

УДК 621.382

ПОЛУПРОВОДНИКИ И ИХ РОЛЬ В АВТОТРАНСПОРТЕ

Бычkevич Е.А., Романенкова А.С.

Научный руководитель – Смурага Л.Н., к.т.н., доцент

Известно, что в табл. Менделеева присутствует 14 полупроводниковых элемента, на основании их создаются полупроводниковые приборы.

Полупроводники с позиции зонной теории – это диэлектрики в виде кристалла, у которых ширина запрещенной зоны $\leq 3\text{эВ}$. Для увеличения проводимости полупроводника его легируют – то есть добавляют в состав исходного основного материала примеси для изменения его химических и физических свойств – так создают полупроводниковые приборы: диоды, транзисторы, тиристоры и т.д.

В наши дни ежегодно производится более 10^{20} транзисторов. В общей сложности в современном автомобиле используется порядка 8000 полупроводников в 100 взаимосвязанных блоках управления, порядка 80 датчиков, один из которых разработан в Белоруссии: система контроля перегруза автомобилей или условно – датчик деформации.

В этой статье мы опишем работу транзистора, которую, безусловно, можно считать самым важным приложением квантовой теории.

В полупроводниках, происходит нечто очень интересное: ток переносится не только электронами в зоне проводимости. Электроны в валентной зоне тоже вносят свой вклад, изначально инертно покоящиеся в ней, они поглощают некоторое количество энергии и переходят в зону проводимости. Конечно, после этого электрон становится гораздо более мобильным, но мобильность обретает и еще кое-что: в валентной зоне образуется дырка, и она дает возможность маневра электронам из зоны валентности. В результате чего поток электронов пойдет в одном направлении и соответствующий ему поток дырок в другом. Можно считать, что дырка имеет электрический заряд, прямо противоположный заряду электрона. Напомним, что материал, через который текут электроны и дырки, в среднем электрически нейтральный. В любой отдельно взятой области материал не имеет заряда, потому что отрицательный заряд электронов отменяет положительный заряд, переносимый атомными ядрами. Но если мы создадим пару электрон-дырка, переместив электрон из валентной зоны в зону проводимости, образуется свободно движущийся электрон, который создает избыток отрицательного заряда по сравнению с обычными условиями в этой области материала. Точно так же дырка — это отсутствие электрона, и в месте, где она есть, преобладает положительный заряд. Электрический

ток по определению оказывается величиной, с которой движутся положительные заряды, так что электроны вносят в ток отрицательный вклад, а дырки — положительный, если движутся в одном и том же направлении. В случае с полупроводником, электроны и дырки движутся в противоположных направлениях, то они складываются, в итоге получается большой заряд и, следовательно, большая сила тока.

В итоге, течение электричества через полупроводник — это течение заряда, а он состоит из электронов в зоне проводимости, движущихся в одном направлении, и дырок в валентной зоне, движущихся в обратную сторону. Эта ситуация отличается от движения тока в проводнике, когда сила тока определяется движением огромного количества электронов в зоне проводимости, а дополнительная сила тока, создаваемая при образовании пар электрон-дырка, пренебрежимо мала. Понять пользу полупроводников — значит осознать, что ток, идущий по полупроводнику, нельзя назвать неконтролируемым движением электронов по проводу, как в проводнике. Это гораздо более сложная комбинация движений электронов и дырок, которая при должной настройке может быть использована для создания микроскопических устройств, способных обеспечить полный контроль за движением тока по цепи.

Конечно, контролировать ток, идущий по проводу, в принципе легко: достаточно дернуть рубильник. Но мы сейчас не об этом, а о том, как создать более тонкие переключатели и динамически контролировать с их помощью ток в цепи. Эти переключатели- строительные кирпичики логических схем, а из логических схем, в свою очередь, состоят микропроцессоры.

Если загрязнить кремний фосфором, причем уровень загрязнения можно точно контролировать, что очень важно и в кристалле чистого кремния каждый атом последовательно замещается атомом фосфора. Атом фосфора попадает на место, освобожденное атомом кремния, и единственная разница состоит в том, что у фосфора на один электрон больше, чем у кремния и кремний получит электронное загрязнение или загрязнение *n*-типа.

А если вместо фосфора мы загрязняем кремний атомами алюминия, то атомы алюминия вновь располагаются среди атомов кремния и прекрасно замещают их. Разница в том, что у алюминия на один электрон меньше, чем у кремния. Так в чистом кристалле появляются дырки, в то время как при фосфорном загрязнении появлялись лишние электроны. Эти дырки расположены вблизи от атомов алюминия, и их можно заполнить электронами, которые перескакивают из валентной зоны соседних атомов кремния. «Дырчатый» акцепторный уровень располагается прямо над валентной зоной, потому что электрон из атома кремния в валентной зоне может легко перескочить в дырку, оставленную атомом алюминия. В этом

случае естественно считать, что электрический ток переносится дырками, поэтому такой тип загрязненного кремния называется *p*-типом.

Если сделать своеобразный сэндвич: слой кремния *p*-типа разместить между двумя слоями кремния *n*-типа, то получим полупроводниковый прибор, называемый транзистором.

Приложим напряжение $+V_c$ к области *n*-типа (рис.1) с одной стороны и к области *p*-типа $+V_b$ в середине, то приложение положительного напряжения заставляет подняться плоскую часть кривой слева на величину V_c и плоский участок в области *p*-типа на величину V_b . Это показано сплошной линией на центральной диаграмме. Такой способ расположения потенциалов имеет серьезные последствия: создается

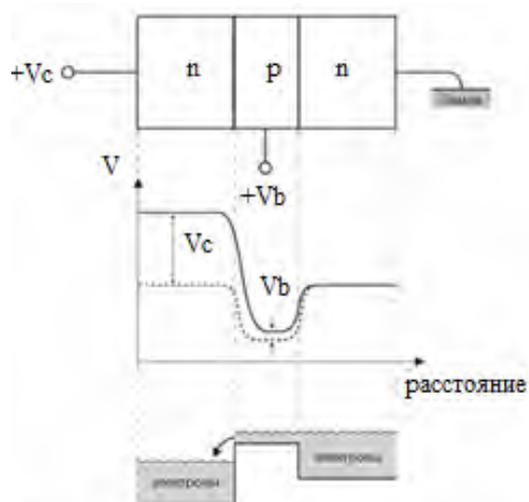


Рис. 1. Схема работы транзистора.

настоящий водопад электронов, которые преодолевают сниженный центральный барьер и направляются в область *n*-типа слева (напомним, что электроны текут «в горку»). Если V_c больше, чем V_b , то поток электронов будет односторонним и электроны слева не смогут преодолеть область *p*-типа. Такое проявление свойств описанного прибора напоминает работу электронного клапана. Итак, посредством применения напряжения к области *p*-типа мы можем включать и выключать электрический ток. Если последовательно соединить два транзистора получим «и-вентиль», если параллельно, то «или вентиль». Получили кирпичики сочетания логических схем, которые можно использовать для создания сколь угодно сложных алгоритмов в виде логических нулей и единиц. Можно получить логическую «1» в виде сигнала низкого уровня, логический «0» - сигнала высокого уровня.

Таким образом, применительно к автомобилю, возможна частичная его цифровизация и через бортовой компьютер получать информацию о работе основных узлов, осуществлять диагностику и даже управлять их работой.