

Название работы:

**МЕТОДИЧЕСКАЯ РАЗРАБОТКА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЗАНЯТИЯ ПО ТЕМЕ:
«ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЛУПРОВОДНИКОВ. ВИДЫ
ПРОВОДИМОСТЕЙ В ПОЛУПРОВОДНИКАХ»**

Автор работы: **Михалёва Марина Владимировна, преподаватель**

Образовательная организация:

КГБ ПОУ «Назаровский энергостроительный техникум», г. Назарово

2025 г.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА

Дисциплина	Основы электроники и схемотехники
Специальность	13.02.11 Техническая эксплуатация и обслуживание электрического и электромеханического оборудования (по отраслям)

Тема занятия	«Физические свойства полупроводников. Виды проводимостей в полупроводниках»
Цели занятия	<p>К концу занятия каждый обучающийся будет знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - понятие полупроводников, виды зарядов в полупроводниках и механизм их появления, типы проводимостей полупроводников, влияние примесей на проводимость полупроводников; - понятие электронно-дырочного перехода, его электрические свойства и вольтамперную характеристику; - прямое и обратное подключение электронно-дырочного перехода. <p>уметь (сможет продемонстрировать):</p> <ul style="list-style-type: none"> - определять тип проводимости примесного полупроводника; - определять по вольтамперной характеристике параметры электронно-дырочного перехода – прямое напряжение, обратное напряжение, ток утечки, прямой ток, напряжение пробоя и т.п.; - собирать электрическую цепь для снятия вольтамперной характеристики электронно-дырочного перехода.
Тип занятия	Практико-ориентированное занятие
Формы организации учебной деятельности	Групповая работа, индивидуальная работа
Междисциплинарные связи	Физика, Электротехника
Перечень используемой литературы	<p>1.Берикашвили В.Ш. Основы электроники : учеб. для студ. учреждений сред. проф. образования / В.Ш. Берикашвили. – 4-е изд., перераб. - М. : Издательский центр «Академия», 2020. – 208 с. – ISBN 978-5-4468-8759-0. – Текст непосредственный.</p> <p>2.Миловзоров, О. В. Основы электроники : учебник для среднего профессионального образования / О. В. Миловзоров,</p>

	<p>И. Г. Панков. — 6-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 344 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-03249-9. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/511789 (дата обращения: 22.09.2024).</p> <p>3.Новожилов, О. П. Электроника и схемотехника в 2 ч. Часть 1 : учебник для среднего профессионального образования / О. П. Новожилов. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 382 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-10366-3. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/517772 (дата обращения: 22.09.2024).</p>
Используемые технические средства	компьютер, проектор, лабораторные стенды по электронике, учебные места по количеству обучающихся
Дидактические материалы	лекция и тестовое задание на платформе Moodle, электронная презентация, видеофрагмент (https://www.youtube.com/watch?v=OMGdSCaMVD0&t=29s), тестовые задания, раздаточный материал с периодической системой химических элементов Д.И. Менделеева, групповые задания для практической работы

План-описание занятия

1		Предшествующая работа: лекция на СДО Moodle: https://do-nestn.ru/mod/lesson/view.php?id=13029	Конспектируют лекцию
2	5 мин	<p><i>Приветствие.</i> Здравствуйте, уважаемые студенты! Мы начинаем с вами изучение новой дисциплины – Основы электроники и схемотехники. Вы знаете, что горнодобывающее оборудование, в большинстве своем, получает питание от электрической сети, где значения напряжений строго регламентированы: 220, 380 или 660 В. Для каждого типа оборудования необходимо свое значение напряжения, причем оно может отличаться от напряжения сети не только по величине, но и по частоте, форме. Возникает необходимость преобразования. Схемы управления позволяют не только включать или отключать оборудование, но и осуществлять его защиту и настройку параметров. Без электронных устройств невозможно выполнить эту задачу. Современная электроника и схемотехника базируется на полупроводниковых приборах и устройствах. Начнем с изучения физических свойств полупроводников, чтобы лучше понять те процессы, которые происходят в электронных цепях.</p>	Записывают тему

		Тема сегодняшнего занятия - <i>Физические свойства полупроводников. Виды проводимостей в полупроводниках.</i>	
3	10 мин	<i>Актуализация знаний.</i> Вы повторили изученные ранее сведения о полупроводниках самостоятельно, теперь проверим, насколько хорошо вы поработали. Давайте поработаем в группах: пусть первый ряд – 1 группа, а второй – 2. У вас на столе периодическая система Менделеева, используйте ее для ответов на вопросы. Еще немного воспоминаний: проходим по QR-коду и отвечаем на вопросы, на выполнение задания у вас 10 минут (Приложение 1). На уголке тетради помечаем процент выполнения. https://do-nestn.ru/mod/scorm/view.php?id=13406	Просмотр видео Выполняют тест Отвечают на вопросы
4	15 мин	<i>Объяснение нового материала.</i> Мы с вами вспомнили основные сведения. Что вы хотели бы узнать об электронно-дырочном переходе? Что такого особенного есть в нем? А вы знаете, что такое ниппель? Самая важная особенность р-п-перехода состоит в том, что на границе р– и п –областей возникает потенциальный барьер. Почему это происходит? Высота и ширина этого барьера являются главными параметрами, определяющими его свойства. Измерение этих параметров входит в задачу сегодняшней работы. Как вы думаете, можно преодолеть потенциальный барьер? Что для этого необходимо?	Отвечают на вопросы
5	20 мин	<i>Выполнение практического задания.</i> Сегодня мы с вами попробуем найти ответ на вопрос: почему электронно-дырочный переход обладает односторонней проводимостью. Для этого пройдите к стендам, вы видите набор элементов, провода. Вам нужно собрать электрическую цепь по схеме. И снять показания амперметра и вольтметра (Приложение 2). Затем построить по измеренным данным ВАХ и ответить на вопросы самостоятельного задания (Приложение 3)	Выполняют задание
6	10 мин	<i>Формулирование ответа.</i> Какой вывод можно сделать по итогам ваших измерений?	Отвечают на вопросы
7	20 мин	<i>Диагностика.</i> для закрепления полученных знаний студенты выполняют индивидуальное задание в форме тестирования (Приложение 4).	Выполняют тест по вариантам
8	5 мин	<i>Просмотр видео</i> https://www.youtube.com/watch?v=OMGdSCaMVD0&t=29s	Смотрят учебное видео
9	5 мин	<i>Рефлексия</i> Пройдите по QR-коду и ответьте на несколько вопросов и запишите домашнее задание	Отвечают на вопросы

Интерактивное тестирование

Настройки теста

Настройка	Значение
Проходной балл:	80%
Общее количество вопросов в тесте:	10
Количество вопросов для отображения:	10
Порядок ответов на вопросы:	Проверять каждый вопрос отдельно
Возможность повторно пройти тест:	Нет
После завершения теста:	Отображать слайд с результатами
Отправлять результаты на email инструктора:	Нет
Отправлять результаты на email тестируемого:	Нет

Вопрос 1. Заполнить пропуски, 10 баллов, 1 попытка

Расставьте верно слова в тексте:

Расставьте верно слова в тексте:

Для получения полупроводника *n*-типа в исходный кристалл добавляют [] примесь, содержащую большее количество свободных []. Для получения полупроводника *p*-типа в исходный кристалл добавляют [] примесь, содержащую большее количество свободных [].

Текст с пропусками

Для получения полупроводника *n*-типа в исходный кристалл добавляют [**донорную**]¹ примесь, содержащую большее количество свободных [**электронов**]². Для получения полупроводника *p*-типа в исходный кристалл добавляют [**акцепторную**]³ примесь, содержащую большее количество свободных [**дырок**]⁴.

Пропуск	Допустимые варианты ответов
1	донорную
2	электронов
3	акцепторную
4	дырок

Обратная связь

Верно:	Вы ответили верно.
Неверно:	Вы ответили неверно.
Частично верно:	Вы ответили не совсем верно.

Вопрос 2. Выбор области, 10 баллов, 1 попытка

Укажите на рисунке место образования электронно-дырочного перехода:



Область	Верный	Описание
1	V	Прямоугольник 1

Обратная связь

Верно:	Вы ответили верно.
Неверно:	Вы ответили неверно.
Частично верно:	Вы ответили не совсем верно.

Вопрос 3. Соответствие, 10 баллов, 1 попытка

Сопоставьте элементы с их значениями:

Сопоставьте элементы с их значениями:

Диффузия	направленное движение заряженных частиц, вызванное их неравномерной концентрацией
Экстракция	перемещение неосновных носителей заряда в соседнюю область при подключении внешнего напряжения.
Инжекция	перемещение основных носителей заряда в смежную область, где они являются неосновными

Элемент	Соответствие
Диффузия	направленное движение заряженных частиц, вызванное их неравномерной концентрацией
Экстракция	перемещение неосновных носителей заряда в соседнюю область при подключении внешнего напряжения.
Инжекция	перемещение основных носителей заряда в смежную область, где они являются неосновными

Обратная связь	
Верно:	Вы ответили верно.
Неверно:	Вы ответили неверно.
Частично верно:	Вы ответили не совсем верно.

Вопрос 4. Выбор одного ответа, 10 баллов, 1 попытка

В чистом (без примесей) полупроводнике соотношение между носителями заряда...

В чистом (без примесей) полупроводнике соотношение между носителями заряда...

$n_n = n_p$
 $n_n > n_p$
 $n_n < n_p$

Верный	Варианты ответов
V	$n_n = n_p$
	$n_n > n_p$
	$n_n < n_p$

Обратная связь	
Верно:	Вы ответили верно.
Неверно:	Вы ответили неверно.

