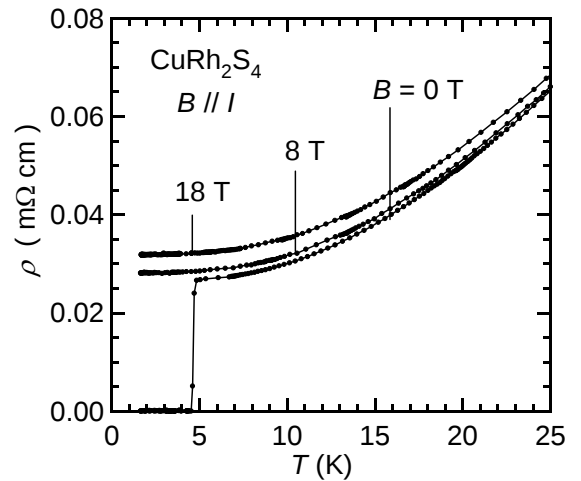


Fig. 2 Temperature dependence of electric resistivity for CuRh_2S_4 under the magnetic field up to 18 T. Magnetic field is along to the current.

Fig. 2 及び Fig. 3 に磁場範囲 $0 < B < 18$ T における CuRh_2S_4 と CuRh_2Se_4 の縦磁気 ($B \parallel$ 電流 I) 電気抵抗率の温度依存性をそれぞれ示す。 $T=1.5$ K において超伝導転移は CuRh_2S_4 で磁場 $B_{C2} = 3.8$ T、 CuRh_2Se_4 では $B_{C2} = 0.7$ T で消失した。低温領域での常伝導状

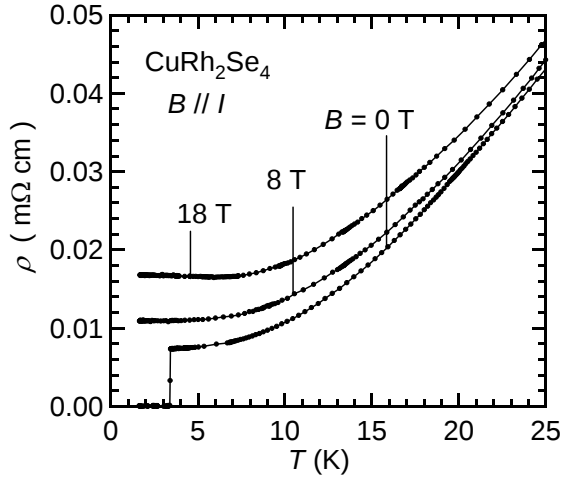


Fig. 3 Temperature dependence of electric resistivity for CuRh_2Se_4 under the magnetic field up to 18 T. Magnetic field is along to the current.

態の電気抵抗率に注目すると、全測定磁場範囲、温度範囲で金属的であるが、両者とも磁場の増加とともに電気抵抗率が增大する、正の磁気抵抗を示していることがわかる。この振る舞いは前述した CdCr_2Se_4 や CuCrZrS_4 のそれとは明らかに異なっており、スピネル化合物における電気抵抗の磁場依存性は個々の物質によって様々であることがうかがえる。 $T = 5$ K で 18 T までの増加率は CuRh_2S_4 に対しては 120%程度、 CuRh_2Se_4 では 200%程度であり、 CuRh_2S_4 と比べ CuRh_2Se_4 の磁場依存性が大きい。

CuRh_2S_4 と CuRh_2Se_4 の横磁気 ($B \perp I$) 電気抵抗率の温度依存性を Fig. 4 及び Fig. 5 に示す。横磁場抵抗率と同様に、正の磁気抵抗を示しているが、縦磁場抵抗率と比較して、増大率は大きい。例えば、 $T = 5$ K において 18 T までで CuRh_2S_4 では 137%、 CuRh_2Se_4 にいたっては 470%に達している。また高磁場における CuRh_2Se_4 の $\rho(T)$ では upturn がみられ、低温域では半導体的 ($\partial\rho/\partial T < 0$) 振る舞いをして

4. まとめ

カルコゲナイドスピネル超伝導 CuRh_2S_4 および CuRh_2Se_4 の電気伝導機構に与える磁場効果を調べるため、強磁場下電気抵抗率測定を行った。低温領域の縦磁気抵抗率および横磁気抵抗率において、共に比較的大きな正の磁気抵抗を示すことを見いだした。この原因として、縦磁気抵抗率については、磁場誘起による磁気散乱の効果が、一方、横磁気抵抗率では磁気散乱の効果に加え、キャリアの軌道に対するローレンツ力による影響が主に関わっていると考えられる。

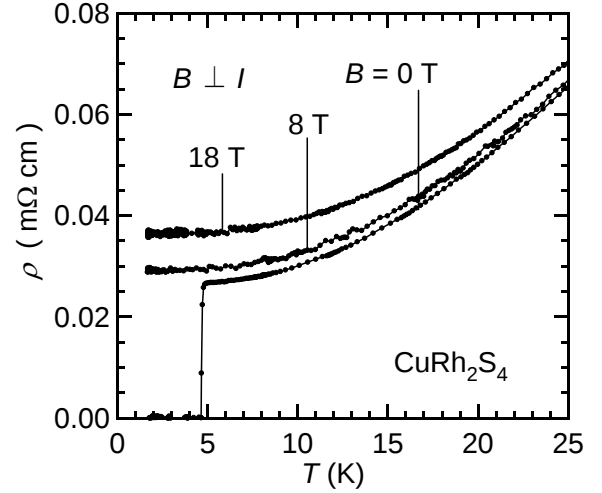


Fig. 4 Temperature dependence of electric resistivity for CuRh_2S_4 under the magnetic field up to 18 T. Magnetic field is perpendicular to the current.

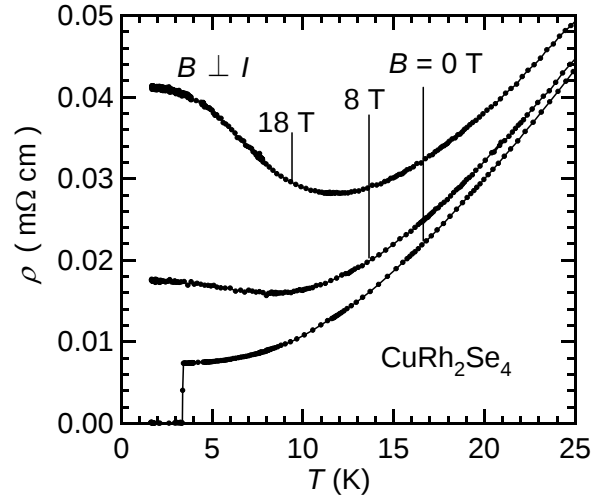


Fig. 5 Temperature dependence of electric resistivity for CuRh_2Se_4 under the magnetic field up to 18 T. Magnetic field is perpendicular to the current.

参考文献

- [1] C. Haas, A. M. J. G. van Run, P. F. Bongers and W. Albers, Solid State Commun. 5, 657 (1967)
- [2] T. Furubayashi, H. Suzuki, N. Kobayashi and S. Nagata, Solid State Commun. 131, 505 (2004).
- [3] T. Hagino, Y. Seki, N. Wada, S. Tsuji, T. Shirane, K. Kumagai, S. Nagata, Phys. Rev. B 51, 12673 (1995).