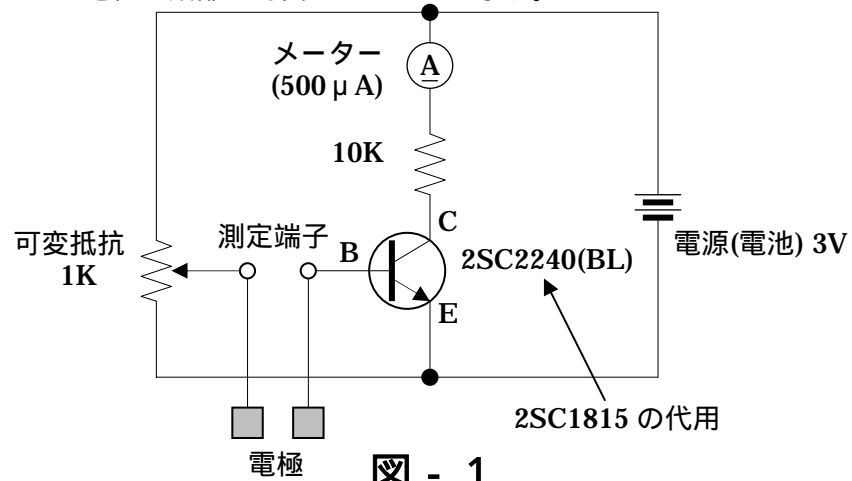


## 実験装置による事実確認

課題 7 に示された回路図をもとに実験装置を作成し、事実確認を行う。

### 1. 実験装置の回路および概観

実験装置の回路を図 - 1 に、該装置の概観を写真 1 に、また、実験回路の配線基板の細部を写真 2 