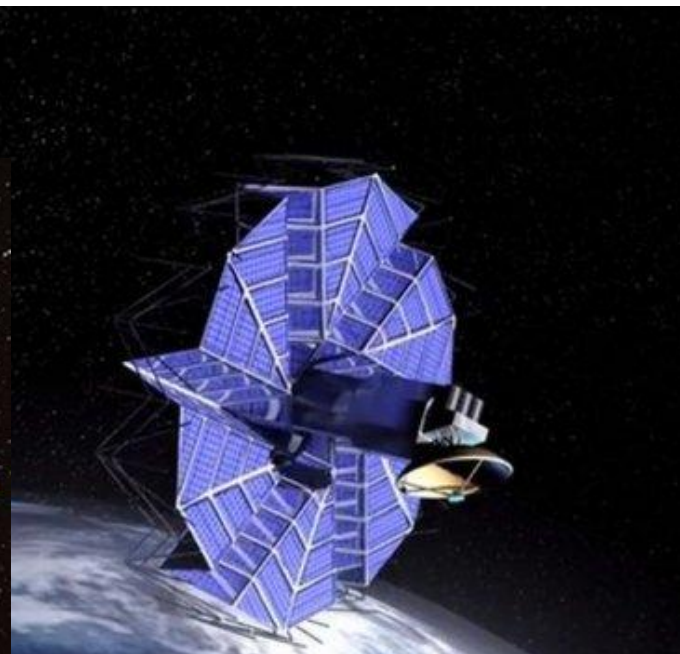


# СОЛНЕЧНЫЕ БАТАРЕИ В КОСМОСЕ

## ЗАДАЧА 2



- Солнечные батареи — один из основных способов получения электрической энергии на космических аппаратах: они работают долгое время без расхода каких-либо материалов, и в то же время являются экологически безопасными, в отличие от ядерных и радиоизотопных источников энергии.

# Вещества и материалы используемые для генерации электричества в солнечных батареях.

## • Арсенид галлия (GaAs)

- Полупроводниковые приборы на основе GaAs генерируют меньше шума, чем кремниевые приборы .
- Важный полупроводник, третий по масштабам использования в промышленности после кремния и германия
- Ширина запрещённой зоны при 300 К — 1.424 эВ ( это ширина энергетической скважины между дном зоны проводимости и потолком валентной зоны, в котором отсутствуют разрешённые состояния для электрона. Чем меньше ширина запрещённой зоны, тем выше скорость тепловой генерации носителей заряда (электронов и дырок).



# •Кре́мний (Si)

•Для получения кристаллов кремния с дырочной проводимостью в кремний вводят атомы элементов III-й группы, таких, как [бор](#), [алюминий](#), [галлий](#), [индий](#).

•Для получения кристаллов кремния с электронной проводимостью в кремний вводят атомы элементов V-й группы, таких, как [фосфор](#), [мышьяк](#), [сурьма](#).

•Элементарный кремний в монокристаллической форме является непрямозонным [полупроводником](#)(когда переходы между экстремумами зоны проводимости и валентной зоны невозможны без участия фононов(квант колебаний атомов кристаллической решетки).

•Ширина запрещённой зоны при комнатной температуре составляет 1,12 эВ





## • *Германий (Ge)*

- является непрямозонным полупроводником
- Ширина запрещённой зоны (при 300 К)  $E_g = 0,67$  эВ



## • *Теллурид кадмия (CdTe)*

- Прямозонный полупроводник (экстремумы зон находятся при одном и том же значении волнового вектора, и генерация света происходит с большей вероятностью.) с шириной запрещённой зоны 1,49 эВ при 300 К.



