

Laboratorium Fizyki Ciała Stałego	4	Badanie oporu w funkcji temperatury (metale, półprzewodniki)	Zespół w składzie: 1. Paweł Rzońca 2. Paweł Koziół 3. Agata Sławska
Wydział: WFiIS	Kierunek: Fizyka Techniczna	Rok: 3	
Data wykonania: 22.10.2015	Data oddania: 5.11.2015	Ocena:	

Aparatura i metodyka

Aparatura

W ćwiczeniu wykorzystaliśmy:

- Multimetry ustawione na wyznaczanie oporu próbek półprzewodników (Ge oraz InSb).
- Wzorcowy opornik platynowy podłączony do ommomierza.
- Szklany kriostat, w którym umieszczono próbki półprzewodników.
- Pompę odpompowującą powietrze z kriostatu.
- Ciekły azot nalany do termosy, w którym zanurzano kriostat.
- Grzałka elektryczna, której moc regulowano pokrętelem, a którą używano do ogrzewania kriostatu.

Przeprowadzenie ćwiczenia

1. Ustawiono odpowiedni zakres ommomierzy.
2. Odpompowano powietrze z kriostatu.
3. Nalano ciekły azot do termosy i zanurzono w nim kriostat.
4. W czasie oczekiwania na odpowiednie schłodzenie próbki (38 omów na wzorcowym platynowym oporniku) wykreślono krzywą umożliwiającą zamianę wskazań ommomierza podłączonego do platyny na temperaturę.
5. Po uzyskaniu odpowiedniej temperatury włączono grzałkę i rozpoczęto pomiary oporu poszczególnych próbek w funkcji oporu platynowego opornika.
6. Wyniki zapisywano do momentu uzyskania oporu platyny równego 130 omów.

Opracowanie wyników

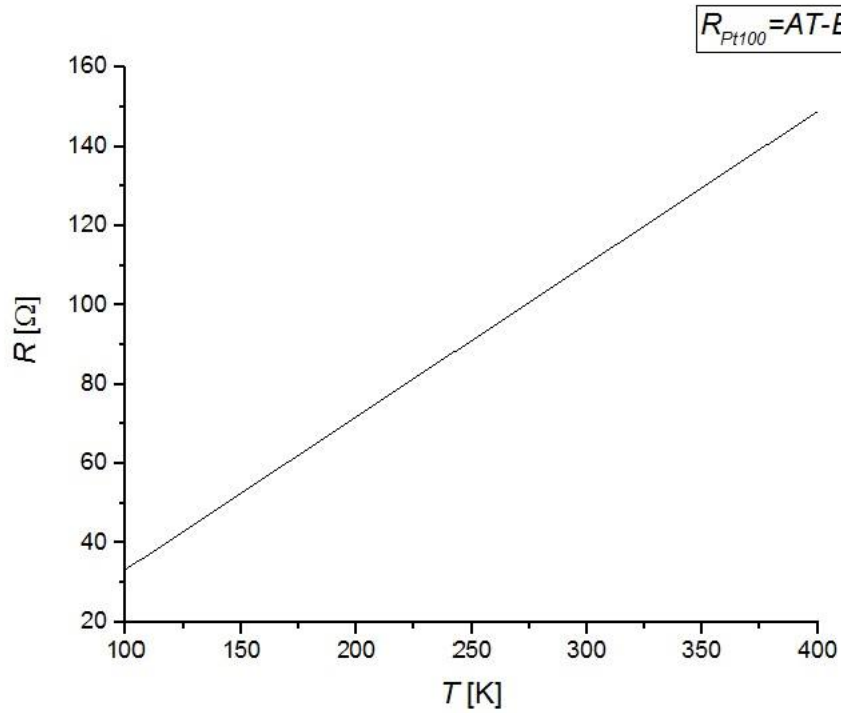
A. Temperaturowa zależność oporu elektrycznego dla wzorcowego termometru platynowego

W zakresie temperatur od ok. 40 K do 1400 K opór platyny zmienia się liniowo wraz z temperaturą co częściowo przedstawiono na wykresie 1.

