

МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)

Физтех-школа фотоники, электроники и молекулярной физики

Лабораторная работа

Измерение характеристик полупроводниковых приборов

Авторы:

Борминцев Александр

Доля Артем

Кулагин Никита

Шмаков Владимир

Б04-105

1 Цель работы

- Познакомиться с устройством для измерения ВАХ полупроводниковых приборов
- Исследовать ВАХ двух диодов

2 Теоретические сведения

2.1 ВАХ полупроводникового диода

Полупроводниковый диод — полупроводниковый прибор, во внутренней структуре которого сформирован один $(p-n)$ -переход.

Приведем полупроводники p - и n - типа в соприкосновение, вызвав рекомбинацию электронов и дырок. При этом у границы перехода в n -области ионы донорной примеси образуют положительный пространственный заряд, а у границы перехода в p -области ионы акцепторной примеси — отрицательный. Таким образом в области $(p-n)$ -перехода возникает обедненный носителями тока слой и соответствующая **контактная разность потенциалов** — барьер, препятствующий диффузии основных носителей. Равновесие возникает при совпадении уровней Ферми в p - и n -областях. Энергетическая схема перехода изображена на рисунке 1.

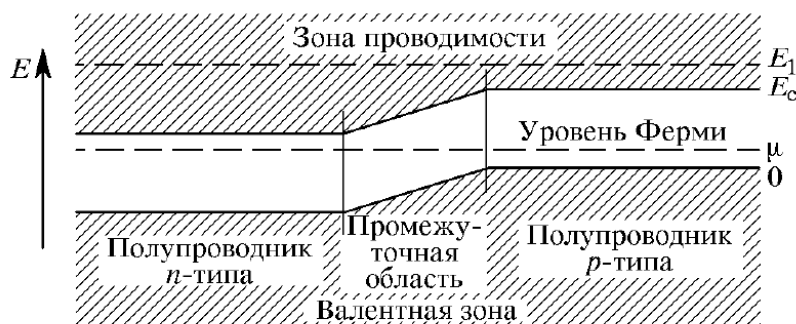


Рис. 1: Энергетическая схема $(p-n)$ -перехода, находящегося в равновесии

Проходящий через переход ток I_0 пропорционален концентрации неосновного заряда в области:

$$I_0 \propto n_n(p-) = n_n(n-) \cdot \exp\left(-\frac{e\Delta V}{kT}\right)$$

Приложим теперь к $(p-n)$ -переходу напряжение V от внешнего источника, чтобы p -область заряжалась положительно относительно n -области (см. рисунок 3.а). Потенциальный барьер снижается в $\exp\left(\frac{eV}{kT}\right)$ раз, и ток, протекающий через переход слева направо, увеличивается в соответствующее количество раз. Ток справа налево остается неизменным и равен I_0 . Тогда полный ток I через барьер равен разности токов, текущих направо и налево:

$$I = I_0 \left(\exp\left(\frac{eV}{kT}\right) - 1 \right)$$

Аналогичное равенство справедливо и для тока, переносимого дырками.

При приложении обратного напряжения (см. рисунок 3.б)) полный ток также описывается формулой, данной выше.

Если к $(p-n)$ -переходу приложить отрицательное смещение, потенциальный барьер понижается. Чем сильнее смещен переход в обратном направлении, тем сложнее основным носителям заряда преодолеть потенциальный барьер. Суммарный ток через $(p-n)$ -переход будет направлен от n -области к p -области и с увеличением обратного напряжения будет сначала незначительно расти, а затем стремиться к току насыщения. При некотором значении обратного напряжения U наступает пробой $(p-n)$ -перехода, при котором обратный ток резко возрастает и сопротивление запирающего слоя уменьшается. Это явление называется пробоем.

