

3B-6 ひずみゲージによる熱膨張測定に関する研究

池部研究室 佐竹 隆志

1. 【はじめに】

物質が加熱、冷却されると、体積や長さが増減する事は古くから知られている。また、その測定法として多くの方法があげられる。固体の熱膨張を観察する場合、比較的簡単な方法としてひずみゲージを用いた方法がある。ひずみゲージは、固体の熱膨張を電気抵抗の変化として観測するため、比較的簡単な装置で熱膨張を測定することができる。本論文ではひずみゲージを用いて、約80K~300Kの範囲でCuとNiの熱膨張を測定する事を試みた。

2. 【実験装置】

ひずみゲージには共和電業製の低温用の「KFL-1-C1-16」を使い、接着剤としては、使用温度範囲が $-265 \sim +250^{\circ}\text{C}$ と広い、同社製の「PC-6 (フェノール樹脂)」を使った。測定回路は図1のようにホイートストンブリッジを組み、測定試料に張ったひずみゲージの抵抗 R_a の変化によるブリッジの平衡のずれを電圧計で測定し熱膨張を観察した。ここで、 R_1 と R_2 には、約 $10\text{K}\Omega$ の精密なダイヤル型可変抵抗器をブリッジ

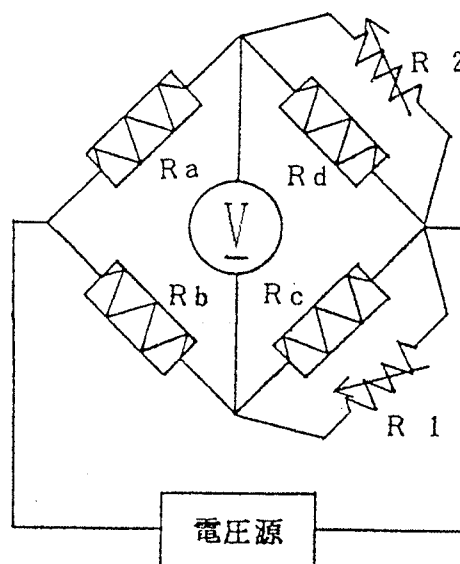


図1 測定回路図

の平衡をとるために使用した。また、この可変抵抗器は測定系の感度を較正するためにも使った。ブリッジの平衡をとるための R_c と R_d のゲージは銅板に張り、風などが当たらないように金属製容器中に置いた。ダミーゲージ R_b は、石英ガラス板に張り、測定試料と接近させてクライオスタット中に置いた。測定は、パソコンによる自動測定プログラムを製作し自動化を試みた。なお、測定温度範囲は、液体窒素温度付近から室温付近まで自然昇温により測定を行った。

3. 【実験結果】

図2に JOHNSON MATTHEY 社製の純度99.999%の多結晶Cuの熱膨張 $\Delta L/L$ の温度依存を示す。これを最小自乗法により温度Tの4次式にフィットさせると、

$$\Delta L/L \times 10^6 = -4.427 \times 10^2 - 4.075 \times 10^{-1} T + 9.123 \times 10^{-2} T^2 - 2.173 \times 10^{-4} T^3 + 2.772 \times 10^{-7} T^4 \quad (1)$$

となる。これを、Tで微分して熱膨張率を求めると、

$$(1/L)(dL/dT) \times 10^6 = -4.075 \times 10^{-1} + 1.825 \times 10^{-1} T - 6.519 \times 10^{-4} T^2 + 1.009 \times 10^{-6} T^3 \quad (2)$$

となる。式(2)から $T=100\text{K}$ 、 293K における熱膨張率を求めると、 100K で $11.5 \times 10^{-6}/\text{K}$ 、 293K で $17.2 \times 10^{-6}/\text{K}$ となる。これらの値を、理科年表によるCuの熱膨張率 100K で $10.3 \times 10^{-6}/\text{K}$ 、 293K で $16.5 \times 10^{-6}/\text{K}$ と比較すると、6%~11%ほど大きい事がわかる。

Niについても同様の、結果が得られた。

4. 【考察】

今回得られた熱膨張率の値が、文献値より少し大きくなっている事の原因として、ゲージ線自身の抵抗(R_a 、 R_b)の温度依存の違いから生じる可能性が考えられる。これを調べるため、ゲージ線 R_a の抵抗の温度依存を測定した。しかし、約 200K の温度変化でゲージ線の抵抗は、約0.1%ほどの変化しかなかったため、これを原因とは考えにくい。

もう一つの原因として、ゲージ率が考えられる。ゲージ率とは、熱膨張 $\Delta L/L$ とゲージの抵抗変化 $\Delta R/R$ との関係 $\Delta R/R = F \times \Delta L/L$ で表される、比例定数Fのことである。本実験では、室温でのゲージ率 $F=2.04$ を用いることにより熱膨張を求めている。しかし、ゲージ率は温度依存性を持つことが考えられ、文献値より少し大きい値を出す原因となっていると推定できる。

5. 【まとめ】

本実験では、ひずみゲージを用いた熱膨張計を試作した。約 $80\text{K} \sim 300\text{K}$ で再現性のある熱膨張の自動測定が可能であった。

今後、ゲージ率の温度依存を測定すること、コンピューターに温度の自動制御を行わせること、さらに室温以上の測定もできるようにすることが必要である。

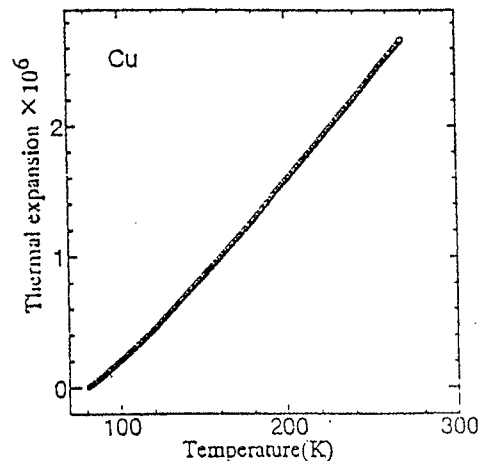


図2 Cuの熱膨張の温度依存