

# Transport Measurements Experiment 結報

B5組 0412107 陳麒升、0412001 陳勁宇

## 1.實驗動機與目的:

實驗各種元件於不同溫度下對電阻的關係。

## 2.實驗操作重點方式:

◆於實驗操作方面我們組別認為需要注意的有:

- (1) 對於非半導體之金屬元件，量測不同溫度下不同金屬元件的電阻數值，並做電阻-溫度關係圖。
- (2) 對於半導體元件，量測不同溫度下不同元件之電壓數值，並做電流-電壓圖。
- (3) 於實驗期間，宜將電源供應器上之電流檔位轉至最大(以防隨著電壓改變的電流大於預設檔位)再依據實驗要求調整電壓。

## 3.實驗raw data:

一、金屬元件:

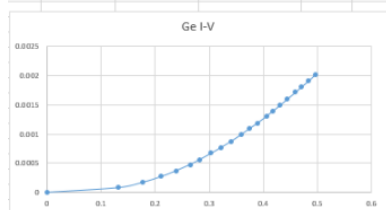
C代表Carbon layer resistor, Met代表Metallic layer resistor, NTC代表Negative Temperature Coefficient thermistor, PTC代表Positive Temperature Coefficient thermistor。

	CuNi	Cu	C	Met	NTC	PTC
袋溫	Ohm	Ohm	Ohm	Ohm	Ohm	Ohm
27.7	171	357	997	995	873	49
35.7	170	367	997	995	660	54
40.3	169	373	997	995	563	60
48.3	215	385	996	995	425	79
51	167	388	997	995	390	89
53.3	196	408	1031	1037	403	116
55.5	168	396	998	996	336	118
58	166	398	997	995	309	139
60.7	165	402	996	995	283	174
63	165	405	996	995	264	222
65.5	164	408	996	995	244	317
70.8	163	415	996	995	209	737
75.7	163	423	997	995	180	1741
80.9	162	429	996	995	155	4220

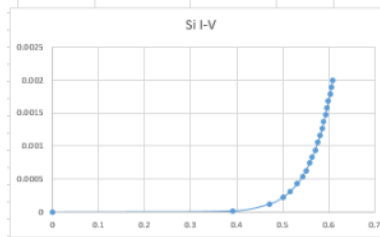
## 二、半導體元件：

(1)  $29^{\circ}\text{C}$  :

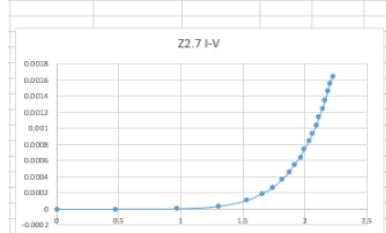
水温	29			
室温	27.7			
Ge				
電源跨壓	二極體跨壓(v)	電流	電阻	
0	0	0	4700	
0.52	0.132	8.25532E-05	4700	
1	0.177	0.000175106	4700	
1.5	0.211	0.000274255	4700	
1.99	0.288	0.000372266	4700	
2.52	0.264	0.00048	4700	
2.94	0.282	0.000565532	4700	
3.47	0.305	0.00067983	4700	
3.97	0.322	0.00077617	4700	
4.47	0.34	0.000878728	4700	
5.02	0.358	0.000991915	4700	
5.54	0.374	0.001099149	4700	
5.97	0.388	0.00118766	4700	
6.55	0.405	0.001307447	4700	
6.99	0.417	0.001398511	4700	
7.48	0.431	0.001499787	4700	
7.99	0.444	0.001605532	4700	
8.54	0.459	0.001719662	4700	
8.99	0.47	0.001812766	4700	
9.47	0.483	0.001912128	4700	
10.03	0.496	0.00208511	4700	



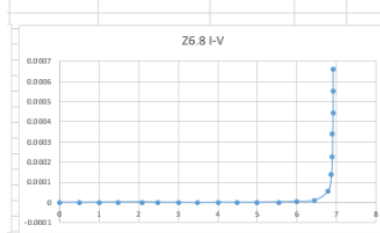
水温	29			
室温	27.7			
Si				
電源跨壓	二極體跨壓(v)	電流	電阻	
0	0	0	4700	
0.47	0.392	1.65957E-05	4700	
1.08	0.471	0.000118996	4700	
1.55	0.5	0.00022404	4700	
1.99	0.516	0.000313617	4700	
2.52	0.531	0.000425191	4700	
3.08	0.542	0.000529962	4700	
3.5	0.55	0.00062766	4700	
4.08	0.558	0.000738728	4700	
4.47	0.564	0.000831064	4700	
4.97	0.57	0.00099617	4700	
5.51	0.576	0.001049787	4700	
6.08	0.581	0.001159962	4700	
6.52	0.585	0.001262766	4700	
7	0.589	0.001364048	4700	
7.49	0.593	0.001467447	4700	
8.01	0.596	0.001577447	4700	
8.47	0.599	0.001674681	4700	
9.08	0.603	0.001792999	4700	
9.48	0.605	0.001888298	4700	
10.01	0.608	0.002000426	4700	