におよび電極の細部を写真 3 にそれぞれ示す。



### 写真 1

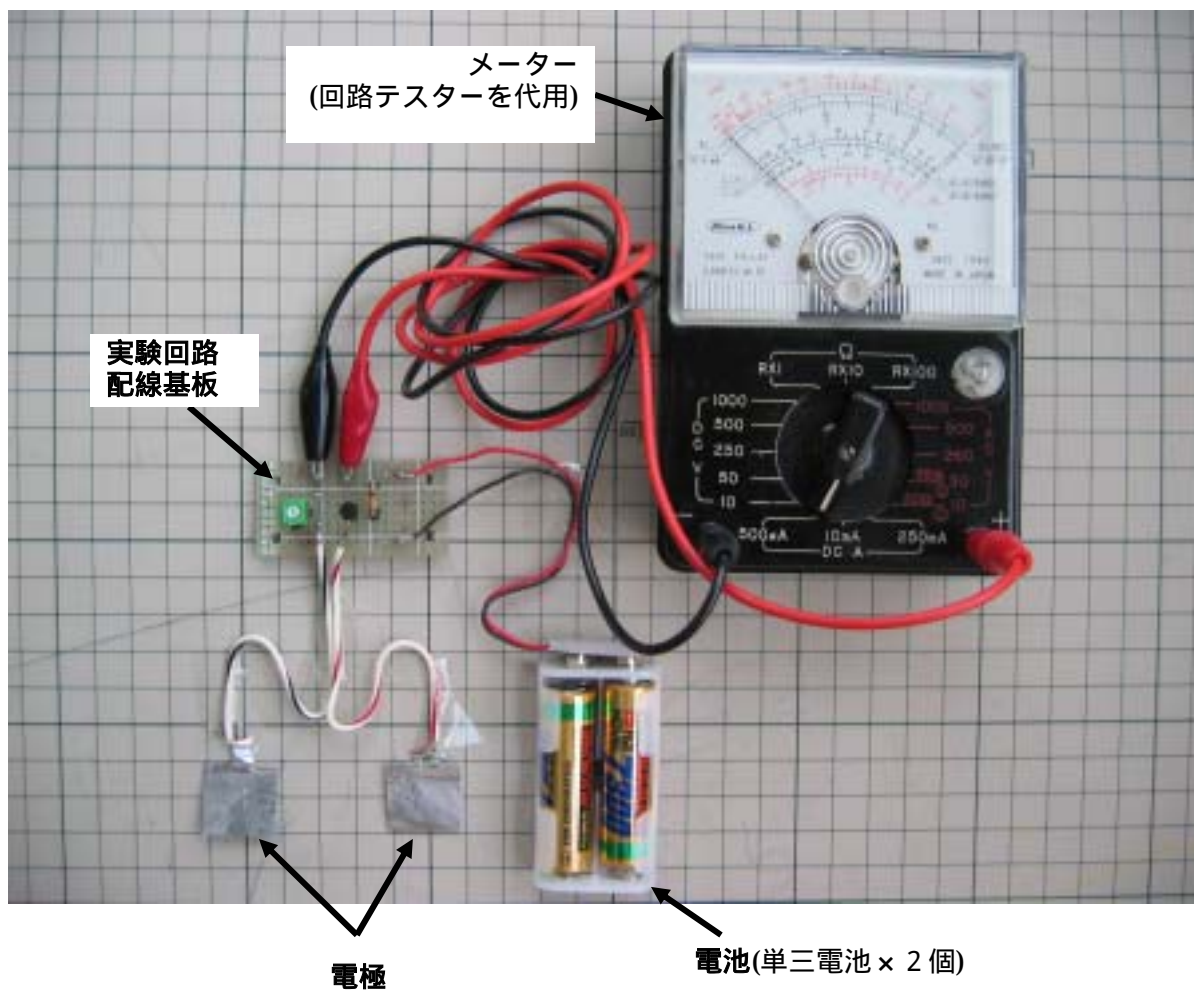


写真 2

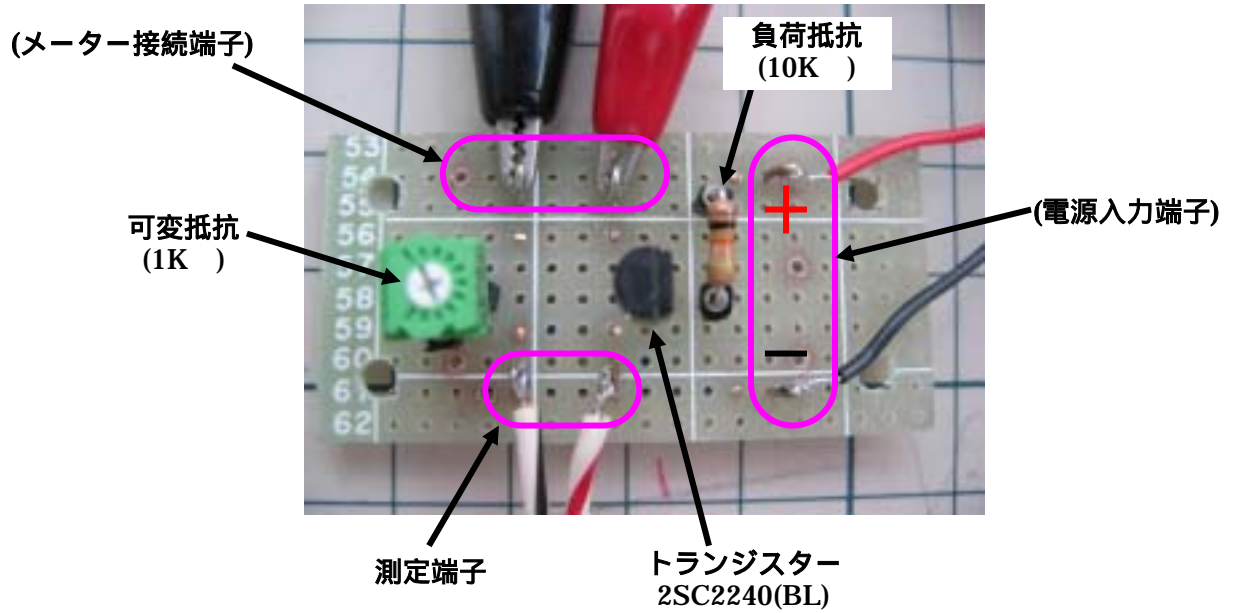
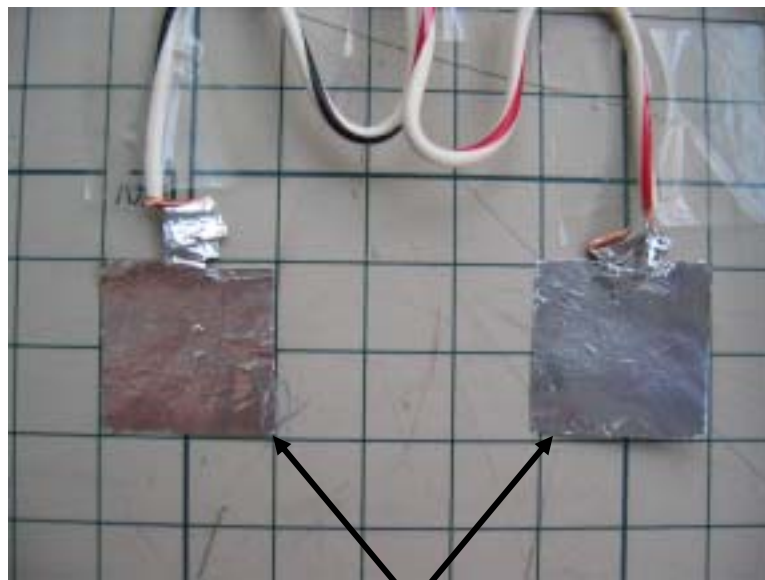


