

ИЗМЕРЕНИЕ ПРОЗРАЧНОСТИ СТЕКЛОЛ ДЛЯ СОЛНЕЧНЫХ УСТАНОВОК

В.А. Сафонов, В.В. Кувшинов,
А.С. Головин

Севастопольский национальный
университет ядерной энергетики
и промышленности
г. Севастополь

В предложенной статье описываются исследования, проведенные на кафедре «Энергосбережения и нетрадиционных источников энергии» СНУЯЭиП, с целью определения возможностей приборов на основе монокремниевых фотоэлектрических преобразователей, а также использования их в качестве измерительной техники для определения прозрачности веществ, применяемых в солнечных установках.

Введение. С недавнего времени солнечные установки для выработки электроэнергии и получения тепла и горячей воды прочно вошли в наш быт.

Космические аппараты со своей измерительной аппаратурой просто немыслимы без солнечных батарей, а различные здания в южных широтах все чаще обеспечиваются горячей водой и теплом при помощи гелиоколлекторов [1–11].

Автономные гидрофизические комплексы часто имеют в качестве источников питания фотоэлектрические батареи. На удаленных метеостанциях (особенно в южных широтах) обеспечение обслуживающего персонала теплом и горячей водой осуществляется при использовании гелиоколлекторов [6–11].

Актуальность темы проведенного исследования. В данное время перед Украиной стоит очень непростая задача – обеспечить своё населения энергией, и при этом, по мере возможности, не загрязнять далее окружающую среду. Эту задачу можно уже сегодня решить, используя в энергетике нетрадиционные возобновляемые источники энергии, в частности фотоэлектрические и водонагревательные установки.

Применение экологически чистых солнечных установок для выработки тепла и электроэнергии и замещение при этом традиционных видов топлив, загрязняющих атмосферу, оказывает неоценимую услугу окружающей среде.

Автономная работа гидрофизической техники также может хорошо обеспечиваться этими установками.

Приборы, используемые при изготовлении установок, в частности для измерения прозрачности стекол могут применяться и для измерений в других областях промышленности.

Цель исследования. Для обеспечения работы гелиоколлекторов и солнечных батарей используются защитные покрытия из всевозможных прозрачных материалов.

Прозрачность веществ напрямую сказывается на эффективности работы установок. Так, например гелиоколлекторы обычно имеют одно, двух и трех стекольное покрытие, толщина стекла 2, 3, 4, а иногда 6 мм. Это делается для повышения его теплоизолирующих свойств. Солнечные коллекторы, могут иметь как стекольное, так и пленочное покрытие. Фотоэлектрические батареи имеют обычно покрытие из ламината, предохраняющее фотоэлементы от града, дождя, запыленности и других факторов. В космосе покрытие должно иметь ещё и защиту от радиационных воздействий. Естественно, чем больше света пропускает стекло, тем эффективнее работа установки. Однако, например для гелиоколлекторов использование тонких стекол не решает вопрос термоизоляции их в холодную погоду, а для солнечных батарей ударостойкости, поэтому необходимо найти компромисс. Неоценимую помощь в этом могут оказать измерительные приборы. Иногда требуется в очень короткий срок, например при строительстве, оценить качество стекла, поэтому приборы должны быть простыми в использовании и не громоздкими (пример солнечный элемент). Чем удобны фотоэлектрические модули для измерений, так это своими размерами (площадь рабочей поверхности до 1 м²), т.е. прозрачность больших кусков стёкол можно измерять по всей площади с большой точностью. Целью нашего исследования было исследование и создание опытных образцов наиболее подходящих измерительных приборов, обладающих выше указанными характеристиками.

Постановка задачи. Нашей задачей ставилось определение пропускной способности солнечного света различными веществами, т.е. определение оптического к.п.д., коэффициента поглощения и других вели-

чин в инфракрасном, видимом и частично ультрафиолетовом диапазонах.

