

3B-3 低熱侵入型酸化物超伝導体/合金

シーステープに関する研究

池部研究室

栗原 崇

1. はじめに

現在、極低温での超伝導機器への電流リードとして、従来のCuリードの代わりに酸化物超伝導体を用いた電流リードの開発が行われている。酸化物超伝導体を用いるのは、臨界温度が高い、通電時のジュール熱の発生がない、低熱伝導性により低温端（液体ヘリウム）への熱侵入量が低減できるなどの利点を持っているからである。しかし、従来の酸化物超伝導体/純Agシーステープでは、純Agのもつ高い熱伝導性のため熱伝達媒体として作用してしまうという欠点を持っていた。

本研究では、純Agの代わりにAg合金を用いた場合の合金の熱伝導率と、酸化物超伝導体 ($\text{Bi}_{2-x}\text{Pb}_x\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$ ・Bi系2223) / Ag合金シーステープにした場合の熱伝導率の測定を行い、熱侵入量の低減に関する検討を行った。

2. 検討結果

1) 合金基板材料 (Ag-Au系合金・Ag-Cu系合金) についての検討

測定試料はAgをベースとして、Au、Cu含有量を変えて作製したものをテープ状に加工した後、熱処理を行った。熱伝導率の測定は、能登研のヘリウム冷凍機を用いた自動測定装置を用いて、定常熱流法により行った。

熱伝導率および電気抵抗率の測定の結果、熱伝導率はAg-Au系合金でAu含有量が増加するにつれて低減するのに対して、Ag-Cu系合金ではCu含有量が増加してもわずかな変化しか生じていない。(図1) また電気抵抗率では、Ag-Au系合金はAu含有量が増加するにつれて電気抵抗率が低温で大きく増加した。このことを状態図から考えると、Ag-Au系は全率固溶型であるのに対して、Ag-Cu系は共晶反応型であり、Agマトリクス中へ固溶するAuおよびCu原子の量が異なるためにこのような違いができると考えられる。この事は、電子線マイクロアナライザ (EPMA) による組成分析によって確認出来た。

検討の結果として、Ag-Au系合金は、低温部 (約20K) で純Agより約

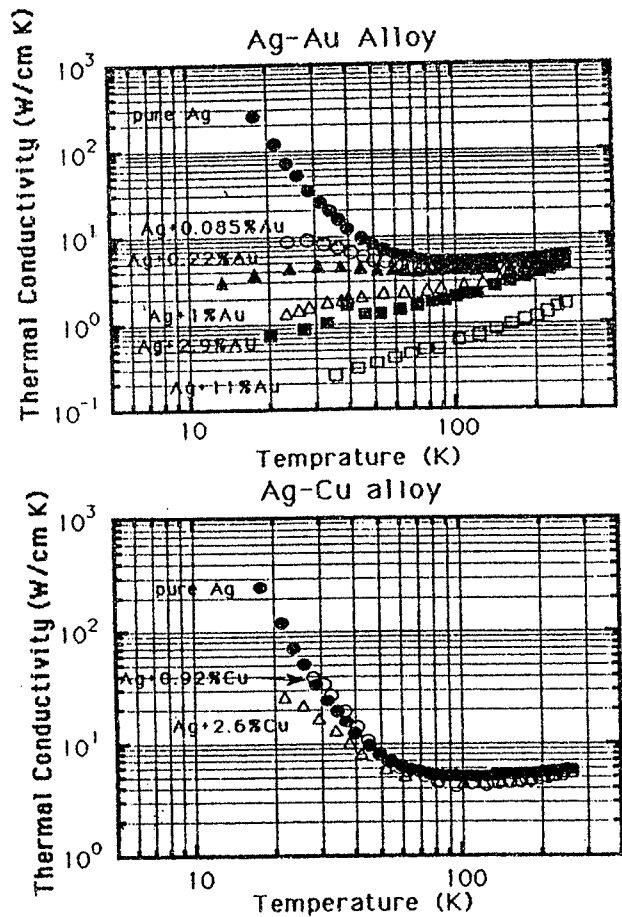


図1 合金の熱伝導率

2~3桁熱伝導率の低減が期待できるということがわかった。

2) 酸化物超伝導体/合金シーステープについての検討

酸化物超伝導体 (Bi系2223) / Ag-Au系合金シーステープの熱伝導率の測定を、Au含有量 0.644at% (コア比37.5%)、11at% (コア比65%)、15.72at% (コア比33%) の試料について行った。また Bi系 (2223) 単体の熱伝導率の測定も行った。(図2) テープ材の測定結果は、超伝導体と合金の熱伝導率の測定結果から次式

