# Министерство Образования и Науки Украины

Национальная Металлургическая Академия Украины

Технологический факультет

Реферат

на тему:

**˝Полупроводниковые материалы˝**

Подготовила ст.гр.МТ-97-2 Черных Е.С.

Проверила профессор Губенко С.И.

г.Днепропетровск

2001г.

Содержание:

1.Общие сведения 3

2.Металлургия германия и кремния 7

3.Применение полупроводников

3.1.Тепловые сопротивления (термисторы) 9

3.2.Фотосопротивления 11

3.3.Термоэлементы 12

3.4.Холодильники и нагреватели 12

Литература 15

1.Общие сведения

Полупроводниками называют вещества, обладающие электронной проводимостью, занимающей промежуточное положение между металлами и изоляторами.

От металлов они отличаются тем, что носители электрического тока в них создаются тепловым движением, светом, потоком электронов и т.п. источником энергии. Без теплового движения (вблизи абсолютного нуля) полупроводники являются изоляторами. С повышением температуры электропроводность полупроводников возрастает и при расплавлении носит металлический характер.

Полупроводники – это новые материалы, с помощью которых на протяжении последних десятилетий удаётся разрешать ряд чрезвычайно важных электротехнических задач. В настоящее время насчитывается свыше двадцати различных областей, в которых с помощью полупроводников разрешаются важнейшие вопросы эксплуатации машин и механизмов, контроля производственных процессов, получения электрической энергии, усиления высокочастотных колебаний и генерирования радиоволн, создания с помощью электрического тока тепла или холода, и для осуществления многих других процессов.

К полупроводниковым материалам относится большинство минералов, неметаллические элементы IV, V, VI групп периодической системы Менделеева, неорганические соединения (оксиды, сульфиды), некоторые сплавы металлов, органические красители. Широко применяемыми полупроводниковыми материалами являются элементы IV группы периодической системы Менделеева – германий и кремний. Это вещества, кристаллизирующиеся в решётке типа алмаза. Такая решётка представляет собой тетраэдр, по вершинам которого расположены четыре атома, окружающие атом, находящийся в центре тетраэдра. Здесь каждый атом связан с четырьмя ближайшими соседями силами ковалентной связи, так как каждый из них имеет четыре внешних валентных электрона.

При температурах около абсолютного нуля в идеальном кристалле кремния или германия все ковалентные связи заполнены, а все электроны связаны с атомами и не могут участвовать в процессе электропроводности. Чтобы электрон мог проводить электрический ток, нужно затратить некоторую работу для его освобождения из ковалентной связи.

Это происходит при освещении кристалла. Свет, как известно, представляет собой поток частиц – фотонов, или квантов света. Если энергия фотона больше или равна энергии разрыва связи, то электрон может стать свободным и сможет принимать участие в процессе электропроводности. Здесь происходит переход электронов из наружной заполненной зоны в зону проводимости. При этом вместо ушедшего электрона в кристалле появляется незаполненная связь, которая может быть занята электроном из другой какой-нибудь связи. Одновременно в ранее заполненной зоне образуется дырка. Таким образом, незаполненная связь или дырка может перемещаться по кристаллу. Эта незаполненная связь эквивалентна положительной частице, двигающейся по кристаллу под действием внешнего электрического поля. В действительности дырки не представляют собой положительно заряженных частиц. Очевидно, что в идеальном кристалле количество дырок будет равно количеству свободных электронов.

С прекращением освещения электропроводность кристалла начнёт уменьшаться, так как электроны, которые освободились под действием света, будут размещаться в связях, т.е. произойдёт рекомбинация электронов и дырок. Этот процесс заканчивается в течение тысячных долей секунды или меньше и кристалл снова перестаёт проводить электрический ток. Явление, при котором возникает электрический ток под действием света в кристалле, помещённом во внешнее электрическое поле, называется фотопроводимостью.

Наименьшая энергия, которая необходима для перевода электрона из заполненной зоны в зону проводимости, определяет собой величину энергетического интервала между этими двумя или ширину запретной зоны.

