

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)
ФАКУЛЬТЕТ ОБЩЕЙ И ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ

Лабораторная работа № 6.11.5
Туннелирование в полупроводниках.

Серебренников Даниил
Группа Б02-826м

Долгопрудный, 2021 г.

Цель работы: исследовать принцип действия туннельного диода, измерить его ВАХ и основные параметры.

1 Основные формулы

Расстояния от уровня Ферми до краев зон:

$$\xi = \mu_n - E_c,$$

$$\eta = \mu_p - E_v.$$

При достижении U_v ток через диод минимален, что соответствует совпадению границ зоны проводимости E_c и валентной зоны E_v . Откуда можно оценить положение уровней Ферми:

$$eU_v \approx \xi + \eta \approx 2\xi \approx 2\eta.$$

Напряжению U_p соответствует пик тока, при котором смещение энергетических зон должно быть одинаково. Это даёт возможность определить энергетический промежуток $E_{n\max}$ между уровнем Ферми и максимум плотности распределения электронов $n_{\max}(E)$, отсчитываемый от границы зоны проводимости:

$$eU_p \approx \xi - E_{n\max}.$$

2 Экспериментальная установка

Для измерения основных параметров туннельного диода используется монтажная плата, на которой собраны три схемы для снятия ВАХ, схема для наблюдения ВАХ на экране осциллографа и схема генератора электро-магнитных колебаний в туннельном диоде.

$$I_d = U_Y = \frac{R_1 + 2(R_2 + R_3)}{(R_1 + 2R_2)R_3}.$$

3 Экспериментальные данные

Масштаб по осям X и Y: 2В/дел.

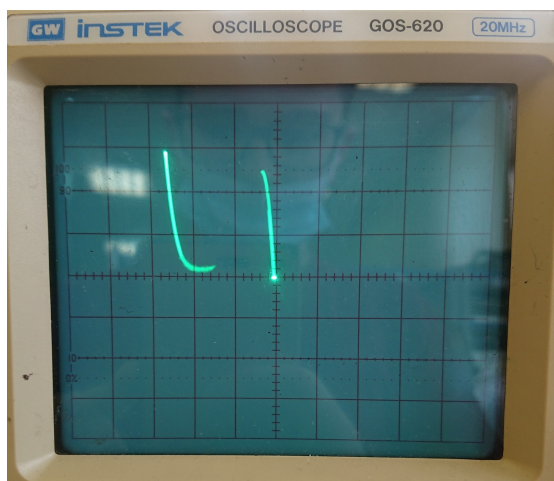


Рис. 1: ВАХ туннельного диода.

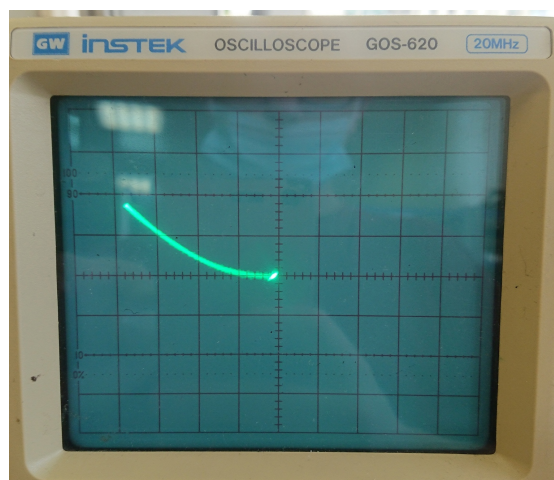


Рис. 2: ВАХ диода.

Таблица 1: Результаты измерений.

Туннельный диод		Обычный диод	
V, мВ	I, мА	V, мВ	I, мА
10,0	1,72	1,5	-0,021
20,5	3,04	64,7	-0,004
32,4	4,03	76	0,11
350	0,85	121	0,06
373	0,74	181	0,16
400	0,63	210	0,24
432	0,99	239	0,32
447	1,33	280	0,47
464	1,93	292	0,52
488	3,78	325	0,66
493	4,47	355	0,8
2,30	0,40	389	0,98
3,00	0,53	406	1,07
4,00	0,70	468	1,46
5,30	0,93	473	1,49
8,00	1,38	584	2,31
265	1,50	609	2,52
37,0	4,13	622	2,62
32,8	4,05		
224	2,07		
330	1,04		
250	1,72		
378	0,71		

Погрешность измерений: \pm единица к последнему разряду.

4 Обработка результатов

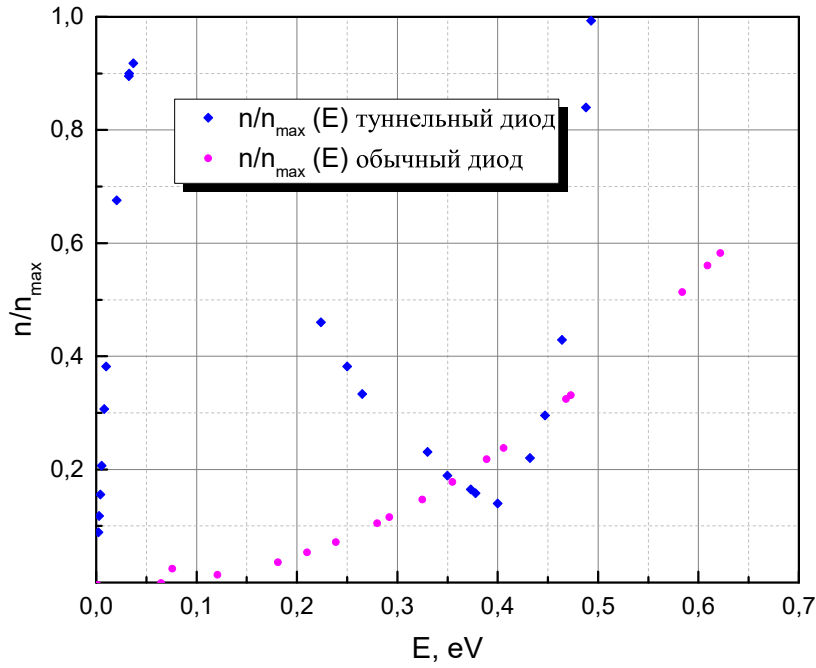


Рис. 3: Зависимость концентрации от энергии.

$$eU_p = (0,05 \pm 0,01)\text{эВ}, \quad eU_v = (0,40 \pm 0,01)\text{эВ}, \quad eU_f = (0,50 \pm 0,01)\text{эВ}.$$

$$\xi = eU_v/2 = (0,20 \pm 0,01)\text{эВ}$$

$$E_{n\max} = \xi - eU_p = (0,15 \pm 0,02)\text{эВ}$$

Параметры генератора: $0,1 \text{ МГц} \leq f \leq 0,2 \text{ МГц}$, $97 \text{ мВ} \leq A \leq 242 \text{ мВ}$.

5 Обсуждение результатов и выводы

В ходе лабораторной работе была получена статическая вольт-амперная характеристика туннельного диода и на осциллографе. Оценили положение уровня Ферми и максимума распределения электронов в зоне проводимости полупроводника туннельного диода.