

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования  
Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники

УДК 621.311.243 – 047.37

Сенькевич  
Дмитрий Валерьевич

Методика исследования фотоэлектрических характеристик солнечных  
элементов

**Автореферат**  
на соискание степени магистра технических наук  
по специальности 1-41 80 01 «Твердотельная электроника, радиоэлектронные  
компоненты, микро- и наноэлектроника, приборы на квантовых эффектах

---

Научный руководитель  
Залесский Валерий Борисович  
канд. техн. наук

---

Минск 2020

Работа выполнена на кафедре микро- и наноэлектроники учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»

Научный руководитель: **Залесский Валерий Борисович**,  
кандидат технических наук, заведующий лабораторией фотоэлектроники ГНПО «Оптика, оптоэлектроника и лазерная техника»

Рецензент: **Василевич Владимир Павлович**,  
кандидат технических наук, профессор кафедры электронной техники и технологии учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»

Защита диссертации состоится «23» июня 2020 г. года в 9<sup>00</sup> часов на заседании Государственной комиссии по защите магистерских диссертаций в учреждении образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» по адресу: 220013, г.Минск, ул. П.Бровки, 6, 1 уч. корп., ауд. 114, тел.: 293-89-26, e-mail: [kafme@bsuir.by](mailto:kafme@bsuir.by).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники».

## ВВЕДЕНИЕ

Использование солнечной энергии – единственный выход человечества для обеспечения не то, чтобы счастливого будущего, а просто будущего. А все потому, что на сегодняшний день наиболее часто используемыми ископаемыми для топлива являются: нефтепродукты, газ и естественно уголь и прочее. Однако, постоянное их использование привело к их необратимому сокращению энергоресурсов на Земле. А это в свою очередь может привести к самым пагубным последствиям, а именно глобальному потеплению и созданию так называемого парникового эффекта. Поэтому, как можно скорее нужно находить выход из этой сложнейшей ситуации. И он найден – нужно искать альтернативные источники энергии, не наносящие вреда окружающей среде.

Одним из таких качественных и недорогих источников и является солнечная энергия. Среди объективных и не обсуждаемых преимуществ выделяют: легкодоступность, неисчерпаемость, побочных эффектов нет, то есть атмосфера загрязняться не будет. Однако и недостатки все же имеются. Так, применения солнечной энергии будет в первую очередь зависеть от рельефа местности, погоды, различных циклов и прочее. Сегодня же энергию солнца уже начали применять. Так используют ее для того, чтобы отапливать помещения, подогревать воду, преобразовывать солнечную радиацию в электроэнергию. Для этого и приобретают солнечные панели, цена на которые, вовсе не космическая, как можно предположить.

Как правило, солнечные панели используют там, где не проходят линии электропередач. Причины на это бывают разные. Основная работа солнечных панелей заключается в том, что они преобразовывают солнечную энергию в электрический ток.

Происходит продажа солнечных панелей чаще всего именно по принципу их эксплуатации, то есть соответственно, чем тип панели мощнее и долговечнее, тем он и дороже. Вполне понятная логическая цепочка. Таким образом, тонкопленочный тип солнечных панелей относится к наиболее доступному и по цене является намного дешевле, нежели его собратья. Однако для установки панелей такого типа потребуется большая территория.

В свою очередь, монокристаллические панели подтверждают более повышенную стоимость своей компактностью и надежностью. Такие панели защищены от влаги и их очень легко устанавливать. Состоят же они из многочисленного количества ячеек, которые связаны между собой.

Если сравнивать все виды энергоресурсов, то солнечная энергия является наиболее выгодной. Особенно это касается применения ее,

например, в селах и других отдаленных от городов местностей.

Библиотека БГУИР

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

### Актуальность темы магистерской диссертации

Основные фотоэлектрические параметры солнечных элементов определяют качество преобразования элементами солнечного света, наличие примесей, шунтирующих р-п переход, показывают качество контактов и сопротивление слоёв, приводящих к потере тока короткого замыкания, показывают качество и ширину р-п перехода, тем самым выявляя причины снижения коэффициента заполнения и эффективности преобразования. Указанные параметры могут быть получены с помощью автоматизированного программно-аппаратного комплекса, который должен снимать рабочую характеристику, проводить статистический анализ и получать в результате необходимые параметры

### Цель и задачи магистерской диссертации

*Целью* диссертационной работы является, разработка аппаратуры, и методики измерения фотоэлектрических характеристик солнечных элементов различных типов при постоянном излучении, и проверке достоверности разработанного имитатора сертифицированным тестером импульсного излучения.

