

**УСТРОЙСТВО МОНИТОРИНГА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ УЗЛОВ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ**

**Утамурадова Ш.Б.<sup>1</sup>, Муминов Р.А.<sup>2</sup>, Тукфатуллин О.Ф.<sup>1,\*</sup>,  
Джумамуратов К.А.<sup>1</sup>, Азимходжаев К.Х.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>НИИ физики полупроводников и микроэлектроники при НУУз им. М. Улугбека, <sup>2</sup>Физико-технический институт НПО «Физика – Солнце» АН РУз, <sup>3</sup>Национальный университет Узбекистана им. М. Улугбека

E-mail: [oskar.tukfatullin@gmail.com](mailto:oskar.tukfatullin@gmail.com)

Фотоэлектрические системы (ФЭС) для автономного питания электрооборудования, предназначены для генерирования, аккумулирования и использования электрической энергии, вырабатываемой посредством фотоэлектрических модулей (ФЭМ). Данный тип систем, как правило, применяется для автономного освещения, электропитания бытовых приборов, подъема воды в регионах, расположенные южнее 50° северной широты.

Солнце как источник энергии, имеет высокую стабильность. Однако закономерность движения Земли приводит к годовым, сезонным и суточным колебаниям в поступлении солнечной радиации. Кроме того, количество пасмурных дней в северном полушарии увеличивается в период с октября по апрель. Это приводит к тому, что поступление солнечной радиации, а, следовательно, и выработка электроэнергии ФЭС изменяется в широких пределах [1].

Непостоянство притока солнечной радиации в конкретной географической местности приводит к отклонениям при оценке количества полезной энергии, генерируемой ФЭС и как следствие к перебоям в питании электроприборов, поскольку отсутствуют точные данные о количестве доступной для пользования энергии. Чтобы иметь возможность более точно оценить объем доступной энергии необходимо осуществлять мониторинг выходных параметров ФЭС, в частности необходимо знать количество энергии, затраченной на заряд аккумуляторной батареи (АБ) подсистемы аккумулирования электрической энергии.

Решение проблемы мониторинга электрических параметров узлов ФЭС возможно несколькими способами [2]. Первый способ является простейшим, а именно, можно измерить напряжение на клеммах контроллера заряда (КЗ), к которым подключается ФЭМ, АБ и нагрузка (Н), а также измерить ток между ФЭМ и КЗ, КЗ и АБ и АБ и Н. Такой способ, несмотря на простоту измерений, не позволяет автоматизировать процесс регистрации данных. Второй представляет собой более удобный способ: измерения могут производиться непрерывно посредством

## СЕКЦИЯ 6. Полупроводниковая микро- и наноэлектроника в решении проблем информационных технологий и автоматизации

микроконтроллерной системы, при этом данные о генерируемой ФЭМ энергии, энергии преобразуемой КЗ, энергии накапливаемой АБ и энергии отдаваемой в Н через КЗ передаются по шине последовательной передачи данных в персональный компьютер, визуализируются посредством специализированного программного обеспечения и сохраняются в файл данных для последующего анализа.

Схема подключения к ФЭС разработанного устройства, позволяющего осуществлять второй метод измерения, приведена на рис. 1. Устройство мониторинга (М) на рис. 1 имеет клеммную колодку для подсоединения проводов либо между ФЭМ и КЗ (рис. 1, а), либо между КЗ и АБ (рис. 1, б), либо между КЗ и Н (рис. 1, в), а также USB-разъём В-типа для соединения прибора с персональным компьютером (ПК), который используется для сбора и визуализации данных.