Вопрос 5. Соответствие, 10 баллов, 1 попытка

Сопоставьте виды проводниковых материалов с их значениями сопротивлений:

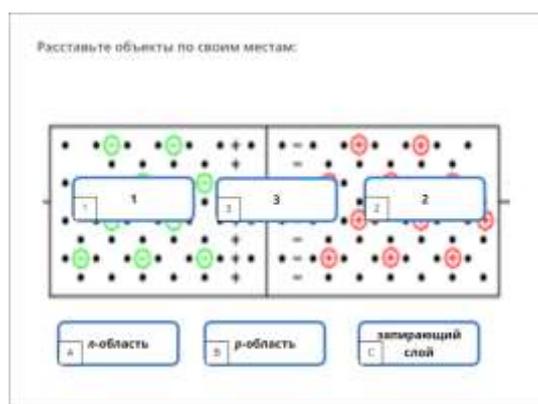
Сопоставьте виды проводниковых материалов с их значениями сопротивлений:

проводник	$\rho = 10^5 - 10^{22} \text{ Ом}\cdot\text{м}$
диэлектрик	$\rho = 10^{-6} - 10^{-4} \text{ Ом}\cdot\text{м}$
проводник	$\rho = 10^{-4} - 10^4 \text{ Ом}\cdot\text{м}$

Элемент	Соответствие
проводник	$\rho = 10^5 - 10^{22} \text{ Ом}\cdot\text{м}$
диэлектрик	$\rho = 10^{-6} - 10^{-4} \text{ Ом}\cdot\text{м}$
проводник	$\rho = 10^{-4} - 10^4 \text{ Ом}\cdot\text{м}$

Обратная связь	
Верно:	Вы ответили верно.
Неверно:	Вы ответили неверно.
Частично верно:	Вы ответили не совсем верно.

Вопрос 6. Перетаскивание объектов, 10 баллов, 1 попытка
Расставьте объекты по своим местам:



Перетаскиваемый объект		Область назначения	
A	Скругленный прямоугольник 4 - "n-область"	1	Скругленный прямоугольник 1 - "1"
B	Скругленный прямоугольник 5 - "p-область"	2	Скругленный прямоугольник 2 - "2"
C	Скругленный прямоугольник 6 - "запирающий слой"	3	Скругленный прямоугольник 3 - "3"

Обратная связь

Верно:	Вы ответили верно.
Неверно:	Вы ответили неверно.
Частично верно:	Вы ответили не совсем верно.

Вопрос 7. Перетаскивание слов, 10 баллов, 1 попытка

Расставьте слова по своим местам, чтобы получилось верное утверждение:

Расставьте слова по своим местам, чтобы получилось верное утверждение:

Необходимым условием резкого _____ удельного _____ полупроводника при _____ примесей является _____ валентности атомов примеси от _____ атомов _____ кристалла.

Текст с пропусками

Необходимым условием резкого [**уменьшения**] удельного [**сопротивления**] полупроводника при [**введении**] примесей является [**отличие**] валентности атомов примеси от [**валентности**] атомов [**основного**] кристалла.

Дополнительные слова

удалении

легированного

проводимости

равенство

увеличения

сопротивления

уменьшения

Обратная связь

Верно:	Вы ответили верно.
Неверно:	Вы ответили неверно.

Вопрос 8. Выбор нескольких ответов, 10 баллов, 1 попытка

Полупроводники - это вещества, удельное сопротивление которых зависит от...

Полупроводники - это вещества, удельное сопротивление которых зависит от...

температуры

освещенности

электрического поля

материала

длины

поперечного сечения

магнитного поля

Верный	Варианты ответов
V	температуры
V	освещенности
V	электрического поля
	материала
	длины
	поперечного сечения
V	магнитного поля

Обратная связь	
Верно:	Вы ответили верно.
Неверно:	Вы ответили неверно.
Частично верно:	Вы ответили не совсем верно.

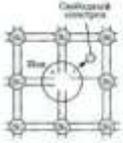
Вопрос 9. Верно/Неверно, 10 баллов, 1 попытка

Пропущенным атомом в кристаллической решетке примесного полупроводника является атом индия

Пропущенным атомом в кристаллической решетке примесного полупроводника является атом индия

Верно

Неверно



Верный	Варианты ответов
	Верно

Верный	Варианты ответов
V	Неверно

Обратная связь

Верно: Вы ответили верно.

Неверно: Вы ответили неверно.

Вопрос 10. Выбор одного ответа, 10 баллов, 1 попытка

Пропущенным атомом в кристаллической решетке примесного полупроводника является...

Пропущенным атомом в кристаллической решетке примесного полупроводника является...

фосфор

индий

кремний

германий

сурьма



Верный	Варианты ответов
	фосфор
V	индий
	кремний
	германий
	сурьма

Обратная связь

Верно: Вы ответили верно.

Неверно: Вы ответили неверно.

Результаты теста

Результаты теста, Пройден



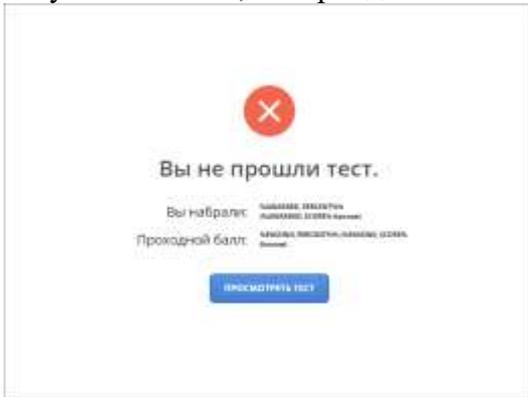
Поздравляем, вы прошли тест!

Вы набрали: **10/10** баллов

Проходной балл: **10/10** баллов

[ПРОСМОТРЕТЬ ТЕСТ!](#)

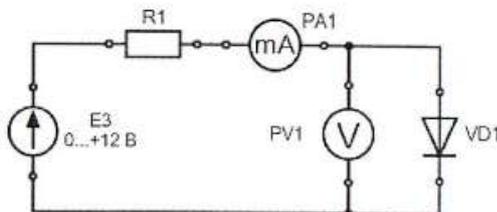
Поздравляем, вы прошли тест!
Результаты теста, Не пройден



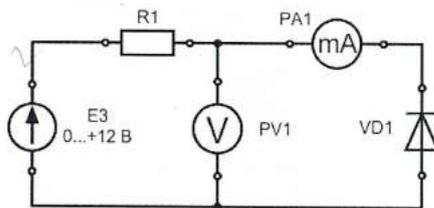
Вы не прошли тест.

Групповое практическое задание

1. Собрать цепь по рисунку и снять показания амперметра и вольтметра с шагом по напряжению в 1 В:

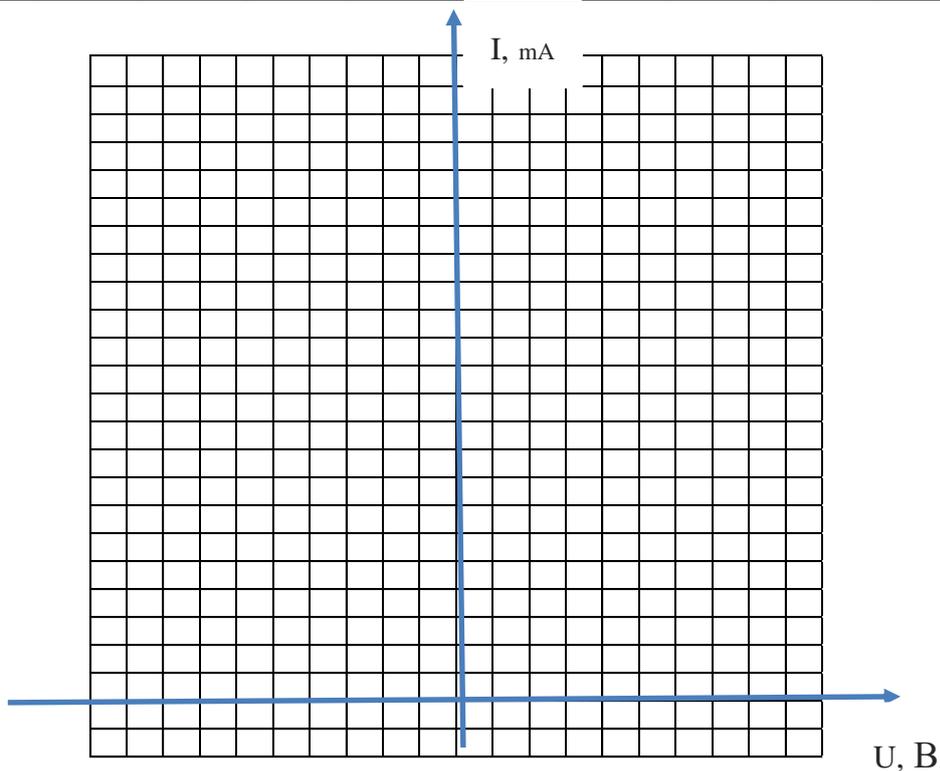


2. Данные измерения занести в таблицу.
3. Собрать цепь по рисунку и снять показания амперметра и вольтметра с шагом по напряжению в 1 В:



4. Данные измерения занести в таблицу.
5. По полученным данным построить вольтамперную характеристику электронно-дырочного перехода, сделать вывод о его свойствах.

Прямое включение										
I										
U										
Обратное включение										
I										
U										



Время на выполнение: 15 мин.

Критерии оценивания:

«отлично» - работа выполнена в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности действий: в ответе правильно и аккуратно выполняет все записи, чертежи, графики, вычисления - 90-100% выполнения;

«хорошо» - работа выполнена правильно с учетом 1-2 мелких погрешностей или 2-3 недочетов, исправленных самостоятельно по требованию преподавателя; процент выполнения 75-89%;

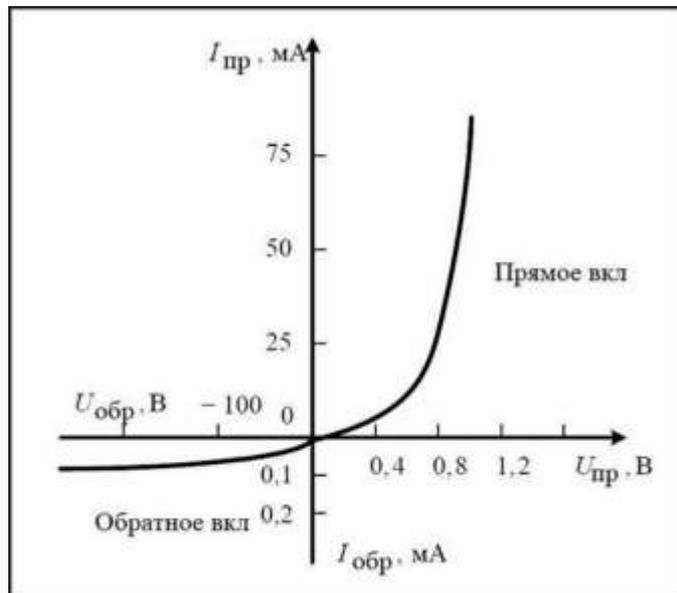
«удовлетворительно» - работа выполнена правильно не менее чем наполовину, допущены 1-2 погрешности или одна грубая ошибка, процент выполнения 50-74%;

«неудовлетворительно» - работа выполнена правильно менее чем наполовину, допущены две (и более) грубые ошибки в ходе работы, которые обучающийся не может исправить даже по требованию преподавателя.