# •Фосфид

## индия ( $InP$ )

• Это высокочастотным

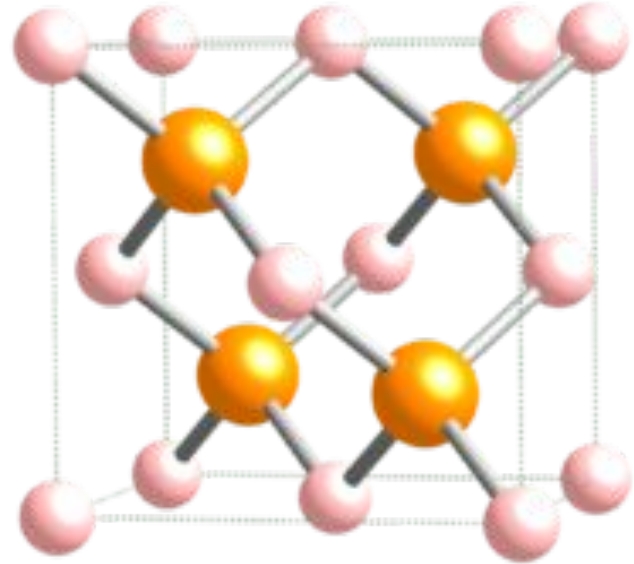
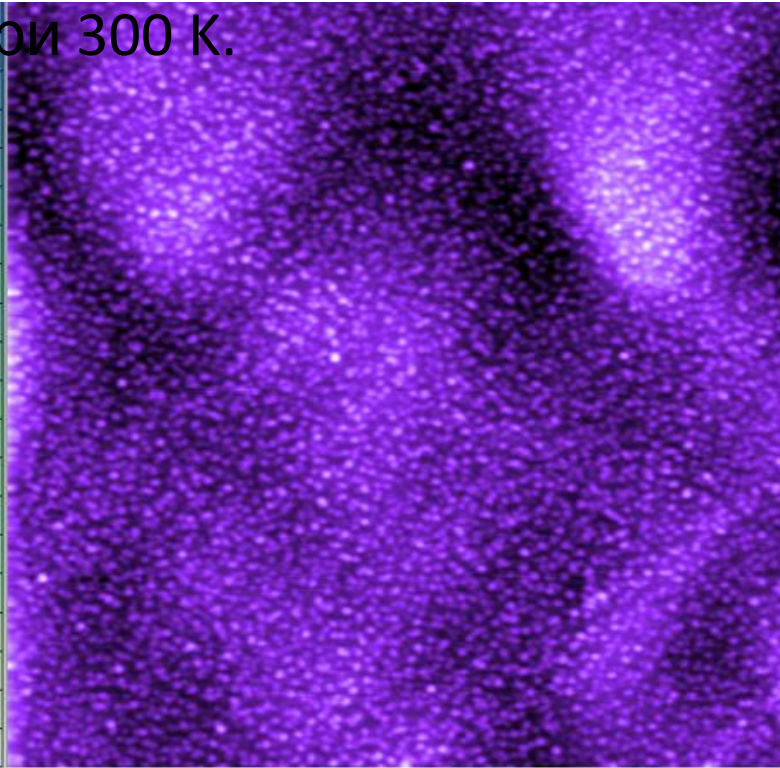
свойствам

превосходит [арсенид галлия](#).

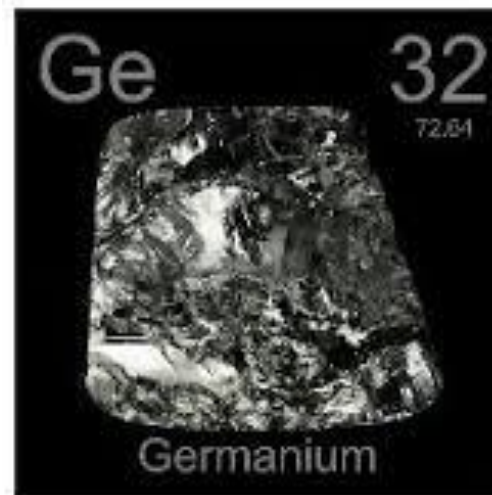
• Важный  
прямоугольный [полупроводник](#) с

шириной запрещенной зоны

1.34 эВ при 300 К.