Для разрыва валентных связей при очень низких температурах необходима энергия, равная 1.2 эв (~0.1922 адж) для кремния и 0.75 эв (~0.1201 адж) для германия. В световом луче энергия фотонов значительно выше: так, для жёлтого света она составляет 2 эв (0.3204 адж).

Освобождение электронов может произойти и другим путём, например при нагревании кристалла, когда энергия колебания атомов в кристаллической решётке может увеличиться настолько, что связи разрушатся и электроны смогут освободиться. Этот процесс также протекает с образованием дырок.

В идеальных кристаллах, где количества электронов и дырок равны, проводимость называется собственной. Так как удельное сопротивление идеальных кристаллов полупроводников зависит только от температуры, то величина его может служить характеристикой данного полупроводника. Сопротивление идеальных кристаллов называют собственным сопротивлением полупроводника, например, для кремния при 300°К собственное удельное сопротивление равно 63600 ом·см (636 ом·м), а для германия при той же температуре 47 ом·см (0.470 ом·м).

Идеальные кристаллы, не содержащие никаких примесей, встречаются очень редко. Примеси в кристаллах полупроводников могут увеличивать количество электронов или дырок. Было установлено, что введение одного атома сурьмы в кубический сантиметр германия или кремния приводит к появлению одного электрона, а одного атома бора – к появлению одной дырки.

Появление электронной или дырочной проводимости при введении в идеальный кристалл различных примесей происходит следующим образом. Предположим, что в кристалле кремния один из атомов замещен атомом сурьмы. Сурьма на внешней электронной оболочке имеет пять электронов (V группа периодической системы). Четыре электрона образуют парные электронные связи с четырьмя ближайшими соседними атомами кремния. Оставшийся пятый электрон будет двигаться около атома сурьмы по орбите, подобной орбите электрона в атоме водорода, но сила его электрического притяжения к ядру уменьшится соответственно диэлектрической проницаемости кремния. Поэтому, чтобы освободить пятый электрон, нужна незначительная энергия, равная примерно 0,05 эв (~ 0,008 адж). Слабо связанный электрон легко может быть оторван от атома сурьмы под действием тепловых колебаний решётки при низких температурах. Такая низкая энергия ионизации примесного атома означает, что при температурах около –100°с, все атомы примесей в германии и кремнии уже ионизированы, а освободившиеся электроны участвуют в процессе электропроводности. В этом случае основными носителями заряда будут электроны, т.е. здесь имеет место электронная проводимость или проводимость n-типа (n - первая буква слова negative).

После того как «лишний», пятый, электрон удалён, атом сурьмы становится положительно заряженным ионом, имеющим четыре валентных электрона, как и все атомы кремния, т.е. ион сурьмы становится заместителем кремния в кристаллической решётке.

Примеси, обусловливающие возникновение электронной проводимости в кристаллах, называются донорами. В кремнии и германии ими являются элементы V группы таблицы Менделеева – сурьма, фосфор, мышьяк и висмут. Трёхвалентный атом примеси бора в решётке кремния ведёт себя по-иному. На внешней оболочке атома бора имеются только три валентных электрона. Значит, не хватает одного электрона, чтобы заполнить четыре валентные связи с четырьмя ближайшими соседями. Свободная связь может быть заполнена электроном, перешедшим из какой-либо другой связи, эта связь заполнится электронами следующей связи и т.д. Положительная дырка (незаполненная связь) может перемещаться по кристаллу от одного атома к другому (при движении электрона в противоположном направлении). Когда электрон заполнит недостающую валентную связь, примесный атом бора станет отрицательно заряженным ионом, заменяющим атом кремния в кристаллической решётке. Дырка будет слабо связана с атомом бора силами электростатического притяжения и будет двигаться около него по орбите, подобной орбите электрона в атоме водорода. Энергия ионизации, т.е. энергия, необходимая для отрыва дырки от отрицательного иона бора, будет примерно равна 0,05 эв. Поэтому при комнатной температуре все трёхвалентные примесные атомы ионизированы, а дырки принимают участие в процессе электропроводности. Если в кристалле кремния имеется примесь трёхвалентных атомов (III группа периодической системы), то проводимость осуществляется в основном дырками. Такая проводимость носит название дырочной или проводимости р (р - первая буква слова positive). Примеси, вызывающие дырочную проводимость, называются акцепторами. К акцепторам в германии и кремнии относятся элементы третьей группы периодической системы: галлий, таллий, бор, алюминий.

