

3B- 4 酸化物超伝導体のゼーベック係数、熱伝導率に関する研究

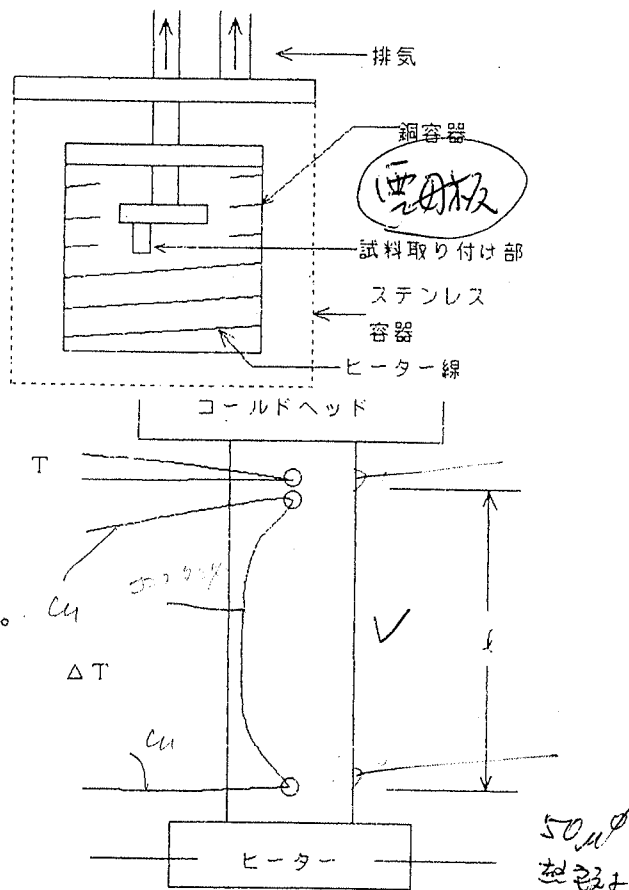
池部研究室 幸野 泰史

1. 序論

超伝導体の熱物性値（熱伝導率 κ 、ゼーベック係数 α など）は、導体中の熱的散乱機構の解析及び線材化等における基礎的データとして重要な役割を果たすと思われる。本研究では、温度範囲 [77K-300K] の熱伝達型クライオスタット（以後クライオスタット A）を用いて熱電能 α 、熱伝導率 κ を測定した。又、新しく作製した 4.2K から測定可能な二重断熱型クライオスタット（以後クライオスタット B）を用いて熱伝導率 κ を測定し、クライオスタット A、能登研の He 冷凍機で測定されたデータと比較し、冷却特性と合わせてクライオスタット B の基礎特性を評価した。

2. 実験

全ての測定において、試料は $(\text{BiO})_2\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_8$ 焼結体 ($T_c \approx 110\text{K}$) を用いた。実験は GP-IB 制御可能な温調器、測定機器を使用し、パソコンを用いた自動測定可能な測定装置を使用して行った。寒剤として液体 N_2 を使用し、 $10\text{K}\Omega$ のヒーターによる定常熱流法によって測定した。温度測定用の熱電対には導線からの熱流入を防ぐため直径 $50\mu\text{m}$ の銅-コンスタンタン線を用いた。図 1 にクライオスタット B の寒剤に含浸させる部分と試料部分の概念図を示す。



a) クライオスタット A によるゼーベック係数測定

ゼーベック効果は、温度勾配をつける事による電流密度の増加と拡散ドリフト効果によって起こる。超伝導体においては、その性質上臨界温度以下 ($T_c \geq T$) になるとキャリアが熱伝導に寄与しなくなるため測定されるゼーベック電圧がゼロになると予想される。

