



(51) МПК
H02S 50/15 (2014.01)
H01L 31/18 (2006.01)
G01R 31/00 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
 ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2013145259/28, 10.10.2013

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
 10.10.2013

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 10.10.2013

(43) Дата публикации заявки: 20.04.2015 Бюл. № 11

(45) Опубликовано: 20.10.2015 Бюл. № 29

(56) Список документов, цитированных в отчете о
 поиске: WO 2010107616 A2, 23.09.2010. US
 4287473 A, 01.09.1981. US 2011068817 A1,
 24.03.2011. RU 2476958 C2, 27.02.2013

Адрес для переписки:

127566, Москва, Высоковольтный пр-д, 1, корп.
 3, кв. 192, пат. пов., рег. N 1232 Мохову Е.В.

(72) Автор(ы):

Янчур Сергей Викторович (RU),
 Дрондин Алексей Викторович (RU),
 Каленков Георгий Сергеевич (RU),
 Подсосный Виктор Андреевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Янчур Сергей Викторович (RU),
 Дрондин Алексей Викторович (RU),
 Каленков Георгий Сергеевич (RU),
 Подсосный Виктор Андреевич (RU)

(54) СПОСОБ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК
 ВОСПРИИМЧИВОСТИ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ В СОСТАВЕ
 СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ К ОПТИЧЕСКОМУ ИЗЛУЧЕНИЮ

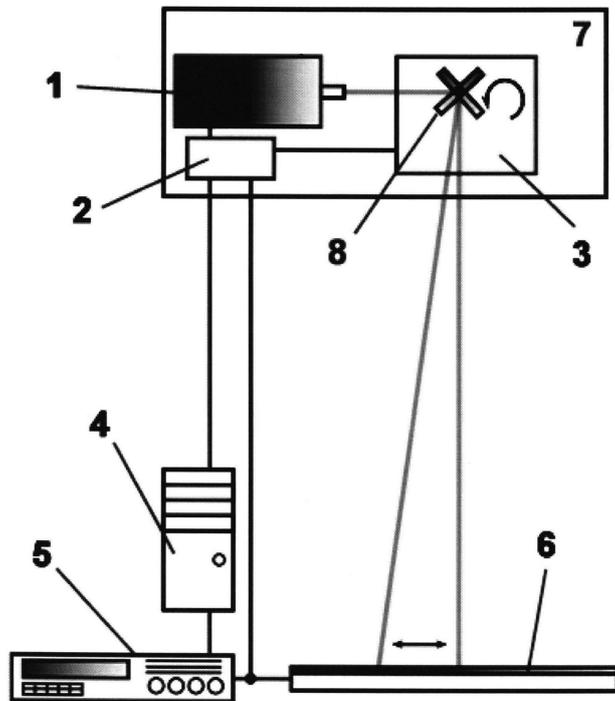
(57) Реферат:

Изобретение относится к области контроля фотоэлектрических устройств и касается способа исследования пространственного распределения характеристик восприимчивости фотоэлектрических преобразователей в составе солнечных батарей к оптическому излучению. Способ включает сканирование поверхности исследуемого объекта лазерным лучом с помощью гальваносканеров с одновременной

записью координат сканирования и напряжения, пропорционального величине фотоотклика в данной точке исследуемого объекта. Технический результат заключается в обеспечении возможности получения данных о распределении энергетических параметров фотоэлектрических преобразователей в составе солнечных батарей, а также в обеспечении возможности визуализации полученных данных. 2 з.п. ф-лы, 2 ил.

RU 2 565 331 C 2

RU 2 565 331 C 2



Фиг.1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.
H02S 50/15 (2014.01)
H01L 31/18 (2006.01)
G01R 31/00 (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: **2013145259/28, 10.10.2013**
 (24) Effective date for property rights:
10.10.2013
 Priority:
 (22) Date of filing: **10.10.2013**
 (43) Application published: **20.04.2015** Bull. № 11
 (45) Date of publication: **20.10.2015** Bull. № 29
 Mail address:
127566, Moskva, Vysokovol'tnyj pr-d, 1, korp. 3, kv. 192, pat. pov., reg. N 1232 Mokhovu E.V.

