

Солнечные элементы

солнечные батареи на гетеропереходах

каскадные солнечные элементы

применение солнечных батарей

Презентацию подготовили:

Антонов И.В.

Новожилова Е.А.

Солнечные элементы на гетеропереходах.

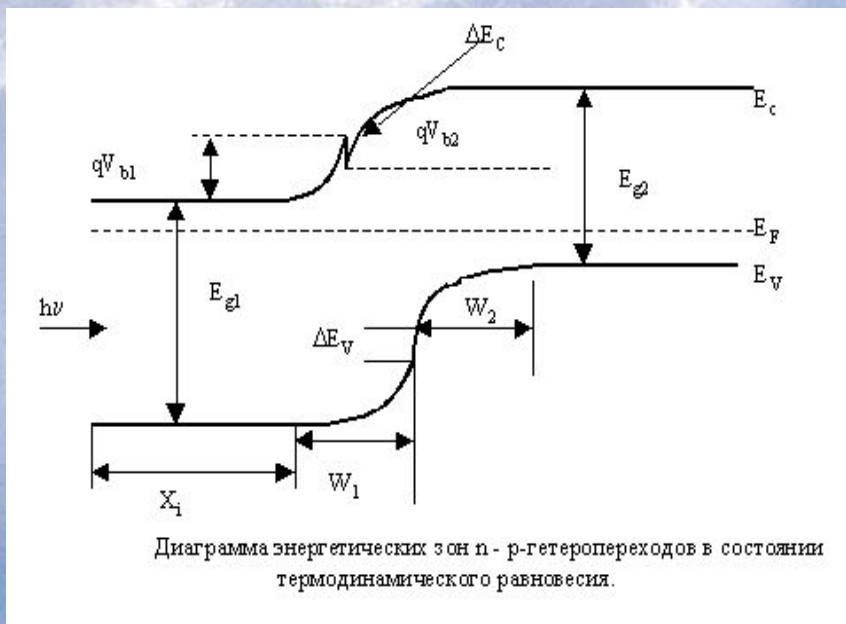
Энергетические характеристики солнечных батарей определяются количеством солнечных элементов в батарее, конструктивными особенностями солнечного элемента (СЭ) и полупроводниковым материалом. Распространённые материалы для СЭ - Si, Ga. Для кремниевых СЭ со структурой, имеющей электронно-дырочный переход, КПД доходит до 20% (при освещении в земных условиях).

Гетероструктурные СЭ на основе GaAs имеют более высокий КПД, чем кремниевые (монокристаллические и особенно - аморфного кремния). КПД арсенид-галлиевых солнечных батарей доходит до 35-40%. Их максимальная рабочая температура - до +150 °С, в отличие от +70 °С - у кремниевых батарей.

Их теоретический КПД выше, так как ширина запрещённой зоны у них практически совпадает с оптимальной шириной запрещённой зоны для полупроводниковых преобразователей солнечной энергии =1,4 эВ. У кремниевых этот показатель =1,1 эВ.

Энергетическая диаграмма n-p-гетероперехода

Гетеропереходы представляют собой переходы, образующиеся при контакте двух различных полупроводников.



Фотоны с энергией, меньшей E_{g1} , но большей E_{g2} , будут проходить через слой первого полупроводника, который играет роль оптического окна, и поглощаются во втором полупроводнике. Носители, генерируемые излучением внутри обедненного слоя и в электронейтральном объеме полупроводника в пределах диффузионной длины от перехода, будут коллектироваться переходом подобно тому, как это имеет место в солнечных элементах с n - p-гомопереходами. Фотоны с энергией, большей E_{g1} , поглощаются в первом полупроводнике, и переход будет коллектировать носители, генерируемые этим излучением на расстоянии от перехода, не превышающем диффузионную длину, либо непосредственно в области пространственного заряда.

Арсенид-галлиевые фотоэлектрические преобразователи.

Комбинация различных гетеропереходов и монопереходов образует те или иные гетероструктуры. Наиболее широко применяются монокристаллические гетеропереходы между полупроводниковыми материалами на основе арсенидов, фосфидов и антимонидов Ga и Al. В качестве наиболее вероятных материалов для фотоэлектрических систем преобразования солнечной энергии (СЭС) рассматриваются гетерофотопреобразователи (ГФП) со структурой AlGaAs-GaAs. Вследствие более высокого уровня поглощения солнечного излучения, определяемого прямыми оптическими переходами в GaAs, высокие КПД ФЭП на их основе могут быть получены при значительно меньшей по сравнению с кремнием толщине ФЭП. Принципиально достаточно иметь толщину ГФП 5-6 мкм для получения КПД порядка не менее 20 %, тогда как толщина кремниевых элементов не может быть менее 50-100 мкм без заметного снижения их КПД. Это обстоятельство позволяет рассчитывать на создание лёгких плёночных ГФП, для производства которых потребуется сравнительно мало исходного материала, особенно если в качестве подложки удастся использовать не GaAs, а другой материал, например синтетический сапфир (Al₂O₃).

