

豆電球による高速感応抵抗温度計の作成

菅原 陽 札幌南陵高等学校, 061-22 札幌市南区藤野5条10丁目

これは圧発火器で紙を発火させる瞬時の現象に興味を持ち、直接測定を試みた理科クラブの報告である。気体の断熱圧縮に対応した温度変化を測定するため、熱容量が小さく温度に高速に反応する精度よい抵抗温度計の装置作成を試みた。制作材料は、安価で身近な市販の30V20mA程度の豆電球と数mAの定電流出力装置を使用した。これを自作圧発火器に封入し瞬時の圧縮現象をコンピュータで計測しグラフ化した。

キーワード 抵抗温度計 豆電球 圧発火器 断熱変化 コンピュータ計測 定電流出力装置

1. 原理

金属の電気的な特性は抵抗値ゼロで絶対0度の-273度の直線の方程式になるはず。ここではタングステンに数mAの定電流を流し、発生する電圧が抵抗に比例し、抵抗が温度に比例することを利用し温度を測定する。

2. タングステン単体の電気的特性

単体の金属の温度係数は0.0037~0.0043の範囲で一定で、絶対温度に比例し気体の膨張係数に近い。タングステンの温度係数は0~100°Cで0.0053で気体の膨張係数 $1/273=0.003$ とやわずれているが、実測の測定結果はこの温度範囲で実用上の直線性は維持するものと考えた。実用化されている白金抵抗温度計とタングステンと比較すると、1000°C付近ではタングステンは白金よりも10%程度の精度のずれがあると思われる。(表1参考)

表1 (α_{0-100} は0°~100°Cの平均の α のこと)

タングステンの特性			白金の特性		
温度	ρ	α_{0-100}	温度	ρ	α_{0-100}
20	5.5	5.3	20	10.6	3.9
1000	35		1000	43	
3000	123		-78	6.7	

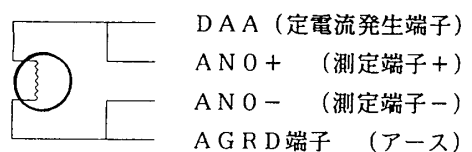
温度係数 α は温度により変化するが実用上無視して考える。定電流で T は V の一次式は

$$T = kV + c \text{ で示される。}$$

実験で求める k と c は電球の特性値となる。

3. 回路図

豆電球のタングステン使用の場合、接続部のハンダの融点までの範囲で使用可能である。豆電球にシールド線をつなぎ、抵抗の変化を電圧で計測し温度を計算する。



(DAAは13ビット精度の1mAの電流発生)

図1 ① 豆電球と測定ボードとの結線

4. 豆電球抵抗温度計の特性の測定

① 測定結果のグラフと測定値

温度は豆電球の金属部分を防水し漏電流のないようにした。測定は低温から0度、20度、40度55度、75度、95度の付近について行った。測定装置は家庭用の魔法瓶の中で行った。

