

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Саратовский национальный исследовательский государственный
университет имени Н.Г. Чернышевского»
Балашовский институт (филиал)

Кафедра физики и информационных технологий

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ
ФОТОЭЛЕМЕНТОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ИНТЕНСИВНОСТИ
ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ОБЛУЧЕНИЯ**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

студентки 4 курса 143 группы
направления 12.03.04 «Биотехнические системы и технологии»,
профиля «Биомедицинская инженерия»,
факультета математики, экономики и информатики
Матвеевой Екатерины Александровны

Научный руководитель

доцент кафедры ФиИТ _____ А.С.Первушов
(подпись, дата)

Зав. кафедрой ФиИТ

кандидат педагогических наук,

доцент _____ Е.В.Сухорукова
(подпись, дата)

Балашов 2017

ВВЕДЕНИЕ

Фотоэлемент – это устройство, в котором вследствие поглощения энергии падающего на него оптического излучения генерируется ЭДС или электрический ток.

В современном обиходе мы ежедневно используем электронные устройства, в которых широко применяются приборы, в основу которых входят полупроводниковые элементы, базирующиеся на принципах электрооптического и фотоэлектрического преобразования сигналов. Первый принцип связан с генерацией излучения в веществе, обусловленной приложенным к нему напряжением и протекающим током через светоизлучающий элемент. Второй из этих принципов обусловлен изменением электрофизических свойств вещества в результате поглощения в нем светового излучения (квантов света). При этом изменяется проводимость вещества или возникает ЭДС, что приводит к изменениям тока в цепи, в которую включен фоточувствительный элемент. Описанные выше принципы составляют основу оптоэлектроники – нового научно-технического направления, в котором для передачи, обработки и хранения информации используются как электрические, так и оптические средства и методы

Изучение параметров фотоэлементов, применяемых в современных устройствах, важно из-за особенностей их использования не по назначению или не соответствия параметров фотоэлементов при их обслуживании и ремонте устройств с их применением. Этим обосновывается актуальность выбранной темы ВКР «Определение коэффициентов преобразования фотоэлементов в зависимости от интенсивности электромагнитного облучения».

Объектом исследования являются фотоэлементы, а **предметом** – коэффициенты преобразования фотоэлементов.

Цель работы: изучить особенности измерения коэффициентов преобразования фотоэлементов.

Задачи исследования:

1. Изучить классификацию и особенности функционирования фотоэлементов
2. Рассмотреть основные этапы процесса изготовления фотоэлементов;
3. Определить коэффициенты преобразования различных фотоэлементов.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе описана структура и характеристики фотоэлементов. Фотоэлемент имеет структуру "сэндвич" из кремния – одного из самых распространенных на Земле веществ. Все солнечные элементы изготавливаются из кремния (Si). Определенное вещество наносится на один слой кремния, благодаря которому образуется избыток электронов. Таким образом, получается отрицательно заряженный «n» слой. Недостаток электронов создается на другом слое «р», он становится положительно заряженным. Собранные вместе с проводниками, эти две поверхности образуют светочувствительный электронно-дырочный переход, который называется полупроводником.

В широких сферах человеческой деятельности модули из аморфного кремния делаются востребованными из-за низкого энергопотребления, простоты производства и невысокой стоимости, а также возможности производства больших по размерам элементов. Аморфный кремний достаточно широко применяется при производстве часов и калькуляторов, но для установок большой мощности он неприменим вследствие меньшей стабильности.

Фотоэлементы из аморфного кремния (a-Si) намного дешевле фотоэлементов из кристаллического кремния, поскольку слой кремния в них составляет всего 0,5-1,0 мкм против 300 мкм в кристаллических элементах. Вследствие такого осаждения образуются проводящие электричество p-n переходы. Такие модули эффективны даже в условиях слабой освещенности

и облачности и лучше защищены от агрессивного влияния внешних факторов. Сфера применения их гораздо шире, чем кристаллических элементов. Например, изготавливать гибкие фотоэлектрические модули из аморфного кремния для нестандартных элементов крыш и т. д.

В настоящее время самыми распространенными видами тонкопленочных фотоэлементов являются фотоэлементы из аморфного кремния, CIS (CIGS) и CdTe технологии.