水温	29			
室温	27.7			
Z2.7				
電源跨壓	二極體跨壓(V)	電流	電阻	
0	0	0	4700	
0.47	0.47	0	4700	
0.99	0.97	4.25532E-06	4700	
1.45	1.3	3.19149E-05	4700	
2.04	1.53	0.000108511	4700	
2.55	1.65	0.000191489	4700	
3	1.74	0.000268085	4700	
3.53	1.81	0.00036997	4700	
4.03	1.87	0.00049574	4700	
4.51	1.91	0.000553191	4700	
4.99	1.96	0.000644681	4700	
5.48	1.99	0.000742553	4700	
6.01	2.03	0.000846809	4700	
6.48	2.06	0.000940426	4700	
6.98	2.09	0.001040426	4700	
7.48	2.11	0.001142553	4700	
8.03	2.14	0.001253191	4700	
8.49	2.16	0.00136809	4700	
9.07	2.18	0.00146997	4700	
9.54	2.2	0.001561702	4700	
9.98	2.22	0.001651064	4700	

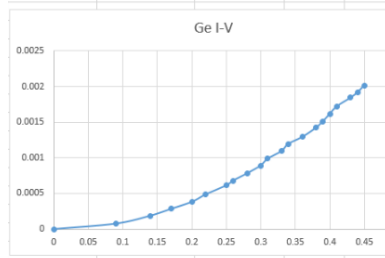


水温	29			
室温	27.7			
Z6.8				
電源跨壓	二極體跨壓(v)	電流	電阻	
0	0	0	4700	
0.508	0.508	0	4700	
1.001	0.998	6.38298E-07	4700	
1.483	1.478	1.06383E-06	4700	
2.09	2.08	2.12766E-06	4700	
2.48	2.48	0	4700	
3	3	0	4700	
3.48	3.49	-2.12766E-06	4700	
4.01	4.01	0	4700	
4.49	4.49	0	4700	
4.98	4.98	0	4700	
5.55	5.54	2.12766E-06	4700	
6	5.98	4.25532E-06	4700	
6.5	6.45	1.06383E-05	4700	
7.06	6.79	5.74468E-05	4700	
7.52	6.87	0.000138298	4700	
7.96	6.89	0.00022766	4700	
8.49	6.9	0.00038298	4700	
9	6.91	0.000444681	4700	
9.5	6.91	0.000551064	4700	
10.01	6.91	0.00069574	4700	

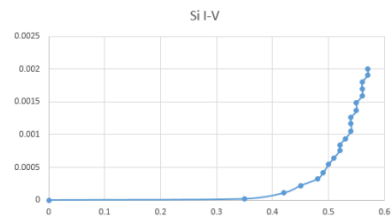


(2)  $45^{\circ}\text{C}$  :

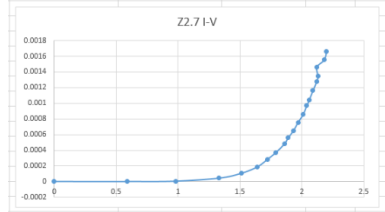
水溫	44.8		
袋溫	45.3		
Ge			
電源跨壓	二極體跨壓(v)	電流	電阻
0	0	0	4700
0.452	0.09	7.70213E-05	4700
1.022	0.14	0.00018766	4700
1.5	0.17	0.000282979	4700
1.99	0.2	0.000380851	4700
2.5	0.22	0.000485106	4700
3.13	0.25	0.000612766	4700
3.45	0.26	0.000678723	4700
3.95	0.28	0.000780851	4700
4.49	0.3	0.000891489	4700
4.95	0.31	0.000987234	4700
5.47	0.33	0.001093617	4700
5.96	0.34	0.001195745	4700
6.43	0.36	0.001291489	4700
7.06	0.38	0.001421277	4700
7.49	0.39	0.001510638	4700
7.99	0.4	0.001614894	4700
8.49	0.41	0.001719149	4700
9.09	0.43	0.001842553	4700
9.44	0.44	0.001914894	4700
9.93	0.45	0.002017021	4700



