

Университет ИТМО, кафедра ВТ

Лабораторная работа №5 (5) по Физике

Работу выполнил
студент группы Р3200
Рогов Я. С.

Преподаватели:
Зинчик А.А.

Санкт-Петербург, 2016

Задание: Исследование вольт-амперной характеристики полупроводника при различных температурах

Цель: Исследовать вольт-амперную характеристику (ВАХ) полупроводника при различных температурах.

Краткое теоретическое введение:

В отличие от металлов, в собственных полупроводниках при абсолютном нуле в зоне проводимости носители заряда отсутствуют. С повышением температуры число носителей значительно возрастает. Подвижность носителей в области низких температур из-за рассеяния на ионах примеси пропорциональна $T^{3/2}$.

В области высоких температур основное значение имеет рассеяние на тепловых колебаниях решетки (фононах) и $\mu T^{(-3/2)}$, т.е. подвижность с ростом температуры уменьшается. Но так как концентрация свободных носителей заряда с ростом температуры увеличивается значительно быстрее, чем уменьшается подвижность, то сопротивление изменяется по закону:

$$R_T = R_0 \exp\left(\frac{\Delta E}{2kT}\right) = R_0 \exp\left(\frac{B}{T}\right) \quad (1)$$

где R_0 – условное сопротивление полупроводника при $T \rightarrow \infty$; ΔE – энергия активация примеси (или ширина запрещенной зоны); k – постоянная Больцмана;

$B = \Delta E / 2k$ – коэффициент температурной чувствительности, который определяется структурой полупроводника и является характеристикой исследуемого материала. Экспериментальные кривые $\ln R = f(T^{-1})$ являются почти прямыми линиями (рис.1).

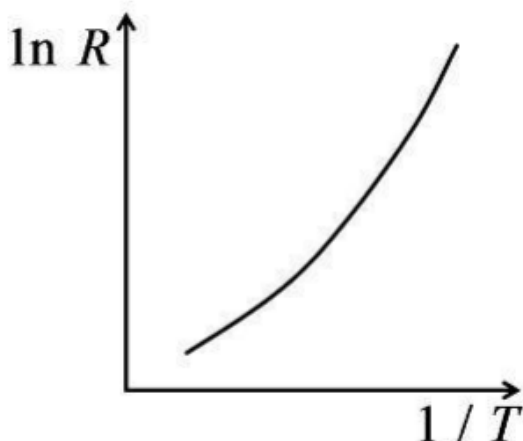


Рис. 1: Вид экспериментальной кривой зависимости логарифма сопротивления от обратной температуры

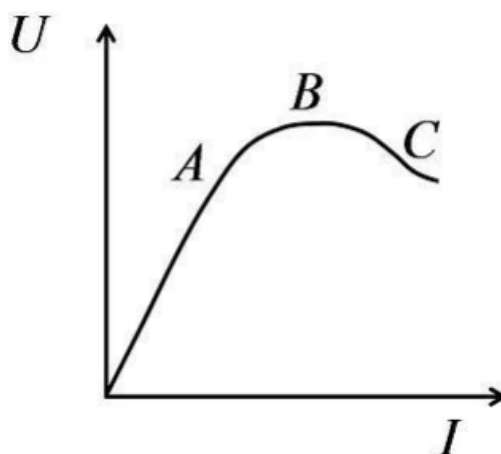


Рис. 2. Вольт-амперная характеристика полупроводника

Статическая вольт-амперная характеристика полупроводникового образца имеет ярко выраженный нелинейный характер. Типичный ее вид показан на рис.2. На ней можно выделить три основных участка: ОА, АВ, ВС. На участке ОА характеристика линейна, так как мощность, выделяющаяся в образце, мала и не изменяет его температуру. На участке АВ линейность нарушается, так как с повышением тока мощность рассеяния увеличивается, температура образца повышается, следовательно, сопротивление его уменьшается. При некотором значении тока кривая достигает максимума, и в небольшом интервале напряжение на образце остается постоянным, так как относительное увеличение тока становится равным вызванному им относительному понижению сопротивления. На участке ВС при дальнейшем увеличении тока уменьшение сопротивления оказывается столь сильным, что рост тока ведет к уменьшению напряжения на образце, и появляется участок с отрицательным дифференциальным сопротивлением.

Резкая зависимость сопротивления полупроводника от температуры используется для устройства большого класса полупроводниковых терморезисторов или термисторов. Малые габариты, высокая механическая прочность и надежность, большой срок службы и высокая чувствительность терморезисторов определили широкое применение их в приборах для измерения и регулирования температуры, температурной компенсации элементов электрических цепей, измерения мощности электромагнитного излучения и т.д.