Фотоэлемент состоит из двух или более монослоев полупроводниковых (ПП) сферических частиц. Одна часть имеет проводимость типа «р», а другая имеет тип проводимости «n». В данном полупроводнике частицы полупроводникового материала имеют размеры порядка диффузионной длины электронов. Поверхность фотоэлемента покрыта слоем с эффектом антиотражения. Для увеличения эффективности преобразования фотоэлемента частицы в разных монослоях могут иметь разный диаметр. Это обеспечивает лучшее поглощение излучения на разных длинах волн. Вместо нижнего прозрачного электрода или совместно с ним может быть использован металлический электрод. Этот электрод обеспечивает отражение излучения обратно в полупроводниковую структуру, а так же отводит сгенерированные заряды. Этим объясняется увеличение эффективности фотоэлемента за счет увеличения поглощения полупроводникового материала на единицу площади поверхности и на единицу объема поглощающего полупроводникового материала, снижение затрат на изготовление фотоэлемента за счет снижения расхода материала. Солнечной энергетике в последнее время уделяется больше внимания, а так же к другим альтернативным источникам.

Во второй главе рассмотрены особенности изготовления фотоэлементов. Быстрый рост с использованием солнечных батарей для получения электрической энергии вызвал подорожание электрической энергии в целом.

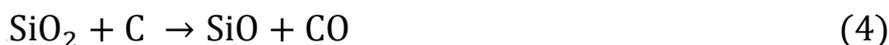
В наше время большую часть для изготовления всех фотоэлементов используют кремний. Нехватка среднего сорта является причиной, по которой снижается производство кремния солнечного качества. До последних лет кремний для фотоэлементов потреблялся из остатков от электроники и промышленности. В наше время потребность производства кремния стала очень высока.

Способ получения высокочистого кремния подходит для фотогальванических элементов путем восстановления оксида кремния. Он предварительно очищается в водном растворе в присутствии восстанавливающего агента. Заранее очищенный оксид кремния получают контактированием водного раствора и водорастворимой формы оксида кремния. Водный раствор может быть также обработан удаляющим фосфор агентом, лучше всего переходным металлом, кальцием, магнием или молибдатной солью. Содержащий углерод агент является активированным углем или техническим углеродом, в основном свободным от бора и фосфора.

Кремний изготавливают (и изготавливали в течение более чем 100 лет) реакцией 1 ниже (приблизительно при 1700°C)



Реакция 1 довольно упрощена и там есть несколько интермедиатов и побочные реакции, перечисленные ниже, которые могут проявляться.



Вышеупомянутые реакции являются обычными для карботермического восстановления. Продукт реакций 1-6 является обычно чистым на приблизительно 98-99%.

Кремний может также быть получен замещением углерода достаточно активным металлом (или сплав), таким как магний или алюминий.

Получение литого кремния включает приведение расплавленного кремния в контакт с затравочным кристаллом кремния в сосуде. Он имеет одну или несколько боковых стенок, нагретых до температуры плавления кремния и одну охлаждаемую стенку. Таким образом, происходит образование твердого массива монокристаллического кремния. Образование массива включает формирование границы раздела твердого тела с жидкостью по ребру расплавленного кремния, которая сначала параллельна одной охлаждаемой стенке и граница раздела регулируется во время охлаждения. Она перемещается в направлении, при котором увеличивается расстояние между расплавленным кремнием и одной охлаждаемой стенкой.

Способ изготовления фотоэлементов включает в себя кремнийсодержащее сырье, которое смешивают с материалом для индукционирования. Путем вытягивания из зоны плавления в виде слитков монокристаллического кремния (способы Чохральского (CZ) или зонной плавки (FZ)). Известными способами резки или распиливания, слитки режут на тонкие подложки, пластины. Эти пластины можно затем использовать для изготовления фотоэлементов.

В третьей главе изучены особенности определения характеристик фотоэлементов.

В современном обиходе мы ежедневно используем электронные устройства, в которых широко применяются приборы, в основу которых входят полупроводниковые элементы, базирующиеся на принципах электрооптического и фотоэлектрического преобразования сигналов. Первый принцип связан с генерацией излучения в веществе, обусловленной приложенным к нему напряжением и протекающим током через светоизлучающий элемент. Второй из этих принципов обусловлен изменением электрофизических свойств вещества в результате поглощения в нем светового излучения (квантов света).

Важнейшим параметром солнечного источника энергии является мощность $P=UI$. Естественно, что ток и напряжение, получаемые в результате работы одного фотоэлемента, невелики, поэтому в батарее они комбинируются определенным образом для увеличения указанных показателей. Если соединить преобразователи последовательно, то общее выходное напряжение будет пропорционально их количеству. Параллельное подключение отдельных элементов приводит к увеличению тока. Сочетая определенным образом оба типа соединений так, как показано на картинке, получают требуемые выходные параметры батареи, а, следовательно, и ее мощность.

При освещении батареи не вся энергия солнечного излучения преобразуется в электричество – часть ее отражается, а также тратится на нагрев элементов. Большинство выпускаемых промышленностью фотоэлектрических панелей имеют эффективность 9-24%.