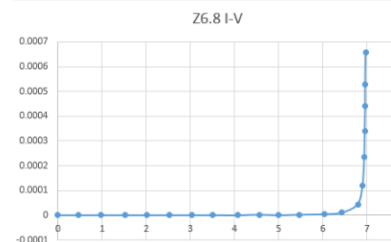
水溫	44.8		
袋溫	45.3		
Si			
電源跨壓	二極體跨壓(v)	電流	電阻
0	0	0	4700
0.44	0.35	1.91489E-05	4700
0.94	0.42	0.000110638	4700
1.49	0.45	0.000221277	4700
2	0.48	0.000323404	4700
2.43	0.49	0.000412766	4700
3.07	0.5	0.000546809	4700
3.55	0.51	0.000646809	4700
4.09	0.52	0.000759574	4700
4.49	0.52	0.000844681	4700
4.95	0.53	0.000940426	4700
5.51	0.54	0.001057447	4700
6.03	0.54	0.001168085	4700
6.47	0.54	0.001261702	4700
6.97	0.55	0.001365957	4700
7.52	0.55	0.001482979	4700
8.06	0.56	0.001595745	4700
8.54	0.56	0.001697872	4700
9.05	0.56	0.001806383	4700
9.55	0.57	0.001910638	4700
9.98	0.57	0.002002128	4700



水溫	44.8		
袋溫	45.3		
Z2.7			
電源跨壓	二極體跨壓(v)	電流	電阻
0	0	0	4700
0.59	0.59	0	4700
1	0.98	4.25532E-06	4700
1.53	1.33	4.25532E-05	4700
2	1.51	0.000104255	4700
2.52	1.64	0.000187234	4700
3.04	1.72	0.000280851	4700
3.53	1.79	0.000370213	4700
4.13	1.86	0.000482979	4700
4.52	1.89	0.000559574	4700
4.96	1.93	0.000644681	4700
5.53	1.97	0.000757447	4700
6.03	2.01	0.000855319	4700
6.6	2.04	0.000970213	4700
6.97	2.06	0.001044681	4700
7.56	2.09	0.00116383	4700
8.13	2.12	0.001278723	4700
8.46	2.13	0.001346809	4700
9	2.12	0.00146383	4700
9.48	2.18	0.001553191	4700
10	2.2	0.001659574	4700

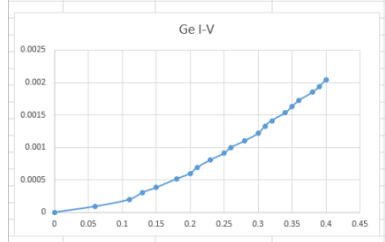


水溫	44.8		
袋溫	45.3		
Z6.8			
電源跨壓	二極體跨壓(v)	電流	電阻
0	0	0	4700
0.46	0.46	0	4700
0.98	0.98	0	4700
1.53	1.53	0	4700
2.02	2.02	0	4700
2.53	2.53	0	4700
3.03	3.03	0	4700
3.5	3.5	0	4700
4.08	4.08	0	4700
4.57	4.56	2.12766E-06	4700
5	5	0	4700
5.48	5.47	2.12766E-06	4700
6.06	6.04	4.25532E-06	4700
6.48	6.43	1.06383E-05	4700
7	6.79	4.46809E-05	4700
7.47	6.9	0.000121277	4700
8.05	6.94	0.00023617	4700
8.55	6.95	0.000340426	4700
9.04	6.96	0.000442553	4700
9.45	6.96	0.000529787	4700

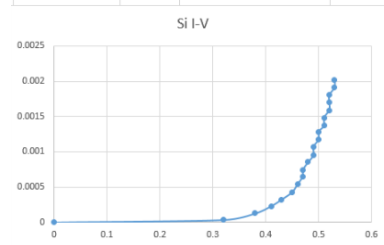


(3)  $65^{\circ}\text{C}$  :