ヒーターにより生じた温度差 ΔT と、温度測定点間の電位差 V からゼーベック係数 α は次式によって表される。

$$\alpha_{12} = V / \Delta T \quad \text{—— 式-1}$$

[90K-300K] の範囲で測定した結果、図 2 に示すように室温から T_c までは温度の低下とともにゼーベック係数 α_{12} は直線的に増大し、その符号からキャリアは正孔であることが解る。 T_c 付近では予想通り電圧がゼロを示したが、 T_c 以下ではゼーベック電圧の符号が逆転しほぼ一定の微小な値を示した。

b) クライオスタット A 及びクライオスタット B による熱伝導率の測定

一般的な酸化物超伝導体の熱伝導率 κ は温度が下がるにつれ κ の値が下がり、

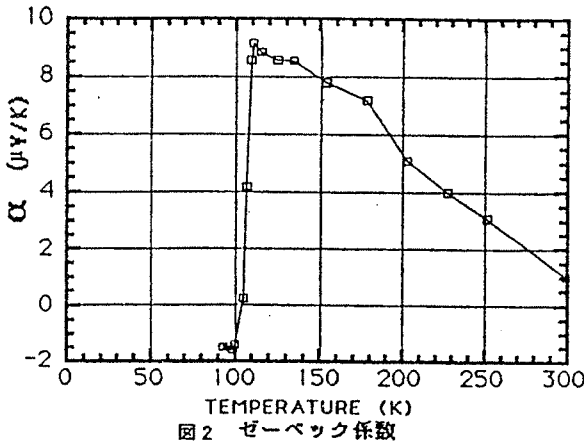


図2 ゼーベック係数

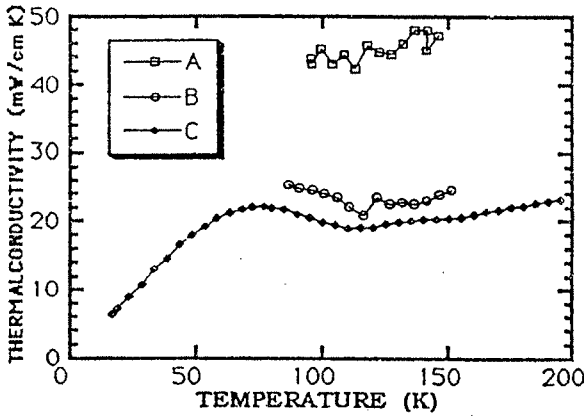


図3 熱伝導率測定

T_c を越えたところで一時的に κ の値が増大（エンハンスメント）する傾向がある。これは、超伝導状態になるとキャリアフォノン散乱の減少によって説明される。この熱伝導率 κ は試料に加わる熱量 Q 、温度測定用熱電対の端子間距離 l 、断面積 S 、端子間温度差 ΔT から次式のように表される。

$\kappa = (Q \cdot l) / (S \cdot \Delta T)$ 式-2
 実験では ΔT が約1K前後になるようにヒーター電流を最適化し設定した。

図3にクライオスタットA（図中A）及びクライオスタットBによって測定した熱伝導率 κ （図中B）と、能登研究室のHe冷凍機によって測定された値（図中C）を示す。その結果を比べて見ると、クライオスタットAでは約二倍、クライオスタットBでは約10%前後大きな値となった。この理由はおもに真空度の悪さによるものと思われる。特にクライオスタットAはロータリーポンプのみによる排気と、熱電対・ヒーター線による熱流入を防ぐためのサーマルアンカーが不十分だったためこのような大きな値になったと思われる。クライオスタットBの方は10%程度大きいもののエンハンスメントが確認でき、真空度の問題を解決すれば正確な値を得る事が出来ると思われる。

c) クライオスタットBの冷却特性と安定性

クライオスタットBの冷却特性を見てみると、室温から液体窒素温度77Kまで冷却するのに約7時間かかったが、熱伝達型クライオスタットAと比べ確実に77Kに到達する事が出来た。測定を通して長時間の安定性を見てみると温調器制御中の熱平衡状態での温度の揺れは約0.05K以内におさまっている事が解った。

3. まとめ

今回作製したクライオスタットBは装置自身を寒剤に含浸させて測定するため、液体Heを使用すれば4.2K付近の極低温での熱物性値の測定が可能になる。だが、測定誤差を生ずる大きな要因として熱流入、真空度の二つが揚げられ、測定には十分な注意が必要である。熱流入は試料部分を室温からなるべく遠避け、測定用導線には極細線を用い試料到達前に一度サーマルアンカーをとる事で防ぐ事が出来る。真空度は装置作製時の溶接部分に気を付ければ殆ど準備中の不注意によるもので、リークチェックによって確認がとれば高真空領域でも十分な測定が可能と思われる。

3
は
な
っ
研
た
岸
理
ゆ
発
か
た
材
ス
時
X
ル
子
つ
こ
二
編
ス
入
る
に
T