Порядок оформления: Работа оформляется в отдельной тетради в соответствии с требованиями, предъявляемыми к лабораторно-практическим работам. Работы должны быть написаны аккуратно (разборчивый почерк, оставление полей, записаны полностью условия заданий и т.п.).

Задания для самостоятельной работы

По представленной ВАХ ответьте на вопросы:



1. При каком напряжении $n-p$ -переход открывается?
2. Чему равен обратный ток?
3. Чему равно максимальное прямое напряжение?

Контрольный тест по проверке полученных знаний

За каждый правильный ответ – 1 балл. Время, которое отводится на выполнение теста - 20 минут. Каждое тестовое задание варианта имеет определенный порядковый номер, из которых - один верный и три неверных ответа.

Критерии оценивания:

80-100% выполнено - 5 баллов

60-80% выполнено - 4 балла

50-60% выполнено - 3 балла

Вариант 1

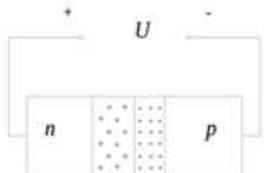
1. Область полупроводника, расположенная вблизи металлургической границы между *p*- и *n*-слоями называется

1. валентный слой 2. контактный переход 3. *p-n*-переход 4. запирающий слой

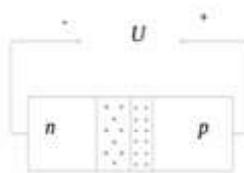
2. Диффузионный ток через *p-n*-переход обусловлен:

1. приложенным внешним электрическим полем 3. отсутствием внешнего электрического поля
2. влиянием температуры 4. разностью концентраций основных носителей заряда в *p*- и *n*-областях

3. Напряжение, приложенное к *p-n*-переходу, называется прямым, если реализуется подключением:

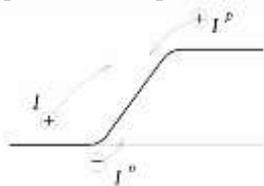


1

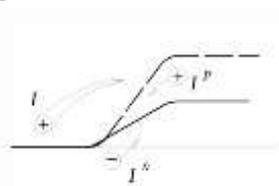


2

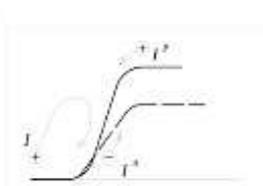
4. Какой из трех приведенных потенциальных диаграмм *p-n*-перехода соответствует режим, когда приложено обратное напряжение?



1



2



3

5. Диффузионный ток через *p-n*-переход, достигший равновесного состояния, определяется выражением:

1. $I_{\text{диф.}} = I_{\text{диф. } p} - I_{\text{дрейф. } n}$ 2. $I_{\text{диф.}} = I_{\text{диф. } n} + I_{\text{дрейф. } p}$ 3. $I_{\text{диф.}} = I_{\text{диф. } p} + I_{\text{диф. } n}$ 4. $I_{\text{диф.}} = I_{\text{дрейф. } n} - I_{\text{дрейф. } p}$

Вариант 2

1. При подключении прямого напряжения зона *p-n*-перехода ...

1. расширяется 2. сужается 3. расширяется со стороны *p*-слоя 4. сужается со стороны *n*-слоя

2. По способности проводить электрический ток и зависимости электропроводности от температуры полупроводники значительно ближе к:

1. диэлектрикам 2. проводникам 3. диамагнетикам 4. парамагнетикам

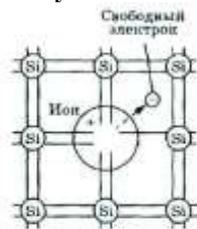
3. Какие виды пробоев электронно-дырочного перехода существуют:

1. лавинный 2. химический 3. тепловой 4. сквозной

4. К кристаллу *n*-типа подключён плюс источника напряжения, к кристаллу *p*-типа - минус. Какие носители заряда обеспечивают прохождение тока через *p-n*-переход?

1. основные 2. неосновные 3. ионы 4. все виды зарядов

5. Неуказанным на рисунке химическим элементом является:



1. Si

2. P

3. B

4. Ge

Вариант 3

1. Зона вблизи границы *p*- и *n*-областей, обедненная подвижными основными носителями заряда, называется:

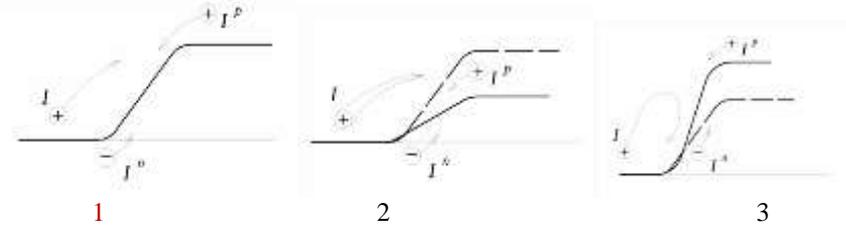
1. валентный слой 2. контактный переход 3. запирающий слой 4. *p-n*-переход

2. Дрейфовый ток через *p-n*-переход обусловлен:

- 1. приложенным внешним электрическим полем
 - 2. влиянием температуры
 - 3. отсутствием внешнего электрического поля
 - 4. разностью концентраций основных носителей заряда в p - и n -областях
3. Напряжение, приложенное к p - n -переходу, называется обратным, если реализуется подключением:



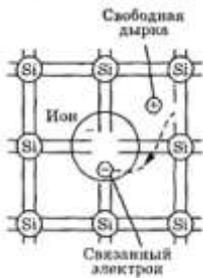
4. Каждой из трех приведенных потенциальных диаграмм p - n -перехода соответствует режим, когда внешнее энергетическое поле отсутствует



5. При подключении обратного напряжения зона p - n -перехода...
- 1. расширяется
 - 2. сужается
 - 3. расширяется со стороны p -слоя
 - 4. сужается со стороны n -слоя

Вариант 4

1. На электропроводность полупроводников влияют:
- 1. примеси в составе полупроводника
 - 2. толщина полупроводника
 - 3. повышение температуры полупроводника
 - 4. вес полупроводника
2. Какой вид пробоя электронно-дырочного перехода наиболее опасен:
- 1. лавинный
 - 2. химический
 - 3. тепловой
 - 4. туннельный
3. К кристаллу p -типа подключён плюс источника напряжения, к кристаллу n -типа - минус. Какие носители заряда обеспечивают прохождение тока через p - n -переход?
- 1. основные
 - 2. неосновные
 - 3. ионы
 - 4. все виды зарядов
4. Для описания равновесного состояния p - n -перехода справедливо следующее соотношение:
- 1. $I_{диф. p} - I_{диф. n} = I_{дрейф. p} + I_{дрейф. n}$
 - 2. $I_{дрейф. p} = I_{диф. p} + I_{дрейф. n}$
 - 3. $I_{дрейф. n} = I_{диф. n} + I_{дрейф. p}$
 - 4. $I_{диф. p} = I_{дрейф. p} - I_{диф. n}$
5. Неуказанным на рисунке химическим элементом является:



- 1. Si
- 2. P
- 3. B
- 4. Ge



Основы электроники и схемотехники





**ТЕМА: Физические свойства
полупроводников.
Виды проводимостей в
полупроводниках**

Работаем в группах

1 группа:

Что такое
полупроводники?

2 группа:

Какие виды зарядов
участвуют в создании
тока в
полупроводниках?



Полупроводники -

это вещества, удельное сопротивление которых зависит от внешних условий (температуры, освещенности, напряженности электрического или магнитного полей, наличия примесей).

https://disk.yandex.ru/i/8x9B_WHNaYSO1w

Виды зарядов

```
graph TD; A[Виды зарядов] --> B[Электроны (-) - n]; A --> C[Дырки (+) - p];
```

Электроны (-) - *n*

Дырки (+) - *p*

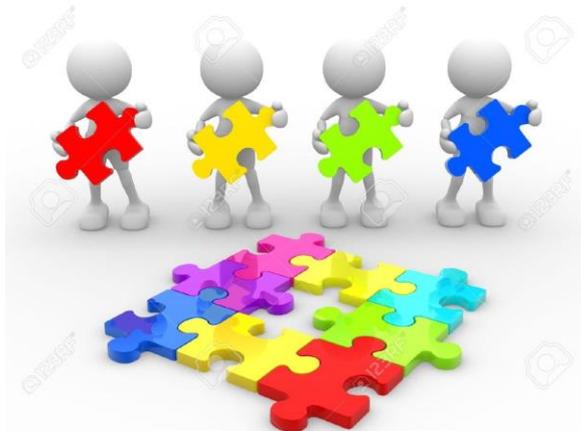
Работаем в группах

1 группа:

Будет ли кремний сверхпроводящим, если его охладить до температуры, близкой к абсолютному нулю?

2 группа:

Что надо сделать, чтобы электропроводность германия стала такой же, как у металла?



Работаем в группах

1 группа:

Как получить
проводимость n -
типа?

2 группа:

Как получить
проводимость p -
типа?



Работаем в группах

1 группа:

Какого типа будет проводимость кремния, если к нему добавить в небольших количествах галлий?

