

Перспективные материалы солнечных элементов.

Студент **Кривов В.В.** (гр. РЭ-118).

Научный руководитель – доцент, к.ф.-м.н. **Фролова Т.Н.**

По подсчётам учёных, человечество нуждается в огромном количестве энергии, причем потребность в ней увеличивается с каждым годом. При этом, запасы природного топлива (нефти, угля, газа и др.) не возобновляемы и конечны. В связи с этим, люди постоянно ищут новые способы получения энергии - солнечной, ветровой, геотермальной энергии. Использование данных источников энергии наряду с внедрениями энергосберегающих технологий, позволяющих значительно снизить расход электроэнергии, воды и тепла, способно дать колоссальный эффект и в ряде случаев обеспечить практически полную автономность проживания.

Одним из наиболее перспективных направлений использования природной энергии является использование солнечной энергии. Солнце способно удовлетворять масштабные потребности человека и предоставить количество энергии, превышающее необходимые ресурсы в десять раз.

Нужно только научиться брать это энергетическое богатство. На сегодняшний день основным инструментом использования солнечной энергии являются солнечные батареи.

СОЛНЕЧНАЯ БАТАРЕЯ (батарея солнечных элементов), устройство, преобразующее энергию солнечного света непосредственно в электричество. Обычно состоит из кристалла кремния р-типа, покрытого кристаллом п-типа. Световое излучение вызывает высвобождение электронов и создает разность потенциалов, так что ток может течь между электродами, присоединенными к этим двум кристаллам.

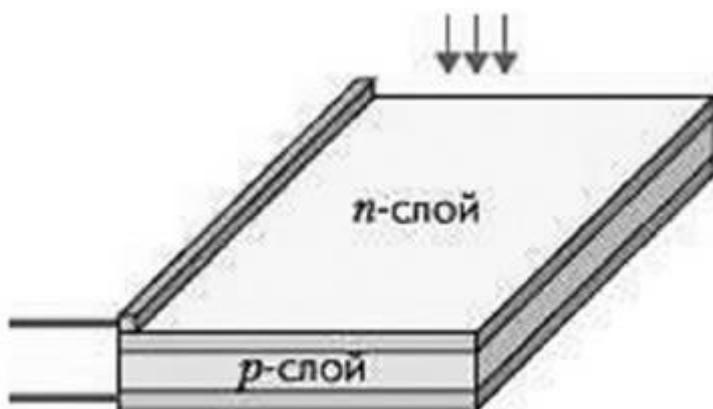


Рис.1. Конструкция солнечного элемента

Простейшая конструкция солнечного элемента (СЭ) – прибора для преобразования энергии солнечного излучения – на основе монокристаллического кремния показана на рис.1. На малой глубине от поверхности кремниевой пластины р-типа сформирован р-п-переход с тонким металлическим контактом. На тыльную сторону пластины нанесен сплошной металлический контакт.

Когда СЭ освещается, поглощенные фотоны генерируют неравновесные электрон-дырочные пары. Электроны, генерируемые в р-слое вблизи р-п-перехода, подходят к р-п-переходу и существующим в нем электрическим полем выносятся в n-область.

Аналогично и избыточные дырки, созданные в n-слое, частично переносятся в р-слой. В результате n-слой приобретает дополнительный отрицательный заряд, а р-слой –

положительный. Снижается первоначальная контактная разность потенциалов между р- и п-слоями полупроводника, и во внешней цепи появляется напряжение.

Отрицательному полюсу источника тока соответствует п-слой, а р-слой – положительному.

