

高温超伝導体 ($\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_y$) の単結晶の育成とその評価

電子情報工学科

矢萩研究室

IE616 小林茂樹

IE621 齋藤太一

【はじめに】

導線など普通の金属線では、電気抵抗があるため、電流を流すと電力が消費される。一般に金属の電気抵抗は温度を下げると減少するが、温度の終点である絶対零度近くまで冷却しても、その金属固有の電気抵抗が残る。ところが、ある金属の材料は一定の温度で突然電気抵抗がゼロになるという、きわだった現象を示す。この状態を超伝導という。超伝導状態の電線で閉じたコイルをつくると、そのコイルに流した電流は、電気抵抗がないため、全く減ることなしに永久的に流れ続ける。つまり、超伝導コイルには電子の流れに対する摩擦がないため、電圧ゼロの状態で大電流が流れ続けるわけである。

本研究では、物質として安定なビスマス系超伝導体 $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_y$ を取り上げ、熔融法による単結晶の育成を行い、X線回折と電気的性質から結晶の評価を行うことにした。

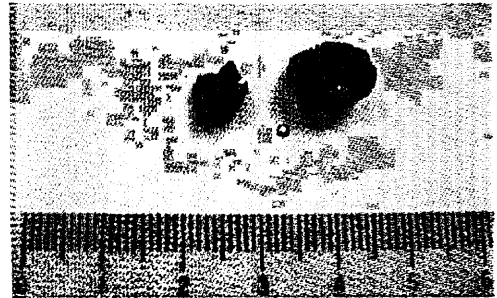


図1 結晶 ($\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_y$)

【実験】

Bi_2O_3 、 SrCO_3 、 CaCO_3 、 CuO の各重さを算出し、育成時の重さを決定した。このとき、 $\text{Bi} : \text{Sr} : \text{Ca} : \text{Cu} = 2 : 2 : 1 : 2$ の割合にしなくてはならない。試料の秤量には直示天秤を用いた。秤量した各試料を瑪瑙乳鉢でよく混合し、試料をタンマン管(坩堝)に入れる。坩堝をステンレス製のホルダーに挿入し、電気炉にセッティングする。試料は3時間かけて室温から 990°C まで加熱された後、 990°C を6時間保持し、完全に試料を熔融させる。結晶を成長させるため21時間かけて、約 $10^\circ\text{C}/\text{h}$ の割合で 787°C まで降温する。 787°C に達したら5分間同じ温度を維持する。その後、5時間かけて 585°C まで下げた後は自然冷却する。試料の熔融及び結晶育成は、すべて空気中で行った。X線回折は、ディフラクトメーター法で行い、電気抵抗率は、Van der Pauw 法によって、 $10\text{K} \sim 300\text{K}$ で測定した。

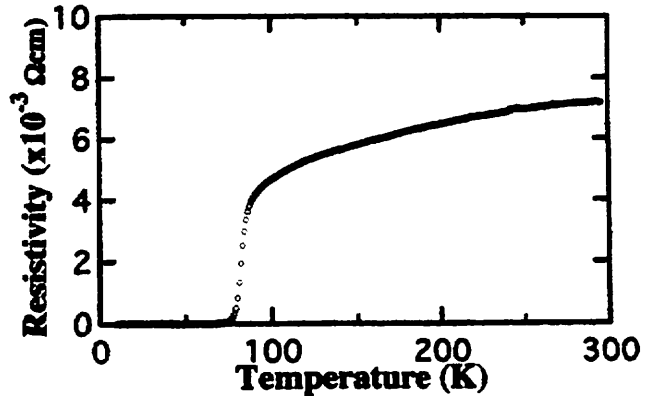


図2 電気抵抗率の温度依存性

【結果・考察】

$\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_y$ の結晶育成の最適条件は、3時間かけて室温から 990°C まで加熱された後、 990°C を6時間保持し、完全に試料を熔融させる。結晶を成長させるため39時間55分かけて、約 $5^\circ\text{C}/\text{h}$ の割合で 787°C まで下げていく。 787°C に達したら5分間同じ温度を維持する。その後、5時間かけて 585°C まで下げた後、自然冷却をした結晶が、臨界温度 T_c 90K 、C軸が 30.857 \AA になり、本研究ではもっとも良い結晶状態になった。このことから、結晶育成時にできるだけ酸素を送り込む方が良いと考えられる。

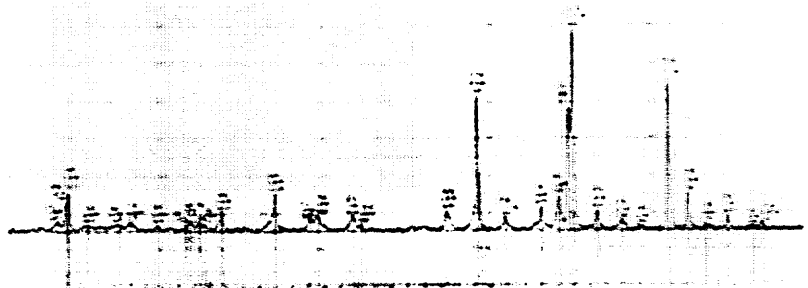


図3 X線回折チャート