Количество носителей тока, возникающих при введении примеси каждого вида в отдельности, зависит от концентрации примеси и энергии её ионизации в данном полупроводнике. Однако большинство практически используемых примесей при комнатной температуре полностью ионизировано, поэтому концентрация носителей, создаваемая при этих условиях примесями, определяется только их концентрацией и для многих из них равна числу введенных в полупроводник атомов примеси.

Каждый атом донорной примеси вносит один электрон проводимости, следовательно, чем больше донорных атомов в каждом кубическом сантиметре полупроводника, тем больше концентрация их превышает концентрацию дырок, и проводимость носит электронный характер. Обратное положение имеет место при введении акцепторных примесей.

При равной концентрации донорной и акцепторной примесей в кристалле проводимость будет обеспечиваться, как и в собственном полупроводнике, электронами и дырками за счёт разрыва валентных связей. Такой полупроводник называется компенсированным.

Количество электричества, переносимого дырками или электронами, определяется не только концентрацией носителей, но и подвижностью электронов и дырок.

Важнейшей характеристикой, определяющей качество германия и кремния в технике полупроводниковых приборов, является величина τ, называемая временем жизни неосновных носителей тока. В большинстве случаев τ желательно иметь максимальным.

Для использования германия и кремния в полупроводниковых приборах (например, солнечных батареях, преобразующих световую энергию в электрическую) и инфракрасной оптике важно знать коэффициент преломления, отражательную способность и пропускание света в широком диапазоне длин волн.

Наряду с элементарными полупроводниками в полупроводниковой технике находят широкое применение полупроводниковые соединения, получаемые путём сплавления или химической обработки чистых элементов. Таковы закись меди (Cu2O), из которой изготавливают полупроводниковые выпрямители разнообразных типов, сурьмянистый цинк (SbZn), используемый для изготовления полупроводниковых термобатарей, теллуристый свинец (PbTe), нашедший применение для изготовления фотоэлектрических приборов и для отрицательной ветви термоэлементов и многие другие.

Особый интерес представляют соединения типа АIIIВV. Получают их путём синтеза элементов III и V групп периодической системы элементов Менделеева. Из соединений этого типа наиболее интересными полупроводниковыми свойствами обладают A1P, A1As, A1Sb, GaP, GaAs, GaSb, InP, InAs, InSb. По ряду свойств эти соединения близки к полупроводниковым элементам IV группы германию и кремнию. Подвижность носителей тока в них достигает больших значений; ширина запрещённой зоны у некоторых из этих соединений также велика; примеси, вводимые в них, изменяют механизм электропроводности; так, некоторые атомы II группы ведут себя как акцепторы, а ряд атомов VI группы – как доноры.

Полупроводниковая техника требует применения особо чистых материалов. Примеси, как было уже отмечено, изменяют свойства полупроводников. Поэтому в зависимости от назначения материалов количество примесей в них ограничивают. Легирующие добавки, вводимые в полупроводники для придания им определённых свойств, также должны быть чисты от примесей.

В современной технике пользуются рядом способов получения материалов высокой чистоты. Таковы йодидный метод, применяемый для очистки некоторых металлов, и метод зонной плавки; оба они описаны в разделе производства титана. Кроме этих методов, для очистки полупроводниковых материалов применяют некоторые виды их переплавки.

Простейшей является открытая переплавка в тигле, устанавливаемом в электрической печи. Во время переплавки порошкообразного материала из него удаляются влага, газы и окислы (последние всплывают вверх). Некоторые окислы затвердевают на поверхности расплава, который можно слить, пробиванием отверстия в корке окислов.