$$\lambda \text{ (W/cm K)} = (1 - f_{sc}) \lambda_A + f_{sc} \lambda_{sc}$$

λ_A : 合金の熱伝導率 λ_{sc} : 超伝導コアの熱伝導率

f_{sc} : 超伝導コア比

を用いて算出した推定値とほぼ一致した結果が得られた。

また、今まで測定した合金基板材料と酸化物超伝導体/Ag-Au系合金シーステープについて、低温端 (4.2K) から高温端 (77.3K) までの熱侵入量の計算を次式を用いて行った。(図3)

$$q \text{ (W)} = S/L \{ (1 - f_{sc}) \lambda_A d t + f_{sc} \lambda_{sc} d t \}$$

λ_A : 合金の熱伝導率 λ_{sc} : 超伝導コアの熱伝導率

f_{sc} : 超伝導コア比 S : 断面積 L : テープの長さ

(この結果は規格化のため、 $S = 1\text{cm} \times 0.1\text{cm}$ $L = 100\text{cm}$ とした。)

計算結果から、熱侵入量は従来のCuリードにくらべて約2桁程度、低減できたことがわかる。

3. まとめ

1)、2)の検討から、酸化物超伝導体/Ag-Au合金シーステープは、合金基板材料として純AgやAg-Cu系合金よりも熱伝導率を低減できるし、超伝導特性も劣化しない事が報告されているので、低熱侵入型電流リードとして利用できると考えられる。

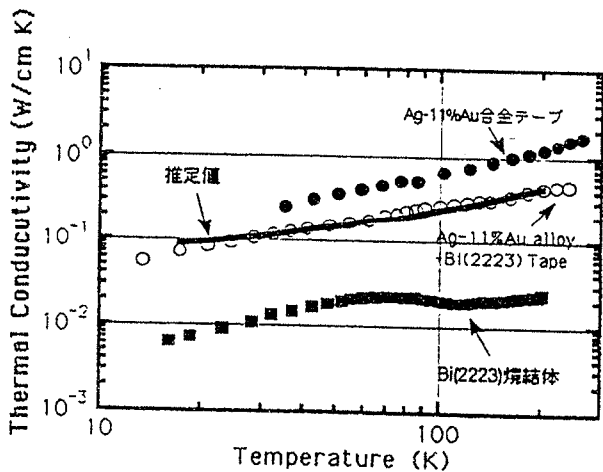


図2 シーステープの熱伝導率

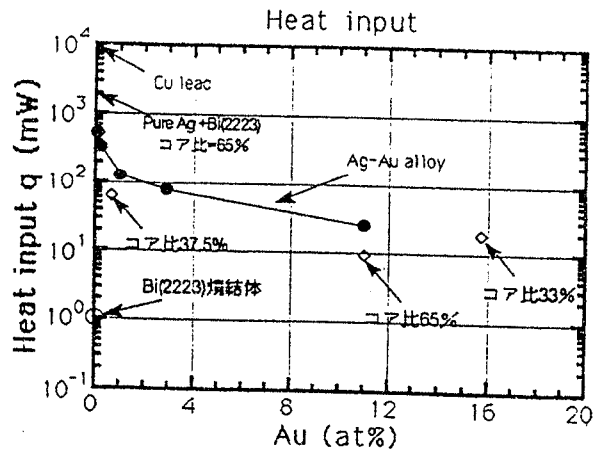


図3 熱侵入量

3B
1
乱れ
オ
4.
い
A.
と
ッ
2.
Cu
IB
ソ
用
10K
定
流
ン
剤
a)
ト
る
て
走
界
注
伝
導
ク
質
と
定
点
[90
と
と
る
こ
ク
質
b)
-