Благодаря устойчивости к высоким температурам арсенид-галлиевые ФЭП позволяют применять к ним концентраторы солнечного излучения. Используя зеркала и линзы, можно фокусировать солнечный свет. Рабочая температура ГФП на GaAs достигает до 180 °С, что уже является вполне рабочими температурами и для тепловых двигателей, паротурбин. Таким образом, к 30-процентному собственному КПД арсенид-галлиевых ГФП (при 150°С) можно прибавить КПД теплового двигателя, использующего сбросовое тепло охлаждающей фотоэлементы жидкости. Поэтому общий КПД установки может быть даже выше 50-60 %. Также ГФП на основе GaAs в значительно меньшей степени, чем кремниевые ФЭП, подвержены разрушению потоками протонов и электронов высоких энергий вследствие высокого уровня поглощения света в GaAs, а также малых требуемых значений времени жизни и диффузионной длины неосновных носителей. Более того, эксперименты показали, что значительная часть радиационных дефектов в ГФП на основе GaAs исчезает после их термообработки (отжига) при температуре как раз порядка 150-180 °С. Если ГФП из GaAs будут постоянно работать при температуре порядка 150 °С, то степень радиационной деградации их КПД будет относительно небольшой на протяжении всего срока активного функционирования станций (особенно это касается космических солнечных энергоустановок, для которых важен малый вес и размер ФЭП и высокий КПД).

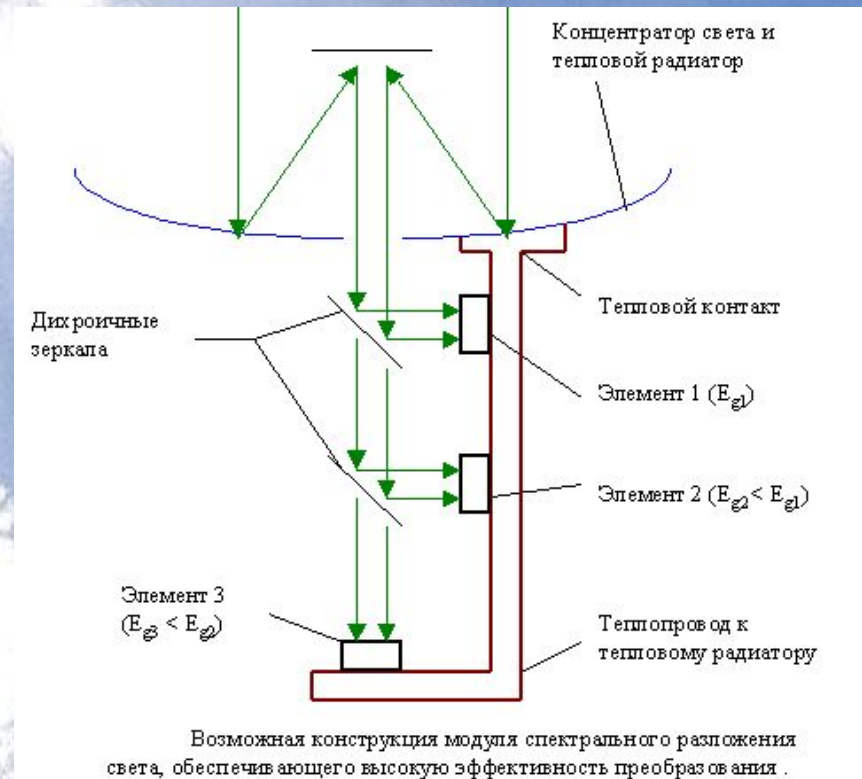
Однако кремний является значительно более доступным и освоенным в производстве материалом, чем арсенид галлия. Кремний широко распространён в природе, и запасы исходного сырья для создания ФЭП на его основе практически неограничены.

