

УДК 628.987

ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ДЛЯ МОНИТОРИГА СИСТЕМ ОСВЕЩЕНИЯ

В.П. ВАСИЛЕВИЧ, В.З. НГУЕН, Е.К. ДЯТЛОВ

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Республика Беларусь

Поступила в редакцию 15 ноября 2018

Аннотация: В данной статье рассмотрены применения фотоэлектрического преобразователя для контроля и мониторинга дневного и искусственных освещений. В процессе использован трехвыводной фотоэлектрический преобразователь с двухсторонней светочувствительностью на основе монокристаллического кремния *p*-типа с симметричной относительно базовой области биполярной структурой *n-p-n*.

Ключевые слова: двухсторонняя светочувствительность, измерение освещенности, искусственное освещение, дневное освещение, солнечный элемент.

Abstract: This article aims to study the application of photoelectric sensor in controlling and monitoring light intensity of lighting system. The sensor used photoelectric with the sensitivity of light in two upper surfaces which are made from mono crystal Si with *p-n-p* symmetrical bipolar structure.

Keywords: two-sided photosensitivity, light measurement, artificial lighting, daylight, solar cell.

Doklady BGUIR. 2018, Vol. 117, No. 7, pp. 144-148
Photoelectric converter for monitoring lighting systems
U.P. Vasilevich, V.Z. Nguyen, Y.K. Dziatlau

Введение

Большинство людей проводят свой рабочий день в условиях искусственного освещения. Влияние освещения на здоровье человека нельзя недооценивать: некачественный (некомфортный) свет негативно воздействует на зрительный аппарат, вызывает переутомление, дискомфорт, мигрени, бессонницу, снижает работоспособность. Свет имеет еще одно важнейшее свойство – воздействовать на наши биоритмы. Вечером, при снижении интенсивности естественного света, повышается активность гормона мелатонина, отвечающего за расслабление организма. Уровень активности снижается, человек испытывает усталость и сонливость. С рассветом воздействие света возрастает, а уровень мелатонина уменьшается, и организм постепенно переходит в фазу активности. Ее спад, снижение настроения, ощущение сонливости и вялости, ухудшение состояния здоровья в осенне-зимний период объясняются поздними рассветами и недостатком солнечного света, так как именно эти факторы провоцируют повышение уровня мелатонина и снижение выработки «гормона бодрости» кортизола. Таким образом, интенсивность дневного света и биоритмы организма человека находятся в прямой зависимости. Этот факт позволяет говорить о необходимости гармонизировать циркадные циклы и создавать комфортные условия, используя искусственное освещение [1, 2]. Контроль и мониторинг искусственного освещения на сегодняшний день является весьма актуальной задачей.

Целью настоящей работы является исследование возможности создания фотоэлектрического датчика для мониторинга интенсивности систем освещения, как естественного солнечного, так и искусственного, в том числе светодиодного освещения.

Источники освещения и прибор для их мониторинга

Дневное освещение, часто называемое естественным или природным, представляет собой сочетание прямых солнечных лучей и рассеянного света. В ясный безоблачный день цветовая температура потока естественного света достигает 6000 К. Именно такой уровень освещенности является наиболее комфортным для человека, и редко кто при этом характеризует дневное освещение как «холодное» или «теплое». В то же время, находясь внутри помещения, тот синий цвет, что казался нам естественным на улице, начинает восприниматься с явным сиреневым дискомфортным оттенком. Спектр солнечного излучения и спектры источников искусственного освещения приведены на рис. 1.

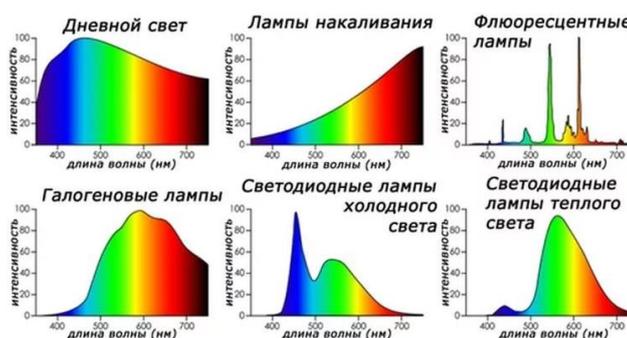


Рис. 1. Спектры источников освещения

Для мониторинга интенсивности освещения использовался разработанный авторами ранее оригинальный трехвыводной фотоэлектрический преобразователь – солнечный элемент (СЭ) диаметром 100 мм на основе кремния р-типа с симметричной относительно базовой области биполярной структурой n^+p-n^+ . СЭ был смонтирован на зеркальном пьедестале с помощью подвижного карданного устройства, позволяющего менять ориентацию СЭ относительно пьедестала в различных плоскостях (см. рис. 2), создавая эффект отражения света от подстилающей поверхности [3].