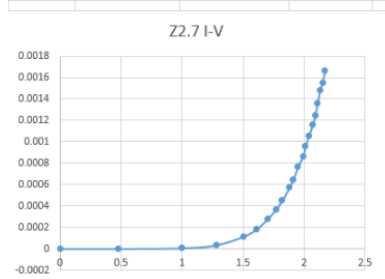
水溫	65.1		
袋溫	65.5		
Ge			
電源跨壓	二極體跨壓(v)	電流	電阻
0	0	0	4700
0.48	0.06	8.93617E-05	4700
1.03	0.11	0.000195745	4700
1.56	0.13	0.000304255	4700
1.94	0.15	0.000380851	4700
2.59	0.18	0.000512766	4700
3.01	0.2	0.000597872	4700
3.44	0.21	0.000687234	4700
4.02	0.23	0.000806383	4700
4.52	0.25	0.000908511	4700
4.95	0.26	0.000997872	4700
5.44	0.28	0.001097872	4700
6.01	0.3	0.001214894	4700
6.55	0.31	0.00132766	4700
6.96	0.32	0.001412766	4700
7.54	0.34	0.001531915	4700
7.99	0.35	0.001625532	4700
8.45	0.36	0.001721277	4700
9.07	0.38	0.001848936	4700
9.48	0.39	0.001934043	4700
10.02	0.4	0.002046809	4700



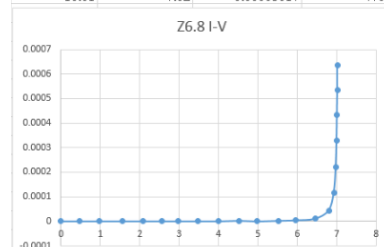
水溫	65.1		
袋溫	65.5		
Si			
電源跨壓	二極體跨壓(v)	電流	電阻
0	0	0	4700
0.48	0.32	3.40426E-05	4700
0.98	0.38	0.00012766	4700
1.49	0.41	0.000229787	4700
1.95	0.43	0.000323404	4700
2.47	0.45	0.000429787	4700
3.01	0.46	0.000542553	4700
3.53	0.47	0.000651064	4700
3.96	0.47	0.000742553	4700
4.49	0.48	0.000853191	4700
4.96	0.49	0.000951064	4700
5.53	0.49	0.00107234	4700
6.02	0.5	0.001174468	4700
6.54	0.5	0.001285106	4700
6.94	0.51	0.001368085	4700
7.48	0.51	0.001482979	4700
7.99	0.52	0.001589362	4700
8.52	0.52	0.001702128	4700
9	0.52	0.001804255	4700
9.51	0.53	0.001910638	4700
10.03	0.53	0.002021277	4700



水溫	65.1		
袋溫	65.5		
Z2.7			
電源跨壓	二極體跨壓(v)	電流	電阻
0	0	0	4700
0.48	0.48	0	4700
1.03	1	6.38298E-06	4700
1.44	1.28	3.40426E-05	4700
2.03	1.5	0.000112766	4700
2.46	1.61	0.000180851	4700
3	1.7	0.000276596	4700
3.49	1.77	0.000365957	4700
3.94	1.82	0.000451064	4700
4.57	1.88	0.00057234	4700
4.95	1.91	0.000646809	4700
5.54	1.95	0.00076383	4700
6.05	1.99	0.00086383	4700
6.52	2.01	0.000959574	4700
7.01	2.04	0.001057447	4700
7.51	2.07	0.001157447	4700
7.95	2.09	0.001246809	4700
8.49	2.11	0.001357447	4700
9.08	2.13	0.001478723	4700
9.46	2.15	0.001555319	4700
9.99	2.17	0.00166383	4700

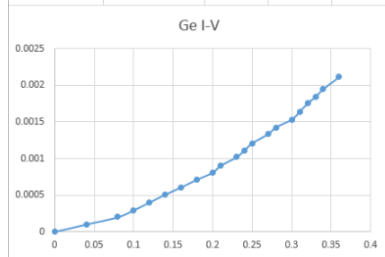


水溫	65.1		
袋溫	65.5		
Z6.8			
電源跨壓	二極體跨壓(v)	電流	電阻
0	0	0	4700
0.47	0.47	0	4700
0.98	0.98	0	4700
1.56	1.56	0	4700
2.09	2.09	0	4700
2.56	2.56	0	4700
2.97	2.97	0	4700
3.48	3.48	0	4700
4	4	0	4700
4.54	4.53	2.12766E-06	4700
4.98	4.98	0	4700
5.53	5.52	2.12766E-06	4700
5.97	5.95	4.25532E-06	4700
6.5	6.45	1.06383E-05	4700
7.01	6.8	4.46809E-05	4700
7.48	6.93	0.000117021	4700
8.01	6.98	0.000219149	4700
8.54	7	0.00032766	4700
9.04	7.01	0.000431915	4700
9.53	7.02	0.000534043	4700
10.01	7.02	0.00063617	4700