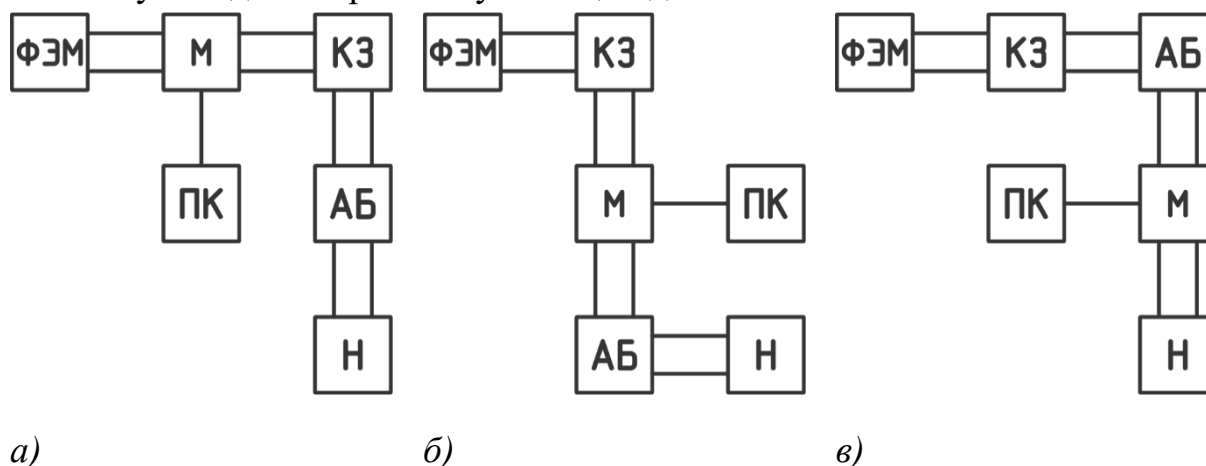


Рис. 1. Схемы подключения устройства мониторинга электрических параметров узлов фотоэлектрической системы: а) между ФЭМ и КЗ; б) между КЗ и АБ; в) между АБ и Н.

(ФЭМ – фотоэлектрический модуль; КЗ – контроллер заряда; АБ – аккумуляторная батарея; Н – нагрузка; М – устройство мониторинга; ПК – персональный компьютер)

Основным элементом прибора является микроконтроллер ATmega 328P компании Atmel [3]. Данный микроконтроллер является высокопроизводительным при малой потребляемой мощности (в активном режиме максимальный потребляемый ток не превышает 200 мА), что является важным, поскольку измерения проводятся в полевых условиях, а значит, питание будет осуществляться от автономного источника энергии. В рассматриваемой конструкции устройства мониторинга в качестве источника питания выступает питание от USB-шины портативного компьютера. Портативный компьютер работает независимо от АБ, от встроенной АБ. Питание от USB-шины является подходящим для рассматриваемого прибора, т.к. напряжение питания данного микроконтроллера лежит в диапазоне от 1,8 до 5,5 В. Несмотря на

## СЕКЦИЯ 6. Полупроводниковая микро- и наноэлектроника в решении проблем информационных технологий и автоматизации

---

удобства при питании от USB-шины есть и недостатки. Так согласно спецификации USB 1.1 допустим разброс по напряжению от 4,40 до 5,25 В (Low-Power Port) [4]. В рассматриваемом устройстве в цепи питания от USB-шины имеется стабилизатор напряжения L7805 [5], диапазон напряжений которого находится в пределах от 4,65 до 5,35 В, что в итоге даёт разброс в 14% от ожидаемых 5,00 В. В микроконтроллере ATmega 328P имеется шестиканальный 10-битный аналогово-цифровой преобразователь. Один шаг 10-битного АЦП составляет  $5,00/1024 = 0,0048828$ , и 0,7 В в пересчете составит 143 единицы, поэтому требуется предварительная калибровка относительно эталонного измерительного прибора. Измерив напряжение (например, опорное напряжение), подаваемое на аналоговый вход и сравнив его с величиной диапазона дискретных значений, т.е. от 0 до 1023, можно определить величину шага. Полученное значение сохраняется во flash-памяти микроконтроллера, поскольку оно индивидуально для каждого конкретного чипа и впоследствии считывается из программы после старта. В данном случае напряжение питания является опорным напряжением. И его удобно использовать, поскольку измеряемые напряжения напрямую зависят от напряжения источника питания. В описываемом приборе в качестве датчика напряжения используется схема делителя напряжения, поэтому если по каким-то причинам напряжение источника питания упадет, то и напряжение в точке соединения двух резисторов упадет пропорционально. Из-за того, что опорное и входное напряжение изменяются пропорционально, то и результат АЦП останется таким же. Для измерения токов применяется датчик тока, принцип работы которого основан на эффекте Холла.

