



**Universität
Zürich^{UZH}**

Praktikumsbericht Festkörperphysik

Widerstandsmessung am Halbleiter

Nora Salgo, Manuel Sommerhalder, Fabian Stäger

Assistent: Kay Waltar

27. Juni 2017

1 Aufbau

1.1 Thermoelement

Ein Thermoelement besteht aus einem Stromkreis mit zwei verschiedenen Metallen A und B. Wenn zwischen den Kontaktstellen eine Temperaturdifferenz existiert, entsteht gemäss dem Seebeck-Effekt eine elektrische Spannung

$$U = \int_{T_1}^{T_2} S_B(T) - S_A(T) dT$$

wobei die Seebeck-Koeffizienten S_A und S_B temperaturabhängige Materialeigenschaften mit der Einheit V/K sind. Mithilfe einer Spannungstabelle (siehe Anhang) kann der gemessenen Spannung eine Temperatur zugeordnet werden. In diesem Experiment wurde ein NiCr-Ni-Thermoelement verwendet.

1.2 Vierpunkt-Widerstandsmessung

Um den Widerstand der Probe möglichst genau zu messen, wird die Vierpunkt-Methode verwendet. Dabei fliesst über zwei der Leitungen ein bekannter Strom durch den Widerstand. Der Spannungsabfall am Widerstand wird über zwei weitere Leitungen abgegriffen. Der Widerstand kann dann mithilfe des Ohmschen Gesetzes berechnet werden.

2 Messdaten

2.1 Temperaturverlauf

Während dem Versuch wurde die Temperatur in der Heizspule und an der Probe gemessen. In Figur 1 ist ersichtlich, dass die Probertemperatur der Reglertemperatur im Aufwärmprozess hinterherhinkt. Für die Auswertung wird nur die Probertemperatur berücksichtigt.

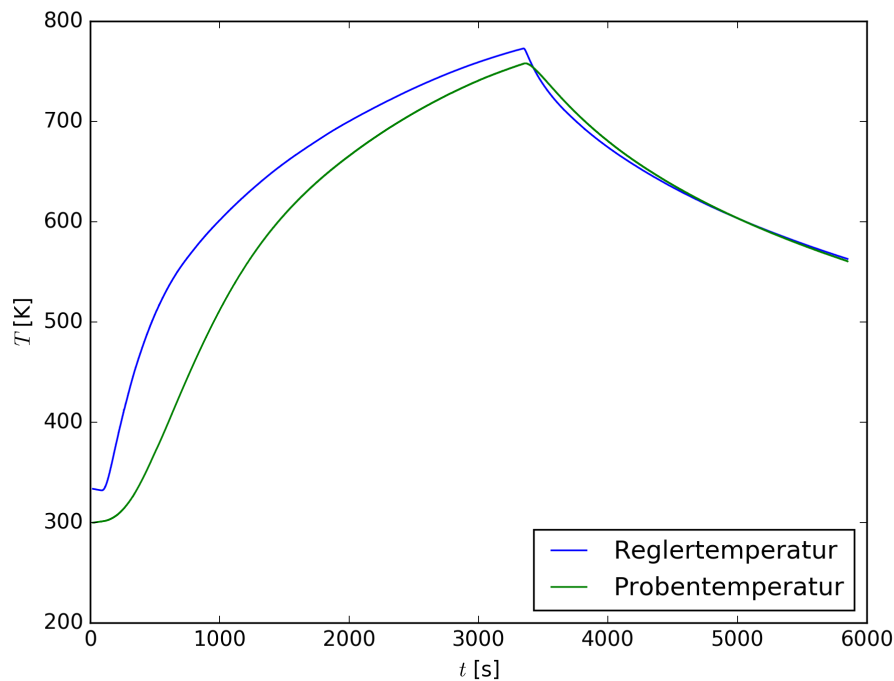


Abbildung 1: Temperaturverlauf über die Zeit

2.2 Temperaturabhängigkeit des Widerstands

Die Siliziumprobe wurde zuerst auf 500°C erwärmt und dann wieder auf Raumtemperatur abgekühlt. Während dem ganzen Prozess wurde der Widerstand mit der Vierpunkt-Messmethode ermittelt. In der Skizze (Figur 2) ist ersichtlich, dass der Widerstandsverlauf bei Aufwärm- (blau) und Abkühlprozess (grün) leicht unterschiedlich ausfällt.