Более полной является очистка, производимая при переплавке в вакууме. Материал, подлежащий очистке, загружают в кварцевую ампулу, которую помещают в электрическую печь. Открытый конец ампулы соединяют с вакуумной установкой и откачивают выделяющиеся во время расплавления материала газы и летучие соединения. Откачка длится от нескольких минут до нескольких часов в зависимости от времени плавки.

Высокую степень чистоты полупроводниковых материалов получают возгонкой или сублимацией. Этот метод основан на способности некоторых твёрдых веществ переходить в парообразное состояние, минуя жидкую фазу, а затем в обратном порядке переходить из парообразного в твёрдое состояние, образуя твёрдый продукт – сублимат. Такими свойствами обладают некоторые полупроводники. Возможность возгонки определяется упругостью паров примесей или чистого вещества при данной температуре. Полупроводниковые материалы обладают довольно высокой упругостью паров, что даёт возможность производить возгонку при относительно низких температурах и небольшом вакууме. Сублимат осаждается на стенках вертикально установленного конденсатора, причём наиболее летучие примеси оседают в верхней зоне, наименее летучие – внизу, а труднолетучие остаются в остатке. В результате повторной возгонки получают более чистый продукт.

Различные методы очистки полупроводников дают возможность получать продукт требуемой чистоты. Так, например, зонной плавкой загрязнённого германия удаётся снизить число атомов примеси в нём до одного на 10 атомов германия.

2.Металлургия германия и кремния

**Германий** принадлежит к редким рассеянным в природе элементам. Запасы его в земной коре составляют 7·10 %. Атомный вес германия 72,6, температура плавления 958,5°С. производят его из отходов цинкового производства, пыли, получаемой при сжигании углей, германиевых концентратов, извлекаемых из медно-свинцово-цинковых сульфидных руд и содержащей германий пыли, улавливаемой при медной плавке. Технология получения германия осуществляется путём превращения двуокиси в тетрахлорид германия, очистки последнего и превращения тетрахлорида в двуокись с последующим восстановлением двуокиси. Эти процессы можно представить уравнениями реакций:

GeO2+4HCl↔GeCl4+2H2O.

При концентрации HCl>6n реакция сдвинута вправо; при меньшей концентрации – реакция протекает справа налево.

Температура кипения полученного тетрахлорида германия 83ºC. Так как вместе с ним в сконденсированной жидкости имеются и другие соединения, то его подвергают ректификации. После этого тетрахлорид германия переводят в двуокись по уравнению

GeCl4+(x+2)H2O=GeO2xH2O+4HCl.

Полученную чистую двуокись германия восстанавливают в трубчатой электрической печи водородом. Восстановление протекает по реакции

GeO2+2H2=Ge+2H2O,

При температуре 600°C, в течение 20-50 мин, после чего лодочка с восстановленным германием передвигается в зону более высоких температур и при 1000-1100°C происходит сплавление.

**Кремний** – широко распространённый элемент в природе. В земной коре его 27.6%. атомный вес кремния 28.06. температура плавления 1415°C, температура кипения около 2600°C. Технология получения его отличается от технологии получения германия. Исходное сырьё в виде двуокиси кремния широко распространено в природе. Из кремнезёма в дуговых электрических печах путём восстановления его углеродом кокса получают кремний чистотой до 97%. Восстановление протекает по уравнению

SiO2+2C=Si+2CO.

Путём хлорирования технического кремния получают тетрахлорид кремния. Старейшим методом разложения тетрахлорида кремния является метод выдающегося русского химика академика Н.Н.Бекетова. Метод этот можно представить уравнением:

SiCl4+Zn=Si+2ZnCl2.

Здесь пары тетрахлорида кремния, кипящего при температуре 57,6°C, взаимодействуют с парами цинка.

В настоящее время тетрахлорид кремния восстанавливают водородом. Реакция протекает по уравнению:

SiCl4+2Н2=Si+4НCl.

Кремний получается в порошкообразном виде. Применяют и йодидный способ получения кремния, аналогичный описанному ранее йодидному методу получения чистого титана.