Для достижения цели работы поставлены следующие *задачи*:

- измерить фотоэлектрические характеристики солнечных элементов установкой с импульсным источником излучения.
- разработать методику для измерения фотоэлектрических характеристик солнечных элементов с постоянным источником излучения
- измерить фотоэлектрические характеристики солнечных элементов установкой и постоянным источником излучения.

### Объект и предмет исследования

*Объектом* исследования является методика с импульсным и постоянным источником излучения.

*Предметом* исследования является фотоэлектрические характеристики солнечных элементов измеренные методиками с импульсным и постоянным источником излучения.

### Основные положения, выносимыми на защиту

Для создания более приближенных условий к соизмеримым с естественным излучением солнца, в методике и аппаратуре с постоянным источником излучения используется лампа спектр которой приближен к спектру солнечного излучения.

### **Личный вклад соискателя**

Личный вклад автора состоит в разработке и постановке методик и их исследование. В ходе работы автор также принимал участие в обсуждении полученных результатов, подготовке научных статей по тематике диссертационной работы.

### **Публикации**

По материалам диссертации опубликовано и подготовлено к опубликованию 1 работа. Которая является тезисом в сборниках докладов конференций.

### **Структура и объем диссертации**

Диссертационная работа состоит из введения, общей характеристики работы, двух глав, 34 иллюстрации, заключения и списка использованных источников, включающего 53 наименований. Общий объем диссертации составляет 62 страниц.

## КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Глава 1 посвящена проведению детального анализа опубликованной в научной литературе информации о структурах и методиках исследования солнечных элементов различных типов. Показана необходимость совершенствования измерительной аппаратуры и методик измерения. Обобщены условия измерения характеристик солнечных элементов.

Глава 2 посвящена описанию методики и аппаратуры для измерения фотоэлектрических характеристик солнечных элементов под действием импульсного источника излучения, что обеспечивает термостабильность исследуемых объектов. Для создания более приближенных условий к соизмеримым с естественным излучением солнца, в методике и аппаратуре с постоянным источником излучения используется лампа КГМ. Спектр которой приближен к спектру солнечного излучения.

Заключение по диссертации кратко резюмирует полученные результаты. Результаты проведенных исследований представлены в одной публикации и докладывалась на 55-ой Научно-технических конференциях студентов, магистрантов и аспирантов БГУИР

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе магистерской диссертации была разработана и исследована методика измерения фотоэлектрических характеристик солнечных элементов. Измерение фотоэлектрических характеристик солнечных элементов под действием импульсного источника излучения обеспечивает термостабильность исследуемых объектов.

Положительными свойствами методики с импульсным имитатором является то, что импульсный тестер ИФТ-4/3 конструктивно оптимизирован для исследования фотоэлектрических характеристик СЭ. Программное обеспечение легко в использовании и в управлении. При измерении фотоэлектрических параметров СЭ методикой с импульсным источником излучения были получены графики зависимостей КПД, FF,  $I_{кз}$ ,  $U_{хх}$  от освещенности, также таблица фотоэлектрических характеристик СЭ.

Для создания более приближенных условий к соизмеримым с естественным излучением солнца, в методике и аппаратуре с постоянным источником излучения используется лампа КГМ. Спектр которой приближен к спектру солнечного излучения.

Положительными свойствами методики с постоянным источником излучения является то, что излучение проходя через рассеиватель и отражатель, теряет часть мощности. Без рассеивателя и отражателя источник излучения нагревает исследуемые образцы до 50 °С за 10 секунд, что приводит к потере эффективности работы СЭ. Подключение проводится по четырехпроводной схеме, чтобы получить наилучшую точность и устранить влияние подводящих элементов на точность измерения.

Отрицательными свойствами являются ограниченная площадь освещения, что затрудняет измерение СЭ с большой светочувствительной площадью. Пределы измерения тока до 1 А, что может являться ограничением для измерения некоторых СЭ. Параметры КПД, FF не рассчитываются самостоятельно устройством измерения.

## СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

[1 – А] Сравнительный анализ солнечных элементов различных типов // РАДИОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА 55-я юбилейная научная конференция аспирантов, магистрантов и студентов Сборник тезисов докладов 22–26 апреля 2019 года Минск, БГУИР – 213-214.

[2 – А] Исследование фотоэлектрических параметров трехмерных солнечных модулей // 1 международная научно-техническая конференция «ОПТО-, МИКРО- И СВЧ-ЭЛЕКТРОНИКА – 2018», 22–26 октября 2018 года г. Минск, Беларусь – стр. 34-37.

Библиотека БГУИР