Zależność tę można wyrazić za pomocą wzoru:

$$R_{Pt\ 100}(T) = A \cdot T - B \quad (1)$$

Rysunek 1: Wykres zależności oporu platyny $R_{Pt\ 100}$ według wzoru 1, w zakresie temperatur od 100 K do 400 K.



B. Zależność oporu półprzewodników od temperatury, szerokość pasma wzbronionego

Do poniższej tabeli wpisano wyniki pomiarów dla badanych próbek. Następnie przeliczono opór termometru platynowego na temperaturę w Kelwinach (korzystając z charakterystyki termometru platynowego 1) i obliczono jej odwrotność. Wyznaczono również przewodność badanych próbek oraz ich logarytm naturalny. W oparciu o te dane sporządzono wykresy (2, 3) przedstawiające zależność logarytmu naturalnego od odwrotności temperatury dla obu badanych materiałów.

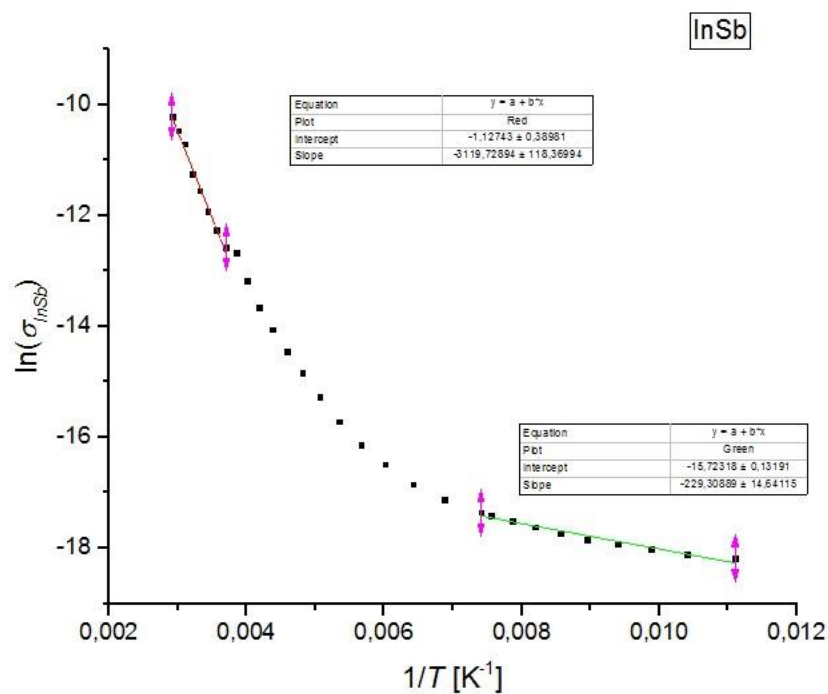
Na każdym z wykresów dopasowano funkcję liniową (dla $InSb$ w dwu zakresach). Na podstawie uzyskanych współczynników nachylenia prostych, A , korzystając z zależności 2 obliczono szerokości pasma wzbronionego ΔE_G oraz przerwy domieszkowej ΔE_D w $InSb$ oraz ΔE_G termistora.