Чтобы получить чистыми германий и кремний, их очищают от примесей зонной плавкой аналогично тому, как получают чистый титан.

Для целого ряда полупроводниковых приборов предпочтительны полупроводниковые материалы, получаемые в виде монокристаллов, так как в поликристаллическом материале имеют место неконтролируемые изменения электрических свойств.

При вращении монокристаллов пользуются методом Чохральского, заключающимся в следующем: в расплавленный материал опускают стержень, на конце которого имеется кристалл данного материала; он служит зародышем будущего монокристалла. Стержень вытягивают из расплава с небольшой скоростью до 1-2 мм/мин. В результате постепенно выращивают монокристалл нужного размера. Из него вырезают пластинки, используемые в полупроводниковых приборах.

Маркировку германия и кремния производят по буквенно-цифровой системе. Германий электронный, легированный сурьмой, обозначают ГЭЛС. За буквами цифры указывают удельное сопротивление ом·см (ом·м), а если их две группы, как, например, 0,3/0,2, то первые (0,3) означают удельное сопротивление, а вторые (0,2) – диффузионную длину неосновного носителя тока, мм. Кремний монокристаллический дырочный маркируют КМ-2, где цифра показывает удельное сопротивление ом·см; кремний монокристаллический электронный маркируют КМЭ-2.

3.Применение полупроводников

3.1.Тепловые сопротивления (термисторы)

Изменение электропроводности полупроводников под влиянием температуры позволило применять их в приборах, работа которых основана на использовании этого свойства. Полупроводники используют в качестве термометров для замера температур окружающей среды. Они более чувствительны, чем термометры сопротивления, изготовляемые из металла под названием болометров и применяемые в лабораторной практике для измерения очень высоких или самых низких температур. О температуре судят, замеряя электрическое сопротивление болометра. Но точность измерения с помощью этих приборов невелика, так как металлы изменяют своё сопротивление всего на 0,3% на каждый градус. Иное положение имеет место при использовании полупроводников. У некоторых полупроводников повышение температуры на 1°C увеличивает электропроводность на 3-6%, повышение температуры на 10° - примерно на 75%, а повышение температуры на 100°C увеличивает электропроводность в 50 раз. Благодаря высокому удельному сопротивлению полупроводников их применяют в качестве чувствительных термометров при дистанционных измерениях. Сопротивление металлических проводов даже очень тонких и длиной в несколько километров оказывается ничтожным по сравнению с сопротивлением термометра. Размеры полупроводниковых сопротивлений могут быть чрезвычайно малыми длиной в несколько десятых долей миллиметра. Это снижает инерционность прибора, так как при малых размерах сопротивление быстро принимает температуру окружающей среды. Значительное изменение электропроводности полупроводников в зависимости от температуры обеспечивает точность измерений.

Полупроводниковые термометры сопротивления под названием термисторов широко применяют в технике. С их помощью контролируют температуру в большом числе точек, причём показания её могут быть получены на приборах, установленных в одном пункте. При таком контроле температур в помещениях с помощью термисторов можно поддерживать температуру на желаемом уровне, включая и выключая нагревательные приборы, когда заданный уровень температуры отклоняется от нормы. Работают они при температурах до 300°C (573°K). Термисторы могут выполнять функции ограничителя времени. Для этого последовательно с полупроводниковым термосопротивлением включается то или иное активное электросопротивление. В результате в сети получается возрастающий со временем ток, так как ток разогревает полупроводник и повышает его электропроводность, следовательно, повышается и величина тока в цепи. По мере разогрева полупроводника сопротивление падает, а ток повышается ещё в большей степени. Параллельно с ростом температуры увеличиваются и потери тепла в окружающую среду до тех пор, пока они не сравняются с теплотой, выделяемой током; тогда будет достигнута равновесная температура, которую полупроводник и будет сохранять, пока к нему приложена данная разность потенциалов.