В космических аппаратах, где основным источником тока являются солнечные батареи и где очень важны понятные соотношения массы, размера и КПД, главным материалом для солн. батарей, конечно, является арсенид галлия. Очень важна для космических СЭС способность этого соединения в ФЭП не терять КПД при нагревании концентрированным в 3-5 раз солн.излучением, что соответственно, в разы, снижает потребности в дефицитном галлии. Дополнительный резерв экономии галлия связан с использованием в качестве подложки ГФП не GaAs, а синтетического сапфира (Al_2O_3). Стоимость ГФП при их массовом производстве на базе усовершенствованной технологии будет, вероятно, также значительно снижена, и в целом стоимость системы преобразования энергии СЭС на основе ГФП из GaAs может оказаться вполне соизмеримой со стоимостью системы на основе кремния. Таким образом, в настоящее время трудно до конца отдать явное предпочтение одному из двух рассмотренных полупроводниковых материалов - кремнию или арсениду галлия, и лишь дальнейшее развитие технологии их производства покажет, какой вариант окажется более рационален для наземной и космической солнечных энергетик.

Способы повышения эффективности преобразования

Для повышения КПД и выходной мощности можно использовать многокаскадные солнечные элементы либо устройства спектрального разложения света. В последнем случае солнечное излучение разлагается на много узких спектральных полос и излучение из каждой полосы преобразуется с помощью элемента, ширина запрещенной зоны которого выбрана наиболее оптимальной по отношению к спектральному составу данной полосы.

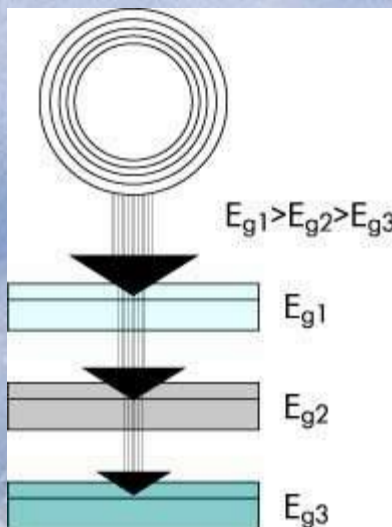
Дихроичные зеркала разлагают падающий свет, отражая фотоны с высокой энергией в элемент 1 и пропуская фотоны с низкой энергией к элементу 2 и далее к элементу 3. При 1000-кратном концентрировании солнечного излучения значение к. п. д. при деление света на два спектральных диапазона $\sim 60\%$. а при делении на 10 полос он составляет $\sim 85\%$.



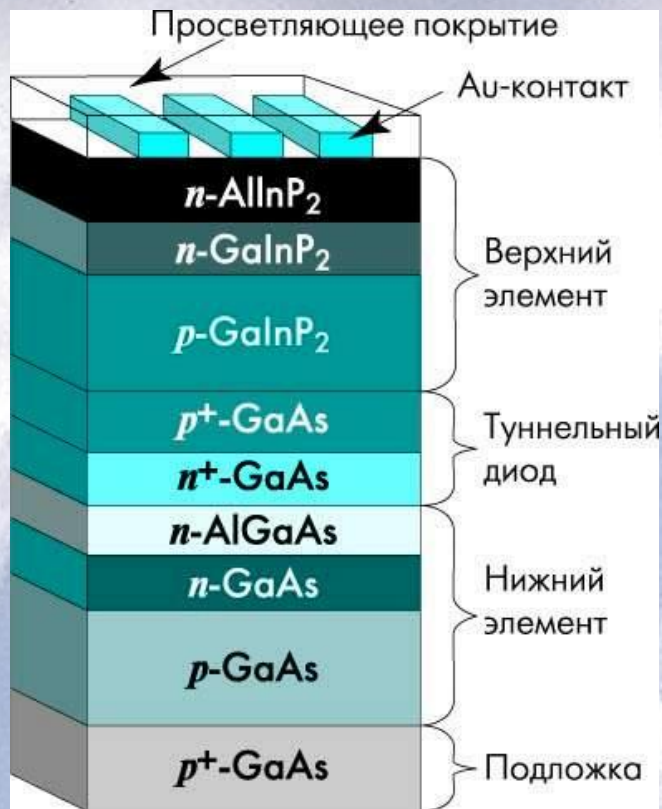
Каскадные солнечные элементы

Большинство современных СЭ обладают одним р-п-переходом. В таком элементе свободные носители заряда создаются только теми фотонами, энергия которых больше или равна ширине запрещенной зоны. Другими словами, фотоэлектрический отклик однопереходного элемента ограничен частью солнечного спектра, энергия которого выше ширины запрещенной зоны, а фотоны меньшей энергии не используются. Преодолеть это ограничение позволяют многослойные структуры из двух и более СЭ с различной шириной запрещенной зоны. Такие элементы называются многопереходными, каскадными или тандемными.

