

При сборке подвижной карты на основание устанавливается вращающийся на центральной оси круг звездной карты, а затем сверху неподвижно крепится накладной круг. Точка  $0^h$  должна находиться вверху, а точка  $12^h$  – внизу (рис. 3). Лицевая часть карты оформляется надписями и условными обозначениями небесных объектов.

**Заключение.** Практика работы с демонстрационной картой показала, что учащиеся более уверенно ориентируются на звездном небе во время уроков астрономических наблюдений. Широкие возможности открываются при использовании подвижной карты для отработки и проверки практических навыков учащихся, решении задач и выполнении упражнений.

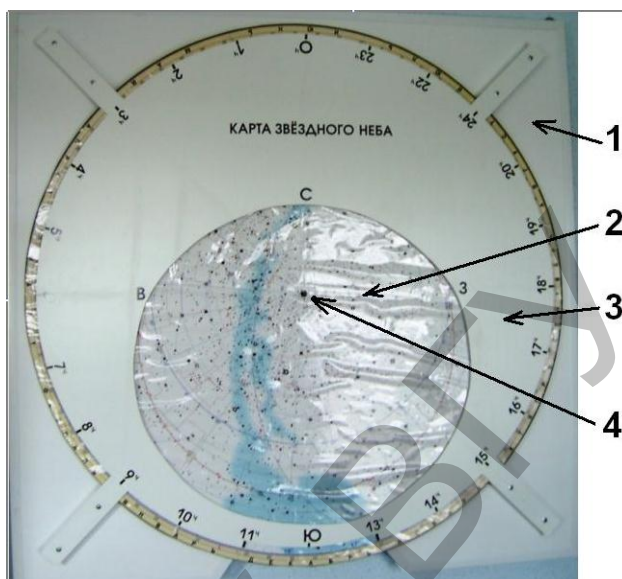


Рис. 3. Подвижная карта в сборе: 1 — основание; 2 — звездная карта; 3 — накладной круг; 4 — ось.

#### Список литературы

1. Галузо И.В., Голубев В.А., Шимбалева А.А. Карта звездного неба: Учебное наглядное пособие для общеобразовательных учреждений. – Мн.: РУП «Белкартография», 2010. – 2,59 усл. печ. л.
2. Галузо И.В., Голубев В.А., Шимбалева А.А. Практические работы и тематические задания по астрономии для 11 класса: пособие для учащихся учреждений общ. сред. образования с рус. яз. обучения. (Рабочие тетради). – 10-е изд. – Минск: Аверсэв, 2012. – 128 с.

## ИЗУЧЕНИЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ В ШКОЛЬНОМ КУРСЕ ФИЗИКИ

В.И. Жидкевич  
Витебск, ВГУ имени П.М. Машерова

В школьном учебнике физики для 10 класса при изучении полупроводниковых приборов рассматриваются свойства электронно-дырочного перехода, устройство и принцип работы биполярного транзистора. Физические процессы, происходящие в электронно-дырочном переходе, рассмотрены недостаточно полно, а объяснение принципа работы транзистора достаточно сложное [1].

Цель работы – рассмотреть свойства полупроводников и физические процессы в  $p$ - $n$ -переходе более подробно.

**Материал и методы.** В работе исследовали механизм образования запирающего слоя, физические процессы, происходящие в  $p$ - $n$ -переходе.

**Результаты и их обсуждение.** Электронно-дырочный переход может быть как симметричным, когда концентрации основных носителей заряда в  $n$ - и  $p$ -областях примерно равны, так и не симметричным. Рассмотрим симметричный  $p$ - $n$ -переход [2]. Так как концентрация одноименных носителей заряда в  $n$ - и  $p$ -об-

ластях различная, возникает встречная диффузия электронов из  $n$ - области в  $p$ - область и дырок из  $p$ -области в  $n$ -область. Это движение зарядов создает диффузионный ток. Вблизи перехода электроны и дырки рекомбинируют друг с другом. Приконтактный слой обедняется основными носителями заряда. В результате диффузии в приконтактном слое образуется не скомпенсированный объёмный заряд ионизированных атомов примеси. Между образовавшимися объёмными зарядами возникает контактная разность потенциалов и электрическое поле перехода. В  $p$ - $n$ - переходе возникает потенциальный барьер, высота которого равна контактной разности потенциалов и составляет десятые доли вольта. Электрическое поле приконтактного слоя препятствует движению основных носителей заряда и способствует перемещению неосновных носителей заряда – электронов из  $p$ -области в  $n$ -область и дырок из  $n$ -области в  $p$ -область. В отсутствие внешних воздействий ток перехода равен нулю. Приконтактный слой, обеднённый носителями заряда, называется запирающим слоем.

Если  $n$ -область перехода соединить с отрицательным полюсом источника тока, а  $p$ -область с положительным полюсом, то такое включение перехода называется прямым. Если  $n$ -область перехода соединить с плюсом источника тока, а  $p$ -область с минусом, то такое включение перехода называется обратным.