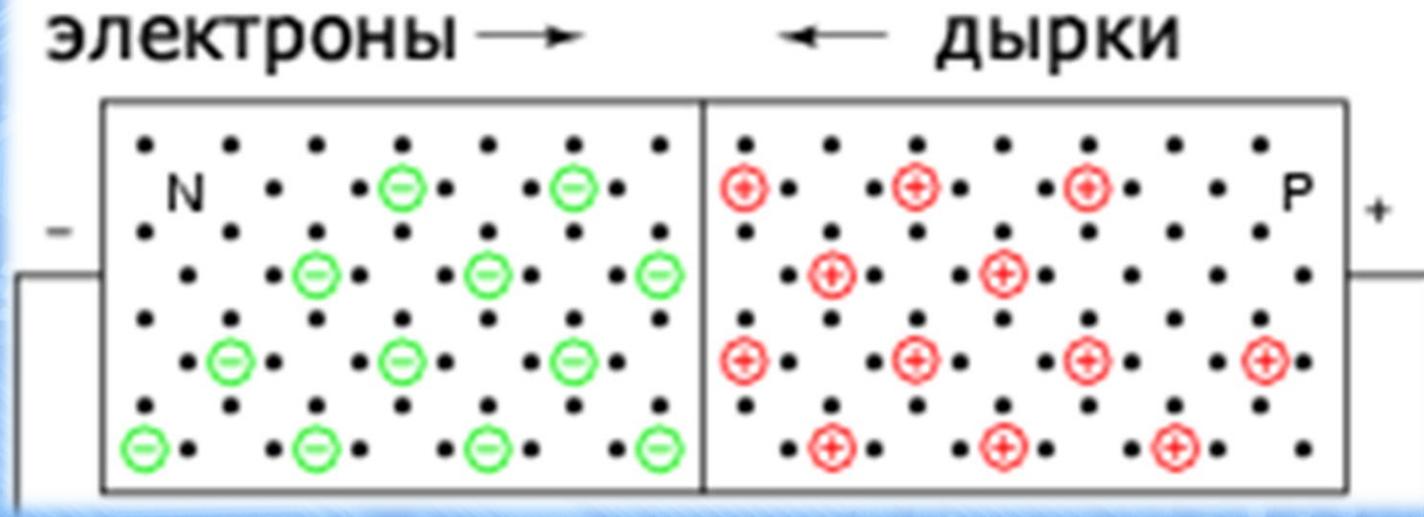
2 группа:

Какого типа будет проводимость кремния, если к нему добавить в небольших количествах сурьму?



Электронно-дырочный переход -

(или n - p -переход) – это область контакта двух полупроводников с разными типами проводимости.

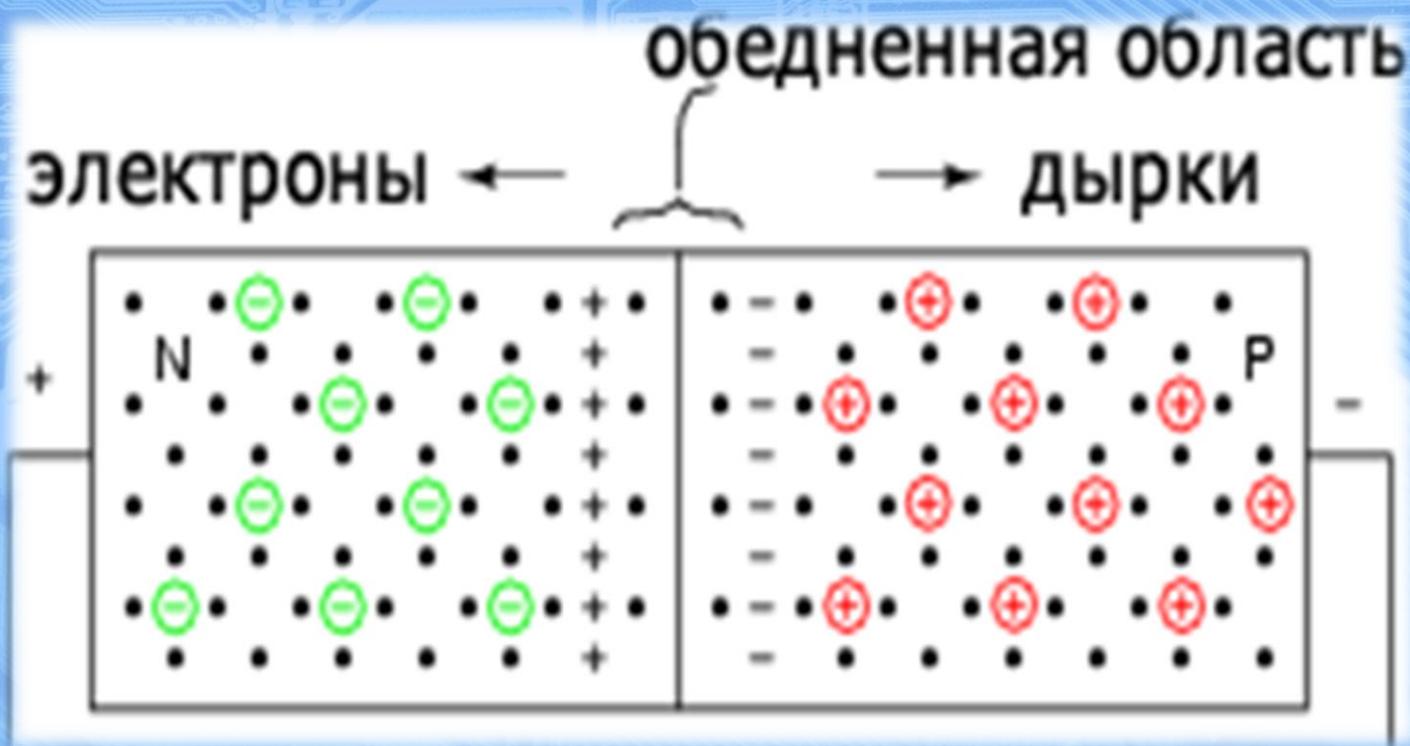


Проверим?!

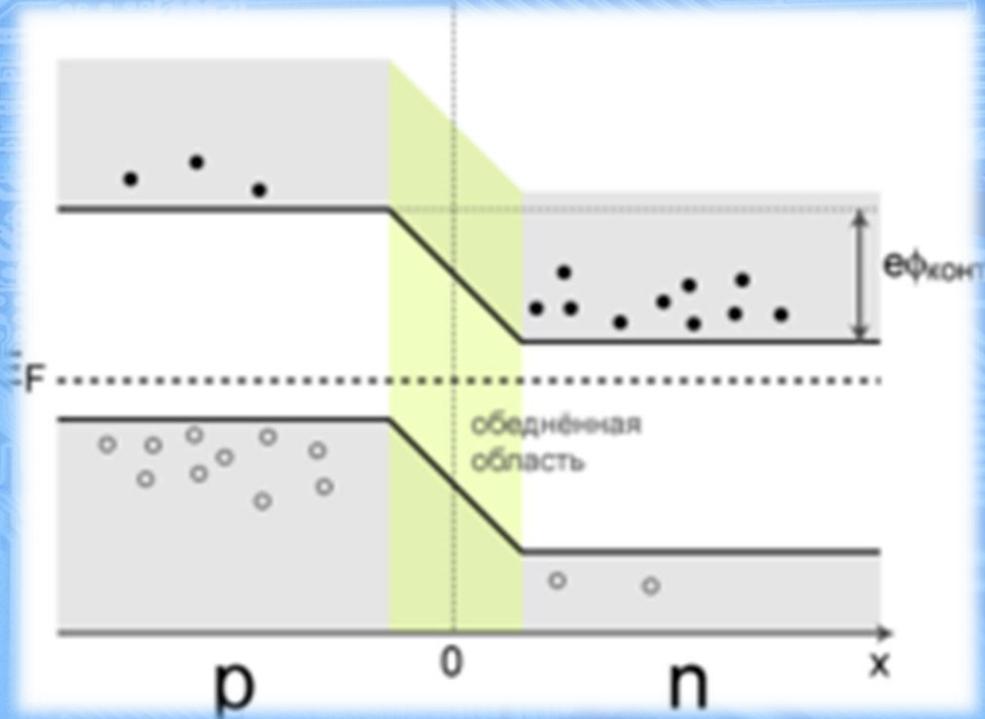
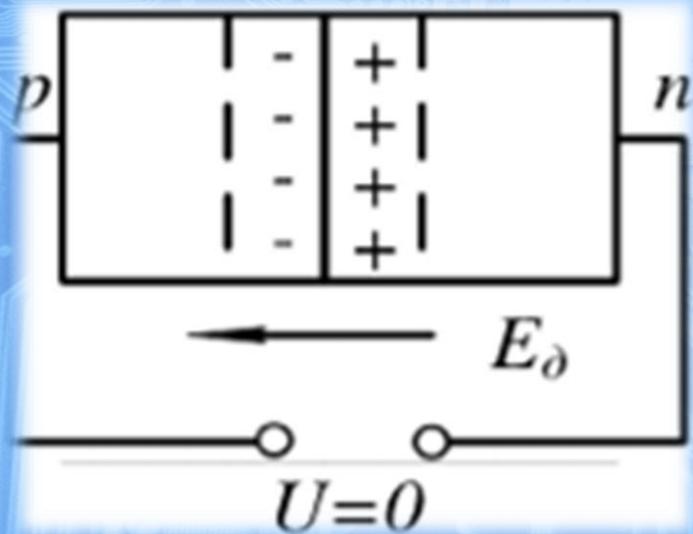