Продолжительность времени, необходимого для достижения равновесия и определённого тока при данной разности потенциалов, определяется размерами образца и условиями охлаждения. Такое «реле» времени допускает регулировку в самых широких пределах. Можно подобрать условия так, чтобы это время было от долей секунды до 10 мин. По достижении установленного времени может производиться автоматическое включение и выключение систем освещения или действующих установок.

Термосопротивления применяют как регуляторы температуры, температурные компенсаторы, в приборах для измерения утечки газа, для дистанционного измерения влажности, для измерения высоких давлений, механических напряжений, скорости или количества протекающих жидкости, скорости движения газов, для измерения больших ускорений.

При изготовлении термисторов пользуются окислами различных металлов, таких, как CuO, Mn3O4, UO2, а также Ag2S. Хорошие результаты дают смеси полупроводников, такие, как CuO+Mn3O4; Mn3O4+NiO; Mn3O4+NiO+Co3O4.

Вещества, используемые для изготовления термосопротивлений, представляют собой мелкокристаллические порошки. Составляя смесь, регулируют их проводимость, обусловленную ионами с разной валентностью. Это позволяет удовлетворять самые различные требования, которые предъявляются к термосопротивлениям в зависимости от их назначения.

Термосопротивления изготавливают прессованием полупроводникового порошка с последующим спеканием в твёрдую компактную массу, а также путём плавки полупроводника для придания ему нужной формы и размеров. Изготавливают их в виде шариков, стержней, дисков, шайб и чешуек.

Наша промышленность выпускает различные типы термосопротивлений, среди которых наиболее распространёнными являются: ММТ-1, ММТ-4, КМТ-1, КМТ-4, ММТ-8 и ММТ-9. В этих марках буквы являются условным обозначением материала термосопротивлений, а цифры – его конструктивного оформления. Первые четыре из приведенных сопротивлений применяют для измерения и регулирования температуры; в качестве «реле» времени; для дистанционного измерения влажности воздуха (по принципу психометра Ассмана); для замера малых скоростей движения и теплопроводности газов, жидкостей и для ряда других целей.

В качестве переменных сопротивлений без скользящего контакта в различных автоматических схемах слабого тока применяют термосопротивления с косвенным подогревом, обозначаемые ТКП-300, ТКП-20, что означает термосопротивление косвенного подогрева, в отличие от ТП – термосопротивления прямого подогрева. Цифры указывают электросопротивление полупроводника в омах при номинальной мощности, рассеиваемое в подогреваемой обмотке.

3.2.Фотосопротивления

Перевод электронов в свободное состояние или образование «дырок» в полупроводнике может происходить не только под влиянием тепла, но и в результате воздействия других видов энергии, таких, как световая, энергия потока электронов, ядерных частиц. Увеличение количества свободных электронов или «дырок» проявляется повышением электропроводности и возникновением тока.

У многих полупроводников связь между электронами и атомами настолько незначительна, что лучистой энергии света вполне достаточно для перевода электронов в свободное состояние. Для жёлтого света энергия фотона составляет 2 электрон-вольта, а у некоторых полупроводников перевод электронов в свободное состояние происходит под влиянием нескольких десятых долей электрон-вольта. У таких полупроводников повышение проводимости наблюдается даже под влиянием инфракрасной части спектра. Это даёт возможность обнаруживать на расстоянии многих километров излучение, исходящее от даже слабо нагретых тел. В результате такого излучения имеет место небольшое повышение тока в цепи с соответственным полупроводником. Первичное слабое повышение тока затем многократно увеличивается с помощью усилителей, иногда даже в миллион раз. Это даёт необходимый сигнал.

Повышение электропроводности, вызванное светом, носит название фотопроводимости, а основанные на этом явлении приборы называют фотосопротивлениями.

Подбирают фотосопротивления в зависимости от условий облучения, в которых им приходится работать. Наиболее употребительные материалы для фотосопротивлений в видимой части спектра – сернистый кадмий, сернистый таллий, сернистый висмут, а для инфракрасных лучей – сернистый, селенистый и теллуристый свинец.