Измерение характеристик

Диапазон измерения напряжения 20 В, тока – 20 мА.

Рекомендуемые значения температуры $T_1=300\text{K}$, $T_2=330\text{K}$, $T_3=360\text{K}$ и $T_4=390\text{K}$.

Обработка результатов

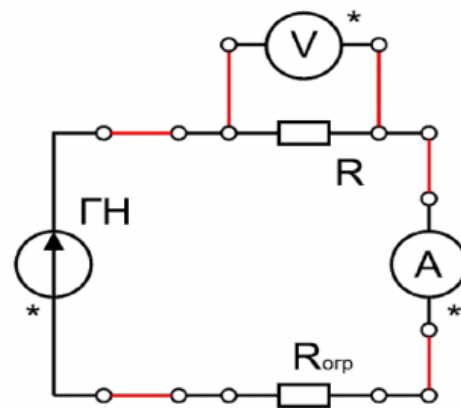
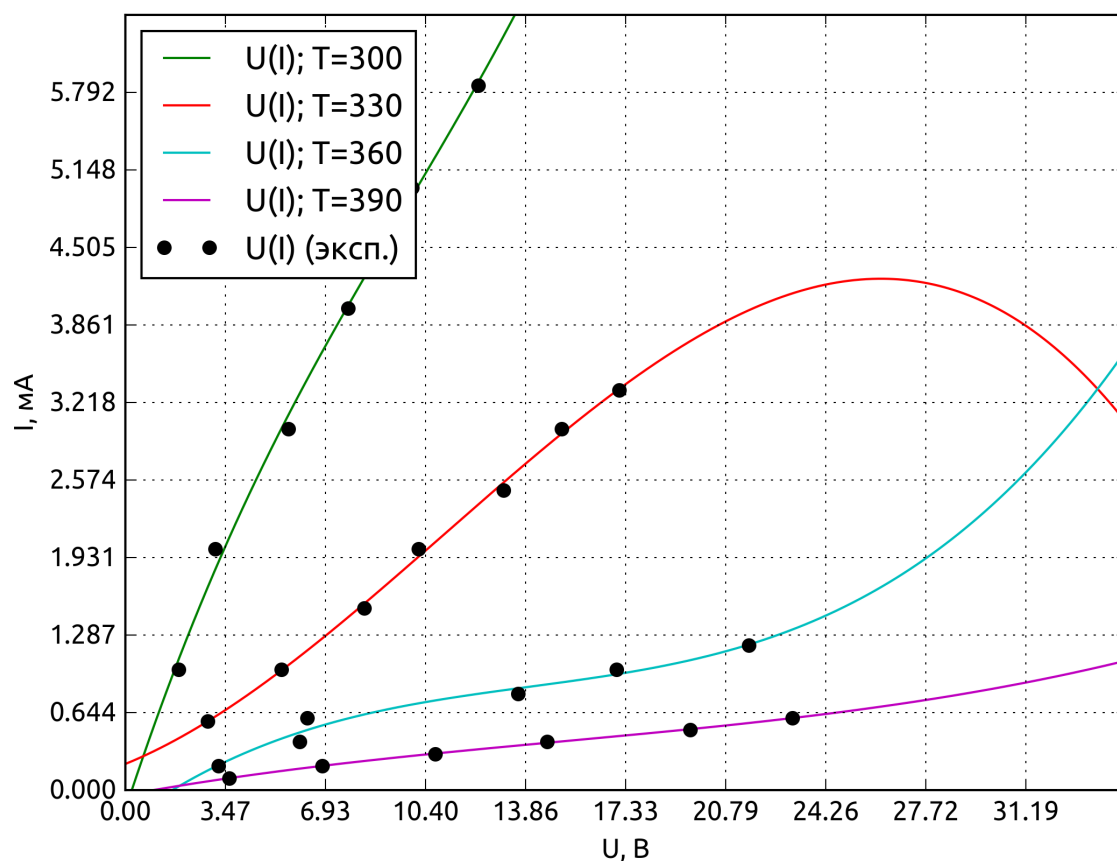


