

高温超伝導体 $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_y$ の酸素欠損による臨界温度 T_c の特性

電子情報工学科 矢萩・橋本研究室

IE020 坂本一成 IE022 沢口卓矢

[はじめに]

超伝導現象は、液体ヘリウムを使わなければ見ることの出来ない特殊な現象であったが、高温超伝導体の出現によって事情が一変した。1986年にLa-Ba-Cu-Oという物質において、従来の常識を越える30Kという高温で超伝導が起こっていることを示唆するデータがBednorzとMuellerによって発表された。これをきっかけに世界中で銅酸化物系を中心とした新物質探索が始まり、高温超伝導体が次々に発見され、液体窒素温度を越える超伝導の出現という、以前には考えられなかったような状況が出現した。

本研究では、銅酸化物系超伝導材料の中のピスマス系超伝導体 $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_y$ を育成し、それをX線回折を用いて結晶性を評価した後、熱処理効果を行うことにより結晶内の酸素の量を変え、電気抵抗率の温度依存性の測定から T_c を調べることにした。また、熱処理による結晶表面からのIn原子のドーピングも試みた。

[実験方法]

出発材料である、 $\text{Bi}_2\text{O}_3, \text{SrCO}_3, \text{CaCO}_3, \text{CuO}$ を1:2:1:2の割合で充分時間をかけて混合し、タンマン管に入れ電気炉にセッティングし、2時間かけて990℃まで温度を上げそのまま6時間同じ温度を保ち、3時間かけて787℃まで温度を下げ5分間そのままの温度を保ち、1時間かけて585℃まで温度を下げたのち自然に温度を下げるという温度プログラムによって結晶を育成した。

育成された結晶を、薄くカットし電気抵抗率を10Kから300K付近の温度範囲で測定した。その後、この結晶に以下のような条件で熱処理を行い T_c の変化を観測した。

タンマン管で育成した結晶の上部の部分を取り取り結晶を成形し、真空中と空気中で約400℃で1時間の熱処理を繰り返し行った。

また、成形した結晶にIn原子をドーピングするために、結晶の全体にインジウムを塗布し、真空中約400℃で1時間加熱した後電気抵抗率の測定を行った。また、全面に張り付けてあるインジウムをヤスリで削り、新たに電極として四隅にインジウムをハンダづけして電気抵抗率の測定を行った。

[結果・考察]

真空中と空気中で繰り返し熱処理の結果は、図1に示した。この図からわかるように、結晶上部から切り出した結晶(A)とそれを真空中で熱処理(B)したときの電気抵抗率に現れる T_c の値は、約69Kでほとんど変化がないことがわかった。この結果から、結晶育成段階で結晶上部の部分から酸素が抜けていたものと推定された。その後、空気中で熱処理をしたものがCで、Bと比べると抵抗の値が低くなり、 T_c は72Kに上がったことがわかる。再び真空中で熱処理を加えたDでは、抵抗の値がBよりも低くなったが T_c は71Kに上がった。さらに、空気中で熱処理を加えたEは、Cの結果に酷似したものとなった。

また、成形した結晶にIn原子のドーピングを試みた結果は図2に示す。Xは結晶下部から切り出し何の処理も施していない結晶の測定結果を示している。YはIn原子をドーピングした結果である。Yが超電導を示さなかったのは、結晶表面を覆ったインジウムの部分だけが測定されたのではないかと推定された。Zは、その後インジウムをはがして測定した結果を示している。このグラフは、結晶構造が壊れたために示されたものではないかと推定された。

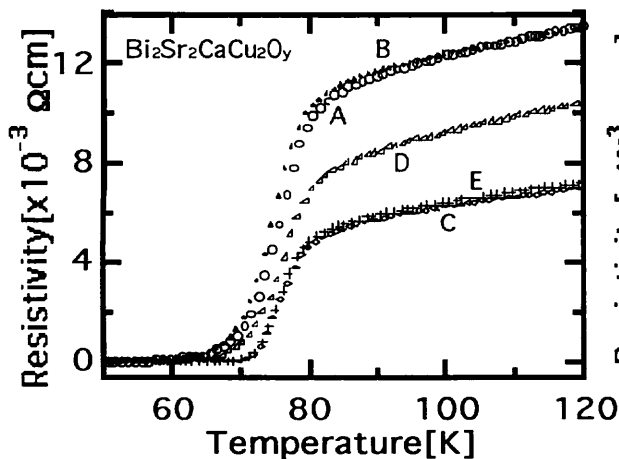


図1 真空中と空気中で熱処理した試料の電気抵抗率の温度依存性

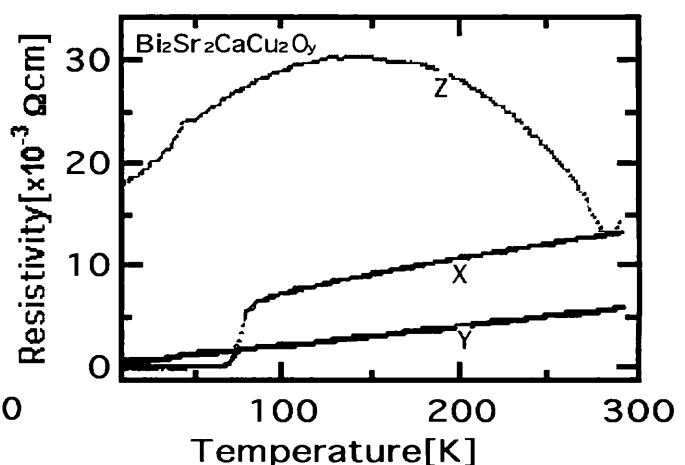


図2 試料表面からIn原子をドーピングした時の電気抵抗率の温度依存性