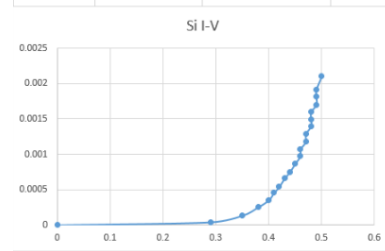


(4)  $80^{\circ}\text{C}$  :

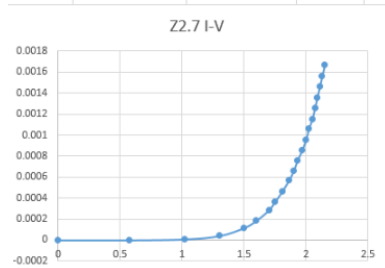
水溫	80.6		
袋溫	80.9		
Ge			
電源跨壓	二極體跨壓(v)	電流	電阻
0	0	0	4700
0.51	0.04	0.0001	4700
1.02	0.08	0.0002	4700
1.48	0.1	0.000294	4700
2	0.12	0.0004	4700
2.53	0.14	0.000509	4700
3.01	0.16	0.000606	4700
3.53	0.18	0.000713	4700
4	0.2	0.000809	4700
4.45	0.21	0.000902	4700
5.02	0.23	0.001019	4700
5.45	0.24	0.001109	4700
5.94	0.25	0.001211	4700
6.54	0.27	0.001334	4700
6.99	0.28	0.001428	4700
7.51	0.3	0.001534	4700
8.02	0.31	0.00164	4700
8.56	0.32	0.001753	4700
8.99	0.33	0.001843	4700
9.5	0.34	0.001949	4700
10.3	0.36	0.002115	4700



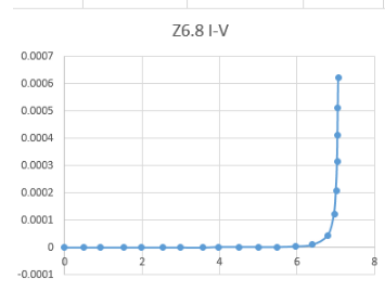
水溫	80.6		
袋溫	80.9		
Si			
電源跨壓	二極體跨壓(v)	電流	電阻
0	0	0	4700
0.48	0.29	4.04255E-05	4700
0.98	0.35	0.000134043	4700
1.56	0.38	0.000251064	4700
2.05	0.4	0.000351064	4700
2.55	0.41	0.000455319	4700
2.96	0.42	0.000540426	4700
3.53	0.43	0.000659574	4700
3.96	0.44	0.000748936	4700
4.53	0.45	0.000868085	4700
5.04	0.46	0.000974468	4700
5.51	0.46	0.001074468	4700
6	0.47	0.001176596	4700
6.52	0.47	0.001287234	4700
7.05	0.48	0.001397872	4700
7.5	0.48	0.001493617	4700
8	0.48	0.0016	4700
8.49	0.49	0.001702128	4700
9.02	0.49	0.001814894	4700
9.5	0.49	0.001917021	4700
10.4	0.5	0.002106383	4700



水溫	80.6		
袋溫	80.9		
Z2.7			
電源跨壓	二極體跨壓(v)	電流	電阻
0	0	0	4700
0.57	0.57	0	4700
1.06	1.02	8.51064E-06	4700
1.49	1.3	4.04255E-05	4700
2.05	1.5	0.000117021	4700
2.48	1.6	0.000187234	4700
3.05	1.7	0.000287234	4700
3.48	1.75	0.000368085	4700
4.01	1.81	0.000468085	4700
4.53	1.86	0.000568085	4700
5.01	1.9	0.000661702	4700
5.51	1.93	0.000761702	4700
6.01	1.97	0.000859574	4700
6.51	2	0.000959574	4700
7	2.02	0.001059574	4700
7.47	2.05	0.001153191	4700
8	2.07	0.001261702	4700
8.48	2.09	0.001359574	4700
9	2.11	0.001465957	4700
9.49	2.13	0.001565957	4700
9.99	2.15	0.001668085	4700