(72) Inventor(s):
**Janchur Sergej Viktorovich (RU),
 Drondin Aleksej Viktorovich (RU),
 Kalenkov Georgij Sergeevich (RU),
 Podsosnyj Viktor Andreevich (RU)**
 (73) Proprietor(s):
**Janchur Sergej Viktorovich (RU),
 Drondin Aleksej Viktorovich (RU),
 Kalenkov Georgij Sergeevich (RU),
 Podsosnyj Viktor Andreevich (RU)**

(54) **METHOD OF INVESTIGATION SPATIAL DISTRIBUTION OF RECEPTIVITY OF CHARACTERISTICS OF PHOTOELECTRIC CONVERTERS IN SOLAR PANELS TO OPTICAL RADIATION**

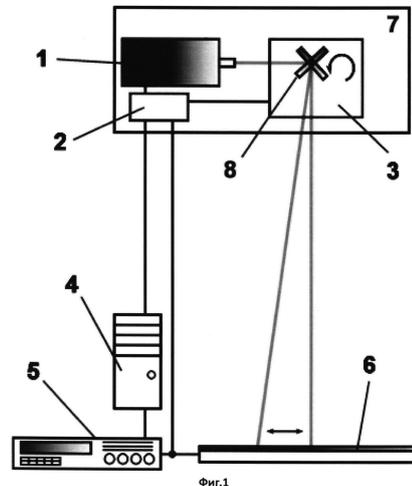
(57) Abstract:

FIELD: physics.

SUBSTANCE: method includes scanning the surface of an investigated object with a laser beam using galvanic scanners with simultaneous recording of scanning coordinates and voltage in proportion to the photoresponse value at a given point of the investigated object.

EFFECT: obtaining data on distribution of energy parameters of photoelectric converters in solar panels, enabling rendering of the obtained data.

3 cl, 2 dwg



RU 2 565 331 1 C 2

RU 2 565 331 1 C 2

Изобретение относится к классу устройств для визуального представления измеряемых электрических переменных величин в цифровом виде и предназначено для исследования пространственного распределения характеристик восприимчивости фотоэлектрических преобразователей (ФЭП) в составе солнечных батарей к оптическому излучению. Исследование производится путем сканирования поверхности исследуемого объекта лазерным лучом с помощью гальваносканеров с одновременной записью координат сканирования и напряжения, пропорционального величине фотоотклика в данной точке исследуемого объекта. Устройство может быть использовано для контроля качества готовых изделий на предприятиях полупроводниковой промышленности.

Из уровня техники известен один из вариантов реализации оптической системы контроля для обнаружения трещин в кремниевой подложке или в эпитаксиальных слоях солнечного элемента (патент СА 2118743). В качестве лазера (коллимированного луча света) используется гелий-неоновый лазер. В нем видеокамера с макрообъективом расположена коллинеарно с лазером. Лазер используется для наведения видеокамеры. Видеокамера чувствительна к ближней инфракрасной области частот. Тестируемая солнечная батарея расположена на пути распространения лазерного луча и в области зрения видеокамеры. Коллимированное излучение из источника, например кварцевой галогеновой лампы, обеспечивающей освещение от 0,9 до 1,2 мкм (ближний инфракрасный спектр), проецируется через длинноволновый фильтр, через который проходят только волны с длиной 1,0 мкм. Отфильтрованный коллимированный свет от источника света проецируется на поверхность белой бумажной панели. Солнечная батарея также освещается неколлимированным нефильтрованным ближним инфракрасным светом, направленным под другим углом от второй кварц-галогенной лампы.

