

RuSr₂GdCu₂O_{8-δ}の超伝導性向上に関する研究

電子材料学講座 池部研究室 伊藤 俊彦

1. 背景と目的

超伝導体RuSr₂GdCu₂O_{8-δ}(Ru1212)は低温度領域に於いて、超伝導と強磁性が共存することで注目されている。本研究室ではこれまでに、この系の作製条件の改良や、Ru/Cu比を変化させた化合物の研究を行ってきた。その結果、Ru_{0.9}Sr₂GdCu_{2.1}O_{8-δ}の組成で、今までに報告例のない65[K]という高い onset 温度($T_{c(\text{onset})}=54[\text{K}]$)をもつ物質の作製に成功した。この系はCu-Oと、Ru-Oチェンの結合距離が異なるため、Ru/Cu比や、酸素の入る位置によってc軸長が変化する。これまでの研究の過程でこのc軸長が伸びると、onset 温度が上昇することが明らかになった。本研究ではRu1212中のSrを、より大きい同族元素のBaで置換することにより、c軸長を変化させ、onset 温度の改善を目指す。そして、置換前後の物性がどのように変化するか評価することを目的とする。

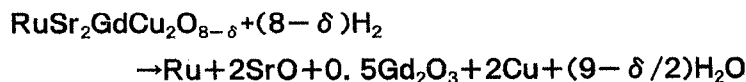
2. 実験方法

【試料作製法】

原料粉(RuO₂、SrCO₃、Gd₂O₃、CuO、BaO₂)を化学量論的な組成で混合し、Ba置換割合が0%、5%、10%、15%の試料(RuSr₂GdCu₂O_{8-δ}、RuSr_{1.9}Ba_{0.1}GdCu₂O_{8-δ}、RuSr_{1.8}Ba_{0.2}GdCu₂O_{8-δ}、RuSr_{1.7}Ba_{0.3}GdCu₂O_{8-δ})を右図のような手順で作製した。

【評価方法】

X線回折は粉末法で行った(CuK α線を利用)。電気抵抗率は、直流4端子法を用いて測定した。超伝導を示す試料は、キャリアの状態を調べるために、ホール係数測定と酸素含有量の測定を行った。酸素含有量は水素還元法を用いて算出した。その際、以下のような反応式を仮定している。



仮焼き (950°C、24時間、空気中)

↓ 乳鉢で混合し、ペレット状にプレス

本焼き① (1010°C、30時間、N₂中)

↓ 乳鉢で混合し、ペレット状にプレス

本焼き② (1103°C、30時間、O₂中)

↓

一部をアニール (1000°C、1週間、O₂中)

3. 実験結果

X線回折の結果から、0%置換の試料は若干不純物相SrRuO₃が見られるが、ほぼ単相であることが分かった。又、Ba置換量の増加に伴って、不純物相(SrRuO₃、Sr₂GdRuO₆中のSrサイトがBaに置き換わったものと思われる。)も多くなる傾向があることが明らかになった。Fig. 1はRu1212相の格子定数のグラフである。Ba置換割合を横軸にとっている。正方晶を示すこの物質では置換量が増加するにしたがって a 軸長は僅かに増加し、c軸長は大幅に伸びていることが分かる。これはSrサイトのBa置換が確かに起こっていることを意味している。O₂アニール前後の試料

を比較すると、a 軸長はほとんど変化がないのに対し、c 軸は10%置換の試料を除き、大きく増加している。

Fig. 2は超伝導を示した試料の電気抵抗率の温度依存性を表している。10%、15%置換の試料は10[K]までに超伝導を示さなかった。O₂アニールを行ったものは各試料で onset 温度が約10[K]ほど向上した。5%置換の試料は0%の試料と比較して onset 温度は約5[K]ほど低くなった。全体的にアニール後の試料は電気抵抗率の絶対値は大きくなった。

キャリアの種類と濃度を見積もるため、ホール係数測定を行った。Fig. 3は室温でのホール係数とキャリア濃度のグラフである。横軸はBa置換割合である。表中の数値は水素還元法により得られた酸素含有量を表す。ホール係数はどの試料でも正の値となった。置換割合が同じ試料を比べると、アニール後ではキャリア濃度、酸素量ともに減少している。この結果から、Fig. 2においてアニール後、電気抵抗率の値が全体的に上昇した現象はO₂アニールによって酸素量が減少し、キャリア数が減ったことに起因するといえる。

4. まとめ

[O₂アニールの効果]

- ・酸素量、キャリア濃度が減少し、電気抵抗率の値が全体的に上昇した。
- ・c軸長の伸びが確認できた
- ・onset 温度がBa置換量によらず、10[K]程度上昇した。(T_{c(end)}はほとんど変化しなかった。)

[Ba置換の効果]

- ・酸素量は増加、キャリア濃度は減少した。電気抵抗率が全体的に上昇した。
- ・c軸の伸びは確認できたが onset 温度は5[K]程度低くなった。

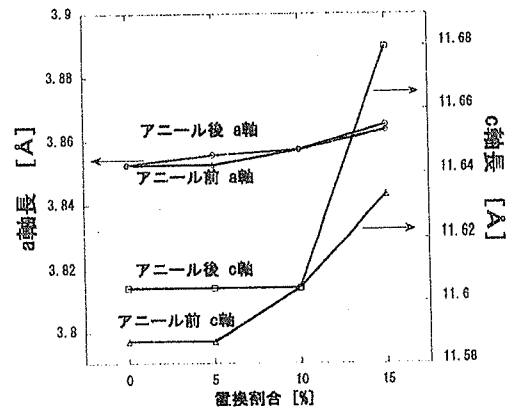


Fig.1

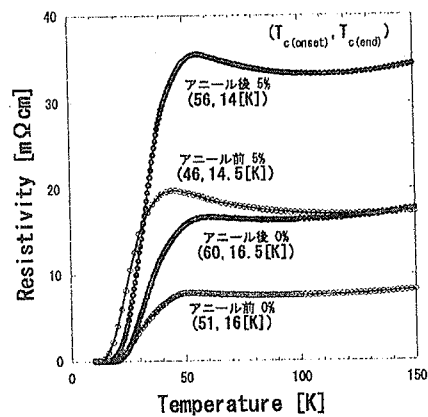


Fig.2

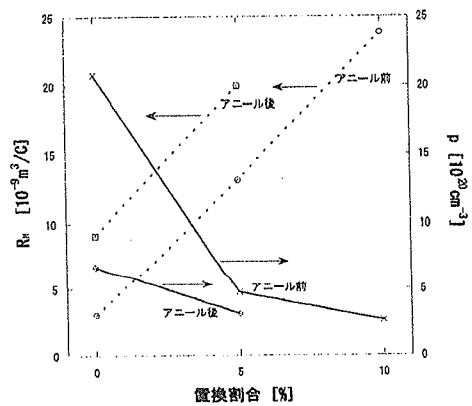


Fig.3

	0%	5%
O ₂ アニール前	7.90±0.03	8.00±0.04
O ₂ アニール後	7.87±0.01	7.92±0.04

[per formula unit]