Результаты измерений напряжений визуализируются двумя способами. Первый способ — это вывод значений в ПК через программу-терминал, а второй — это вывод значений на экран жидкокристаллического индикатора вмонтированного в корпус прибора. Такой подход позволяет решить разные задачи. В первом случае мы имеем возможность накапливать данные для последующего анализа, а во втором — визуально контролировать изменения значений напряжений и токов на выводах ФЭМ, АБ и Н, в зависимости от способа подключения.

Диапазон измеряемых и регистрируемых напряжений лежит в интервалах от 0 до 25 В, а токов от 0,01 до 5 А.

Следует отметить, что рассмотренный прибор представляет собой базовую модель будущей линейки устройств с большим набором выполняемых функций, поскольку возможности выбранной микросхемы во много раз превышают требуемые. Потенциальные возможности

## СЕКЦИЯ 6. Полупроводниковая микро- и наноэлектроника в решении проблем информационных технологий и автоматизации

---

использованного микроконтроллера в полном объеме будут задействованы в будущем при модернизации прибора.

### Использованная литература

1. Твайделл Дж., Уэйр А. Возобновляемые источники энергии. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 392 с.
2. Тукфатуллин О.Ф. Разработка эффективных солнечных элементов и фототеплопреобразователей из кристаллического кремния *n*- и *p*-типа проводимости для условий жаркого климата: дис. ... док. фил. (Ph.D.): 01.04.10: защищена 13.07.19: утв. 30.08.19. – Ташкент, 2019. – 149 с.
3. Datasheet ATmega48A/PA/88A/PA/168A/PA/328/P. Atmel 8-bit Microcontroller with 4/8/16/32 Kbytes In-System Programmable Flash/Atmel Corporation, 2015. – 660 p. ([www.atmel.com](http://www.atmel.com)).
4. Universal Serial Bus Specification Revision 1.1/Compaq Computer Corporation, Intel Corporation, Microsoft Corporation, NEC Corporation, 1998. – 327 p. ([www.usb.org](http://www.usb.org)).
5. Datasheet L78xx, L78xxC, L78xxAB, L78xxAC. Positive voltage regulator ICs/STMicroelectronics, 2012. – 57 p.

### ВЛИЯНИЕ ОТЖИГА НА КРИСТАЛЛИЧЕСКУЮ СТРУКТУРУ ПОВЕРХНОСТИ КРЕМНИЯ, ЛЕГИРОВАННОГО ИОНАМИ СО

<sup>1</sup>Б. Э. Эгамбердиев, <sup>2</sup>Ф.М. Исроилов, <sup>1</sup>Н.М. Рахимова

<sup>1</sup>Научно-исследовательский институт физики полупроводников и микроэлектроники, Национальный университет Узбекистана,

<sup>2</sup>Джиззакский государственный политехнический институт

E-mail: [bahrom\\_prof@mail.ru](mailto:bahrom_prof@mail.ru), [isroilov.Faxriddin@bk.ru](mailto:isroilov.Faxriddin@bk.ru)

Научная актуальность проблемы исследования процесса дефектообразования скрытых слоев переходных металлов, полученных ионным легированием в кремниевых подложках, определяется необходимостью более глубокого понимания основных процессов, происходящих во время формирования этих структур. С практической точки зрения эти исследования актуальны, прежде всего, в связи с возможностью формирования гетероструктур Si/CoSi<sub>2</sub>/Si, пригодных для применения в качестве локальных контактов и межсоединений в трехмерных системах металлизации, а также в качестве современных быстродействующих приборов, таких как, например, транзисторы с «проницаемой» или металлической базой.