Лицевая сторона белой бумаги содержит включения размером порядка 1,0 микрона - того же порядка, что и длина волны, проходящей через фильтр. Эти неровности свет, отраженный от поверхности белой бумаги, делают диффузным. Белая бумага расположена таким образом, чтобы отраженный от нее диффузный свет падал на поверхность солнечной панели. Свет, отраженный от белой бумаги, не видимый невооруженным глазом, попадает на поверхность солнечной панели под множеством различных углов.

Лучи света могут быть либо отражены одним из слоев ФЭП, либо пройти к следующему слою. Полное внутреннее отражение будет происходить только для определенных световых лучей от слоя между воздухом и антибликовым покрытием. Некоторые из лучей будут отражены обратно на белую бумагу, а другие будут отражены в направлении поля зрения камеры и объектива. Лучи, попадающие в поле зрения камеры, становятся изображением объекта, которое может быть просмотрено на контрольном мониторе, связанном с видеокамерой. Изображение, которое видно на контрольном мониторе, обусловлено лишь вкладом первого коллимированного кварцевого галогенного источника, свет которого прошел через фильтр. Второй источник света нефильтованной неколлимированной кварц-галогенной лампы используется для освещения солнечной панели, когда необходимо проверить наличие трещин в защитном стекле или трещин в непокрытом еще защитным стеклом кремнии. Детектирование дефектов с помощью данного метода основано на разнице показателей преломления бездефектной поверхности подложки кремниевых ФЭП и треснувших участков, образующих затененные области на получаемом изображении.

Из уровня техники известен метод обнаружения дефектов солнечных элементов (патент CN 101988904). Схема метода включает в себя расширитель лазерного луча

перемещающий его по солнечной батарее и регулирующий размер лазерного пятна для того, чтобы оно могло покрыть весь солнечный элемент; контроллер, регулирующий длину волны лазерного луча, чтобы заставить солнечный элемент люминесцировать. Камера ориентируется по солнечной батарее, чтобы снимать ее электролюминесценцию.

5 Снятые на камеру изображения загружаются на компьютер через линию передачи данных и затем анализируются компьютерной программой на предмет наличия дефектов в солнечной батарее. С помощью расширителя лазерного луча, через который непосредственно диффундирует излучение, испускаемое полупроводниковым лазером, оно попадает на всю поверхность солнечного элемента. Таким образом, солнечные
10 элементы могут быть исследованы без перемещения, даже если они тестируются не в составе солнечной батареи. Контроллер управляет длиной волны излучения лазера, благодаря чему люминесценция солнечного элемента постоянно поддерживается в оптимальном состоянии и точность обнаружения дефектов увеличивается.

Из уровня техники известно устройство контроля качества солнечных батарей
15 (патент JP 2009122036). Устройство контроля качества солнечных элементов имеет ленточный транспортер, с помощью которого осуществляется перемещение подложки, на которой закреплена солнечная батарея. Фотокамера линейно перемещается, чтобы фотографировать подложку в каждой из множества позиций. Светоизлучающий элемент излучает через собирающую линзу, фокусирующую свет на подложку для
20 фотографирования области с помощью фотокамеры. Цифровые фото поступают в секцию обработки изображений - компьютер обнаруживает выступы металла на электродах солнечной батареи на основе сфотографированных во множестве положений изображений подложки.