$$A = |\Delta E / k_B| \quad (2)$$

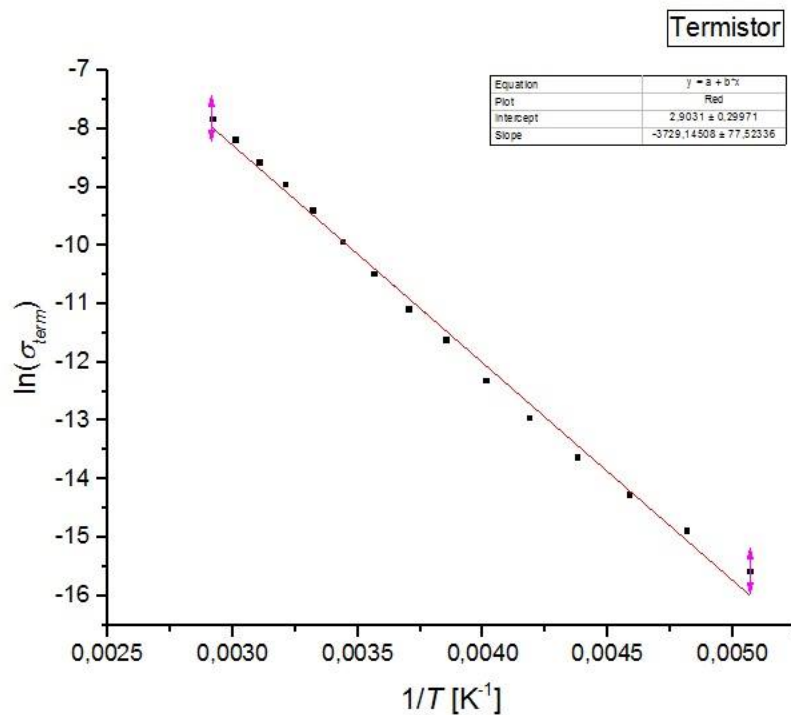
gdzie

$$k_B = (8,617343 \pm 0,000015) \cdot 10^{-5} \frac{\text{eV}}{\text{K}} \quad [\text{Źr. [1]}]$$

Rysunek 2: Wykres logarytmu naturalnego przewodności od odwrotności temperatury dla *InSb*



Rysunek 3: Wykres logarytmu naturalnego przewodności od odwrotności temperatury dla termistora



Podsumowanie

Uzyskano następujące wyniki szerokości pasma wzbronionego ΔE_G oraz przerwy domieszkowej ΔE_D w *InSb* oraz ΔE_G termistora:

$$\begin{aligned} A_{1,InSb} = -3120 \pm 240[\text{K}] &\implies \Delta E_G = 0,269 \pm 0,020[\text{eV}] \\ A_{2,InSb} = -219 \pm 32[\text{K}] &\implies \Delta E_D = 0,0189 \pm 0,0028[\text{eV}] \\ A_{term} = -3729 \pm 156[\text{K}] &\implies \Delta E_{term} = 0,321 \pm 0,013[\text{eV}] \end{aligned}$$

gdzie za współczynnik rozszerzenia niepewności przyjęliśmy $k = 2$. Dla *InSb* wartości tablicowe ΔE_G wynosi

$$\Delta E_G = 0,1725 \text{ (} T = 300 \text{ K)}. \quad [\text{Źr. [2]}]$$

Rozbieżność wyniku jest duża w porównaniu do niepewności wyznaczonej z dopasowania funkcji liniowej. Może to wynikać z niedokładności odczytu oporu, która wynikała przede wszystkim z faktu, iż pomiar nie był wykonywany w stanie ustalonym.

Literatura

- [1] <http://const.physics.edu.pl/>
- [2] <http://www.ioffe.rssi.ru/SVA/NSM/Semicond/InSb/bandstr.html>

Aneks

Tabela 1: Wyniki pomiarów oraz obliczeń dla *InSb* oraz termistora.