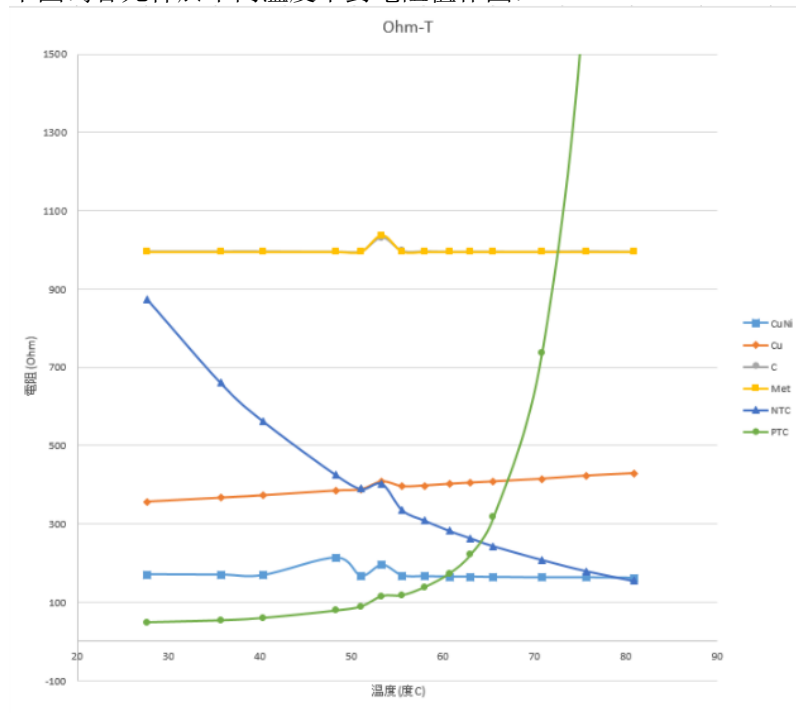
水溫	80.6		
袋溫	80.9		
Z6.8			
電源跨壓	二極體跨壓(v)	電流	電阻
0	0	0	4700
0.49	0.49	0	4700
0.93	0.93	0	4700
1.54	1.54	0	4700
1.99	1.99	0	4700
2.53	2.53	0	4700
3	3	0	4700
3.58	3.58	0	4700
3.99	3.98	2.12766E-06	4700
4.52	4.51	2.12766E-06	4700
5.02	5.01	2.12766E-06	4700
5.49	5.48	2.12766E-06	4700
5.98	5.96	4.25532E-06	4700
6.45	6.4	1.06383E-05	4700
7.01	6.8	4.46809E-05	4700
7.53	6.96	0.000121277	4700
7.99	7.01	0.000208511	4700
8.52	7.04	0.000314894	4700
8.99	7.05	0.000412766	4700
9.47	7.06	0.000512766	4700
10	7.07	0.000623404	4700



#### 4. 資料分析數據整理：

##### 一、金屬元件：

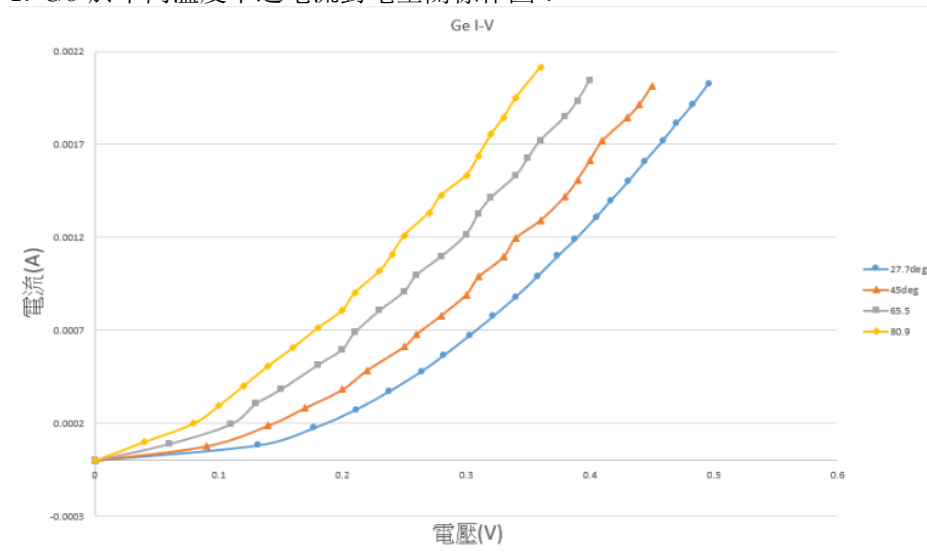
下圖為各元件於不同溫度下對電阻值作圖：



由圖中可以看到， $Cu$ 、 $CuNi$ 、 $Met$ 、 $C$ 圖形大致成線性，此結果符合資料中  $\alpha$  大致於  $10^{-3}$  以下。而  $PTC$ 、 $NTC$  則維持指數關係， $\alpha$  較大，亦符合理論值所預期。