Фотосопротивления широко применяют для сигнализации и автоматики, управления на расстоянии производственными процессами, сортировки изделий. С их помощью предупреждают несчастные случаи и аварии при нарушении хода процесса, автоматически останавливая машины.

Фотоэлектрическое устройство приходит в действие от появления или исчезновения лучей на фотосопротивлении или резкого изменения их интенсивности, например, при появлении пламени, наступлении темноты, прерывания луча.

Для контроля хода процесса луч света направляют на фотосопротивление. Между источником света и фотосопротивлением находится или проходит «указатель», свидетельствующий о нормальном ходе процесса. Таким указателем могут быть изделия, непрерывно движущиеся на конвейерной ленте. В случае нарушения нормального хода процесса конвейер может автоматически выключаться.

Фотосопротивление используют для сортировки изделий по их окраске или размерам. В зависимости от изменения размера или окраски изделия количество световой энергии, попадающей на фотосопротивление, может изменяться, а вместе с этим изменяется проводимость и ток в полупроводнике. Это даёт возможность направлять отсортированные изделия в предназначенные для каждого из них места.

3.3.Термоэлементы

Термоэлементы – приборы, в которых тепловая энергия непосредственно превращается в электрическую.

Основаны они на явлении Зеебека, заключающемся в том, что при нагреве места спая двух разнородных металлов в замкнутой цепи возникает электродвижущая сила. Явление Зеебека используется давно для измерения температур с помощью термопар. Для получения электрической энергии из тепловой металлические проводники не пригодны, так как коэффициент полезного действия (к.п.д.) термоэлементов из проволоки составляет всего 0,5%. Для этой цели используют полупроводники, которые дают возможность непосредственно превращать тепловую энергию в электрическую без участия каких-либо машин.

Коэффициент полезного действия термоэлемента, составленного из полупроводников, доходит до 7-10%, т.е. находится на уровне к.п.д. таких машин, как паровозы, в которых он равен 4-8%.

Термоэлементы составляют из полупроводников с *р*- и *n*-проводимостью, соединённых друг с другом металлической пластинкой. Конструктивное выполнение такого термоэлемента сходно с термоэлементом из металлических проволок. Примером хорошей пары являются цинк – сурьма и сернистый свинец. При подогреве места «спая» полупроводниковых пластинок в замкнутой цепи возникает электродвижущая сила. Соединение таких отдельных термоэлементов в батарею даёт возможность получать постоянный ток необходимого напряжения в 120 и более *в*; мощность большинства термогенераторов ограничена несколькими десятками ватт. Недавно создан термогенератор мощностью в 200 *вт*, проектируются ещё более мощные.

Батареи из термоэлементов с радиальным расположением отдельных элементов, спаи которых сходятся в центре круга, служат для получения электроэнергии, питающей радиоустановки, в местах отсутствия электрической энергии. Спаи в этом случае подогревают керосиновой лампой или керогазом.

3.4.Холодильники и нагреватели

важной особенностью, открывающей широкие перспективы применения полупроводников, является получение с их помощью холода и тепла более экономичными путями.

Такое использование полупроводников основано на термоэлектрических явлениях, обратных наблюдающимся в термоэлементах. Ток, возникающий в замкнутой цепи термоэлемента, охлаждает горячий спай и наоборот, подогревает холодный спай. При пропускании же тока через термоэлементы в обратном направлении выделяется тепло в горячем спае и отнимается тепло от холодного. Один и тот же спай двух проводников при одном направлении тока нагревается, а при другом охлаждается. Пользуясь этим, можно охлаждать воздух в холодильном шкафу, в который помещён охлаждаемый спай металла. Для этого в термоэлементе поддерживают температуру нагреваемого спая, близкую к комнатной, отводя от него выделяемую теплоту в окружающую среду; при этом другой спай значительно охлаждается, а через него охлаждается и окружающий воздух.

Применяя для этой цели полупроводники, характеризующие достаточно высокой величиной к.п.д. термоэлемента, можно получить в холодильном шкафу необходимые низкие температуры. Например, полупроводники из сплавов висмута, селена, теллура и сурьмы обеспечивают в термоэлементе разность температур около 60°C, а в сконструированном с помощью таких полупроводников холодильном шкафу поддерживается температура минус 16°C.