<https://do-nestn.ru/mod/scorm/view.php?id=13406>

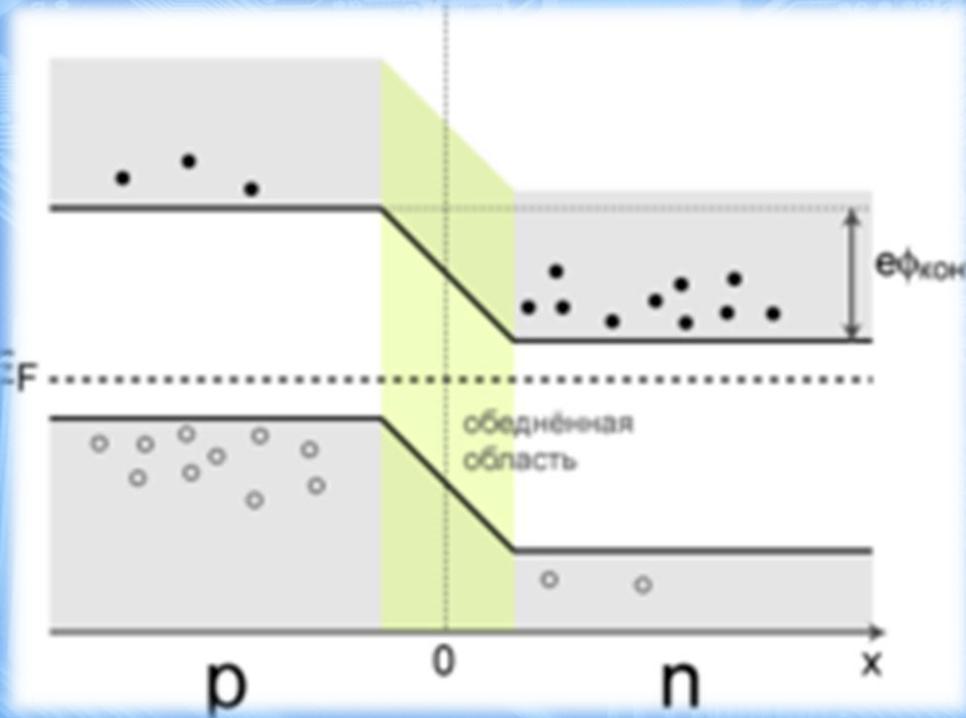
При контакте начинается процесс *диффузии*, в приграничной области образуется слой, обедненный носителями заряда – **запирающий**:



- Электрическое поле запирающего слоя создает **потенциальный барьер**, который препятствует перемещению основных видов заряда в смежную область.



Можно ли преодолеть потенциальный барьер?

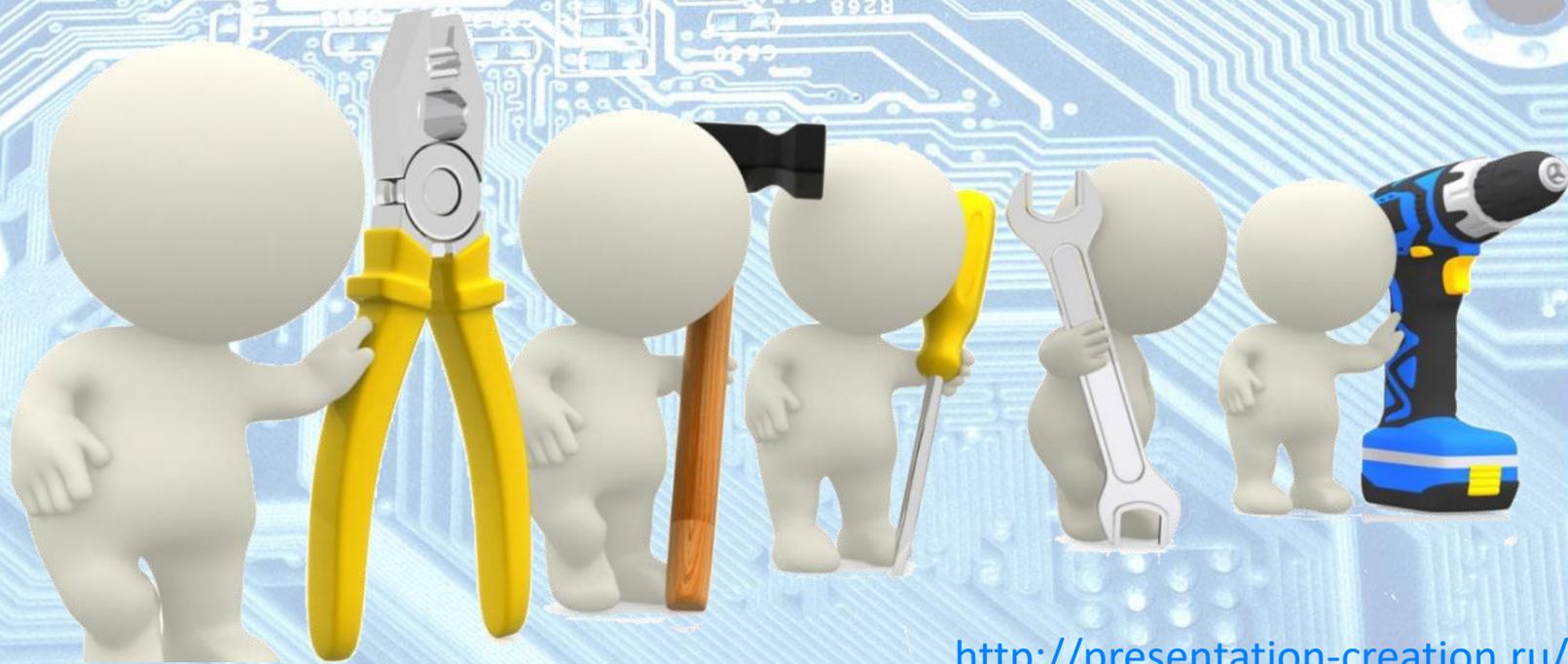


Сегодня мы узнаем:

1. Каким уникальным свойством обладает электронно-дырочный переход.
2. Какое включение n - p -перехода называется прямым, и какое – обратным.
3. Как можно регулировать высоту потенциального барьера в электронно-дырочном переходе.
4. Что такое пробой n - p -перехода.

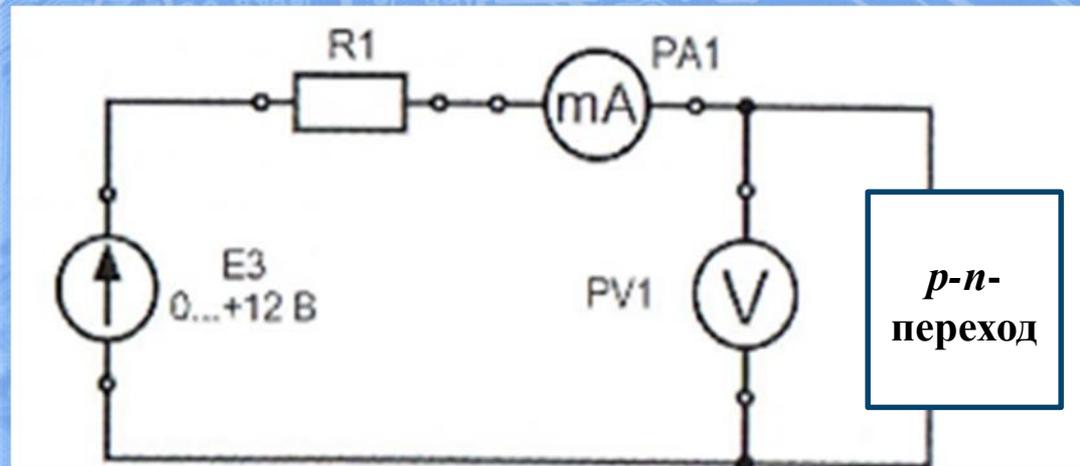


n-p–переход обладает уникальным
свойством - **односторонней**
проводимостью. Проверим?



Задание

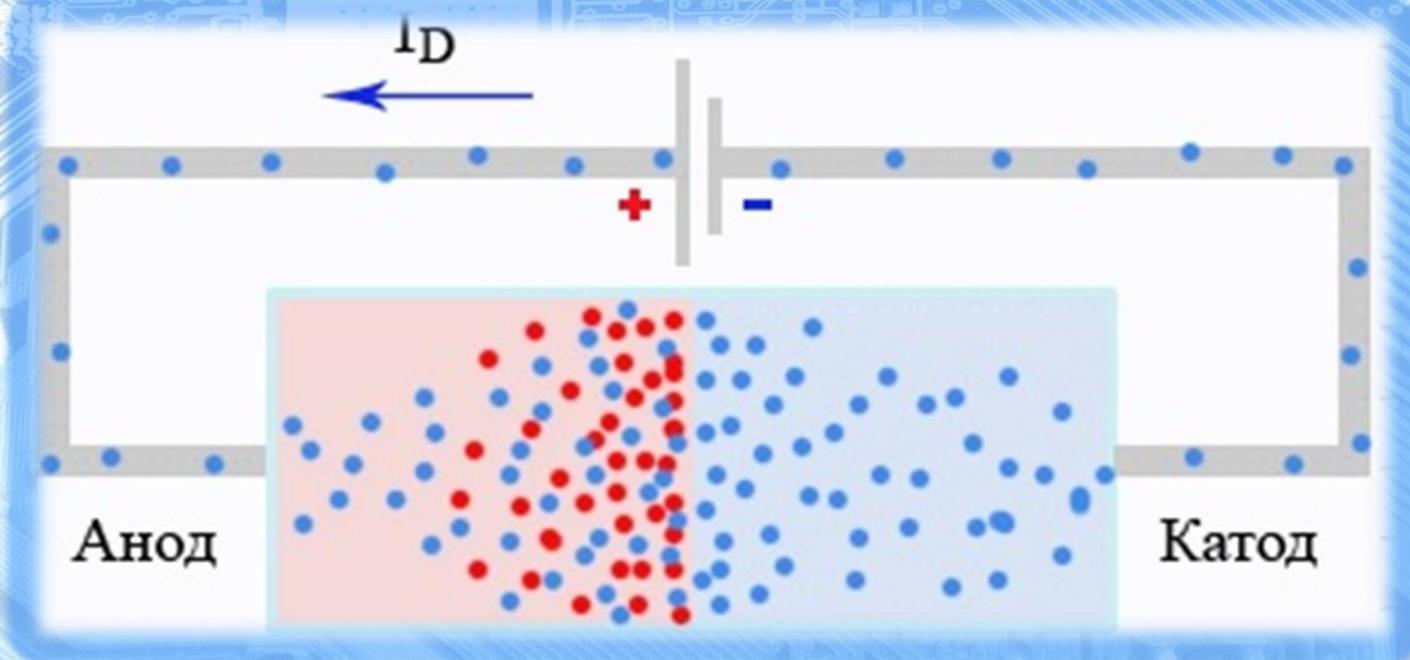
- Собрать цепь по схеме. Определить полярность. Снять показания амперметра и вольтметра с шагом по напряжению в 1 Вольт. Построить ВАХ.