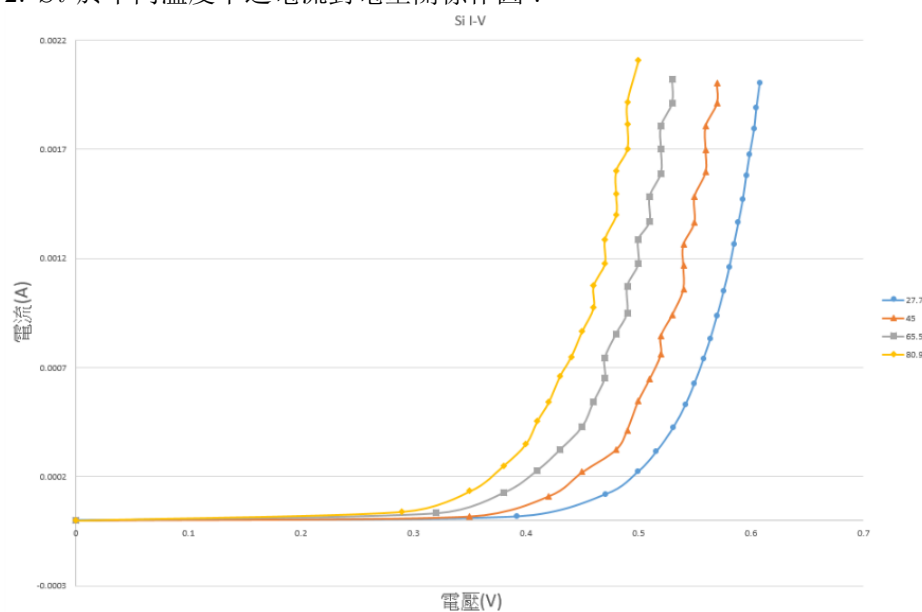
##### 二、半導體元件：

##### 1. $Ge$ 於不同溫度下之電流對電壓關係作圖：



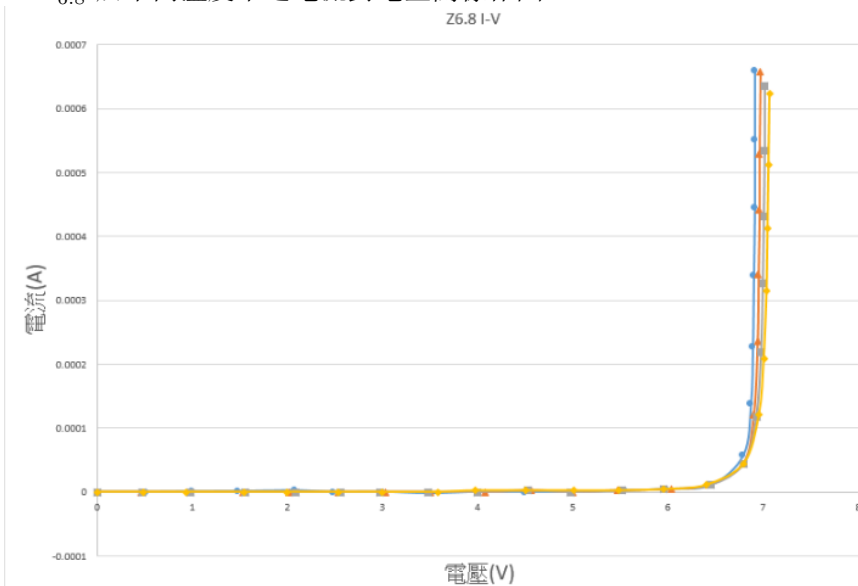
由圖中可以看到鎢隨著溫度升高，曲線會漸漸向左移動，即在相同電壓下，越高溫會使鎢中帶電載子數增加，使之能產生較低溫時為大的電流，並且使的曲線切線斜率(即電導) $I/V$ 變大。