• Все вышеперечисленные вещества являются полупроводниками. И следовательно вырабатывают электричество при попадании, света, на элемент.



## ***Использования органических соединений в солнечных элементах.***

- В настоящее время , солнечные батареи преобразуют с помощью неорганических соединений , в основном кремниевых , батарей. Их эффективность около 15%, они служат около 30 лет, но основная проблема - это стоимость, поэтому нужны новые типы солнечных батарей, которые были бы дешевле и позволяли бы использовать ресурс энергии Солнца в большом масштабе.

- Перспективными материалами могут быть органические, основанные на полимерах или на больших органических молекулах.



## ***Что требуется от этих молекул?***

- От них требуется высокое поглощение света. Тогда они будут очень тонкие, тонкопленочные. Если они тонкие, значит расходуется гораздо меньше материала и, соответственно, снижается стоимость.
- Также эти материалы должны обладать полупроводниковыми свойствами, то есть проводить электричество.
- И еще одно требование, чтобы при падении света на этот материал в нем вырабатывались, свободные носители заряда, электроны и дырки, и чтобы их можно было оттуда вытащить с помощью соответствующих электродов.

## ***Что из себя представляет современная органическая батарея?***

- Как правило, это смесь двух органических полупроводников, в наиболее удачном варианте которой один из полупроводников — фуллерен или его производные. Чтобы такой материал работал, нужно взять один материал p-типа, дырочный, другой материал — n-типа. И если их смешать, то у нас получится объемный гетеропереход.
- Первые органические батареи были сделаны из двух слоев: слоя-донора и слоя-акцептора.
- Органические полупроводники отличаются от неорганических тем, что при поглощении света в них не возбуждаются непосредственно носители заряда, а образуются связанные пары, экситоны. Чтобы экситон превратить в носитель заряда, его нужно разорвать, для чего нужно приложить дополнительную энергию. Разрыв экситона происходит на интерфейсе, если есть два типа материала. Тогда на границе экситон разваливается, и электрон идет в одну сторону, а дырка — в другую. Но концепция двухслойной батареи не очень хорошо работает, потому что экситоны, которым необходимо двигаться по полупроводнику, способны сместиться после поглощения света на очень маленькое расстояние, в десятки нанометров максимум.
- Поэтому перешли к концепции объемного гетероперехода, где используются не два слоя, а взаимопроникающие сетки донора и акцептора, где путь от любой точки в объем и интерфейс очень маленький.

**И этой молекулой является - Фуллерен, бакибол или букибол** — молекулярное соединение, принадлежащее классу [аллотропных форм углерода](#) и представляющее собой выпуклые замкнутые многогранники, составленные из чётного числа трёхкоординированных [атомов](#) углерода.

- Здесь их преимуществом по сравнению с традиционным кремнием является малое время **фотоотклика** (единицы нс)

- Однако существенным недостатком оказалось **влияние кислорода на проводимость плёнок фуллеренов** и, следовательно, возникла необходимость в **защитных покрытиях**. В этом смысле более перспективно использовать молекулу фуллерена в качестве самостоятельного наноразмерного устройства и, в частности, усилительного элемента

- На [Земле](#) фуллерены образуются при горении [природного газа](#) и разряде [молнии](#)

- Молекулярный кристалл фуллерена является [полупроводником](#) с шириной [запрещённой зоны](#)  $\sim 1.5$  эВ и его свойства во многом аналогичны свойствам других полупроводников.