Объяснение:

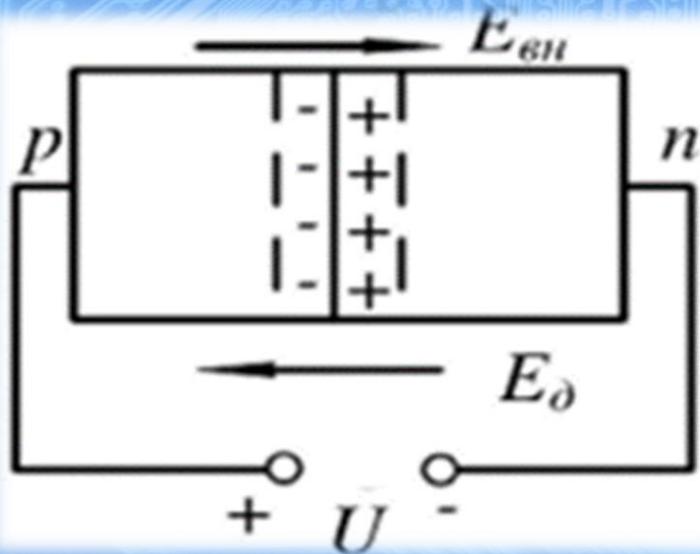
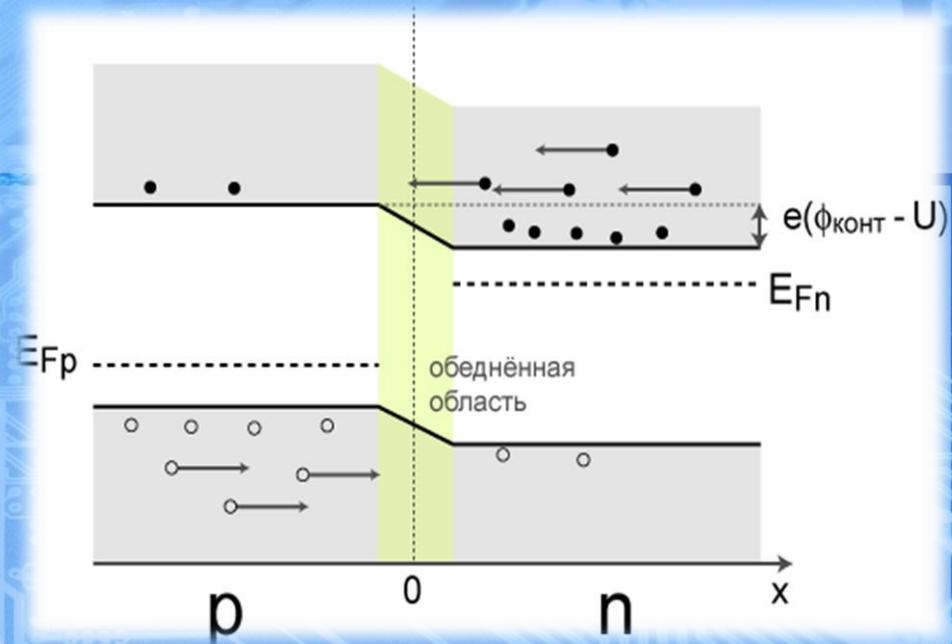
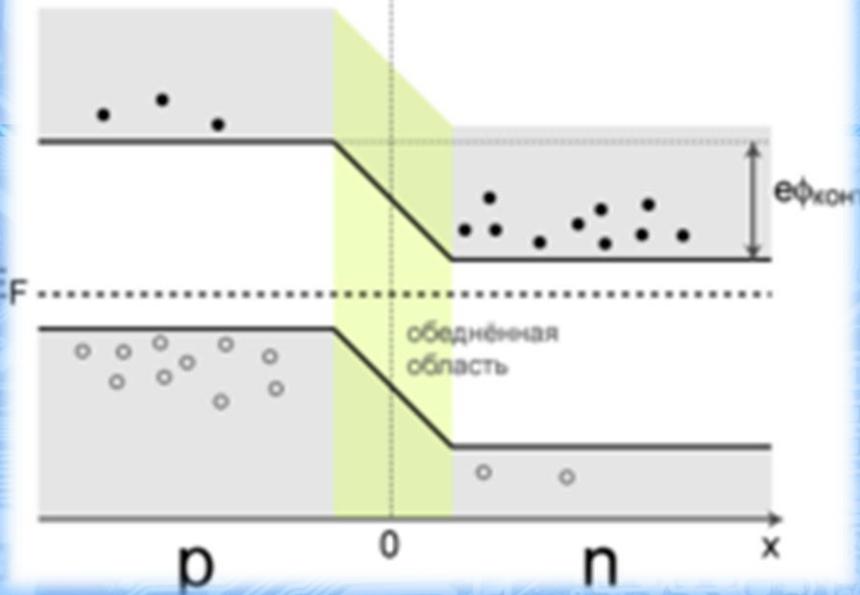
- **Прямое включение:** (+) источника питания подключается к p -области, а (-) - к n -области.

<https://disk.yandex.ru/i/ObzZhGNFWWNZMA>



до

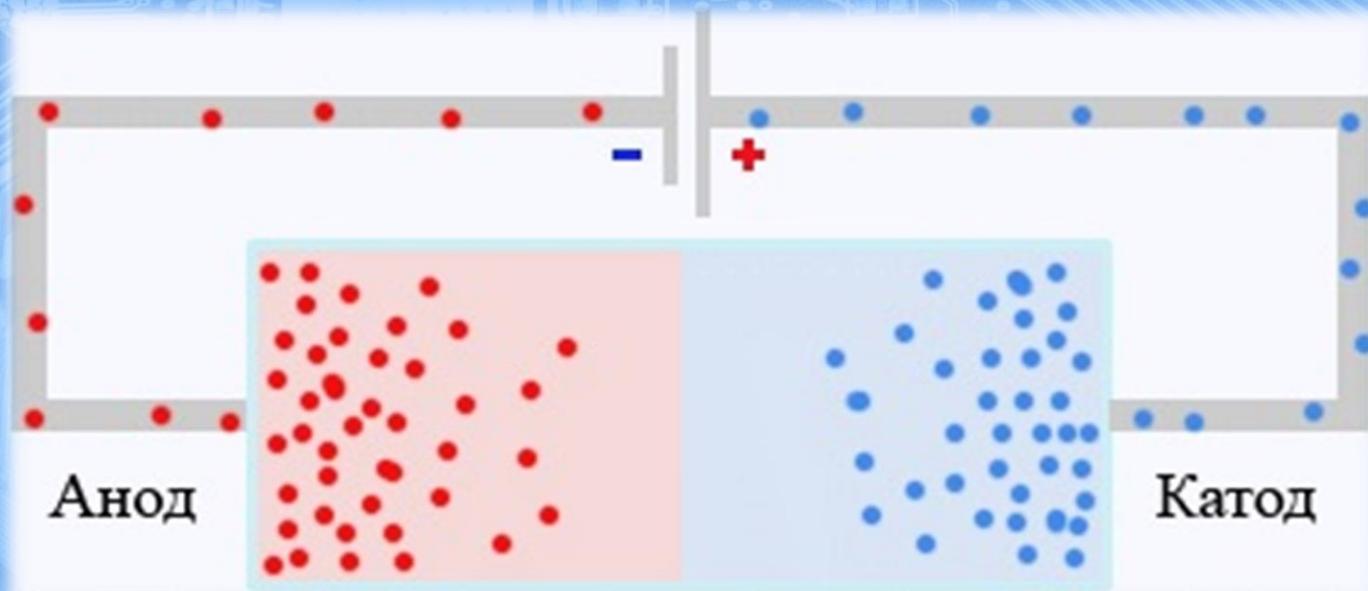
после



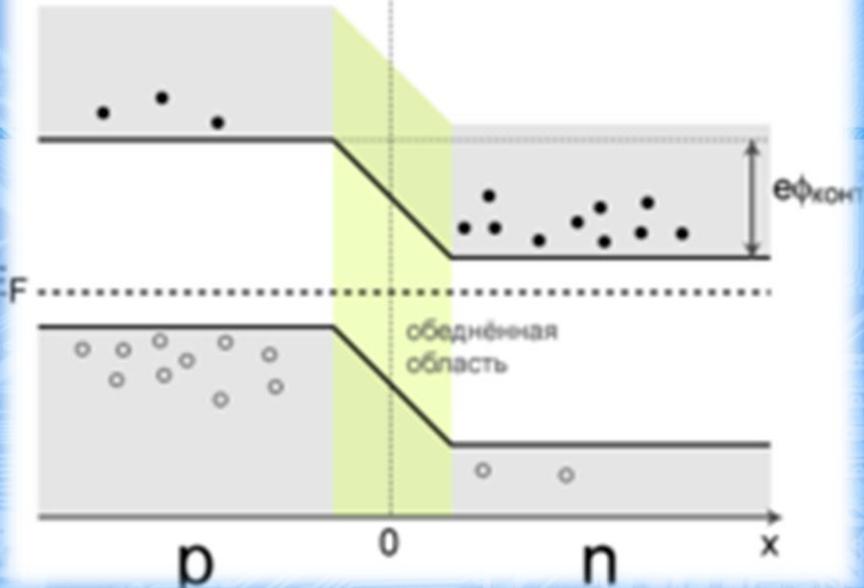
$E_{\text{вн}}$ способствует движению основных носителей через потенциальный барьер, возникает прямой ток $I_{\text{пр}}$. Сопротивление перехода очень мало.