Поскольку они работают со значительно большей частью солнечного спектра, эффективность фотоэлектрического преобразования у них выше.



В типичном многопереходном солнечном элементе одиночные фотоэлементы расположены друг за другом таким образом, что солнечный свет сначала попадает на элемент с наибольшей шириной запрещенной зоны, при этом поглощаются фотоны с наибольшей энергией. Пропущенные верхним слоем фотоны проникают в следующий элемент с меньшей шириной запрещенной зоны и т.д.



изображена каскадная батарея, в которой верхним элементом служит структура на основе GaInP с n -AlInP в качестве окна, далее следует туннельный диод на GaAs для прохождения носителей между элементами и нижний элемент из GaAs.



Нижняя часть СЭ поглощает длинноволновую часть спектра, для этого используется i -слой a -SiGe:H с концентрацией германия 40–50%. Непоглощённый свет отражается от заднего контакта на основе Ag/ZnO. Все три элемента каскадной солнечной батареи связаны между собой сильнолегированными слоями, образующими туннельные переходы между соседними элементами.

Весьма перспективны каскадные батареи, состоящие из трех элементов с различной шириной запрещенной зоны. Верхний слой, поглощающий коротковолновую область солнечного спектра, сформирован из сплава на основе a -Si:H с шириной оптической щели 1,8 эВ. Для серединного элемента в качестве слоя i -типа использован сплав a -SiGe:H (1,6 эВ) идеальна для поглощения зеленой области солнечного спектра.

Применение солнечных батарей



Главное применение СБ нашли в космонавтике, где они занимают доминирующее положение среди др. источников автономного энергоснабжения. СБ снабжают электроэнергией аппаратуру спутников и системы жизнеобеспечения космических кораблей и станций, а также заряжают электрохимические аккумуляторы, используемые на теневых участках орбиты.

В земных условиях С. б. используют для питания устройств автоматики, переносных радиостанций и радиоприёмников, для катодной антикоррозионной защиты нефте- и газопроводов.

В Калифорнии суммарная мощность всех солнечных установок составляет 100 мегаватт и сравнима с мощностью небольшой атомной электростанции



Солнечные электростанции



Гелиоэнергетические программы приняты более чем в 70 странах -- от северной Скандинавии до выжженных пустынь Африки. Устройства, использующие энергию солнца, разработаны для отопления, освещения и вентиляции зданий, небоскрёбов, опреснения воды, производства электроэнергии. Такие устройства используются в различных технологических процессах. Появились транспортные средства с "солнечным приводом" : моторные лодки и яхты, солнцелеты и дирижабли с солнечными панелями. Солнцемобили, вчера сравниваемые с забавным автоаттракционом, сегодня пересекают страны и континенты со скоростью, почти не уступающей обычному автомобилю.



Кроме традиционных кремниевых фотоэлементов, ученые разработали несколько новых технологий. Например, специалисты Института физической электроники при университете в городе Штутгарт (Германия) создали синтетические волокна, которые под воздействием света могут генерировать электрический ток. Его силы достаточно для питания многих маломощных устройств. Например, рубашка, сшитая из такого материала, может питать карманный компьютер, сотовый телефон или какой-либо другой прибор.

А ученые-химики из Университета Беркли в Калифорнии нашли способ производства дешевых солнечных батарей с использованием полимерных пленок. Такие батареи отличаются от своих “кремниевых собратьев” особой гибкостью, и их можно наносить на любые материалы. Представьте себе мобильный телефон, который своей поверхностью будет вырабатывать электричество для зарядки своего же аккумулятора. Или автомобиль, корпус которого будет уменьшать нагрузку на аккумулятор. Пока, правда, эта технология имеет серьезные недостатки, в том числе низкий КПД – всего 1,7% (против 30% у традиционных батарей). Ученые решили объединить полимерную технологию с традиционной технологией солнечных батарей. Новый материал представляет собой “смесь” твердых полимеров и очень мелких кристаллов. Синтез двух технологий оказался продуктивным. Так что в ближайшее время могут появиться недорогие, гибкие и легкие солнечные батареи из нового материала с высоким КПД.

Спасибо за внимание