R_{Pt100}	R_{InSb}	R_{term}	T	$1/T$	σ_{InSb}	$\ln(\sigma_{InSb})$	σ_{term}	$\ln(\sigma_{InSb})$
[Ω]	[k Ω]	[k Ω]	[K]	[K $^{-1}$]	[Ω^{-1}]		[Ω^{-1}]	
32,7	78530	-	90,09	$1,110 \cdot 10^{-2}$	$1,273 \cdot 10^{-8}$	-18,179	-	-
35	73300	-	96,06	$1,041 \cdot 10^{-2}$	$1,364 \cdot 10^{-8}$	-18,110	-	-
37	67100	-	101,25	$9,876 \cdot 10^{-3}$	$1,490 \cdot 10^{-8}$	-18,022	-	-
39	60800	-	106,45	$9,394 \cdot 10^{-3}$	$1,645 \cdot 10^{-8}$	-17,923	-	-
41	56500	-	111,64	$8,957 \cdot 10^{-3}$	$1,770 \cdot 10^{-8}$	-17,850	-	-
43	49800	-	116,84	$8,558 \cdot 10^{-3}$	$2,008 \cdot 10^{-8}$	-17,724	-	-
45	44800	-	122,03	$8,194 \cdot 10^{-3}$	$2,232 \cdot 10^{-8}$	-17,618	-	-
47	40400	-	127,23	$7,859 \cdot 10^{-3}$	$2,475 \cdot 10^{-8}$	-17,514	-	-
49	36600	-	132,42	$7,551 \cdot 10^{-3}$	$2,732 \cdot 10^{-8}$	-17,416	-	-
50	34500	-	135,02	$7,406 \cdot 10^{-3}$	$2,900 \cdot 10^{-8}$	-17,356	-	-
54	27400	-	145,41	$6,877 \cdot 10^{-3}$	$3,650 \cdot 10^{-8}$	-17,126	-	-
58	20700	-	155,80	$6,418 \cdot 10^{-3}$	$4,831 \cdot 10^{-8}$	-16,846	-	-
62	14400	-	166,19	$6,017 \cdot 10^{-3}$	$6,944 \cdot 10^{-8}$	-16,483	-	-
66	10200	-	176,58	$5,663 \cdot 10^{-3}$	$9,800 \cdot 10^{-8}$	-16,138	-	-
70	6700	-	186,97	$5,348 \cdot 10^{-3}$	$1,493 \cdot 10^{-7}$	-15,718	-	-
74	4300	5800	197,36	$5,066 \cdot 10^{-3}$	$2,326 \cdot 10^{-7}$	-15,274	$1,724 \cdot 10^{-7}$	-15,573
78	2800	2900	207,75	$4,813 \cdot 10^{-3}$	$3,571 \cdot 10^{-7}$	-14,845	$3,448 \cdot 10^{-7}$	-14,880
82	1900	1550	218,14	$4,584 \cdot 10^{-3}$	$5,263 \cdot 10^{-7}$	-14,457	$6,452 \cdot 10^{-7}$	-14,254
86	1268	820	228,53	$4,375 \cdot 10^{-3}$	$7,886 \cdot 10^{-7}$	-14,053	$1,220 \cdot 10^{-6}$	-13,617
90	853	420	238,92	$4,185 \cdot 10^{-3}$	$1,172 \cdot 10^{-6}$	-13,657	$2,381 \cdot 10^{-6}$	-12,948
94	525	220	249,31	$4,011 \cdot 10^{-3}$	$1,905 \cdot 10^{-6}$	-13,171	$4,545 \cdot 10^{-6}$	-12,301
98	317	110	259,70	$3,850 \cdot 10^{-3}$	$3,155 \cdot 10^{-6}$	-12,667	$9,091 \cdot 10^{-6}$	-11,608
102	290	65	270,09	$3,702 \cdot 10^{-3}$	$3,448 \cdot 10^{-6}$	-12,578	$1,538 \cdot 10^{-5}$	-11,082
106	210,9	35,6	280,47	$3,565 \cdot 10^{-3}$	$4,742 \cdot 10^{-6}$	-12,259	$2,809 \cdot 10^{-5}$	-10,480
110	150,6	20,5	290,86	$3,438 \cdot 10^{-3}$	$6,640 \cdot 10^{-6}$	-11,922	$4,878 \cdot 10^{-5}$	-9,928
114	104,4	11,98	301,25	$3,319 \cdot 10^{-3}$	$9,579 \cdot 10^{-6}$	-11,556	$8,347 \cdot 10^{-5}$	-9,391
118	76,52	7,68	311,64	$3,208 \cdot 10^{-3}$	$1,307 \cdot 10^{-5}$	-11,245	$1,302 \cdot 10^{-4}$	-8,946
122	44,86	5,275	322,03	$3,105 \cdot 10^{-3}$	$2,229 \cdot 10^{-5}$	-10,711	$1,896 \cdot 10^{-4}$	-8,571
126	35,323	3,575	332,42	$3,008 \cdot 10^{-3}$	$2,831 \cdot 10^{-5}$	-10,472	$2,797 \cdot 10^{-4}$	-8,182
130	27,29	2,495	342,81	$2,917 \cdot 10^{-3}$	$3,664 \cdot 10^{-5}$	-10,214	$4,008 \cdot 10^{-4}$	-7,822