

序論

Modified melt texture growth (MMTG)法で作られた超伝導体混晶結晶Y-Ba-Cu-O (同和鉱業製)の熱伝導率 κ と熱拡散率 α の同時測定を行った。この結晶は配向した超伝導体相 $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ (123)母結晶中に半導体相 Y_2BaCuO_5 (211)が微細に分散したものである。測定した κ と α を用いて、 $k = \rho c \alpha$ (ρ は密度)の関係より比熱 C を求めることができる。また、この混晶中の(211)相の α や C への影響を調べるため、(211)相を焼結法により作製し α^{211} と熱伝導率 κ^{211} の測定をした。

実験

本実験で測定した混晶中の(123)相と(211)相の重量比は1.0:0.4である。測定した試料は、ab面に長い結晶とc軸方向に長い結晶の2つを切り出し測定を行った。

Fig1は、熱伝導率と熱拡散率測定の実験装置を示す。測定装置は能登研究室の装置を用いた。サンプルの一端はHe冷凍機のクールドヘッドに熱的に接触させ、他端には小さい抵抗ヒーターを接着した。Au(Fe)-クロメル熱電対は、 P_1 、 P_2 点の温度 T_1 、 T_2 の測定に使用する。熱伝導率 κ は、

$$\kappa = LQ / \Delta T \cdot S \quad (1)$$

$$Q : \text{熱流} , \quad L : \text{端子間距離}$$

$$\Delta T : \text{温度差} , \quad S : \text{試料の断面積}$$

と定義される。

また、熱パルスが一方向に流れると仮定すると、熱拡散率 α は次の拡散方程式で表される。

$$dT / dt = \alpha (d^2T / dx^2) \quad (2)$$

T : 温度 , α : 拡散率
 t : 時間 , x : 距離

上式をクラクニコルスン法を用いて近似差分方程式にし、測定点 P_1 の温度 T_1 を拡散方程式の境界条件として代入し、測定点 P_2 の温度の理論値 T'_2 を求め実測値 T_2 と比較し、誤差の二乗和の最も小さい場合の α を拡散率として決定した。

結果

Fig2はab面内の熱伝導率 κ_{ab} 、c軸の熱伝導率 κ_c の温度依存性を示す。この実験のサンプル(S1, S2)の超伝導転移温度 T_c は、抵抗の測定により90Kであった。 κ_{ab} は、200Kから T_c までは温度の低下とともにわずかに増加し、 T_c 以下で急激に増加している。50K付近で最高値をとりそして減少している。 κ_c は T_c 以上ではほとんど一定で、 T_c 以下ではごくわずかに上昇しそして減少している。

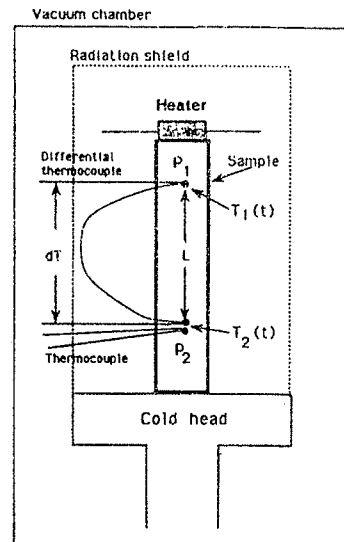


Fig. 1

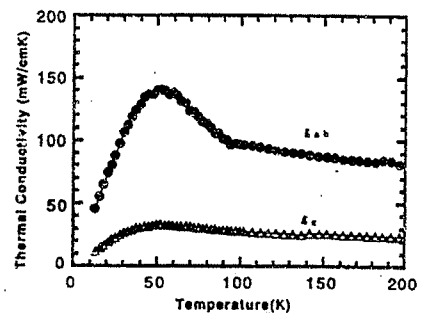


Fig. 2

Fig3は、ab面内の熱拡散率 α_{ab} 、c軸の熱拡散率 α_c の温度依存性を示す。常伝導状態で α_{ab} 、 α_c は温度の低下とともにわずかに増加している。Tc以下では α_{ab} 、 α_c の傾きは変化しているが、 α_{ab} の変化のほうが α_c に比べて大きくなっている。これらの結果より、Y-Ba-Cu-O超伝導体は、 κ と α において異方性があるといえる。モル比熱は、 κ と α を用いて次式のように表される。

$$C = \kappa M / \rho \alpha \quad (3)$$

M : 1モルの分子量 , ρ : 密度

このサンプルは(123)相と(211)相からなるため、1モルの平均分子量 M_{MMTG} はその重量比 ((123):(211)=1.0:0.4) をそれぞれの1モルの分子量 ($M_{123}=666.0, M_{211}=458.6$) で割ったものから求め、 $M_{MMTG}=589.8$ を得た。また、このサンプルの比熱 C_{MMTG} は、(123)相の比熱 C^{123} と(211)相の比熱 C^{211} を使って次式のように表される。

$$C_{MMTG} = (1-X) C^{123} + X C^{211} \quad (4) \quad X: \text{混晶中に(211)相が占める割合(モル比)}$$

これらの関係と測定した κ^{211} と α^{211} から決定された(211)相の比熱とモデル解析により決定された κ^{123} を用いて、(123)相のみの比熱を求めた。Fig4に計算した比熱を示す。同図に他の論文で報告されている直接求めた(123)相の比熱 C^{123} の値も示す。さらにこの C^{123} を用いて α^{123} を求めた。Fig5にab面内の熱拡散率 α_{ab}^{123} を、Fig6にc軸方向の熱拡散率 α_c^{123} を示す。Fig5では(211)相の熱拡散率 α_{211} が小さいため、測定した熱拡散率 α_{ab} が(123)相のab面の拡散率 α_{ab}^{123} より小さくなっており、(211)相の存在が熱の拡散を抑制しているが、Fig6では測定した α_c が α_c^{123} より大きくなっており、c軸の値に比べ(211)相の値が大きいためである。このように(211)相がMMTG(123)相結晶のab面とc軸の熱伝導、熱拡散に対し、異なる効果を及ぼすことがわかった。

