

МЕХАНИЗМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОВОДИМОСТИ

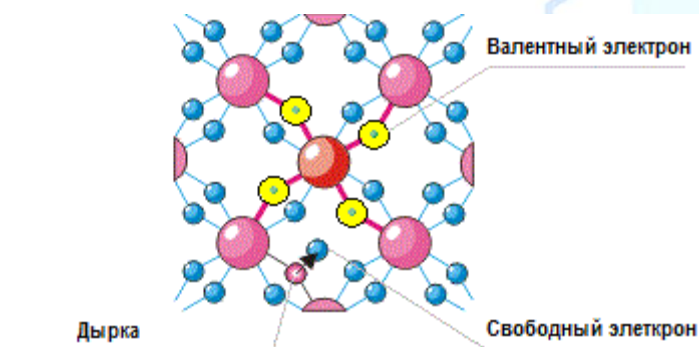
*Мансурова Гулчехра Алиджоновна, Тургунова Ойгул Валижон кизи,
Профессиональная школа город Фергана.*

Аннотация: В статье описаны механизм электрической проводимости и оптические явления в полупроводниках. Поглощение света полупроводников.

Ключевые слова: полупроводник, непрямозонные полупроводники, дырка, электрон.

Вещества, способные проводить или не проводить электрический ток, не ограничиваются строгим разделением только на проводники и диэлектрики. Есть еще полупроводники, такие как: селен, [кремний](#), [германий](#), и другие минералы и сплавы, достойные того, чтобы их выделить в отдельную группу.

Эти вещества проводят электрический ток лучше, чем диэлектрики, но хуже чем металлы, а их удельная проводимость увеличивается с ростом температуры или освещенности. Данная особенность полупроводников делает их применимыми в датчиках освещенности и температуры, но основное их применение — все же электроника. (рис 1)



Если взглянуть, в качестве примера, на кристалл кремния, то можно обнаружить, что кремний обладает валентностью 4, то есть на внешней оболочке его атома есть 4 электрона, которые связаны с четырьмя соседними атомами кремния в кристалле. Если на такой кристалл подействовать теплом или светом, то валентные электроны получают приращение энергии, и покинут свои атомы, превратившись в свободные электроны — в подвергнутом воздействию объеме полупроводника появится электронный газ — как в металлах, то есть возникнет условие для проводимости.

Но в отличие от металлов, полупроводники отличаются электронной и дырочной проводимостью. Почему так происходит и что это такое? Когда валентные электроны покидают свои места, на этих прежних местах образуются области с недостатком отрицательного заряда - «дырки», имеющие теперь избыточный положительный заряд.

В образовавшуюся «дырку» легко перескочит соседний электрон, и как только эта дырка заполнится перескочившим в нее электроном, на месте перескочившего электрона опять же образуется дырка.

То есть получается, что дырка — это положительно заряженная подвижная область полупроводника. И при включении полупроводника в цепь с источником ЭДС, электроны станут двигаться к плюсовой клемме источника, а дырки — к минусовой. Так реализуется проводимость полупроводника собственная.

Движение в полупроводнике дырок и электронов проводимости без приложенного электрического поля будет хаотичным. Если же к кристаллу приложить внешнее электрическое поле, то электроны внутри него придут в движение против поля, а дырки — в движение по полю, то есть в полупроводнике возникнет явление собственной проводимости, которое будет обусловлено не только электронами, но и дырками.

У полупроводника проводимость всегда возникает лишь под влиянием каких-нибудь факторов извне: из-за облучения фотонами, от действия температуры, при наложении электрических полей и т. д.

Уровень Ферми в полупроводнике приходится на середину запрещенной зоны. Для перехода электрона из верхней валентной зоны в нижнюю зону проводимости нужна энергия активации, которая равна ширине запрещенной зоны ΔE . И как только появляется электрон в зоне проводимости, тут же в валентной зоне рождается дырка. Таким образом, затраченная энергия делится поровну при образовании пары носителей тока.

Половина энергии (соответствует половине запрещенной зоны) расходуется на переброс электрона, а половина — на образование дырки, в итоге начало отсчета соответствует середине запрещенной зоны. Энергия Ферми в полупроводнике — это та энергия, при которой возбуждаются электроны и дырки. Положение о том, что уровень Ферми расположен для полупроводника в середине запрещенной зоны, может быть подтверждено математическими выкладками, однако здесь математические выкладки опустим.