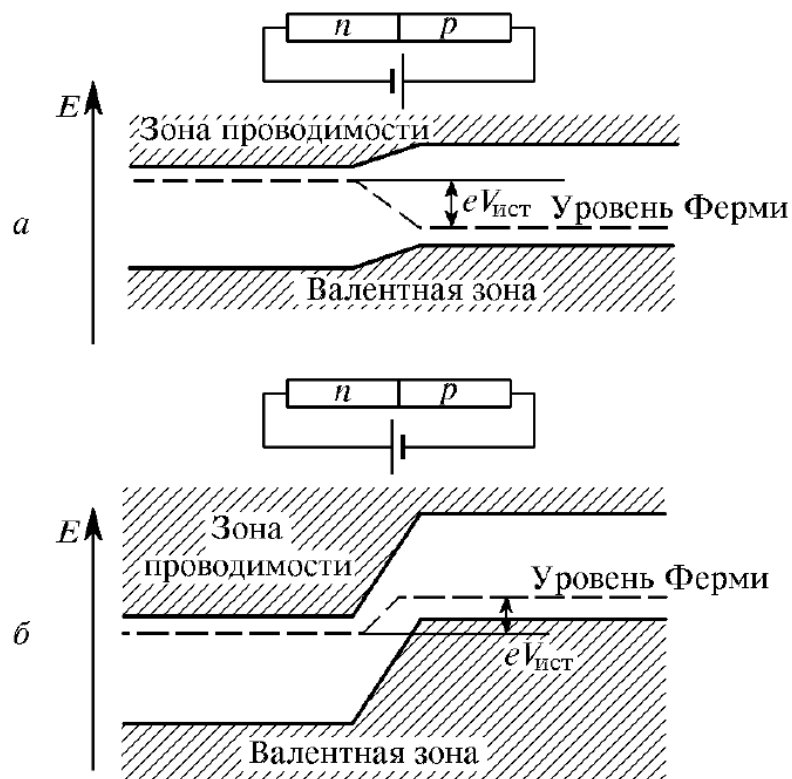


Рис. 2: Схема $(p-n)$ -перехода под внешним напряжением с положительным (а) и отрицательным (б) смещениями области перехода

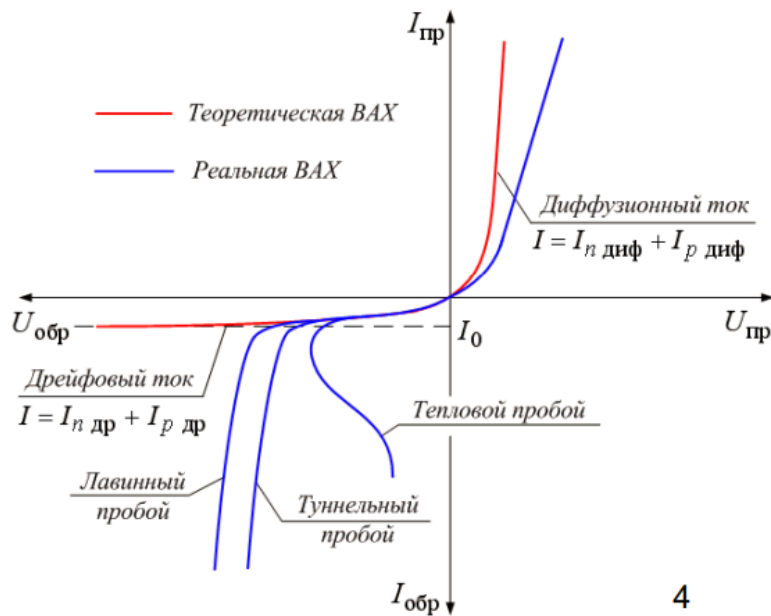


Рис. 3: ВАХ полупроводникового диода

3 Методика

3.1 Оборудование

- Диод Д814а
- Диод Д310
- Прибор для наблюдения характеристик транзисторов(ПНХТ)

3.2 Экспериментальная установка

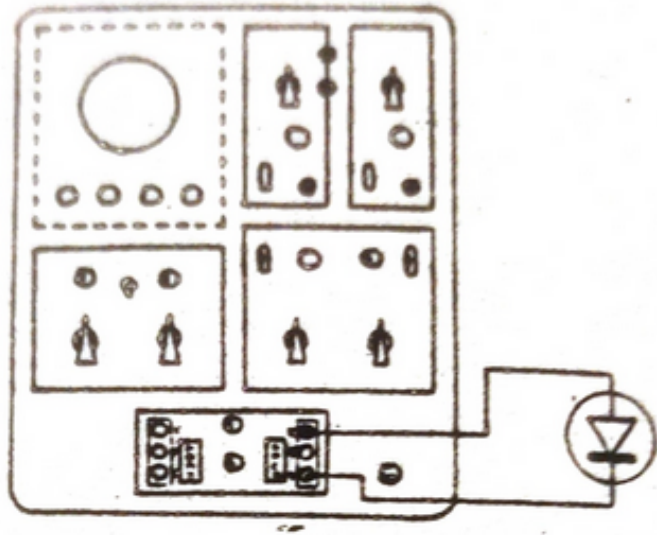


Рис. 4: Экспериментальные данные

Прибор, используемый для снятия ВАХ диодов изображен на рисунке 4. Прибор состоит из четырех основных блоков. Первый блок позволяет генерировать сигналы заданной частоты и амплитуды. Второй блок - генератор ступенчатого сигнала. Для отображения ВАХ предусмотрен блок осциллографа и аттенюирования. Для подключения полупроводниковых приборов предусмотрены контактные площадки.

