

# RuSr<sub>2</sub>GdCu<sub>2</sub>O<sub>8</sub>の超伝導性と強磁性

## 電子材料学講座 池部研究室 高橋 拓也

### <序論>

高温酸化物超伝導体は、非常に複雑な結晶構造を持つが、共通の特徴として、2次元的なCuO<sub>2</sub>面を持つことが上げられる。最近、RuSr<sub>2</sub>GdCu<sub>2</sub>O<sub>8</sub>(Ru-1212)が超伝導性( $T_{C(\text{onset})}=46\text{K}$ )と強磁性( $T_M=132\text{K}$ )が共存する系として注目されている。超伝導性の起源はCuO<sub>2</sub>面であり強磁性の起源はRuO<sub>2</sub>面であると考えられているが、酸化物超伝導体の超伝導発現機構を考える上でも興味深い物質である。本研究は、Ru-1212結晶を固相反応法で作製し、本焼きでの焼結温度を変えることにより、電気抵抗率、熱伝導率、熱拡散率、磁化が互いにどのように変化するかを検討した。

### <試料作製>

CuO、RuO<sub>2</sub>、Gd<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、SrCO<sub>3</sub>の原料粉をそれぞれの組成比で、約1時間混合した。この粉末を950°Cで24時間、空气中で焼結し、粉碎、混合した後にペレット状にし、これを1010°Cで30時間、窒素中で焼結した。これを仮焼とした。次に、仮焼したペレットを粉碎、混合し、再度ペレット状にし、1070°C~1200°Cで30時間、酸素中で焼結し、これを本焼とした。

### <実験及び考察>

#### 1.電気抵抗率 $\rho$ (T)の測定

測定は、10KGM冷凍機を用い直流四端子法で行った。Fig.1にそれぞれの焼結温度(1070°C、1090°C、1120°C、1150°C)における電気抵抗率と温度の関係を示す。またXRD(X線回折装置)による測定よりRu-1212の単相を確認することができ、焼結温度1200°Cでは他の試料よりも多くの不純物が見られた。焼結温度1150°Cまでは充填率が55%前後となり低い密度となったが、焼結温度1180°Cでは87%、焼結温度1200°Cでは94.5%の高い充填率となった。1180°Cまでの焼結温度で超伝導転移温度 $T_{C(\text{onset})}$ を示し、 $T_M$ で $\rho$ (T)は微妙に変化した。焼結温度1150°Cまでは $T_{C(\text{onset})}$ 以上の温度で金属的振る舞いを示した。ゼロ抵抗は焼結温度1090°C、1120°C、1150°Cで見られたが、焼結温度による $T_{C(\text{end})}$ への依存性は見られなかった。焼結温度1180°C、1200°Cでは金属的振る舞いを示さなかった。さらに焼結温度1200°Cでは半熔融状態で高抵抗となった。

#### 2.磁化の測定

測定は、SQUID (Superconducting Quantum Interference Device : 超伝導量子干渉計) 磁束測定装置を用いて印加磁場100Gで測定を行った。Fig.2に磁化と温度の関係を示す。1180°Cまでの焼結温度で140K付近で強磁性となった。 $T_{C(\text{onset})}$ 、 $T_{C(\text{end})}$ で磁場に特別な異常は見られなかった。また磁化の焼結温度依存性は見られなかった。

### 3. 熱伝導率 $\kappa$ 、熱拡散率の測定

熱伝導率の測定は定常熱流法で、熱拡散率の測定は任意加熱法で行った。Fig.3に焼結温度1150°C、1180°Cでの熱伝導率を、Fig.4に同じく焼結温度1150°C、1180°Cでの熱拡散率を示す。熱伝導率は単調減少となった。熱拡散率は50K以下で急激に増加した。 $T_{C(onset)}$ 、 $T_{C(end)}$ で特別な異常異常は見られなかった。 $T_M$ 近傍で熱拡散率に異常は見られなかったが、 $\kappa$ にわずかながら異常が見られた。