При прямом включении перехода внешнее поле направлено противоположно полю перехода и ослабляет его. С увеличением прямого напряжения потенциальный барьер снижается и исчезает, запирающий слой уменьшается и исчезает, сопротивление перехода уменьшается, диффузионный ток растёт. Через  $p$ - $n$ - переход идёт ток равный току основных носителей заряда. При обратном включении, внешнее напряжение совпадает по направлению с полем потенциального барьера и увеличивает его, запирающий слой увеличивается, сопротивление перехода растёт. Диффузионный ток уменьшается до нуля, а обратный ток очень малый и быстро достигает насыщения. При значительной величине обратного напряжения наступает электрический и тепловой пробой  $p$ - $n$ - перехода.

Вольтамперная характеристика  $p$ - $n$ - перехода проходит через ноль, но заметный ток появляется после преодоления потенциального барьера.

В работе предлагается несколько иной подход к рассмотрению принципа работы транзистора. Транзистор это полупроводниковый прибор, в котором созданы три области с различным типом проводимости  $n$ - $p$ - $n$  или  $p$ - $n$ - $p$ , которые называются эмиттером, базой и коллектором. Переход между эмиттером и базой называется эмиттерный, а между базой и коллектором – коллекторным. Концентрация носителей заряда в эмиттере высокая, в коллекторе – более низкая, в области базы на 2-3 порядка ниже, чем в эмиттере. Ширина базы составляет несколько микрометров.

В отсутствие внешнего напряжения токи через переходы не проходят. Для создания активного режима к эмиттерному переходу подводят прямое напряжение  $U_{ЭБ}$ , которое составляет доли вольта, а к коллекторному переходу обратное напряжение  $U_{КБ}$  несколько вольт. Под действием напряжения  $U_{КБ}$  увеличивается электрическое поле коллекторного перехода. Под действием прямого напряжения  $U_{ЭБ}$  потенциальный барьер эмиттерного перехода снижается и исчезает, сопротивление перехода уменьшается. В результате этого возрастает число электронов, переходящих из эмиттера в базу и число дырок, движущихся из базы в эмиттер. Через эмиттерный переход потечет ток. Так как база имеет малую ширину, то подавляющее число электронов достигнут коллекторного перехода, захватываются его полем и перебрасываются в область коллектора, создавая ток коллектора. Лишь незначительная часть электронов рекомбинируют с основными носителями

базы – дырками, создавая ток базы. Даже незначительное изменение потенциала базы приводит к изменению тока эмиттера, а, следовательно, и тока коллектора. Так как сопротивление коллекторного перехода большое, то сопротивление нагрузки можно взять большим и получить на выходе переменное напряжение значительно большей амплитуды, чем на входе, т.е. получить усиление по напряжению.

**Заключение.** В области  $p-n$ - перехода образуется запирающий слой, обладающий односторонней проводимостью. Это свойство  $p-n$ - перехода используется для создания полупроводниковых приборов.

#### Список литературы

1. Жеребцов И.П. Основы электроники. Л.: Энергоатомиздат, 1990.
2. Жилко В.В., Лавриненко А.В., Маркович Л.Г. Физика: Учеб. пособие для 11-го класса. – Мн.: Народная асвета, 2004.

## ДИСТАНЦИОННЫЕ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЕ КУРСЫ ПО ФИЗИКЕ ДЛЯ ШКОЛЬНИКОВ И АБИТУРИЕНТОВ

*Ф.П. Коршиков, А.В. Лукомский  
Витебск, ВГУ имени П.М. Машерова*

Учреждение образования «ВГУ им. П.М. Машерова» осуществляет подготовку школьников к поступлению в высшие учебные заведения, предоставляя им возможность обучаться на дистанционных подготовительных курсах по физике и другим дисциплинам централизованного тестирования.

Существенное преимущество интернет-технологий заключается в том, что слушатель может обучаться по индивидуальному расписанию, самостоятельно определяя темп обучения, имея при этом постоянный контакт с преподавателем. Особенность обучения в дистанционной форме - независимость степени удаленности школьника от центра знаний.

**Материал и методы.** Для двунаправленного взаимодействия с пользователями, не зарегистрированными в Системе управления обучением *sdo.vsu.by* на ос-

### Темы недели

ВНИМАНИЕ. Для работы с некоторыми ресурсами, имеющими расширение OMS, следует установить на свой компьютер специализированный проигрыватель - OMS-плеер. Эта программа будет автоматически открывать все файлы этого типа.

- ВидеоУРОК OpenMeetings
- Установить OMS-плеер
- Рабочая программа вебинаров по физике
- Справочники
- Видеоконсультация-1 по подготовке к ЦТ по физике
- Оптика
- Новостной форум

12 Ноябрь - 18 Ноябрь

**Тема 1.** Механическое движение. Относительность движения. Характеристики механического движения: путь, перемещение. Скорость. Закон сложения скоростей. Равномерное движение. Графическое представление равномерного движения.

Рис. 1. Фрагмент структуры курса «Физика»