写真 3



電極  
(材 質：アルミニウム(箔)  
(サイズ：20mm 角)

## 2. 確認項目

- (1) 課題の回路における動作を検証する。
- (2) 上記実験装置により、被検者の初期状態における生体電気抵抗の大きさを調べる。
- (3) 被検者の初期状態における生体電気抵抗に対し、被検者の試験後における該生体電気抵抗がどの程度変化するかその変化量を調べる。

## 3. 試験方法

試験は、室温(約 27 )において行うものとする。

上記図 - 1 を詳述するための回路を図 - 2 に示す。なお、図 - 2 の抵抗 R3 は、両電極間における生体電気抵抗を表わす。

### (1) 被検者の初期状態におけるメーターの振れの調整

図 - 2 において、トランジスタのコレクタ・エミッタ間飽和電圧を仮にゼロボルトとするとトランジスタのコレクタに流れる最大電流  $I_c(\max)$  は、 $I_c(\max) = E_{cc} \div R_4$  ( $E_{cc} = 3.177V$  写真 6、 $R_4 = 10K$  )より  $318 \mu A$  となる。

上記の両電極部へ左手人差し指および右手人差し指の指紋部位をそれぞれ当て、そのときのメーターの振れが、前記最大電流  $I_c(\max)$  の約半分の  $160 \mu A$  になるよう可変抵抗を調整する。この状態で、両電極部間に抵抗を接続し、メーターの振れが  $160 \mu A$  になるよう該抵抗を調整後、該抵抗を取り外し、該抵抗の値を読み取る。

### (2) 被検者の試験後の状態の再現 (擬似的に再現)

次に、可変抵抗の値は、前記状態を保ったままとし、水を少量含ませたスポンジに、左手人差し指および右手人差し指の指紋部位を湿らせた後、両電極に左手人差し指および右手人差し指の指紋部位をそれぞれ当て、そのときメーターが示す値を読み取る。この状態で、両電極部間に抵抗を接続し、メーターが示した値になるよう該抵抗を調整後、該抵抗を取り外し、該抵抗の値を読み取る。