## 2. Si 於不同溫度下之電流對電壓關係作圖：

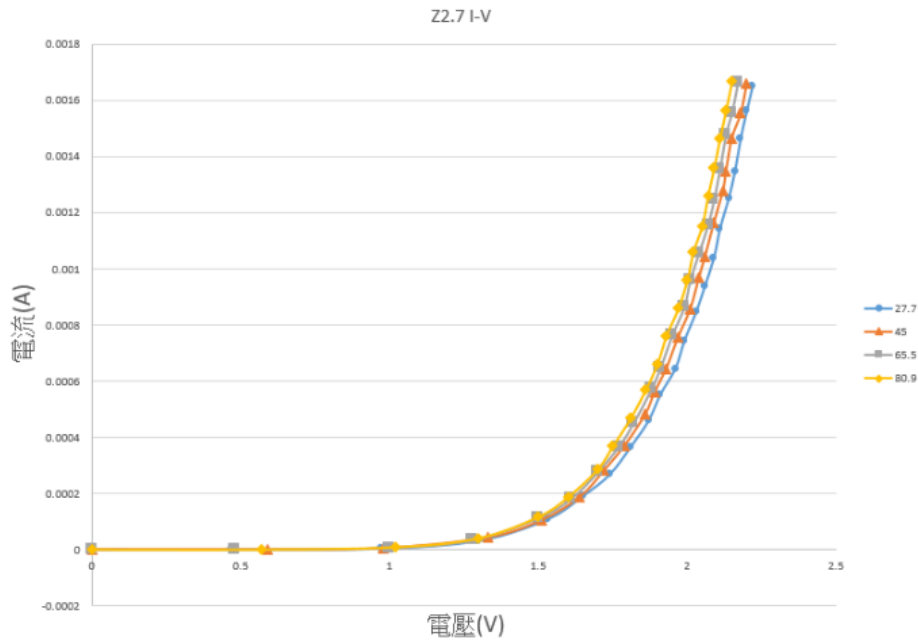


由圖中可以看到矽隨著溫度升高，曲線會漸漸向左移動，即在相同電壓下，越高溫會使矽中帶電載子數增加，使之能產生較低溫時為大的電流，並且使的曲線切線斜率(即電導) $I/V$ 變大。此趨勢結果與鍺相近，不過矽較鍺切線斜率更大，即在相同電流、相同溫度的情況下矽電壓較鍺為大。此一現象可從元素週期表上得到解釋，矽與鍺同是 $IV A$ 族元素，而矽之原子序較鍺小一個週期，因此在相同電流、相同溫度的情況下矽電壓較鍺為大。

## 3. $Z_{6.8}$ 於不同溫度下之電流對電壓關係作圖：



#### 4. $Z_{2.7}$ 於不同溫度下之電流對電壓關係作圖：



我們將3.和4.一同相互比較。所謂的Z所指的是Zener diode,  $Z_{6.8}$  猜測即為崩潰電壓約莫在6.8V的Zener diode, 而 $Z_{2.7}$  猜測即為崩潰電壓約莫在2.7V的Zener diode。從上2圖可以得知,  $Z_{6.8}$  的崩潰電壓大約在於6.8V左右, 並隨溫度上升而增大, 因此可知  $Z_{6.8}$  是由avalanche effect所產生; 而 $Z_{2.7}$ 的崩潰電壓大約從1.5V左右開始一路到2.5V左右傾斜趨勢都尚未停歇, 假設Zener diode  $Z_{2.7}$ 之崩潰電壓中心點在2.7V, 則預計其崩潰電壓之極大值大約在4V左右, 並隨溫度上升而減小, 因此可知  $Z_{2.7}$  是由Zener effect所產生。

#### 5.分析結果與誤差來源討論：

(1) 於金屬元件的數據中, 在 $53.3^{\circ}\text{C}$  所有元件均有向上突起的小型peak, 此peak破壞理論上應該線性的 $Ohm-T$  線性關係, 依照推論有可能是在那時水溫和袋溫並未達到熱平衡所致。

#### 6.Reference:

(1) e3上之實驗講義, "Transport Measurements", 2018

#### 7.組員貢獻分布:

所有實驗與結報數據分析討論均是我們同組2人共同完成。

(此次結報之 L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X 格式繕打為 0412107 陳麒升負責)