

YBCO超伝導体におけるSr置換の不純物効果について

物理班:西原 由紀、藤田 美月、北口 あやめ

Abstract

The purpose of this study is to clarify whether the strontium impurity effect in YBCO superconductors leads to higher superconducting transition temperatures. Experimental results show that strontium substitution does not result in a higher superconducting transition temperature. This study concludes that the impurity effect of strontium substitution does not lead to a higher-temperature superconductor.

要約

本研究の目的はYBCO超伝導体におけるストロンチウムの不純物効果により超伝導体転移温度がより高温になるのかを明らかにすることである。実験によって、ストロンチウム置換によってより高温な超伝導体転移温度を得ることはできなかった。したがって本研究ではストロンチウム置換による不純物効果はあるが、より高温な超伝導体は得られないということが結論付けられた。

1. はじめに

以前から物理班で行ってきた超伝導体に関する研究を見て興味を持ち、より高い温度で超伝導体となる物質を探そうと考えた。より高い温度で超伝導体になる物質を見つけられれば、リニアモーターカーなどの移動手段に応用することが容易になると考えた。本研究では、YBCO超伝導体においてバリウムを不純物であるストロンチウムに置換する。この実験をしようと考えた理由は、ストロンチウムがバリウムと同じ2族の元素であり高津高校でバリウムをストロンチウムに置換する実験が行われていなかったからである。

2. 研究手法

酸化イットリウム、酸化銅、炭酸バリウム、酸化ストロンチウムを用意し、完成する超伝導体が5gになるように化学反応式から物質質量比を用いて計算し電子天秤で計ったのち、乳鉢に全て入れて1時間半混ぜた。

《実験1》

- ①酸化ストロンチウムを0%、20%、40%、60%、80%、100%の割合で炭酸バリウムと置換して混ぜた試料を筒で成形した後、900℃で15時間焼成した。
- ②焼成した試料を液体窒素で冷やし、磁気浮上が見られるかどうかを観察した。



作成したYBCO超伝導体

《実験2》

- ①酸化ストロンチウムを5%、10%、15%で炭酸バリウムと置換して混ぜた試料を筒で成形した後、900℃で15時間焼成した。
- ②焼成した試料を液体窒素で冷やし、直流四端子法を用いて電気抵抗が温度とともにどのように変化するか測定した。

3. 結果

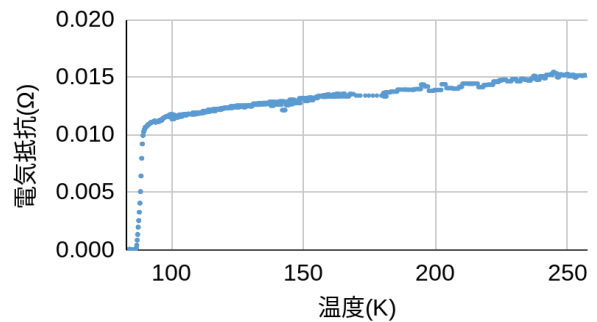
《実験1》

0%と20%の試料では磁気浮上が確認できたが、40%、60%、80%、100%の試料では磁気浮上が見られなかった。2つは超伝導体になったが、4つは超伝導体にならなかった。

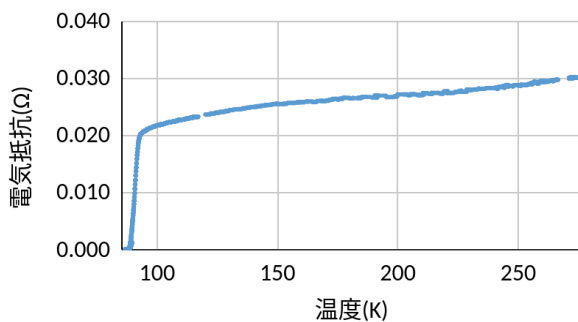
《実験2》

作成した全ての超伝導体で0Ωになることが確認された。また、超伝導体転移温度については、置換していない試料が93K、5%置換した試料が約89K、10%置換した試料が約90K、15%置換した試料が約90Kでどの試料も不純物を入れていない試料よりも低温になることが確認された。

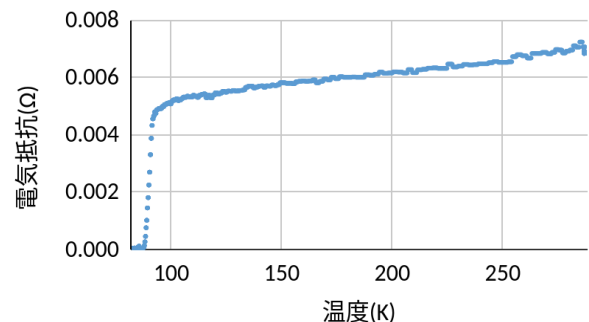
5%置換の電気抵抗(Ω)と転移温度(K)



10%置換の電気抵抗(Ω)と転移温度(K)



15%置換の電気抵抗(Ω)と転移温度(K)



4. 考察

実験1より、バリウムをストロンチウムと全て置換することは出来ないことがわかった。また、実験2より、バリウムをストロンチウムに置換することで超伝導体転移温度はより低温になることから、より実用化に近い試料は得られないと考えられる。

これらは、バリウムをストロンチウムに置換する割合が大きすぎたことでYBCO超伝導体の構造が崩れたことによる結果であると考えられる。ストロンチウムはバリウムよりも原子半径が小さいため超伝導体の構造は崩れないと考えていたが、置換する割合が大きすぎたことで銅の層が形成されず超伝導体の構造が崩れたと考えられる。

5. 結論

今回の実験ではYBCO超伝導体におけるストロンチウムの不純物効果について炭酸バリウムを酸化ストロンチウムに置換することで調査した。実験結果からバリウムをストロンチウムに置換することで超伝導体転移温度をより高温にすることは確認できなかった。

6. 参考文献ならびに参考Webページ

下山淳一著 (2003) 『トコトンやさしい超伝導体の本』 日刊工業社発行

水梅紀幸, 吉田宏二著 (2019) 『アルカリ金属水酸化物を用いたY(Ba,Sr)₂Cu₃O_{7-y}の合成』