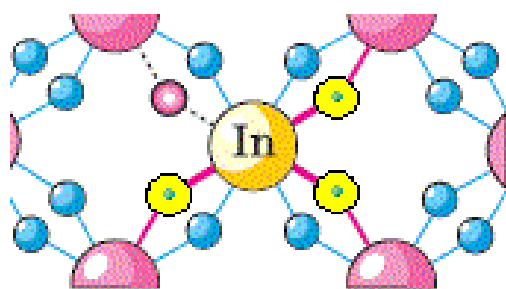
Под действием внешних факторов, например при возрастающей температуре, тепловые колебания кристаллической решетки полупроводника приводят к разрушению некоторых валентных связей, вследствие чего часть электронов становятся, отщепляясь, свободными носителями заряда.

В полупроводниках наряду с процессом образования дырок и электронов действует процесс рекомбинации: электроны переходят в валентную зону из зоны проводимости, отдавая при этом свою энергию кристаллической решетке и излучая кванты электромагнитного излучения. Так, каждой температуре соответствует равновесная концентрация дырок и электронов, зависящая от температуры согласно следующему выражению:

$$\langle N(E) \rangle \approx e^{-\Delta E / (2kT)}$$

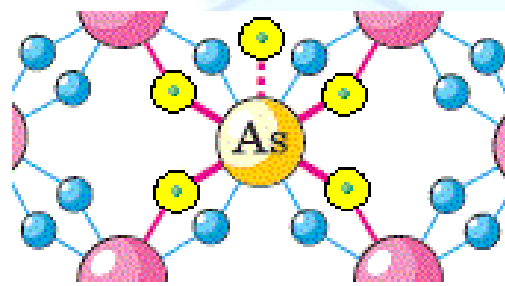
Есть еще примесная проводимость полупроводников, когда в кристалл чистого полупроводника вводят немного другого вещества, которое отличается более высокой или пониженной валентностью, по сравнению с основным веществом.

Если в чистом, скажем, в том же кремнии, количество дырок и свободных электронов равно, то есть они образуются все время парами, то в случае с добавленной в кремний примесью, например мышьяка, обладающего валентностью 5, количество дырок окажется меньше количества свободных электронов, то есть образуется полупроводник с большим количеством свободных электронов, отрицательно заряженных, это будет полупроводник n-типа (negative). А если подмешать индия, который обладает валентностью 3, то есть меньшей, чем у кремния, тогда будет больше дырок — это и будет полупроводник p-типа (positive).



p-тип Si+In

Валентных элетронов меньше



n-тип Si+As

Валентных элетронов больше

Теперь, если привести полупроводники разной проводимости в соприкосновение, то в месте контакта получим p-n-переход. Электроны, перемещающиеся из n-области и дырки, перемещающиеся из p-области, станут двигаться друг к другу на встречу, и по разные стороны от контакта получатся области, с разноименными зарядами (по разные стороны от p-n-перехода): в n-области скопится положительный заряд, а в p-области — отрицательный. Разные части кристалла по отношению к переходу будут заряжены противоположно. Это положение очень важно для работы всех полупроводниковых приборов.

Простейшим примером такого прибора является полупроводниковый диод, где используется всего один p-n-переход, чего достаточно для достижения поставленной задачи — проводить ток лишь в одном направлении.

Электроны из n-области движутся по направлению к положительному полюсу источника питания, а дырки из p-области — в сторону отрицательного

полюса. Вблизи перехода скопится достаточно положительных и отрицательных зарядов, сопротивление перехода сильно снизится, и по цепи пойдет ток.

В обратном включении диода ток пойдет в десятки тысяч раз меньший, поскольку электроны и дырки просто разнесет электрическим полем в разные стороны от перехода. На этом принципе работает диодный выпрямитель.

Использованная литература

1. К. А. Турсунметов и др. Физика. Справочник. 2004
2. Физика. Энциклопедия. под. ред. Ю. В. Прохорова.-М.: Большая Российская энциклопедия, 2003.
3. П.С.Киреев. “Физика полупроводников”.
4. Сивухин Д.В. Курс общей физики. 3-т., Электричество. Учебное пособие для студентов физических специальностей высших учебных заведений.