表1の温度データをグラフにプロットすると下記のようなになる。摂氏2度の電圧データにバラツキが見られる。

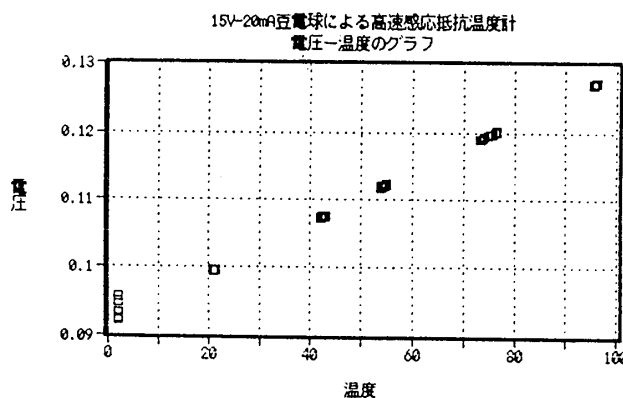


図2 温度と電圧

② データの分析

表2のデータを用いて、最小2乗法で直線の方程式を求めた。豆電球の特性方程式は

$$T = 2705 * V - 248.3 \text{ となった。}$$

豆電球による高速感応抵抗温度計の作成

表 2 測定データ

温度	電圧	温度	電圧	温度	電圧	温度	電圧	温度	電圧	温度	電圧
96.0	0.127	76.0	0.119	55.0	0.112	43.0	0.107	21.3	0.0996	2.0	0.094
96.0	0.127	75.5	0.119	55.0	0.112	43.0	0.107	21.2	0.0996	2.0	0.093
95.9	0.127	75.0	0.119	54.8	0.112	42.9	0.107	21.1	0.0996	2.0	0.092
95.9	0.127	74.5	0.119	54.5	0.112	42.5	0.107	21.0	0.0996	2.0	0.092
95.7	0.127	74.0	0.119	54.2	0.111	42.2	0.107	21.0	0.0995	2.0	0.095
95.5	0.127	73.6	0.119	54.0	0.111	42.1	0.107	21.0	0.0995		
95.5	0.127	76.2	0.120	54.0	0.111	42.0	0.107	21.0	0.0995	下段は	
95.4	0.126	73.1	0.118	54.0	0.111	42.0	0.107	20.9	0.0995	平均値	
95.7	0.127	74.7	0.119	54.4	0.112	42.5	0.107	21.0	0.0996	2.0	0.094

表 3 回帰分析の結果: 96度から 21度

Y 切片	-248.3453
Y 評価値の標準誤差	0.2622022
R2 乗	0.9999033
標本数	43
自由度	41
X 係数	2705.1801
X 係数の標準誤差	4.1530706

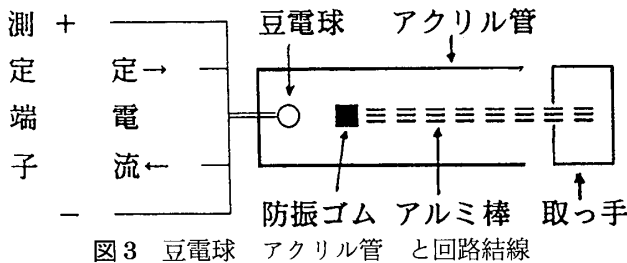
5. 抵抗温度計による気体の断熱変化の測定

① 装置の作成 アクリル管を利用した圧発火器

特性を測定した 15 V 20 mA の豆電球のガラスの上部に穴を空け、シールド線を豆電球に結線する。直径 1.5 cm の肉厚のアクリル管の底に豆電球をセットし樹脂で固める。

材 料

アクリル管内径 1 cm 肉厚 5 mm
 アルミ棒直径 7 mm ネジ付き防振ゴムナット 4 号
 潤滑油 サラダ油 エンジンオイル 2 芯シールド線 40 cm



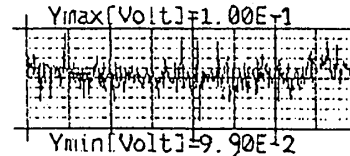
アルミ棒の先に付く防振ゴムナットのネジを回転すると、ゴムにネジの山が食い込み、ゴムはアクリル管の中で膨らむ。そのため、空気の密閉性は状況に応じて可変できる。豆電球は特性を調べてからアクリル管に封入する。

6. 測定結果

(1) ノイズについて検討したグラフ

(0.1 秒毎に 400 点プロット...4 秒間)

測定時のノイズが 1 mV 程度で特性方程式の傾きの積からノイズの影響は約 3 度 C 程度である。

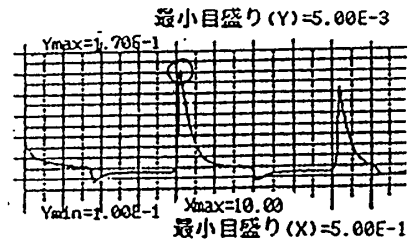


ノイズの大きさは 1 mV 程度

(2) 電圧値の変化のグラフ サラダ油使用。

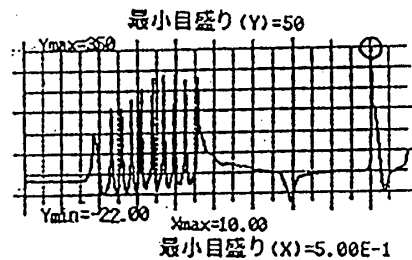
最大ピークは約 0.162 V である。

指数関数的に減衰している。



(3) 電圧を温度に自動的に変換したグラフ ディーゼルオイル使用。

最大ピークは約 350 度である。



(1) (2) では縦軸は電圧 (V) を横軸は時間 (秒) を、(3) では縦軸は温度を横軸は時間 (秒) を示す。

Y_{max} はグラフの一番上の経線の値

Y_{min} はグラフの一番下の経線の値

最小目盛りはグラフの最小ピッチの値

7. 今後の課題

100°C 以上の高温の直線性を調べたい。また水素やヘリウムプロパンガスなど気体の種類を違えて断熱変化の様子を見てみたい。