Обратное включение:

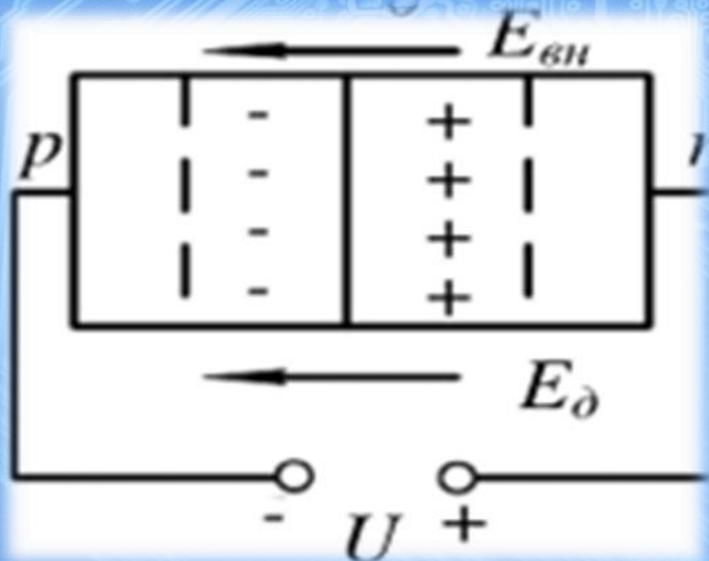
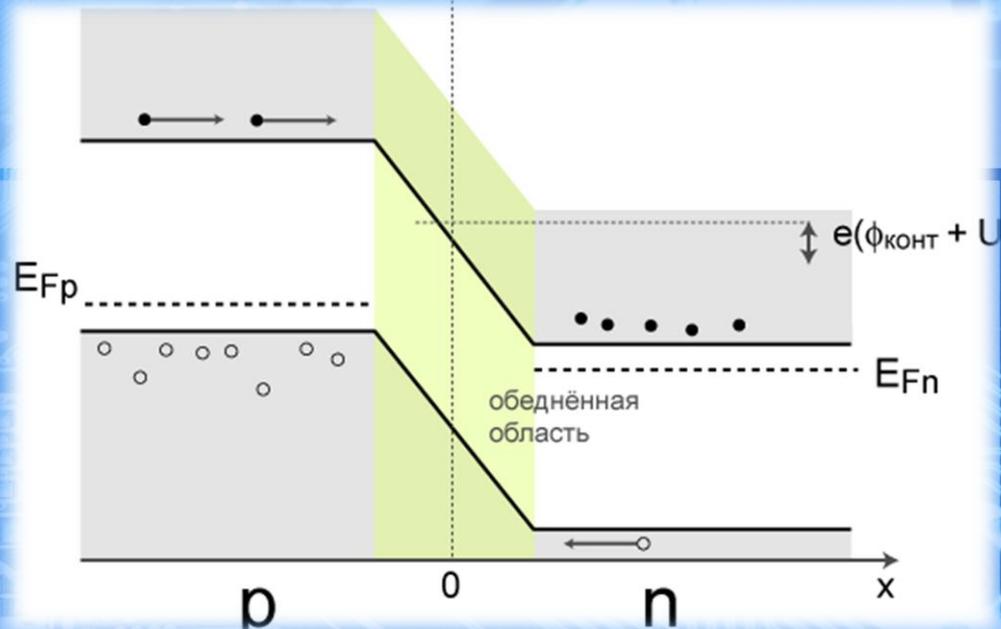
(-) источника питания подключается к p -области, а (+) - к n -области.



до



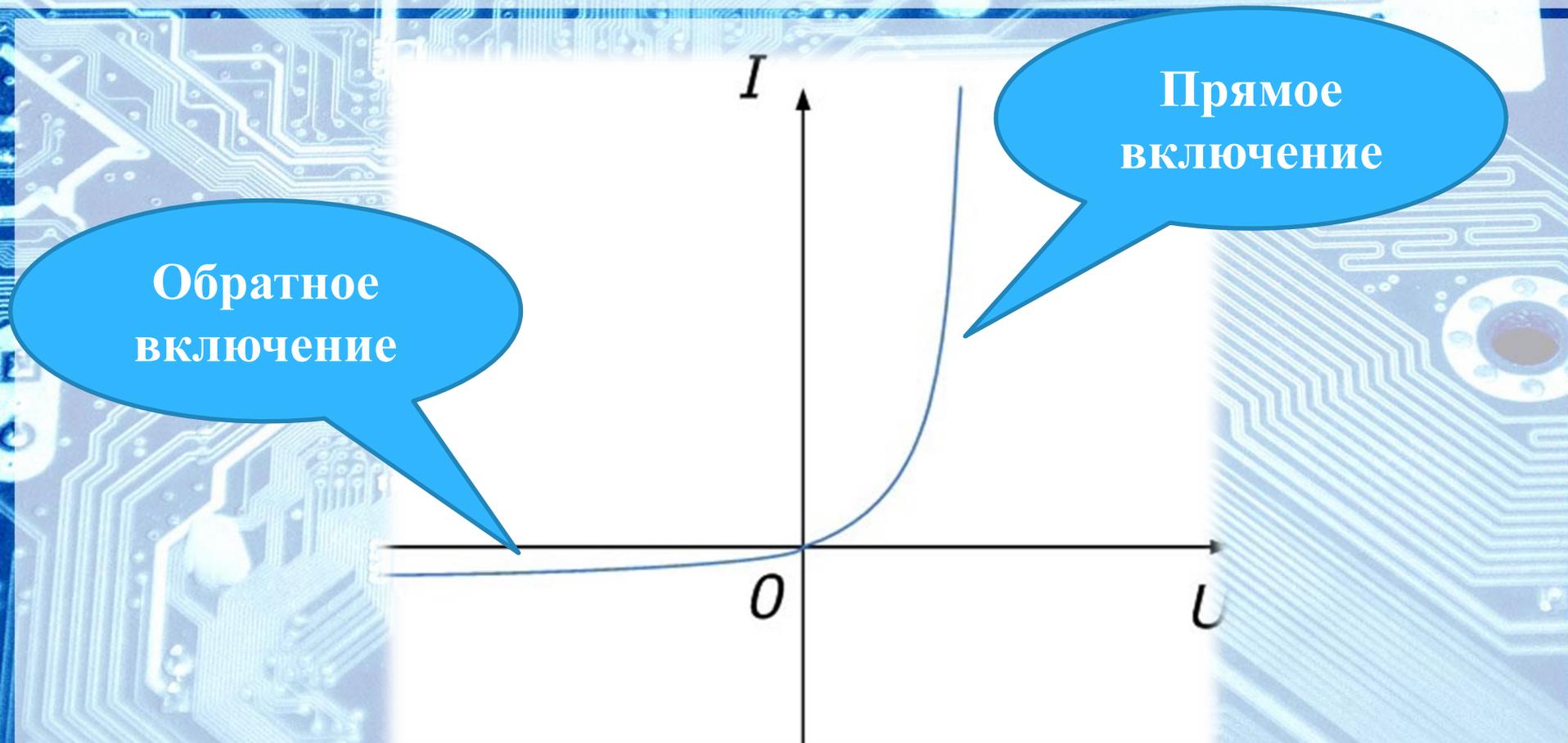
после



$E_{\text{вн}}$ препятствует движению основных носителей через потенциальный барьер. В цепи возможен лишь незначительный ток неосновных носителей (обратный ток). Причем:

$$I_{\text{обр}} \ll I_{\text{пр}}$$

Вольтамперная характеристика:

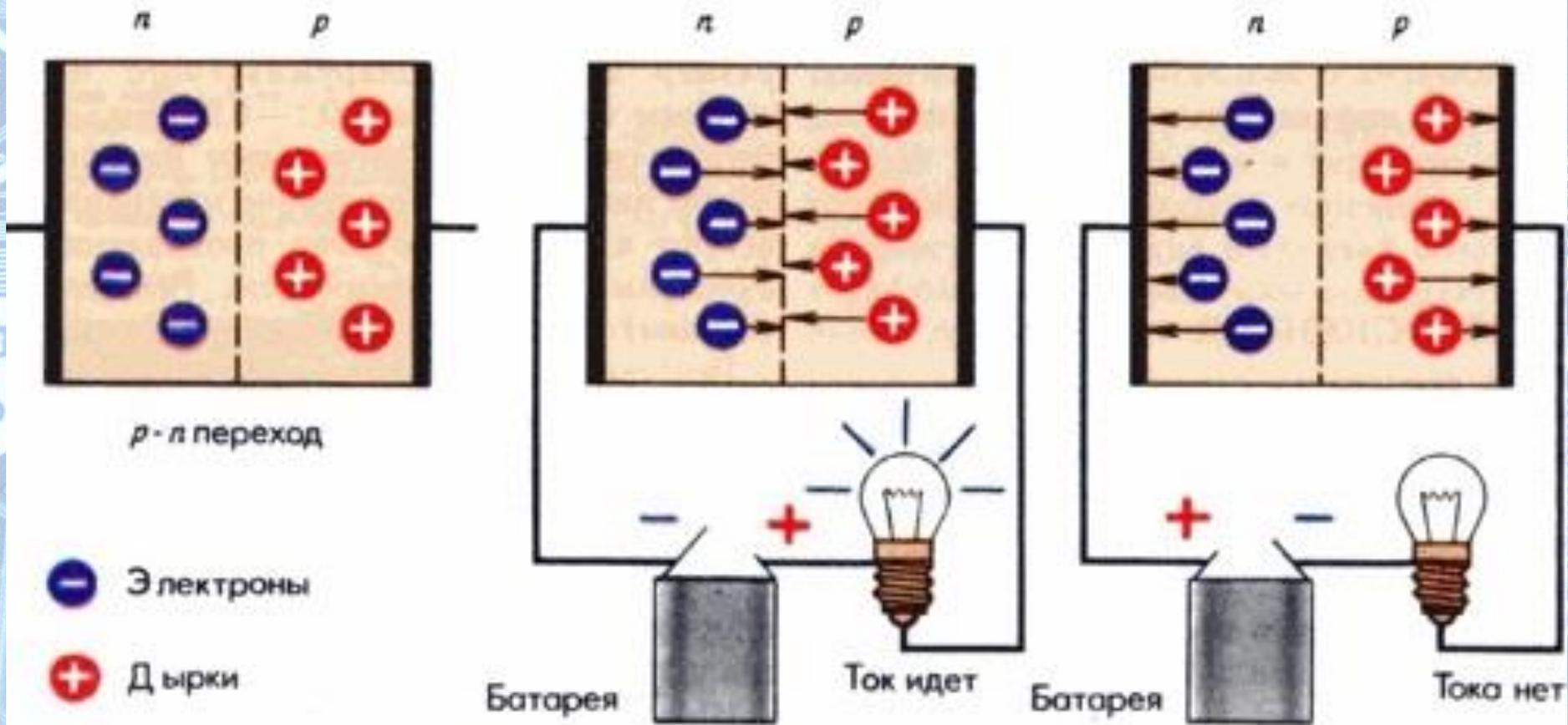


При обратном подключении ток достигает значения $I_{\text{нас}}$, называемое *током насыщения*