Для эффективной работы солнечных элементов необходимо соблюдение ряда условий:

- оптический коэффициент поглощения (α) активного слоя полупроводника должен быть достаточно большим, чтобы обеспечить поглощение существенной части энергии солнечного света в пределах толщины слоя;
- генерируемые при освещении электроны и дырки должны эффективно собираться на контактных электродах с обеих сторон активного слоя;
- солнечный элемент должен обладать значительной высотой барьера в полупроводниковом переходе;
- полное сопротивление, включенное последовательно с солнечным элементом (исключая сопротивление нагрузки), должно быть малым для того, чтобы уменьшить потери мощности (джоулево тепло) в процессе работы;
- структура тонкой пленки должна быть однородной по всей активной области солнечного элемента, чтобы исключить закорачивание и влияние шунтирующих сопротивлений на характеристики элемента.

Аморфный кремний выступил в качестве более дешевой альтернативы монокристаллическому. Первые СЭ на его основе были созданы в 1975 году. Оптическое поглощение аморфного кремния в 20 раз выше, чем кристаллического. Поэтому для существенного поглощения видимого света достаточно пленки а-Si:H толщиной 0,5–1,0.

Более высокой эффективностью обладают СЭ на основе аморфного кремния с р-i-п-структурой. В этом “заслуга” широкой нелегированной i-области а-Si:H, поглощающей существенную долю света. Но возникает проблема – диффузионная длина дырок в а-Si:H очень мала (~100 нм), поэтому в солнечных элементах на основе а-Si:H носители заряда достигают электродов в основном только благодаря внутреннему электрическому полю, т.е. за счет дрейфа носителей заряда.

Один из наиболее перспективных материалов для создания высокоэффективных солнечных батарей — арсенид галлия. Это объясняется таким его особенностями, как:

- почти идеальная для однопереходных солнечных элементов ширина запрещенной зоны 1,43 эВ;
- повышенная способность к поглощению солнечного излучения: требуется слой толщиной всего в несколько микрон;
- высокая радиационная стойкость, что совместно с высокой эффективностью делает этот материал чрезвычайно привлекательным для использования в космических аппаратах;
- относительная нечувствительность к нагреву батарей на основе GaAs;
- характеристики сплавов GaAs с алюминием, мышьяком, фосфором или индием дополняют характеристики GaAs, что расширяет возможности при проектировании СЭ

Главное достоинство арсенида галлия и сплавов на его основе — широкий диапазон возможностей для дизайна СЭ. Фотоэлемент на основе GaAs может состоять из нескольких слоев различного состава. Это позволяет разработчику с большой точностью управлять генерацией носителей заряда, что в кремниевых СЭ ограничено допустимым уровнем легирования. Типичный СЭ на основе GaAs состоит из очень тонкого слоя AlGaAs в качестве окна.

Основной недостаток арсенида галлия – высокая стоимость. Для удешевления производства предлагается формировать СЭ на более дешевых подложках; выращивать слои GaAs на удаляемых подложках или подложках многократного использования.

Поликристаллические тонкие пленки также весьма перспективны для солнечной энергетики.

Чрезвычайно высока способность к поглощению солнечного излучения у диселенида меди и индия (CuInSe_2) – 99 % света поглощается в первом микроне этого материала (ширина запрещенной зоны – 1,0 эВ) [2,5]. Наиболее распространенным материалом для изготовления окна солнечной батареи на основе CuInSe_2 является CdS . Иногда для улучшения прозрачности окна в сульфид кадмия добавляют цинк.

Еще один перспективный материал для фотовольтаики — теллурид кадмия (CdTe). У него почти идеальная ширина запрещенной зоны (1,44 эВ) и очень высокая способность к поглощению излучения. Пленки CdTe достаточно дешевы в изготовлении. Кроме того, технологически несложно получать разнообразные сплавы CdTe с Zn , Hg и другими элементами для создания слоев с заданными свойствами.

Одним из перспективных материалов для дешевых солнечных батарей благодаря приемлемой ширине запрещенной зоны (1,4–1,5 эВ) и большому коэффициенту поглощения 10^4 см^{-1} является $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$. Его главное достоинство в том, что входящие в него компоненты широко распространены в природе и нетоксичны. Однако пока достигнута эффективность преобразования всего в 2,3% при использовании гетероперехода $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$ и CdS/ZnO .