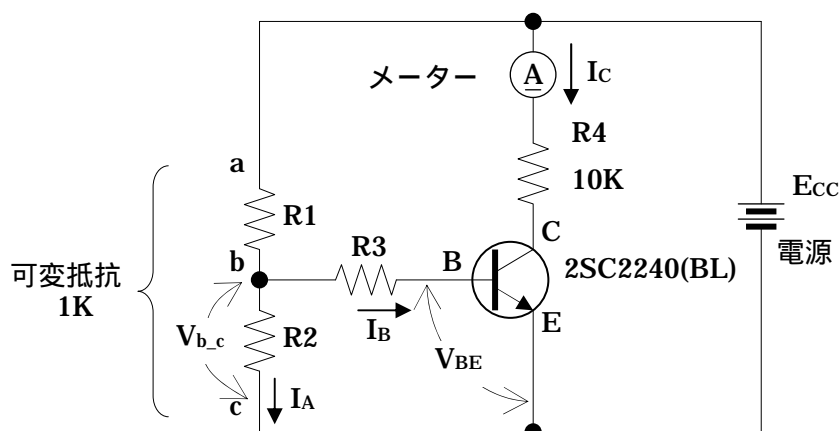


図 - 2

#### 4. 試験結果

##### (1) 試験回路要部の値

上記図 - 2 をもとに、3 項(1)記載の試験方法において、メーターの振れが  $160 \mu\text{A}$  になるよう調整した後の試験回路要部の値を以下に示す。

- ・電源電圧  $E_{cc}$  :  $3.177\text{V}$  (写真 6)
- ・可変抵抗の値( $R1+R2$ ) :  $0.989\text{K}$  (写真 4)
- ・可変抵抗中点の値( $R2$ ) :  $0.433\text{K}$  (写真 5)
- ・可変抵抗中点の電圧  $V_{b-c}$  :  $1.391\text{V}$
- ・トランジスタのベース・エミッタ間電圧  $V_{BE}$  :  $0.525\text{V}$
- ・被検者の初期状態におけるコレクタ電流  $I_c$  :  $160 \mu\text{A}$  (写真 8)

##### (2) 被検者の初期状態における生体電気抵抗の値

3 項(1)記載の試験方法に基づき、生体電気抵抗  $R_3$  の値を測定した結果、その値は  $2.37\text{M}$  であった。

##### (3) 被検者の試験後におけるコレクタ電流 $I_c$ の値および生体電気抵抗 $R_3$

3 項(2)記載の試験方法に基づき、被検者の試験後におけるコレクタ電流  $I_c$  の値を測定した結果、その値は  $250 \mu\text{A}$  であった。また、コレクタ電流  $I_c$  が  $250 \mu\text{A}$  であるときの生体電気抵抗  $R_3$  は、 $1.549\text{M}$  であった。

$R1+R2=0.989\text{K}$



写真 4

$R2=0.433\text{K}$



写真 5

$E_{cc}$ (電源電圧)= $3.177\text{V}$



写真 6

$I_c=310 \mu\text{A}$   
( $R_3$  をゼロオームにした状態)



写真 7

$I_c=160 \mu\text{A}$   
(被検者の初期状態の値)



写真 8

## 5. 事実確認

### (1) 課題の回路における動作の検証

上記図 - 2 および 4 項記載の試験結果をもとに、課題の回路における動作について検証する。

4 項(2)の試験結果より、被検者の初期状態における生体電気抵抗  $R_3$  は、**2.37M** であるから生体に流れた電流  $I_B$  は、

$$I_B = \frac{V_{b-c} - V_{BE}}{R_3} = \frac{1.391 - 0.525}{2.37 \times 10^{-6}} \quad 0.365 \mu A$$

である。

また、前記生体に流れた電流  $I_B(0.365 \mu A)$  およびコレクタ電流  $I_C(160 \mu A)$  より、トランジスタの電流増幅率  $h_{FE}$  を求めると、

$$h_{FE} = \frac{I_C}{I_B} = \frac{160 \times 10^{-6}}{0.365 \times 10^{-6}} \quad 438$$

であることが分かる。

一方、トランジスタ 2SC2240 のデータシートより、この試験装置で使用したトランジスタの  $h_{FE}$  ランクは 350 ~ 700 であることが記載されており、前記試験結果にもとづく電流増幅率  $h_{FE}$  は、前記データシートに記載の範囲内である。

ここで、試験装置の動作域における特性の直線性について検証する。

前記 3 項(1)記載の試験方法において、抵抗  $R_3$  の値を調整し、トランジスタのコレクタ電流  $I_C$  が 150  $\mu A$ 、200  $\mu A$ 、250  $\mu A$ 、290  $\mu A$  および 300  $\mu A$  のときの該抵抗  $R_3$  の値を測定する。