#### <まとめ>

焼結温度の上昇とともに常伝導状態での  $\rho(T)$  の低下と超伝導性の改善が見られ、焼結温度1150°Cにおいて最高の  $T_{C(onset)} = 42K$ 、 $T_{C(end)} = 14.5K$  の試料を作製した。焼結温度1180°Cでは、磁化の温度依存性に変化はないが、電気抵抗率が上昇し超伝導性が消失した。また焼結温度1200°Cでも超伝導性を示さなかった。このように超伝導相は非常に狭い条件でしか実現できないことが分かった。また超伝導性を示す試料の充填率は約55%となり低い密度となった。 $T_M$ 近傍で  $\kappa$  にわずかながら異常が見られたが、この変化はMn酸化物  $La_{1-x}Sr_xMnO_3$  の強磁性転移温度近傍での  $\kappa$  の極小と類似しており、 $T_M$ 近傍でのスピン・フォノン相互作用の増大の影響と考えられる。

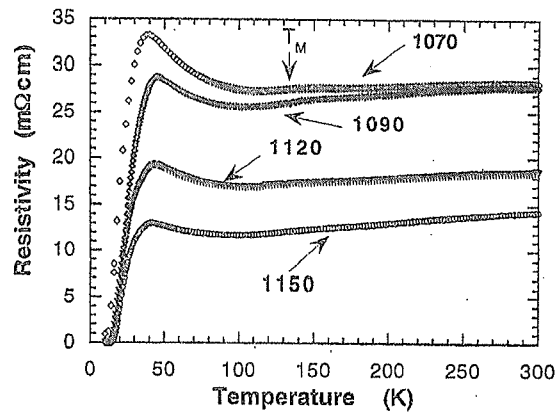


Fig.1 電気抵抗率温度依存性

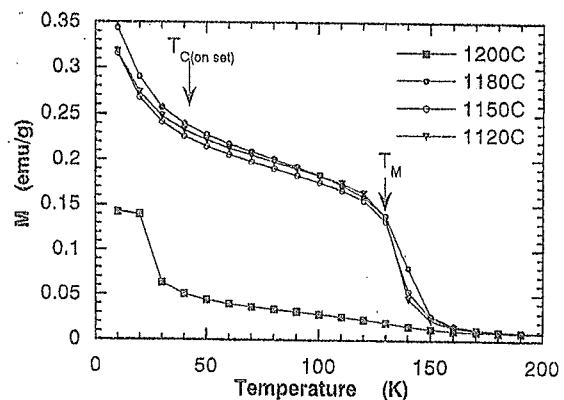


Fig.2 磁化温度依存性

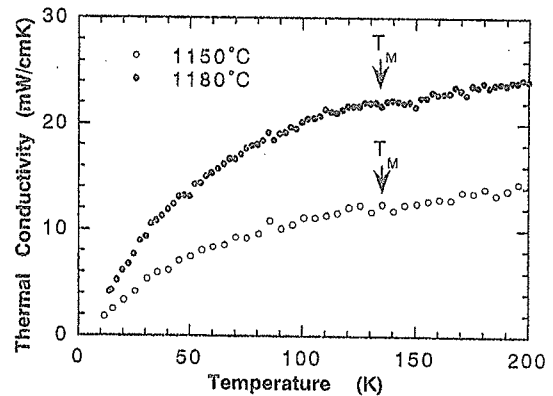


Fig.3 熱伝導率

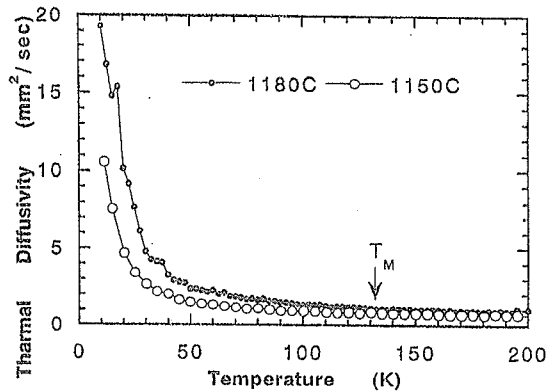


Fig.4 熱拡散率