Вывод:

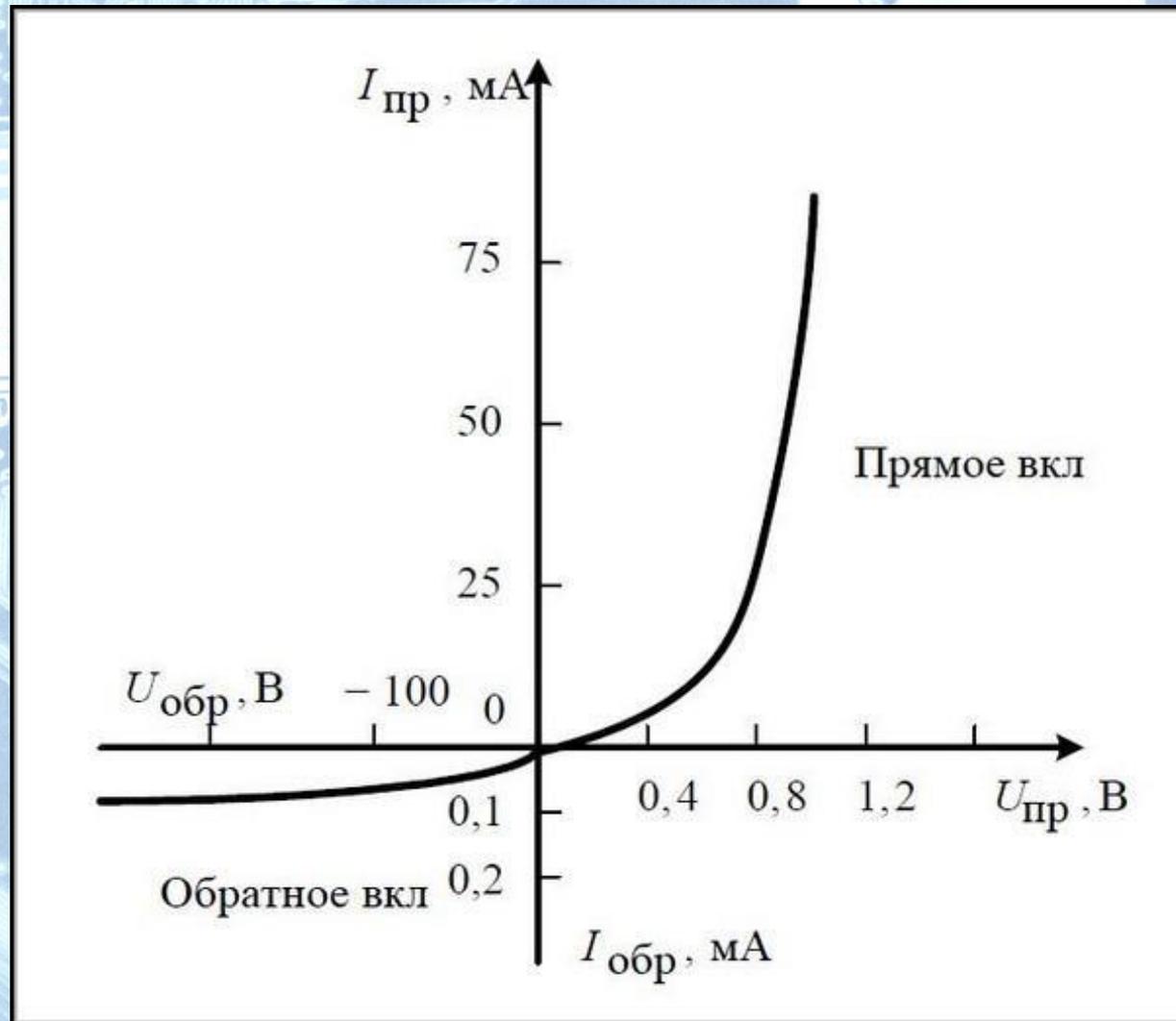
Электронно-дырочный переход имеет собственное электрическое поле $E_{\text{д}}$, которое препятствует движению свободных зарядов. Электрическое поле источника $E_{\text{вн}}$ помогает свободным зарядам преодолеть этот потенциальный барьер при определенной полярности.

Электронно-дырочный переход -

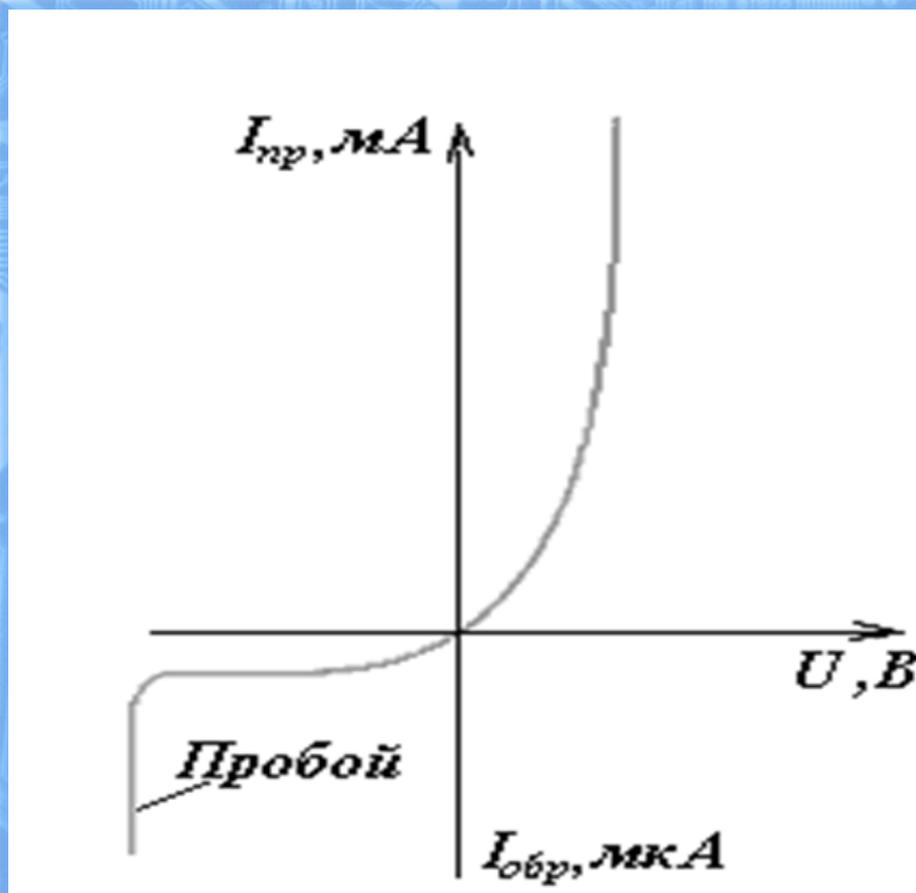


Подумаем:

1. При каком напряжении n - p -переход открывается?
2. Чему равен обратный ток?
3. Чему равно максимальное прямое напряжение?



Пробой n - p -перехода:



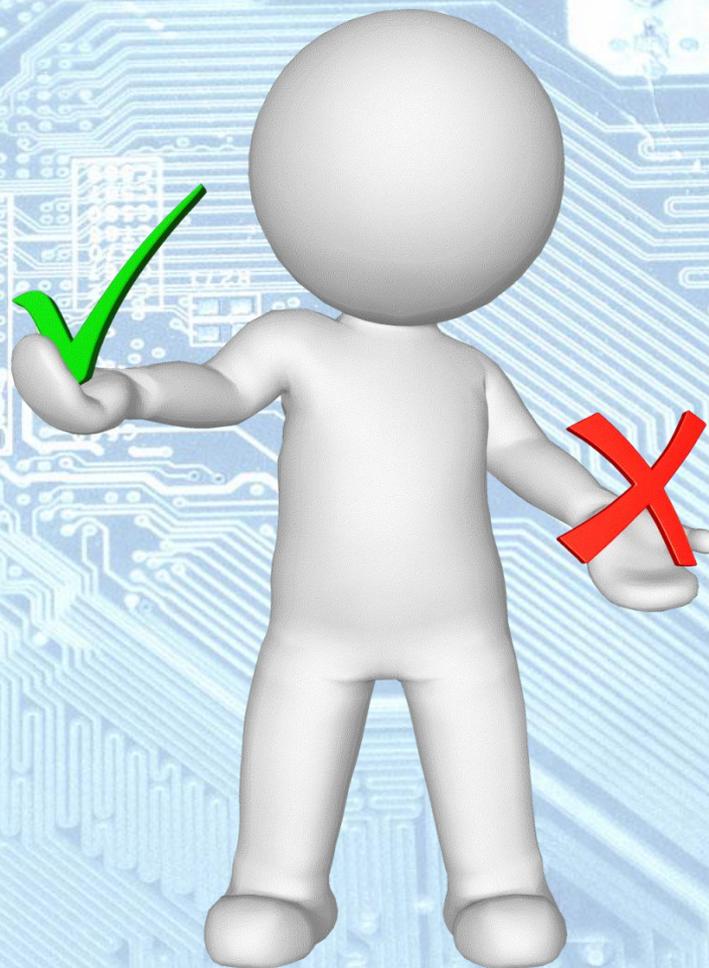
Пробой перехода - резкое уменьшение обратного сопротивления, вызывающее значительное увеличение тока при достижении обратным напряжением критического значения- $U_{пр}$

Сегодня мы узнали:

1. Каким уникальным свойством обладает электронно-дырочный переход.
2. Какое включение n - p -перехода называется прямым, и какое – обратным.
3. Как можно регулировать высоту потенциального барьера в электронно-дырочном переходе.
4. Что такое пробой n - p -перехода.



Подведем итоги:



Домашнее задание:



- **Подготовить сообщение о видах полупроводниковых приборов, указать количество встроенных электронно-дырочных переходов и их влияние на свойства прибора.**