В качестве измерительных приборов были выбраны приборы на основе монокристаллического кремния. Это было сделано не случайно, а опираясь на исследования, проводимые Ж.И. Алферовым, М.М. Колтуном, В.А. Грилихесом [12–16]. Согласно этим исследованиям можно утверждать, что спектральные зависимости коэффициентов поглощения в кремнии, показывают, что фотоэлектрические преобразователи на основе кремния, в отличие от других солнечных элементов (арсенид галлиевых и др.), могут преобразовывать в электрический ток большую часть солнечного спектра, т.е. излучения с длиной волны 1,1 мкм и короче [12, 15].

Кремниевые солнечные элементы, предназначенные для энергетических целей и используемые как эталонные в обычных условиях, отличаются наиболее стабильными характеристиками из всех фотоэлектрических преобразователей [12, 16]. Эти солнечные элементы обладают также линейной зависимостью тока короткого замыкания в довольно широком диапазоне изменения плотности потока излучения, их чувствительность охватывает видимую и ближнюю инфракрасную области спектра, а также ближнюю ультрафиолетовую область. В эталоне они работают в режиме короткого замыкания [12].

Результаты исследования. Как уже говорилось выше наш измерительный прибор представляет собой фотоэлектрическую пластинку размером 0,5 см², тыльный и лицевой контакты которой были подсоединены к миллиамперметру. Для измерения инфракрасного излучения используется фоторезистор. Вся лабораторная установка по определению прозрачности стекол (далее будем называть её УОПС) состоит из нескольких блоков, выполняющих отдельные функции.

Для изготовления УОПС используется цифровой мультиметр DT 830B, который необходим для измерения сопротивления фоторезистора. Фоторезистор является составляющей пары, второй частью которой является светоизлучающий диод инфракрасного свечения. Две составляющие расположены на определённом расстоянии друг от друга. Это расстояние зависит от толщины испытываемого стекла и составляет от 30 до 5 мм.

Фоторезистор, облучаемый инфракрасным светодиодом, имеет зависимость сопротивления от интенсивности излучения. Поэтому, при установке исследуемого материала между элементами пары, сразу видно, на сколько изменились показания мультиметра по сравнению с показанием, зафиксированным без установки исследуемого образца (то есть разницу, выражающуюся в цифровом значении). Представив разницу в процентах, мы можем вести подсчеты и ориентироваться в прозрачности стекла. При покупке, сортировке и входном контроле нам будет легко определять прозрачность, что существенно облегчит расчетные работы. Способ построения схемы, предложенной в данной статье, является более простым и дешёвым, а значит более эффективным, чем использование в качестве фотоприемника фотодиода, требующего дополнительной схемы. Также предложенное схемное решение и конструкция является более удобной, и после небольшой доработки обычного мультиметра (при необходимости можно легко подсоединяется к нему). Мультиметр при этом не утрачивает своего прямого назначения, поэтому нет необходимости покупать дорогостоящее оборудование. Есть смысл использовать данное техническое решение на практике, что даст удешевление монтажных работ.

Электрическая схема УОПС представлена на рисунке 1.

Для того, чтобы исключить зависимость интенсивности излучения светодиода VD 1 от напряжения питания, в схеме применён стабилизатор напряжения питания (микросборка DD 1 (КРЕН 5 А)). Для защиты светодиода от сверхтока используется ограничительный резистор R1, номиналом 1кОм. Для измерения прозрачности стекла необходимо, чтобы мультиметр был включен на измерение сопротивления 2000 кОм. В зависимости от освещенности фоторезистора светодиодом устанавливается сопротивление (от 900 кОм до 2000 кОм) для данной схемы.

При включении прибора на экране мультиметра появляется определенное значение сопротивления, при расчете необходимо от измеряемого сопротивления с учетом установленного образца отнять первоначальное показание прибора (без установ-

ленного образца), полученный результат свидетельствует о пропускной способности стекла. За идеальную прозрачность берём

показание прибора без экспериментального образца.