Likeness.ru — Забавные сходства

Фуллерен C60

Футбольный мяч

*Фуллерен может взаимодействовать :*

- **поли-N-метакрилоил-аминобензойная кислота**
- Полиметилметакрилат
- **Полистирол**
- Поли-N-метакрилоил-орто-аминобензойная кислота
- **Поли-н-феноксифенилмета-криламид**
- Поли-N-винилпирролидон
- Поли-N-винилкапролактама

*Из данных следует, что полимеры с ароматическими ядрами (поли-н-феноксифенилметакриламид, полистирол, поли-N-метакрилоил-аминобензойная кислота) лучше связывают C60, чем полимеры без ароматических группировок (ПММА). Данные для поли-N-виниламидов в ДМФА показывают более высокую фуллеренсвязывающую способность для поли-N-винилкапролактама по сравнению с поли-N-винилпирролидоном.*

# Исследования ученых





- Нобелевский лауреат Алан Хигер ([Alan Heeger](#)) из центра полимеров и органических твёрдых частиц университета Калифорнии в Санта-Барбаре ([Center for Polymers and Organic Solids](#) — CPOS), Кванхи Ли (Kwanghee Lee) из корейского института науки и технологии в Гванджу ([Gwangju Institute of Science and Technology](#)) и их коллеги из CPOS создали так называемые тандемные полимерные солнечные батареи, поставившие рекорд по КПД для фотоэлектрических преобразователей на базе органических материалов.
- Авторы новой батареи соединили в одно целое две фотоэлектрические ячейки с различными поглотительными характеристиками, чтобы использовать более широкий диапазон спектра (один слой воспринимает более короткие, другой — более длинные волны).
- Батарея была изготовлена путём последовательного осаждения слоёв из раствора, содержащего полупроводники-полимеры и производные фуллеренов, сформировавшие гетероструктуры.
- Слой из прозрачной окиси титана ( $TiO_2$ ) разделяет (и скрепляет) переднюю и заднюю фотоячейки. Этот слой служит для транспорта электронов с первого слоя и также является прочной основой для второго фотоэлектрического слоя.
- **«Результат такой солнечной батареи — КПД в 6,5% (при освещённости в 0,2 ватта на квадратный сантиметр), что выше, чем у имеющихся солнечных панелей, сделанных из органических материалов»**, — утверждает Хигер. И хотя лучшие солнечные батареи в мире уже [достигли эффективности в 40,7%](#), полимерные/органические фотоэлектрические преобразователи представляют огромный интерес в силу своей дешевизны и простоты изготовления.
- Хигер и Ли говорят, что тандемные полимерные солнечные батареи большой площади могут изготавливаться с применением недорогих технологий печати и нанесения покрытий.
- Новые батареи стоят всего 10 центов за ватт выходной мощности, что в 20 раз дешевле, чем обычные батареи на базе кремния.

- В Институте органической и физической химии им. А. Е. Арбузова КазНЦ РАН синтезировали 74 полимера нового класса, в состав которых входят фуллерены C<sub>60</sub> и C<sub>70</sub> и такие металлы, как осмий, палладий, родий и иридий. После изучения свойств этих соединений, из их числа были отобраны наиболее перспективные. На их основе изготовили тонкие пленки, и выявили четыре полимера, которые дают эффективность от 3,7 до 4%. Это сулит надежду, что продолжение исследований позволит детально разобраться в механизме генерации тока такими полимерами и затем осуществить целенаправленный синтез более эффективных фуллеренсодержащих полимеров для органических солнечных батарей.

- Команда исследователей из Los Alamos National Laboratory и Brookhaven National Laboratory в последнее время занята совершенствованием этого типа материалов.
- Они создали материал в виде полупроводникового полимера с использованием специальных молекул, называемых фуллеренами.
- Полимерные цепочки в материале делают его прозрачным, при этом связывая вместе края шестиугольников, оставшихся свободно упакованными и относительно тонкими в центре. Плотные края поглощают свет и способствуют электропроводности.
- "Хотя такие соты из тонких пленок уже были сделаны ранее с использованием обычных полимеров, таких например, как полистирол, это первый материал такого типа, который сочетает в себе полупроводники и фуллерены для преобразования света. Это позволяет данному материалу эффективно генерировать заряды"