Из уровня техники известен пример применения неразрушающего метода для поиска
25 дефектов в фотодетекторах и ФЭП (патент US 4,287,473). Для сканирования с помощью света отдается предпочтение лазеру с низкой мощностью. В реализации может быть использован непрерывный He-Ne-лазер или другие эквивалентные источники света. В случае, если изучаемый ФЭП является кремниевым, желательно, чтобы длина волны лазера составляла 0,633 мкм. Зеркала M1 и M2 используются для вывода лазерного
30 излучения для того, чтобы сделать лазер более компактным и прочным, но свет может быть направлен на ФЭП и другими эквивалентными средствами. Анализатор, расположенный на выходе из лазера, используется для управления интенсивностью излучения и добавляется к устройству при тестировании. Поскольку на выходе из лазера угол поляризационной плоскости может варьироваться (коэффициент пропускания
35 изменяется от 0 до 1), используются зеркала V и H с электрическим приводом, чтобы обеспечить ортогональное отклонение луча света. Свет от зеркала H проходит через микроскоп и ориентируется на требуемую область ФЭП для анализа. Те же электрические сигналы, которые управляют приводом зеркал V и H, также управляют пятном на экране электронно-лучевого дисплея (CRT) синхронно с лазерным
40 сканированием. Линза L₁ между вертикальным и горизонтальным отклоняющими зеркалами перефокусирует вертикальное отклонение от V на горизонтальное зеркало H. Луч отклоняется от горизонтального зеркала H, чтобы сформировать считываемое растровое изображение. Растровое сканирование обычно охватывает то же поле зрения, которое можно видеть глазом, когда микроскоп используется по своему прямому
45 назначению. Отраженный от образца свет используется для идентификации области сканирования. Схема отраженного света использует полупрозрачное зеркало в микроскопе, которое является неотъемлемой частью вертикального осветителя микроскопа, линзу L₂ и фотоэлемент (λ). Лазерное излучение, отраженное от любой

точки на образце направляется полупрозрачным зеркалом на линзу и фокусируется в фиксированной точке на фотоэлементе. На экране дисплея формируется интерференционная картина, возникающая между опорным лучом, отраженным от полупрозрачного зеркала и лучом, отраженным от исследуемого образца для отображения картины топографии поверхности устройства. Основной целью использования схемы отраженного света является осуществление корреляции между ответом устройства с особенностями поверхности, такими как области металлизации. Это достигается путем простого смешивания сигналов от сканируемого образца и фотоэлемента. Кроме того, цветной дисплей может быть использован, когда сигнал от фотоэлемента подают в один канал цвета, а электрический сигнал от сканируемого образца в другой.

Главным недостатком представленного метода является ограниченное поле сканирования. Также данный метод позволяет регистрировать лишь поверхностные дефекты - топологические дефекты, которые могут и не влиять на работоспособность ФЭП (например дефекты металлизации).

В качестве прототипа заявленного решения предлагается система и способ обнаружения дефектов в солнечных элементах (US 2010236035, WO 2010107616). С помощью данной установки солнечный элемент ФЭП тестируется на предмет уровня генерации тока во время облучения светом поверхности ФЭП по завершении производственного процесса. Исследуемый ФЭП может быть протестирован в двух режимах - независимом или последовательном. ИСЭ может быть освещен оптическим лучом, который генерируется с помощью оптического источника энергии и проходит через панель контроля уровня освещенности (ПКУО). Исходный световой пучок, если это необходимо для коллимации света, может быть расширен и сколлимирован с помощью расширителя пучка. Если ИСЭ не имеет дефектов и работает должным образом, то он генерирует фотоиндуцированный ток, поступающий в устройство измерения ВАХ, которое строит вольт-амперную характеристику. Данные измерения поступают в компьютер через сигнальный процессор, который соединяется с компьютером и блоком измерения ВАХ. Наличие дефекта в солнечном элементе может быть подтверждено с помощью измерения рабочих параметров солнечного элемента, таких как ток короткого замыкания, напряжение холостого хода, последовательное сопротивление, шунтирующее сопротивление, наклон кривых и фактор заполнения. В другом режиме работы разница между электролюминесценцией работоспособных участков ФЭП и яркостью дефектных участков, способных проводить большой ток из-за наличия дефектов, обуславливающих короткое замыкание между эмиттером и базой ФЭП, может быть использована для обнаружения дефектов солнечной батареи. Электрический сигнал подается между эмиттером и базой солнечного элемента от источника питания, который находится под управлением компьютера с помощью контроллера. Световой луч, полученный от солнечного элемента, может быть передан в оптический датчик и/или оптический датчик через ПКУО и фокусирующую линзу. Выбор направления распространения светового луча зависит от его длины волны и спектральной восприимчивости фильтрующего зеркала. Выходной сигнал оптических датчиков поступает в компьютер через АЦП (аналого-цифровые преобразователи) и сигнальные процессоры. Если в солнечном элементе нет дефекта, то световой луч генерируется солнечным элементом с ожидаемыми интенсивностью и частотой, соответствующими нормальной электролюминесценции. Если в солнечном элементе есть дефект, то световой луч, сгенерированный солнечным элементом, не имеет интенсивность и частоту, соответствующие нормальной электролюминесценции, но