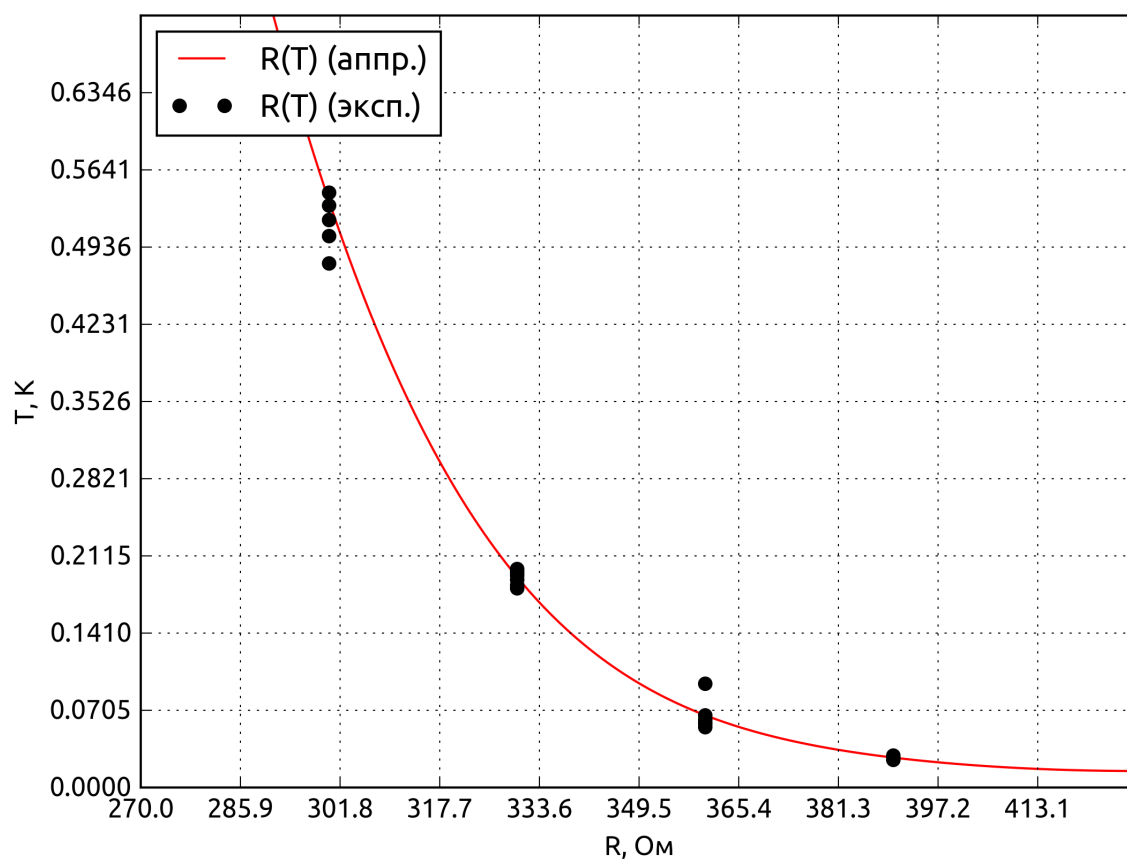
Рис. 3. Рабочая схема.

Таблица 1

Измеряемые величины			Вычисляемые величины			
I, мА	U, В	T, К	R, Ом	1/T, K ⁻¹	ln R	
1.84	1.00	300	0.54	3.33E-03	-0.61	
3.12	2.00		0.64		-0.44	
5.64	3.00		0.53		-0.63	
7.71	4.00		0.52		-0.66	
9.92	5.00		0.50		-0.69	
12.22	5.85		0.48		-0.74	
2.85	0.57	330	0.20	3.03E-03	-1.61	
5.40	1.00		0.19		-1.69	
8.28	1.51		0.18		-1.70	
10.15	2.00		0.20		-1.62	
13.10	2.49		0.19		-1.66	
15.10	3.00		0.20		-1.62	
17.10	3.32		0.19		-1.64	
3.22	0.20	360	0.06	2.78E-03	-2.78	
6.04	0.40		0.07		-2.71	
6.30	0.60		0.10		-2.35	
13.60	0.80		0.06		-2.83	
17.00	1.00		0.06		-2.83	
21.60	1.20		0.06		-2.89	
3.59	0.10	390	0.03	2.56E-03	-3.58	
6.81	0.20		0.03		-3.53	
10.73	0.30		0.03		-3.58	
14.60	0.40		0.03		-3.60	
19.56	0.50		0.03		-3.67	
23.10	0.60		0.03		-3.65	



Выше изображена ВАХ (зависимость $U(I)$). Судя по отсутствию характерной точки В (для $T=330K$ это является, скорее всего, ошибкой интерполяции) для данной характеристики (перегиба), можно сказать, что мощности источника просто не хватило, чтобы дойти до неё. Построим график зависимости сопротивления от температуры $R(T)$:



Для наглядной демонстрации данной зависимости построим график $\ln R(1/T)$, что выражается в линейной зависимости $\ln R \sim 1/T$:

