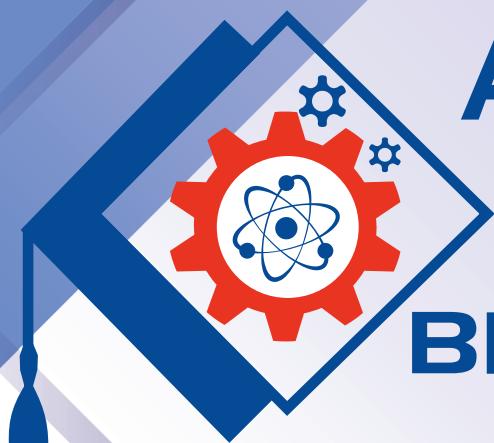


Влияние основных параметров солнечного излучения на эффективность работы солнечных батарей



**Ассоциация
СФ МЭИ
выпускников**



**ФОНД
ПРЕЗИДЕНТСКИХ
ГРАНТОВ**



**МЕТОДИЧЕСКИЕ
УКАЗАНИЯ**

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Рассмотрим принцип работы солнечной батареи на уровне фотоэлектрических элементов. Основой фотоэлемента является кристалл кремния. Соединения кремния очень распространены в природе. Самый известный из оксидов кремния или песок. Кристалл кремния можно упрощенно назвать большой песчинкой. Кристаллы выращиваются искусственно в лабораторных условиях. Обычно их получают кубической формы, а затем на пластины. Толщина этих пластин всего 200 микрон. Это в 3 - 4 раза толще волоса человека.

На полученные пластины кремния нанесен с одной стороны слой бора, а с другой - фосфора. В местах контакта кремниевой пластины с бором имеется избыток электронов. На другой стороне по границе кремниевой пластины с фосфором недостает электронов. Там образуются "дырки", как их принято называть. Такую стыковку границ с избыточным количеством электроном и их недостатком называют р-п переходом.

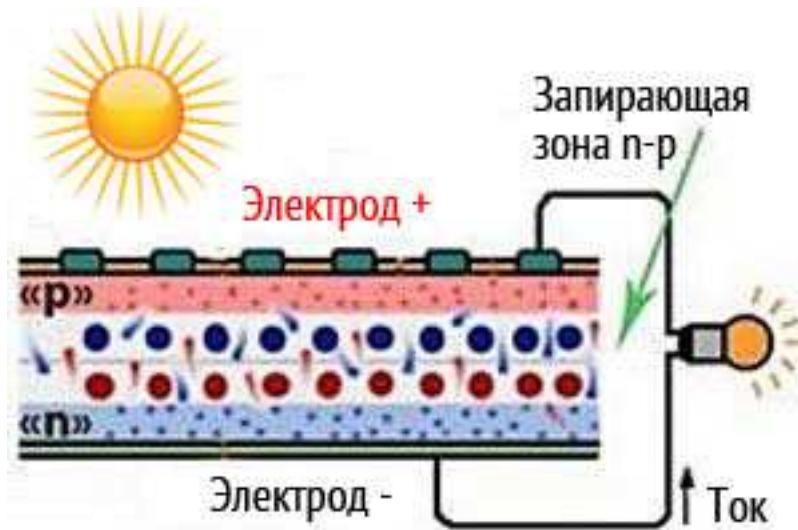


Рис. 1: Принцип работы солнечной батареи

При попадании солнечного света на фотоэлементы батареи их поверхность бомбардируется фотонами. Они выбивают избыточные электроны на границе с фосфором, и они начинают движение к дыркам на границе с бором. Таким образом, возникает электрический ток, являющийся упорядоченным движением электронов. К фотоэлементу подводятся металлические дорожки, через которые и собирается ток. В этом и выражается принцип работы кремниевого фотоэлемента.

Мощность одного фотоэлектрического элемента маленькая, а напряжение составляет около 0,5 вольта. Поэтому их последовательно объединяют в батареи по 36 штук, чтобы получить на выходе 18 вольт. Это хватит для того, чтобы зарядить аккумулятор 12 вольт.

При этом нужно учесть, что заявленное напряжение и мощность будут только при работе батареи с максимальной отдачей, что в реальных условиях ред-

кость. Собранная батарея помещается подложку, закрывается стеклом и герметизируется. Используемое стекло должно пропускать ультрафиолет, поскольку солнечная батарея также преобразует и эту часть спектра. Собранные батареи могут объединяться друг с другом в последовательные и параллельные цепочки. Получается небольшая солнечная электростанция.

На эффективность работы солнечных батарей, и, как следствие, на экономическую эффективность получения с их помощью энергии, оказывает большое количество факторов, из которых наиболее важными являются два:

1. Ориентация плоскости солнечной батареи относительно падающих лучей.
2. Интенсивность солнечного излучения в месте расположения солнечной батареи в данное время.

Выбор оптимальной ориентации солнечных панелей является одним из важнейших вопросов при практическом использовании солнечных установок любого типа.

Угол падения лучей на поверхность сильно влияет на коэффициент отражения, а следовательно, на долю невоспринятой солнечной энергии. Например, для стекла при отклонении угла падения от перпендикуляра к его поверхности до 30° коэффициент отражения практически не меняется и составляет чуть менее 5%, т.е. более 95% падающего излучения проходят внутрь.

Далее рост отражения становится заметным, и к 60° доля отраженного излучения увеличивается вдвое — почти до 10%. При угле падения 70° отражается около 20% излучения, а при 80° - 40%.

Второй важный параметр, определяемый ориентацией пластины - эффективная площадь панели, т.е. перекрываемое ею сечение потока излучения. Она равна реальной площади панели, умноженной на синус угла между ей плоскостью и направлением потока (или, что то же самое, на косинус угла между перпендикуляром к панели и направлением потока). Поэтому, если панель перпендикулярна потоку, ее эффективная площадь равна ей реальной площади, если поток отклонился от перпендикуляра на 60° — половине реальной площади, а если поток параллелен панели и лучи скользят вдоль ей поверхности, эффективная площадь панели равна нулю. Таким образом, существенное отклонение потока от перпендикуляра к панели не только увеличивает отражение, но и снижает ей эффективную площадь, что обуславливает заметное падение выработки ею энергии.

Для оценки влияния интенсивности падающего излучения на напряжение холостого хода и ток короткого замыкания необходимы знания о квантовой теории электрического переноса в полупроводниках.

Для солнечных панелей характерно существование порога освещенности, ниже которого процесс выработки электроэнергии просто невозможен. Эта освещенность называется порогом срабатывания солнечной батареи.

щенность для кристаллических модулей составляет примерно 150- 200 Вт/кв.м, а для аморфных - около 100 Вт/кв.м.

С повышение освещенности напряжение холостого хода вначале быстро повышается, а затем практически стабилизируется и слабо растет с ростом освещенности.

Ток короткого замыкания практически линейно возрастает с ростом освещенности.

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

1. Собрать установку в конфигурации "Исследование солнечной энергетики" (рис.1). ВНИМАНИЕ: запрещается прикладывать чрезмерные усилия для закрепления разъема, соединяющего модуль управления с прожектором, так как это может повредить соединительные элементы.
2. Расположите прожектор так, чтобы чтобы контрольная нить была максимально натянута, и проходила через отметку 0° шкалы, изображенной на основании модуля солнечной батареи. ВНИМАНИЕ: для большего комфорта при проведении лабораторной работы необходимо разместить оборудование так, чтобы свет от прожектора не попадал в глаза!
3. Убедиться, что регулятор освещенности 1 (рис.2.) на модуле управления установлен в крайнее левое положение, соответствующее нулевой яркости прожектора.



Рис. 2: Органы управления, используемые в исследовательской работе

4. Включите установку.
5. При правильном подключении всех элементов, на модуле управления загорится белый светодиод 2
6. Используя переключатель нагрузки 3 установить сопротивление нагрузки в положение "Откл.", о чем будет сигнализировать зеленый светодиод рядом с надписью.
7. Используя регулятор освещенности установить яркость прожектора близкую к максимальной.

8. Занести показания индикатора яркости 4 и индикатора напряжения 5 в таблицу 1.
9. Оставляя контрольную нить натянутой, повернуть прожектор так, чтобы нить прошла через отметку 10° шкалы, изображенной на основании модуля солнечной батареи (рис.3). Повторить измерения п.8

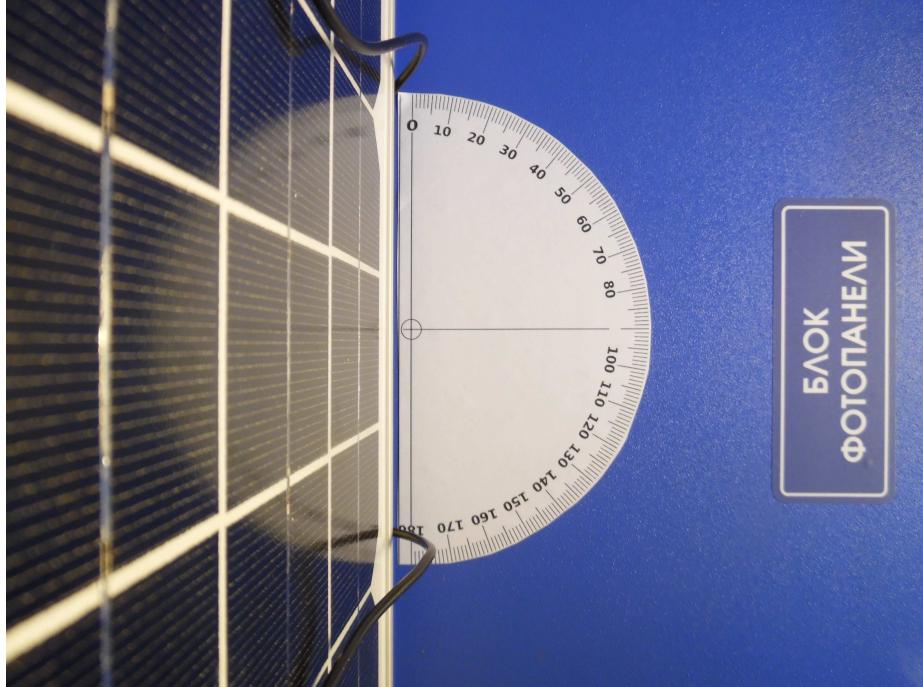


Рис. 3: Угломерная шкала блока солнечной батареи

10. Повторить эксперименты п.9 для улов 20° - 90° .
11. Выключить прожектор путем поворота регулятора против часовой стрелки.
12. Повторить опыты п.8-9 при рассеянном фоновом освещении, занося результаты опытов в таблицу 1.

Таблица 1: Результаты измерения освещенности и напряжения холостого хода при изменении угла падения лучей

	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
Направленное излучение										
Освещенность J , лк										
Напряжение U_x , В										
Рассеянное излучение излучение										
Освещенность J , лк										
Напряжение U_x , В										

13. Установить прожектор в положение, соответствующее углу 0° и записать значение освещенности и напряжения холостого хода в таблицу 2.

Таблица 2: Результаты измерения напряжения холостого хода при различных уровнях освещенности солнечной батареи

	<i>min</i>	1	2	3	4	5	<i>max</i>
J , лк							
U_x , В							

14. Постепенно увеличить яркость прожектора до максимальной и записать значение освещенности и напряжения холостого хода для этого режима в таблицу 2.
15. Выключить прожектор.
16. Между точками, соответствующими максимальному и минимальному значениям освещенности рассчитать освещенность в пяти дополнительных точках по формуле
$$J_i = J_{min} + \frac{J_{max} - J_{min}}{6}i$$
где i - номер дополнительной точки (от 1 до 5). Занести рассчитанные значения в таблицу 2.
17. Используя регулятор яркости прожектора, добиться совпадения освещенности по индикатору 4 с расчетным значением первой дополнительной точки.
18. Записать значение напряжения холостого хода для данного режима в таблицу 2.
19. Повторить п.17-18 для всех дополнительных точек.
20. Выключить прожектор.
21. Выключить установку.

ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТА

1. Используя результаты опытов (табл.1), построить графики зависимости освещенности от угла поворота при рассеянном и направленном излучении.

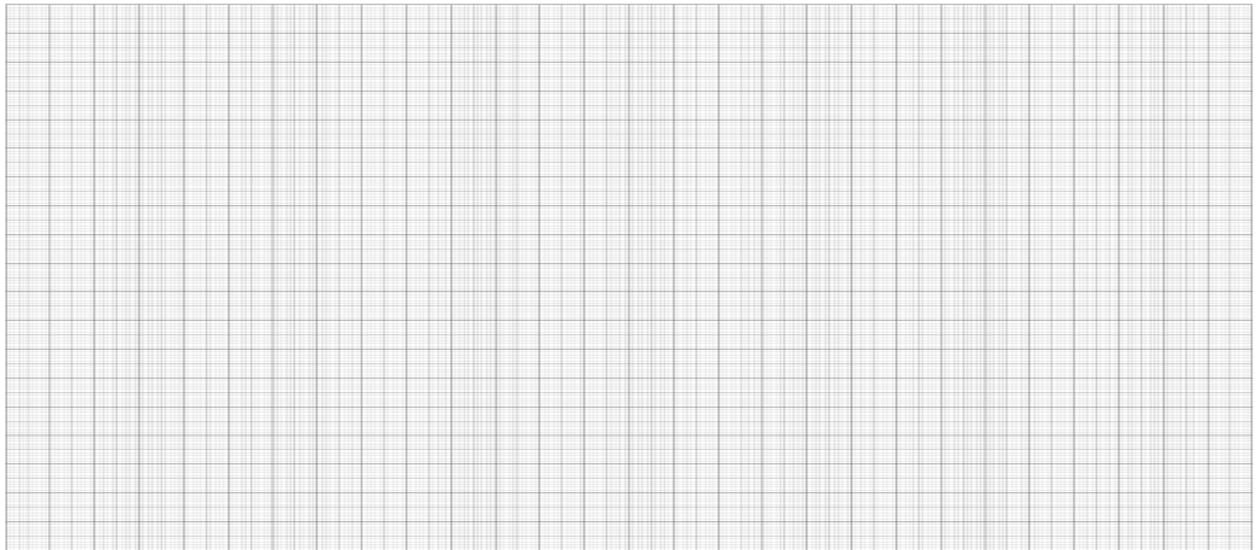


Рис. 4: Зависимость освещенности J от угла падения лучей для рассеянного (1) и направленного (2) излучения.

2. Используя результаты опытов (табл.1), построить графики зависимости напряжения холостого хода от угла поворота при рассеянном и направленном излучении.

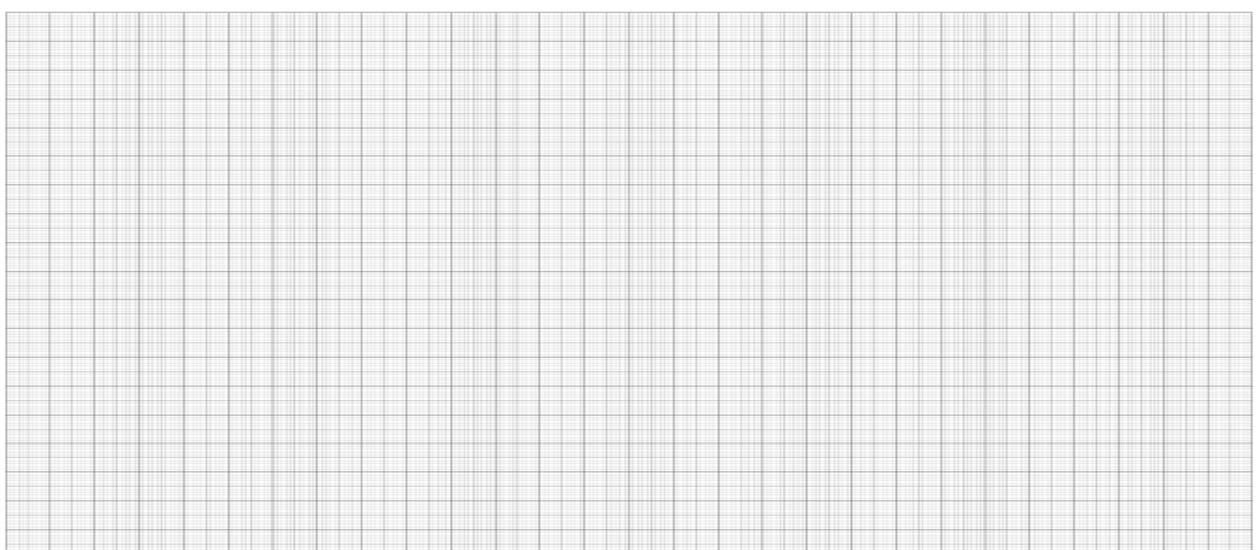


Рис. 5: Зависимость напряжения холостого хода U_x от угла падения лучей для рассеянного (1) и направленного (2) излучения.

3. Используя результаты опытов (табл.2), построить график зависимости напряжения холостого хода от освещенности.

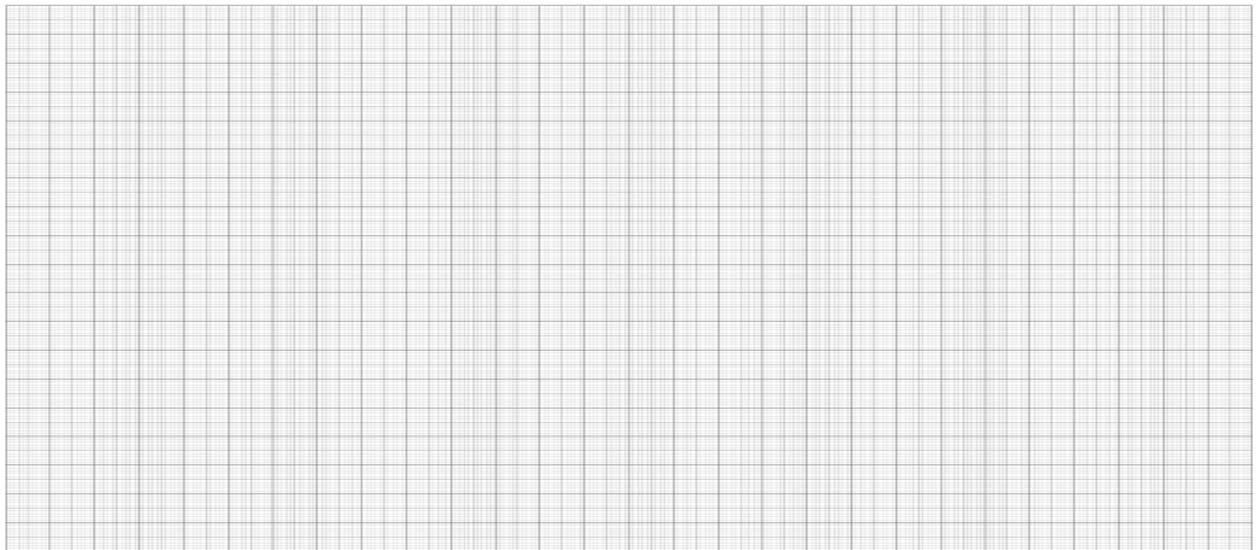


Рис. 6: Зависимость напряжения холостого хода U_x от угла падения лучей для рассеянного (1) и направленного (2) излучения.