имеет интенсивность и частоту, специфичные для соответствующего вида дефекта, например такого, как короткое замыкание между эмиттером и базой солнечного элемента. Таким образом, оптические датчики генерируют различные сигналы, вычлняемые из массива сигналов при наличии дефекта в солнечном элементе, потому что его выходной сигнал зависит от интенсивности и длины волны света. Таким образом, наличие дефекта в солнечном элементе может быть обнаружено путем наблюдения выходной интенсивности с помощью оптического датчика, который настроен на чувствительность к нормальной электролюминесценции солнечной батареи, превышающей определенное значение и датчика, настроенного на ненормальную люминесценцию солнечной батареи ниже определенного значения. Для того чтобы исправить дефект, не требуется специального метода для нахождения его местоположения. Положение зависит от яркости и электролюминесценции солнечного элемента и может быть измерено с помощью камеры, которая имеет датчик, чувствительный к сигналу измеренной длины волны и используется, чтобы принимать изображение люминесценции и электролюминесценции солнечного элемента. Положение, которое зависит от яркости и электролюминесценции можно также измерить с помощью простого авиационного датчика и ПКУО. Тесты в двух режимах работы установки можно проводить независимо или последовательно. Впоследствии можно объединить эти результаты для увеличения точности определения дефектов. Основным недостатком представленных методов обнаружения дефектов является опосредованный и косвенный характер обнаружения дефектных областей с помощью видеокамеры (фиксирование электролюминесценции фотоэлемента). В подобных методах отсутствует непосредственная привязка излучающей области фотоэлемента к соответствующей области получаемого изображения. На соответствие размеров и геометрии оригинала и изображения снимаемой области могут оказывать существенное влияние тип и качество оптических элементов видеокамеры. Также с помощью подобных методов невозможно непосредственное получение координат локализации дефектных областей и реальной картины распределения уровня снимаемой с элемента мощности по площади фотоэлемента. Таким образом, установки-аналоги подходят для констатации факта наличия дефектных областей и примерного их расположения, определяемого с учетом погрешности оптических элементов видеокамеры.

Вышеописанная установка (US 2010236035, WO 2010107616) более всего подходит на роль прототипа, так как принцип ее работы включает в себя метод непосредственного измерения электрического сигнала при освещении поверхности ФЭП. Этот служит для уточнения визуального метода определения дефектов с помощью видеокамеры и анализирующей получаемое изображение компьютерной программы.

Описанный в решениях US 2010236035, WO 2010107616 анализ интегральной вольт-амперной характеристики ФЭП подтверждает наличие или отсутствие дефектов структуры ФЭП, при этом никак их не визуализирует и не локализует.

Техническим результатом заявленного изобретения является возможность получить информацию о распределении энергетических параметров ФЭП в составе солнечной батареи; осуществить визуализацию данных; оценить возможности для улучшения удельных энергетических характеристик ФЭП или солнечной батареи.

Указанный технический результат достигается за счет того, что способ исследования пространственного распределения характеристик восприимчивости фотоэлектрических преобразователей в составе солнечных батарей к оптическому излучению, характеризующийся использованием лазера видимого или ИК-диапазона, гальваносканеров, блока электронной нагрузки и компьютера, оборудованного

модулями ЦАП и АЦП, отличающийся тем, что исследование производят путем сканирования поверхности исследуемого объекта лазерным лучом с помощью гальваносканеров с одновременной записью величины отклика исследуемого объекта на излучение.

5 Предпочтительно используют дополнительный маломощный лазер видимого диапазона, излучение которого сводят соосно с излучением лазера вышеописанного устройства, причем настройку параметров сканирования производят в режиме реального времени по видимому излучению маломощного лазера.

10 Предпочтительно используют блок электронной нагрузки, посредством которого, изменяя параметры нагрузки исследуемого объекта, проводят автоматизированные исследования зависимости электрических параметров исследуемого объекта, например внутреннего сопротивления, от параметров воздействия оптического излучения.

Осуществление изобретения

15 Изобретение может быть реализовано с использованием установки, которая содержит лазер видимого или ИК-диапазона с источником питания, маломощный настроечный лазер видимого диапазона, гальваносканеры, просветленные для длины волны излучения сканирующего лазера поворотные зеркала, блок электронной нагрузки, компьютер, оборудованный модулями ЦАП и АЦП, металлический корпус с отверстием для выхода лазерного луча.

20 Возможно использование различных вариантов лазерной системы. В качестве лазера может использоваться лазерный модуль мощностью не менее 5 Вт, имеющий длину волны излучения, согласованную со спектральной восприимчивостью ФЭП в составе исследуемой солнечной батареи (СБ). В зависимости от восприимчивости ФЭП к излучению с конкретной длиной волны, необходимая минимальная мощность может
25 меняться. Также может быть использован лазер с перестраиваемой длиной волны. Необходимо отметить, что наиболее важным параметром, влияющим на точность получаемых данных и, соответственно, на качество получаемого с помощью установки изображения (электрограммы), является расходимость излучения. Сечение лазерного луча при попадании на фотоэлектрическую панель должно составлять порядка 1×1 мм
30 в случае использования диодного лазерного модуля. Профиль сечения (прямоугольник, круг) не является существенным. Настроечный лазер должен иметь длину волны излучения из видимого диапазона для возможности отображения видимой человеческому глазу настроечной сетки. Также возможен вариант лазерной системы с использованием одного лазера видимого диапазона с перестраиваемой мощностью, используемого
35 одновременно в качестве настроечного. Технические параметры установки были подтверждены в ходе исследования и испытания опытного образца установки, собранного в соответствии со схемой, показанной на Фиг.1, на которой показан опытный образец установки лазерного сканирования. В опытном образце установки в качестве одновременно настроечного и сканирующего лазера (1) использовался один
40 диодный лазерный модуль с максимальной мощностью 10,8 Вт и длиной волны излучения 808 нм. Также блок ЦАП/АЦП (2) был перенесен непосредственно в корпус (7) установки.

Гальваносканеры (3) могут быть укреплены в кронштейне, обеспечивающем взаимно перпендикулярное положение осей вращения зеркал (8). Блоки управления
45 гальваносканерами устанавливают углы поворота зеркал (8), соответствующие подаваемым на их входы напряжениям. Входы блоков управления гальваносканерами - дифференциальные с диапазоном напряжений -5...+5 В. Нулевому напряжению на входе соответствует среднее положение зеркала. Полное отклонение зеркал,

соответствующее напряжению +5 В, достигает 50°. Входы блоков управления гальваносканерами сопрягаются с выходами платы ЦАП.

5 Электронная нагрузка (5) представляет собой устройство, способное динамически менять величину сопротивления участка электрической цепи, в который она включена, по заданной программе под управлением компьютера (4). В составе установки лазерного сканирования блок электронной нагрузки (5) служит как для установки полного сопротивления в цепи для получения оптимальной средней величины фотоотклика ФЭП, так и для динамического изменения сопротивления в цепи во время сканирования для компенсации разброса (распределения) величины снимаемого напряжения при падении лазерного луча на различные участки СБ в целях демонстрации возможной 10 разницы качества работы реального образца и теоретической панели СБ, имеющей в своем составе однородные по электрическим характеристикам ФЭП. Также электронная нагрузка (5) может использоваться в целях компенсации эффекта переотражения лазерного луча, который может проявиться во время сканирования.