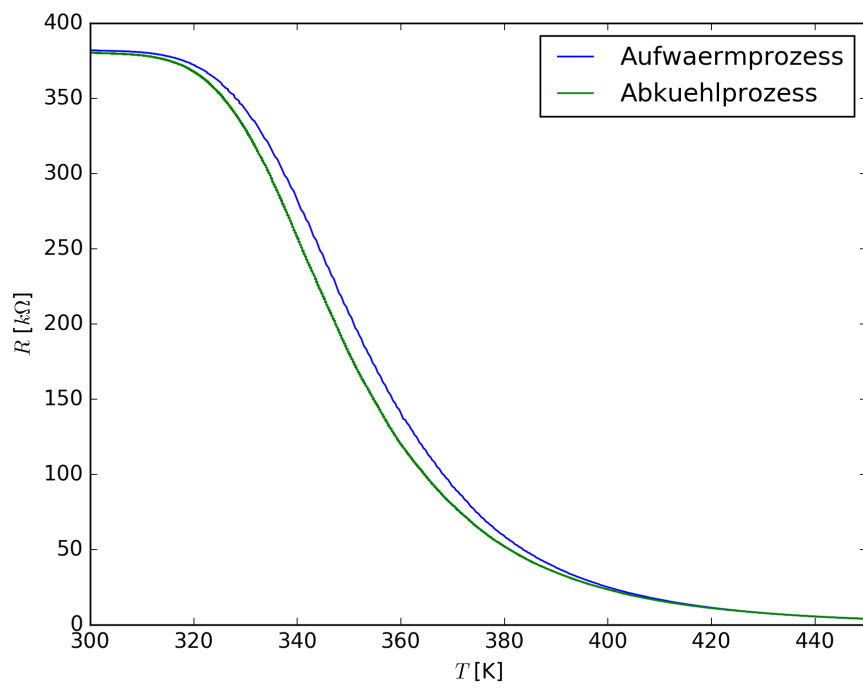


Abbildung 2: Widerstand des Halbleiters

3 Anhang

3.1 Spannungstabelle Thermoelement

NiCr-Ni					NiCrSi-NiSi								
Typ K DINIEC			Typ N DIN43722			Diff. Typ N in K zuTyp K	Typ K DINIEC			Typ N DIN43722			Diff. Typ N in K zuTyp K
Tol. KI1 1.5 K o. 0.004t +/-K	Tol. KI2 2.5 K o. 0.0075t +/-K	mV	Tol. KI1 1.5 K o. 0.004t +/-K	Tol. KI2 2.5 K o. 0.0075t +/-K	mV		Tol. KI1 1.5 K o. 0.004t +/-K	Tol. KI2 2.5 K o. 0.0075t +/-K	mV				
-270	1.5	2.5	6.458	1.5	2.5	-2.407	1.5	2.5	6.137	1.5	2.5	4.301	44.78
-100	1.5	2.5	-3.553	1.5	2.5		1.5	2.5	6.539	1.5	2.5		
-50	1.5	2.5	-1.889	1.5	2.5		1.5	2.5	7.338	1.5	2.5		
-40	1.5	2.5	-1.527	1.5	2.5	-1.268	1.5	2.5	8.137	1.5	2.5	5.912	54.27
-30	1.5	2.5	-1.156	1.5	2.5		1.5	2.5	8.938	1.5	2.5		
-25	1.5	2.5	-0.968	1.5	2.5		1.5	2.5	9.745	1.5	2.5		
-20	1.5	2.5	-0.777	1.5	2.5		1.5	2.5	10.151	1.5	2.5	7.596	62.32
-15	1.5	2.5	-0.585	1.5	2.5		1.5	2.5	10.560	1.5	2.5		
-10	1.5	2.5	-0.392	1.5	2.5		1.5	2.5	11.381	1.5	2.5		
-5	1.5	2.5	-0.197	1.5	2.5		1.5	2.5	12.207	1.5	2.5	9.340	69.93
0°	1.5	2.5	0.000	1.5	2.5	0.000	1.5	2.5	13.247	1.5	2.5		
5	1.5	2.5	0.198	1.5	2.5		1.5	2.5	14.292	1.5	2.5	11.135	75.17
10	1.5	2.5	0.397	1.5	2.5		1.5	2.8	15.342	1.5	2.5		
15	1.5	2.5	0.597	1.5	2.5		1.6	3.0	16.395	1.6	3.0	12.972	81.50
20	1.5	2.5	0.798	1.5	2.5		1.8	3.4	18.513	1.8	3.4	14.844	85.33
25	1.5	2.5	1.000	1.5	2.5		2.0	3.8	20.640	2.0	3.8	16.744	90.60
30	1.5	2.5	1.203	1.5	2.5		2.2	4.1	22.772	2.2	4.1	18.668	95.44
35	1.5	2.5	1.407	1.5	2.5		2.4	4.5	24.902	2.4	4.5	20.609	99.84
40	1.5	2.5	1.611	1.5	2.5		2.6	4.9	27.022	2.6	4.9	22.564	106.14
45	1.5	2.5	1.817	1.5	2.5		2.8	5.3	29.128	2.8	5.3	24.526	109.57
50	1.5	2.5	2.022	1.5	2.5	1.339	3.0	5.6	31.214	3.0	5.6	26.491	112.45
60	1.5	2.5	2.436	1.5	2.5		3.2	6.0	33.277	3.2	6.0	28.456	117.59
70	1.5	2.5	2.850	1.5	2.5		3.4	6.4	35.314	3.4	6.4	30.417	122.43
75	1.5	2.5	3.058	1.5	2.5		3.6	6.8	37.325	3.6	6.8	32.370	123.88
80	1.5	2.5	3.266	1.5	2.5		3.8	7.1	39.310	3.8	7.1	34.315	128.08
90	1.5	2.5	3.681	1.5	2.5		4.0	7.5	41.269	4.0	7.5	36.248	128.74
95	1.5	2.5	3.888	1.5	2.5		4.4	8.3	45.108	4.4	8.3	40.076	132.42
100	1.5	2.5	4.095	1.5	2.5	2.774	4.8	9.0	48.828	4.8	9.0	43.836	138.67
120	1.5	2.5	4.919	1.5	2.5		5.2	9.8	52.398	5.2	9.8	47.502	139.89
140	1.5	2.5	5.733	1.5	2.5		5.5	10.3	54.807	5.5	10.3		