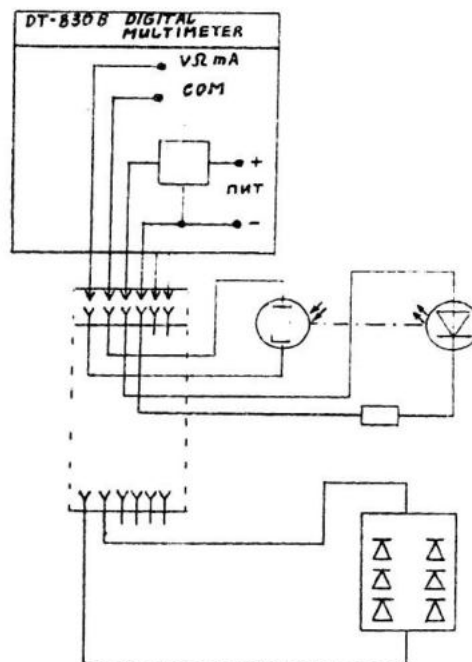


Рисунок 1 – Электрическая схема прибора УОПС

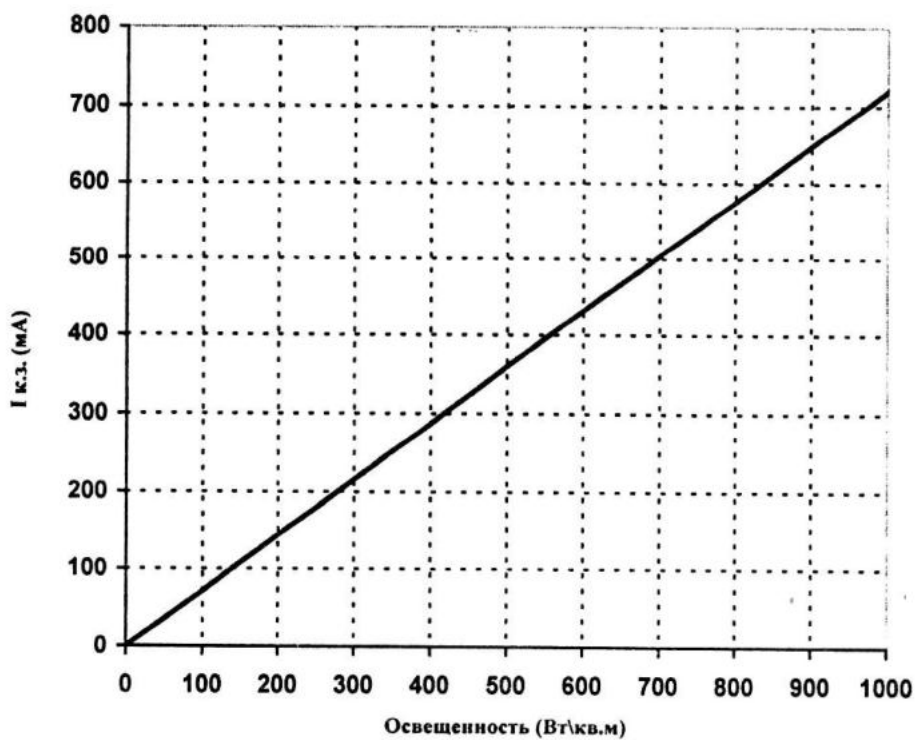


Рисунок 2 – Зависимость тока (mA) от освещенности ($Вт/м^2$) (зависимость получена для фотоэлектрического модуля AXR-12)

Таблица 1 – Пропускная способность различных материалов.
Данные получены при помощи прибора УОПС

Материал	Показания миллиамперметра (мА)	Соответствующие значения освещенности (Вт/м ²)	Пропускная способность материала (%)
1. Стекло (6 мм)	8,77	677	75
2. Стекло(4 мм)	9,48	731	81
3. Стекло (3мм)	9,95	768	85
4. Полистирол (3-х слойный)	9,95	768	85
5. Полистирол (2-х слойный)	10,18	786	87
6. Поликарбонат (2-х слойный)	10,3	795	88
7. Стекло (2мм)	10,53	813	90
8. Полистирол (однослойный)	10,88	840	93
9. Поликарбонат (однослойный)	11	849	94
10. Оргстекло (4 мм)	11	849	94
11. Оргстекло (1 мм)	11,11	858	95
12. Без материала	11,7	903	100

Таблица 2 – Пропускная способность различных материалов.
Данные получены при помощи фотоэлектрического модуля AXR-12