Этим же явлением можно воспользоваться и для отопления зданий. Пропуская электрический ток через термоэлектрическую цепь, помимо обычного нагрева всего проводника, охлаждают один спай и нагревают другой, т.е. переносят тепло от одного спая к другому. Академик А.Ф.Иоффе рассчитал, какое количество тепла будет при этом выделено. От охлаждаемого спая отнимается некоторое количество тепловой энергии

*Q0=αT0It*,

где *α* – термоэлектродвижущая сила, *в*;

*T0* – абсолютная температура холодного спая;

*I* – величина тока*,* *а*;

*t –* длительность прохождения тока, *сек*.

Соответственно в тёплом спае, абсолютную температуру которого обозначим через *Т*1, выделяется тепловая энергия *Q*1:

*Q1=αT1It*.

Эта тепловая энергия *Q*1 больше теплоты *Q0*, в отношении:

*Q*1/ *Q0= Т*1/ *T0*.

Если ограничиться рассмотрением процесса на обоих спаях, то их можно описать следующим образом: электрический ток отнимает от холодного спая теплоту *Q0* и передаёттеплому спаю большее количество тепла *Q1*, добавляя недостающую энергию в виде электрической энергии W. К теплоте *Q0*, отнимаемой от холодного спая, добавляется энергия W, и сумма их *Q0*+W= *Q1* выделяется на тёплом спае.

Из приведенных данных о величинах *Q0* и *Q1* видно, что отношение затрачиваемой электрической энергии W к теплоте *Q1*, которая освобождается на теплом спае, равно:

*W/Q1=Q1­Q0/Q1=T1­T0/T*.

Если абсолютная температура теплого спая *Т*1=300°, что соответствует +27°C, а температура *Т*0=270° или -3°C, то

*W*/*Q*1=30/300=0,1,

Отсюда следует, что для передачи в тёплое помещение при температуре 2727°C100 *кал* тепла можно было бы использовать 90 *кал*, взятых от холодной среды (например, от внешнего воздуха) и добавить всего 10 *кал* за счёт электроэнергии.

Поскольку такое извлечение тепла из внешнего холодного воздуха или водного резервуара легко и доступно, возникает заманчивая возможность, затрачивая всего 10% от вносимого в помещение тепла за счёт электроэнергии, отапливать помещение практически за счёт извлекаемого снаружи тепла. Но процесс в термоэлектрической батарее не ограничивается только выделением и поглощением тепла на спаях. Вдоль ветвей самой термобатареи возникает поток тепла от теплого спая к холодному, который противодействует переносу тепла в обратном направлении, сопровождающему прохождение тока. Кроме того, часть электрической энергии превращается в тепло в обеих ветвях термоэлемента. В результате наличия этих двух процессов использование электроэнергии резко снижается; приходится добавлять не 10% электроэнергии, а около 60%; но и такой результат представляет значительный интерес: затрата электроэнергии составляет только около половины теплоты, поступающей в помещение, а остальная половина доставляется более холодным наружным воздухом или проточной водой при температурах, близких к нулю.

Чем меньше разность *Т*1-*Т*0 по сравнению с *Т*1, тем выгоднее окажется термоэлектрическая батарея по сравнению с электрической печью сопротивления.

Термоэлектрическая батарея обладает и другим важным преимуществом. Если изменить направление тока на противоположное, то на наружных спаях начнёт выделяться теплота *Q0*, а нагревавшие помещение спаи будут отнимать теплоту *Q1*, охлаждая помещение. В жаркое время года та же термобатарея может охлаждать воздух. Регулируя величину и направление тока в батарее, можно поддерживать в помещении одинаковую температуру при любых температурах внешнего воздуха.

Литература:

1.Д.А.Браун.-Новые материалы в технике. -Издательство ˝Высшая школа˝, М.- 1965,194с.

2.Сидорин и др. - Основы материаловедения