15 Исследуемый образец - солнечная батарея (далее - СБ), устанавливается вертикально, напротив установки, на расстоянии 2-4 метра или более в зависимости от размеров образца и расходимости используемого лазера (1). Расстояние фиксируется оператором в программе. Прямоугольная область сканирования определяется визуально с помощью настроечной сетки, которая формируется маломощным лазером видимого диапазона. 20 Быстрое смещение лазерного луча с помощью гальваносканеров (3), задаваемое программой установки, позволяет получать изображение настроечной сетки непосредственно на исследуемом образце (6). На основе данных о расстоянии до образца (6), введенных в программу, и заданных с помощью визуальной настройки крайних положений поворота зеркал (8), определяется необходимый полный угол поворота.

25 Требуемое минимальное смещение места падения лазерного луча на фотопреобразователь (далее называемое шаг сканирования) по горизонтали и вертикали задается с помощью компьютера (4) программным способом в пределах установленной области. Смещение луча осуществляется «построчно»: этап процедуры сканирования осуществляется, начиная с левой верхней точки прямоугольной области сканирования 30 в горизонтальном направлении слева-направо до правой вертикальной границы, затем лазерный луч возвращается в положение начала этапа и смещается вниз по вертикали на один шаг сканирования. Этап процедуры повторяется до момента, когда луч достигнет нижней границы диапазона сканирования. Величина выходного напряжения фиксируется через временной промежуток, необходимый для поворота зеркал на угол, 35 соответствующий требуемому смещению места падения лазерного луча на фотопреобразователь. Скорость сканирования зависит от заданного количества шагов сканирования по вертикали и горизонтали. Минимальный шаг сканирования зависит от минимального угла поворота используемых гальваносканеров.

Текущее напряжение записывается в бинарный файл. После проведения процедуры 40 сканирования файл содержит матрицу напряжений, пропорциональных по величине фотооткликам ФЭП при сопротивлении в цепи, задаваемом электронной нагрузкой во время сканирования. Полученный файл переводится в графическую форму с помощью компьютерного приложения. На основе полученной матрицы напряжений строится графическая диаграмма фотографического качества (электрограмма), демонстрирующая 45 разницу снимаемого с фотоэлектрической панели напряжения в зависимости от места падения лазерного луча, при этом диапазону полученных напряжений ставится в соответствие определенный цветовой диапазон. Таким образом, по цвету участка полученного изображения можно визуально оценить качество работы соответствующего

ему участка ФЭП.

Существенными отличиями установки лазерного сканирования являются:

1. Прямое измерение, снимаемого с фотоэлемента напряжения при освещении поверхности фотоэлемента в каждой данной точке, что позволяет получить матрицу фотоэлектрических откликов, привязанную к координатам узлов координатной сетки, в которых производится освещение и синхронизированный с ним замер напряжения на образце. Таким образом реализуется возможность определения места локализации дефекта и его размеров с точностью, задаваемой предварительной установкой разрешения матрицы фотооткликов (количеством снимаемых точек на площадь фотоэлемента) и размером лазерного пятна. В отличие от установок-аналогов в основу работы установки лазерного сканирования заложено непосредственное определение эксплуатационно-значимых характеристик, что позволяет не только определять дефекты и их месторасположение, но и количественно оценить прямое влияние этих дефектов на энергетические характеристики солнечных батарей.

2. Точечное сканирующее освещение поверхности фотопреобразователя. Компьютерное приложение, обрабатывая фотоотклики и соответствующие координаты, визуализирует работу ФЭП в целом и одновременно отражает энергетические характеристики отдельных областей. Полученная матрица энергетических характеристик уже содержит в себе координаты дефектных областей, которые не нужно определять.