4 Обработка результатов эксперимента

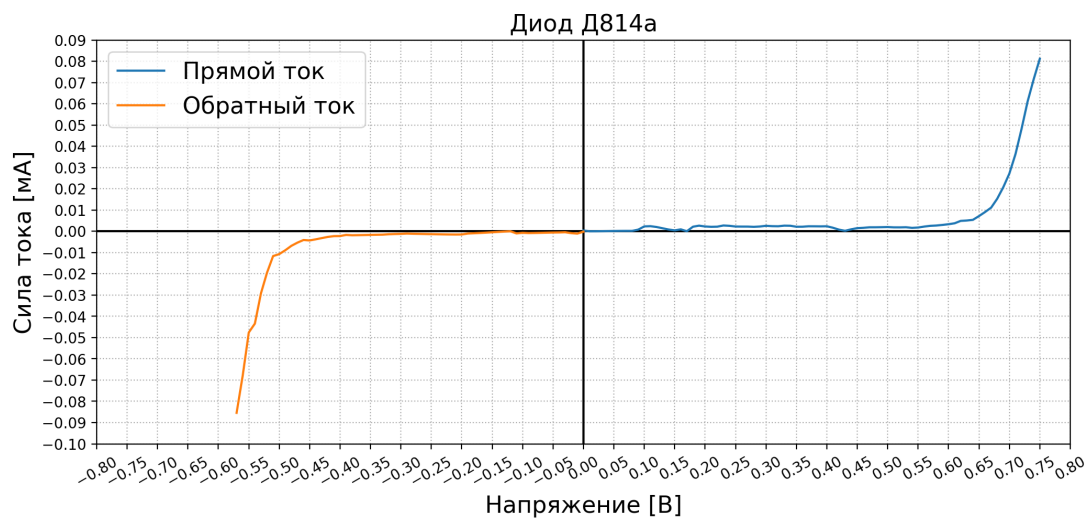


Рис. 5: Вольт - амперная характеристика диода д814а

В результате экспериментов была получена вольт-амперная характеристика диодов Д814а и Д310.

При помощи программы plot digitalizer преобразуем осциллограммы в csv таблицы. Учтя масштаб по осям осциллографа построим экспериментальные вольт-амперные характеристики.

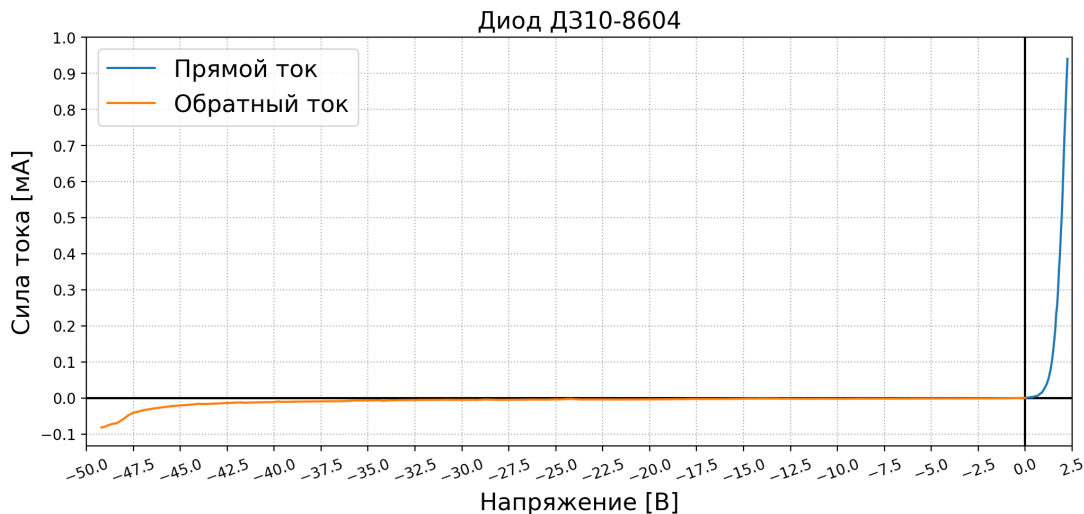
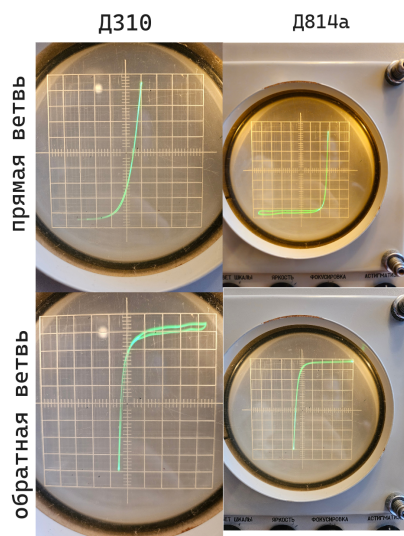


Рис. 6: Вольт - амперная характеристика диода д310



Экспериментальные данные

Вольт-амперная характеристика выпрямительного диода Д310 изображена на рисунке 6. Напряжение пробоя диода оказалось равным ~ 40 вольт.

Вольт-амперная характеристика диода Д814а изображена на рисунке 5. Как видим, прямая и обратная ветви оказались симметричны друг-другу. Такая ВАХ характерна для стабилитронов - диодов, работа с которыми в основном происходит на обратной ветви.

5 Вывод

В результате эксперимента были построены вольт-амперные характеристики двух диодов. И найдены их напряжения пробоя.

Согласно документации, постоянное обратное напряжение Д310 - 20 Вольт. При этом напряжении ток пробоя не превышает 20мкА. Экспериментально полученное напряжение пробоя оказалось равным ~ 40 В. Так, экспериментально найденные характеристики диода Д310 не противоречат характеристикам, указанным в документации.

Диод д814а исследовался в малом диапазоне напряжений. Согласно документации, «рабочее» напряжение этого диода равняется примерно шести Вольтам. Имеено для этого напряжения указана сила тока - сравнить экспериментальный результат и документацию не удалось.