Материал	Показания миллиамперметра (мА)	Соответствующие значения освещенности (Вт/м ²)	Пропускная способность материала (%)
1. Стекло (6 мм)	487	677	75
2. Стекло(4 мм)	526	731	81
3. Стекло (3мм)	552	768	85
4. Полистирол (3-х слойный)	552	768	85
5. Полистирол (2-х слойный)	565	786	87
6. Поликарбонат (2-х слойный)	572	795	88
7. Стекло (2мм)	585	813	90
8. Полистирол (однослойный)	605	840	93
9. Поликарбонат (однослойный)	611	849	94
10. Оргстекло (4 мм)	611	849	94
11. Оргстекло (1 мм)	617	858	95
12. Без материала	650	903	100

Для исследований были взяты образцы стекла толщиной 3 мм, 4 мм, 6 мм, оргстекло толщиной 1 мм и 4 мм, полистирол однослойный и двухслойный (толщина 0,5 мм), поликарбонат прозрачный (толщина 1 мм), которые поочередно клались на рабочую панель фотоэлемента.

Исследования были проведены как с помощью прибора УОПС, так и при помощи фото электрического модуля АХР-12, подключенного по такой же схеме (рис. 1).

Результаты исследований приводятся на графике, изображенном на рисунке 2, и в таблицах 1 и 2.

Кроме солнечных элементов, можно использовать и фоторезисторы для измерения инфракрасного излучения (измерения инфракрасного излучения очень важны для гелиоколлекторов).

Выводы. По результатам наших исследований можно говорить, что монокремниевые измерители солнечного излучения и оптического к.п.д. на данный момент времени являются наиболее эффективными приборами. Все это делает их перспективными для применения в измерительной технике.

ЛИТЕРАТУРА

1. Д. Даффи, У.Бекман, Тепловые процессы с использованием солнечной энергии. – М.: Мир, 1977.
2. У. Бекман, С.Кейли, Д.Даффи. Расчет систем солнечного теплоснабжения. – М.: Энергоиздат, 1982.
3. Н.В. Харченко. Индивидуальные солнечные установки. – М.: Энергоатомиздат, 1991.
4. Н.М.Мхитарян. Гелиоэнергетика. – Киев. 2002.
5. А. Грилихес. Солнечные космические энергостанции. – Л.: Наука, 1986.

6. В.В.Кувшинов, В.А.Сафонов, И.Н.Стаценко. Применение солнечной энергии. – Севастополь: СНУЯЭиП, 2005.

7. А.М.Васильев, А.П.Ландоман. Полупроводниковые фотопреобразователи. – М.: Сов. радио, 1971.

8. М.М. Колтун. Оптика и метрология солнечных элементов. – М.: Наука, 1985.

9. Г. Раушенбах. Справочник по проектированию солнечных батарей / Пер. с англ. под ред. М.М. Колтуна. – М.: Энергоатомиздат, 1983.

10. В.И. Фистуль. Введение в физику полупроводников. – М.: Высшая школа, 1975.

11. А.Я. Глиberman, И.И. Ковалев, Г.А. Четверикова, Фотопреобразователи в науке и технике // Итоги науки и техники. Сер. Электроника и ее применение. – М.: ВИНТИ, т. 12, 1980.

12. М.М.Колтун. Солнечные элементы / Серия «Планета Земля и Вселенная» / – М.: Наука, 1987. – 192 с.

13. Ж.И.Алферов, В.М.Андреев. Перспективы фотоэлектрического метода преобразования солнечной энергии Преобразование солнечной энергии // Под ред. Н.Н. Семенова. – Черноголовка: Изд. ИХФ АН СССР, 1981.

14. Н.С.Лидоренко, В.М. Евдокимов, А.К. Зайцева и др. Новые модели солнечных элементов и перспективы их оптимизации. Гелиотехника. № 3, 1978. – С. 3–17.

15. Ж.И.Алферов, В.М.Андреев, М.Б.Каган и др. Солнечные преобразователи на основе гетеропереходов р- Al_xGa_{1-x} -n-GaAs // Физика и техника полупроводников, т. 4, 1970.

16. А.Фаренбрух, Р.Бьюб. Солнечные элементы: Теория и эксперимент // Пер. с англ. под ред. М. М. Колтуна. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 280 с.