Полученные результаты

В ходе исследований была разработана установка лазерного сканирования, пригодная для получения обработанной информации в цифровом виде о распределении энергетических параметров ФЭП в составе солнечной батареи, детектирования и нахождения координат дефектных областей;

Были получены опытные результаты сканирования солнечных батарей. На представленных примерах (Фиг.2) показаны примеры электрограмм, получаемых с помощью установки лазерного сканирования от двух типов солнечных батарей. На них видны неработающие ФЭП (черный цвет) и цветовые отличия работоспособных ФЭП (различие по уровню мощности).

Совокупность технических решений, примененных в Установке лазерного сканирования, позволяет решить поставленные задачи:

1. получить информацию о распределении энергетических параметров ФЭП в составе исследуемой солнечной батареи в цифровом виде, доступную для дальнейшей обработки с помощью различных приложений для визуализации данных;

2. осуществить визуализацию данных, позволяющую быстро оценить работоспособность ФЭП в составе солнечной батареи и распределение их энергетических параметров;

3. оценить в процентном отношении предел возможности улучшения удельных энергетических характеристик ФЭП или солнечной батареи.

40

Формула изобретения

1. Способ исследования пространственного распределения характеристик восприимчивости фотоэлектрических преобразователей в составе солнечных батарей к оптическому излучению, характеризующийся использованием лазера видимого или ИК диапазона, гальваносканеров, блока электронной нагрузки и компьютера, оборудованного модулями ЦАП и АЦП, отличающийся тем, что исследование производят путем сканирования поверхности исследуемого объекта лазерным лучом с помощью гальваносканеров с одновременной записью величины отклика исследуемого

объекта на излучение.

2. Способ по п.1 отличающийся тем, что используют дополнительный маломощный лазер видимого диапазона, излучение которого сводят соосно с излучением лазера вышеописанного устройства, причем настройку параметров сканирования производят
5 в режиме реального времени по видимому излучению маломощного лазера.

3. Способ по п.1 или 2, отличающийся тем, что используют блок электронной нагрузки, посредством которого, изменяя параметры нагрузки исследуемого объекта, проводят автоматизированные исследования зависимости электрических параметров исследуемого объекта, например внутреннего сопротивления, от параметров воздействия
10 оптического излучения.

15

20

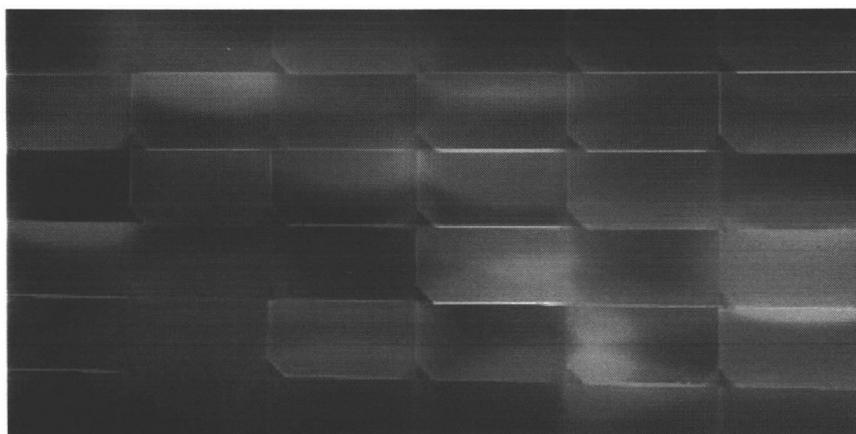
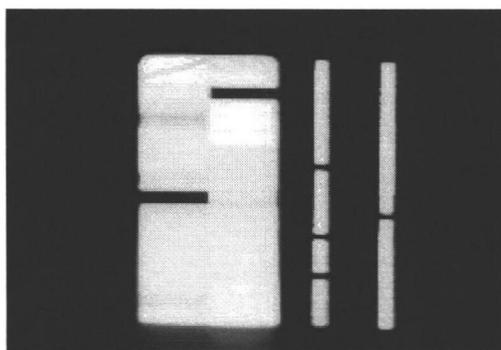
25

30

35

40

45



Фиг.2