Развитие технологий привело к большим изменениям в повседневной жизни. Солнечные электростанции, переносные приборы с использованием фотоэлементов давно вошли в обиход человеческой жизни. Очевидно, что изучение параметров фотоэлементов, применяемых в современных устройствах, важно из-за использования их не по назначению.

В данной работе проводилось исследование фотоэлементов, входящих в состав различных приборов повседневной жизни. К таким приборам относятся светильник с фотоэлементом, брелок-фонарик, с возможностью подпитки батареи от солнечной энергии и электронный термометр элементом питания которого является фотоэлемент.

На первом этапе было проведено исследование фотоэлементов приведенных выше. Целью являлось снять выходные характеристики тока солнечных фотоэлектрических элементов в зависимости от освещенности. Использовались два вида освещения, 1- это естественное освещение, 2- это освещение с помощью электромагнитного излучения. Для этих целей использовалась лазерная указка красного цвета.

Измерения проводились следующим образом. В эксперименте участвовали 3 фотоэлемента (светильник, брелок, термометр). К исследуемому фотоэлементу подключался амперметр и вольтметр для снятия характеристик силы тока и напряжения. Записывались значения силы тока и напряжения под естественным освещением и освещением лазерной указкой. Освещение лазерной указкой проводилось в полной темноте, что бы избежать попадания солнечного света на фотоэлемент. Следующим шагом заменялся фотоэлемент и эксперимент повторялся.

Таблица 1 – Характеристики фотоэлементов при освещении 2-мя источниками света.

Исследуемые фотоэлементы	Естественное освещение			Освещение лазерной указкой		
	U, В	I, мкА	P, мкВт	U, В	I, мкА	P, мкВт
Образец № 1 (Светильник)	1,1	60	66	1,5	300	450
Образец № 2 (Брелок)	5,6	40	224	4,9	10	49
Образец № 3 (Термометр)	2,1	72	151,2	1,5	20	30

Из таблицы 1 видно, что все 3 исследуемые фотоэлемента показывают различные значения силы тока и напряжения. Фотоэлемент «светильник» показал очень внушительные результаты силы тока при освещении лазерной указкой. Это объясняется малой отражающей способностью к электромагнитному излучению. Фотоэлементы «брелок» и «термометр» наоборот показали более высокие значения силы тока и напряжения при естественном освещении. Это объясняется тем, что слои фотоэлемента,

имеют другую кремниевую структуру в отличие от фотоэлемента «светильник».

Дальнейшим шагом в проведении эксперимента был произведен подсчет КПД фотоэлементов. Для подсчета нужно узнать освещенность и плотность потока.

Таблица 2 – Подсчет КПД исследуемых фотоэлементов

Образец солнечной батареи	Естественное освещение						Освещение лазерной указкой					
	Е, лк	пл, Вт/ м ²	U, В	I, мкА	P, мкВт	η, %	Е, лк	пл, Вт/ м ²	U, В	I, мкА	P, мкВт	η, %
Светильник	1700	7,5	1,1	60	66	1,408	670	3,08	1,5	300	450	23,38
Брелок	1700	7,5	5,6	40	224	4,978	670	3,08	4,9	10	49	2,652
Термометр	1700	7,5	2,1	72	151,2	2,016	670	3,08	1,5	20	30	1,558

Совершенно очевидно, что КПД фотоэлементов имеет значения в пределах от 5 до 20 %. Так как большая часть света отражается от поверхности самого фотоэлемента. При подсчете данных в эксперименте получились следующие значения (таблица 2). Все элементы показали примерно одинаковые показатели КПД, за исключением одного. Фотоэлемент светильник показал значения около 20%. Такой высокий показатель обусловлен тем, что солнечная батарея имеет низкий коэффициент отражающей способности электромагнитного излучения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Достигнута поставленная цель, то есть, изучены особенности изучения коэффициентов преобразования фотоэлементов.

По итогам выполненной работы можно сформулировать следующие выводы, свидетельствующие о решении поставленных задач:

1. Изучены классификация и особенности функционирования фотоэлементов.
2. Рассмотрены основные этапы процесса изготовления фотоэлементов.
3. Определены коэффициенты преобразования различных фотоэлементов.

Основываясь на полученных данных, при исследовании фотоэлементов, можно сказать о необходимости определения их параметров, для безопасного использования. Это необходимо для того, чтобы избежать случайных неполадок, связанных с выходом из строя фотоэлементов.

Данная ВКР будет полезна для студентов, обучающихся по направлению «Биотехнические системы и технологии», работникам медицинских учреждений, а также для сотрудников других технических предприятий.