NiCr-Ni					NiCrSi-NiSi								
Typ K DINIEC			Typ N DIN43722			Diff. Typ N in K zuTyp K	Typ K DINIEC			Typ N DIN43722			Diff. Typ N in K zuTyp K
Tol. KI1 1.5 K o. 0.004t +/-K	Tol. KI2 2.5 K o. 0.0075t +/-K	mV	Tol. KI1 1.5 K o. 0.004t +/-K	Tol. KI2 2.5 K o. 0.0075t +/-K	mV		Tol. KI1 1.5 K o. 0.004t +/-K	Tol. KI2 2.5 K o. 0.0075t +/-K	mV				
1.5	2.5	6.137	1.5	2.5	4.301	44.78	1.5	2.5					
1.5	2.5	6.539	1.5	2.5			1.5	2.5					
1.5	2.5	7.338	1.5	2.5			1.5	2.5					
1.5	2.5	8.137	1.5	2.5	5.912	54.27	1.5	2.5					
1.5	2.5	8.938	1.5	2.5			1.5	2.5					
1.5	2.5	9.745	1.5	2.5			1.5	2.5					
1.5	2.5	10.151	1.5	2.5	7.596	62.32	1.5	2.5					
1.5	2.5	10.560	1.5	2.5			1.5	2.5					
1.5	2.5	11.381	1.5	2.5			1.5	2.5					
1.5	2.5	12.207	1.5	2.5	9.340	69.93	1.5	2.5					
1.5	2.5	13.247	1.5	2.5			1.5	2.5					
1.5	2.5	14.292	1.5	2.5	11.135	75.17	1.5	2.5					
1.5	2.8	15.342	1.5	2.5			1.5	2.5					
1.6	3.0	16.395	1.6	3.0	12.972	81.50	1.6	3.0	12.972				
1.8	3.4	18.513	1.8	3.4	14.844	85.33	1.8	3.4	14.844				
2.0	3.8	20.640	2.0	3.8	16.744	90.60	2.0	3.8	16.744				
2.2	4.1	22.772	2.2	4.1	18.668	95.44	2.2	4.1	18.668				
2.4	4.5	24.902	2.4	4.5	20.609	99.84	2.4	4.5	20.609				
2.6	4.9	27.022	2.6	4.9	22.564	106.14	2.6	4.9	22.564				
2.8	5.3	29.128	2.8	5.3	24.526	109.57	2.8	5.3	24.526				
3.0	5.6	31.214	3.0	5.6	26.491	112.45	3.0	5.6	26.491				
3.2	6.0	33.277	3.2	6.0	28.456	117.59	3.2	6.0	28.456				
3.4	6.4	35.314	3.4	6.4	30.417	122.43	3.4	6.4	30.417				
3.6	6.8	37.325	3.6	6.8	32.370	123.88	3.6	6.8	32.370				
3.8	7.1	39.310	3.8	7.1	34.315	128.08	3.8	7.1	34.315				
4.0	7.5	41.269	4.0	7.5	36.248	128.74	4.0	7.5	36.248				
4.4	8.3	45.108	4.4	8.3	40.076	132.42	4.4	8.3	40.076				
4.8	9.0	48.828	4.8	9.0	43.836	138.67	4.8	9.0	43.836				
5.2	9.8	52.398	5.2	9.8	47.502	139.89	5.2	9.8	47.502				
5.5	10.3	54.807	5.5	10.3			5.5	10.3					

Als Bezugspunkt wird in dieser Tabelle die Vergleichsstellentemperatur $T_0 = 0^\circ\text{C}$ verwendet. Für die Messung bei Raumtemperatur $T_R \approx 26^\circ\text{C}$ muss dies entsprechend kompensiert werden:

$$U_{th} = U_1 \left(1 - \frac{T_0}{T_R}\right)$$