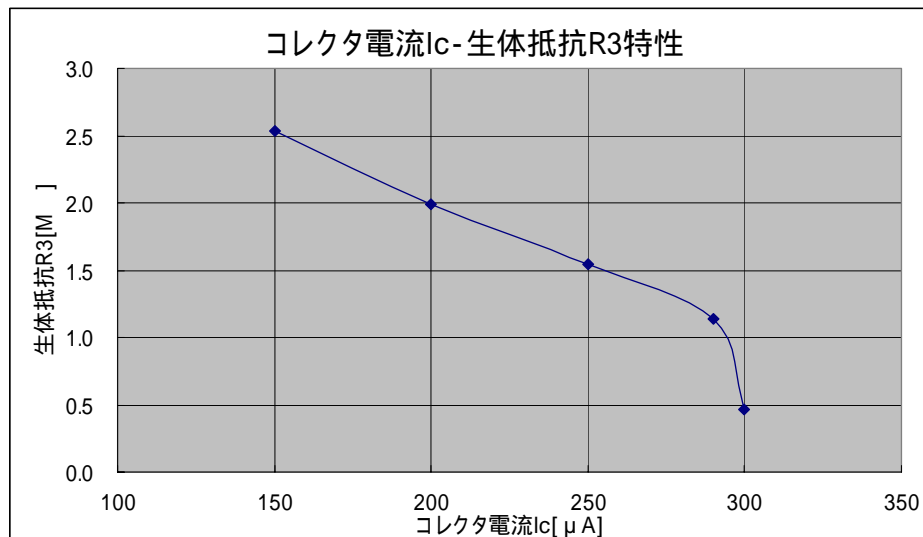
前記測定の結果を表 - 1 に、また、表 - 1 の結果をグラフ 1 に示す。このグラフ 1 に示す結果から、コレクタ電流  $I_C$  が 150  $\mu A$  乃至 290  $\mu A$  の範囲では直線性があることが分かる。

一方、コレクタ電流  $I_C$  が 290  $\mu A$  を超えると直線性がなくなることが分かる。

前記ことから、本試験装置は、コレクタ電流  $I_C$  が 290  $\mu A$  を超えない範囲で使用することが妥当であると考えられる。

表 - 1

コレクタ電流 $I_C$ ( $\mu A$ )	抵抗 $R_3$ (M )
150	2.538
200	1.994
250	1.549
290	1.138
300	0.465



**グラフ 1**

(2) 被検者の初期状態における生体電気抵抗の大きさ

上記 4 項(2)記載の試験結果から、被検者の初期状態における生体電気抵抗  $R_3$  は **2.37M** であることが判明している。

また、抵抗計を用いて、電極の形状および該電極にあてる生体の部位を変えて、生体電気抵抗を測定した結果、おおよそ以下の値であることが分かった。

・ 20mm 角電極のとき

左・右手人差し指間：2.5M ~ 1.6M

片手の人差し指と中指間：1.5M ~ 1.0M

} 接触圧により変わる。

・ 幅 50mm × 長さ 80mm のアルミ箔を左右の手人差しに巻いた電極のとき

1.0M ~ 0.5M

(3) 被検者の初期状態における生体電気抵抗に対する被検者の試験後における該生体電気抵抗の変化量

上記 4 項(3)記載の試験結果から、被検者の試験後における生体電気抵抗  $R_3$  は **1.549M** であることが判明している。

また、被検者の初期状態における生体電気抵抗  $R_3$  は **2.37M** であったことから、被検者の試験後における生体電気抵抗  $R_3$  の変化量は、

$$R_3 = 2.37 - 1.549 = 0.821(M\Omega)$$

であり、被検者の初期状態における生体電気抵抗  $R_3$  に対する変化率は **34.64%** である。

## 6. この事実確認で分かったこと

### (1) 電極について

本試験装置に用いた電極は、20mm 角のアルミ箔を使用したものであったが、該電極に当てた指の押圧により、生体電気抵抗が容易に変化してしまうことが分かった。前記の点から、電極は一定の接触圧により体の部位に取り付けられる形状および構造を検討することが課題である。

実施例として、紙挟み(クリップ)などの構造が考えられる。

以上