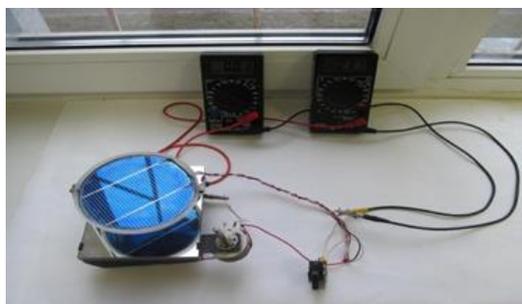


Рис. 2. Лабораторный макет для измерения интенсивности освещения

Свет, падающий на солнечный элемент, приводит к появлению в нем тока и напряжения, создавая таким образом полезную электрическую мощность [3]. Кремниевый солнечный элемент имеет высокую светочувствительность в диапазоне длин волн 400–1100 нм, совпадающем с областью видимого света (см. рис. 3).

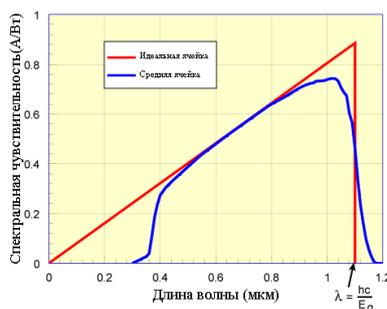


Рис. 3. Спектральная чувствительность кремниевого солнечного элемента [4]

Известно, что ток короткого замыкания солнечного элемента I_{K3} линейно зависит от интенсивности света, а напряжение холостого хода логарифмически зависит от тока короткого замыкания:

$$V_{XX} = \frac{nkT}{q} \ln\left(\frac{XI_{K3}}{I_0}\right) = \frac{nkT}{q} \left[\ln\left(\frac{I_{K3}}{I_0}\right) + \ln X \right] = V_{K3} + \frac{nkT}{q} \ln X \quad (1),$$

где X – концентрация света [3].

Приведенные данные дают возможность утверждать, что, измеряя при освещении параметр I_{K3} , при соответствующей калибровке можно получить идеальный измеритель интенсивности источника света с линейной шкалой.

Для измерения интенсивности освещения использовался лабораторный макет [3], собранный по электрической схеме, изображенной на рис. 4.

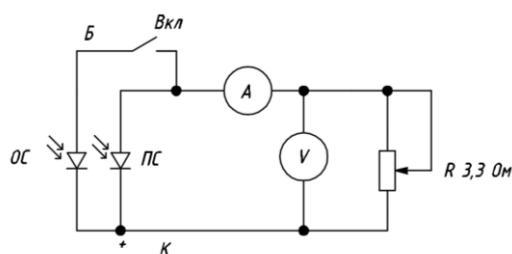


Рис. 4. Эквивалентная электрическая схема лабораторного макета

Эквивалентная электрическая схема макета включает два идентичных СЭ с одинаковыми факторами, находящимися в различных условиях освещенности ПС (прямой свет) и ОС (отраженный свет).

Лабораторный макет позволяет измерять электрические параметры СЭ: ток короткого замыкания I_{K3} и напряжение холостого хода U_{XX} при различных условиях освещения. Двухсторонняя светочувствительность СЭ в данном случае необходима для учета составляющей солнечного света, отраженной от поверхности земли (альбедо) [3]. Для измерения интенсивности света от галогенной лампы и белого светодиода двухсторонней светочувствительности фотоэлектрического преобразователя не требуется. Результаты этих измерений приведены в таблице.

Результаты измерений электрических параметров СЭ

Параметр СЭ	Фронтальная сторона	Обе стороны
Натурное солнечное излучение		
I_{K3} , А	1,9	2,3
U_{XX} , В	0,558	0,560
Излучение галогенной лампы с тепловой температурой 3000 К с конденсором		
I_{K3} , А	0,38	–
U_{XX} , В	0,552	–
Излучение белого люминофорного светодиода с конденсором		
I_{K3} , А	0,017	–
U_{XX} , В	0,420	–

Заключение

1. Разработан фотоэлектрический преобразователь, позволяющий измерять интенсивность светового потока источников света по его линейной зависимости от величины тока короткого замыкания.

2. При контроле интенсивности солнечного излучения возможно одновременное измерение полного потока излучения, включая составляющую излучения, отраженную от подстилающей поверхности (альбедо).

3. Для применения прибора в мониторинге систем освещения необходима простая градуировка шкалы прибора в единицах освещенности – люмен/м² или люкс по эталонному прибору.

Список литературы

1. Влияние освещения на работоспособность человека. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ltcompany.com/ru/articles/33-vliianie-osveshcheniia-na-rabotosposobnost-cheloveka> (дата обращения: 10.10.2018).
2. Влияние света на организм человека. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.elektro.ru/articles/detail/vliyanie-osveshcheniya-na-organizm-cheloveka>. (дата обращения: 15.10.2018).
3. Повышение мощности солнечного элемента в условиях двустороннего освещения. [Электронный ресурс]. URL: <https://libeldoc.bsuir.by/handle/123456789/10740> (дата обращения: 20.09.2018)
4. Основы солнечной энергетики. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.pvcdrom.pveducation.org>. (дата обращения: 20.09.2018).

References

1. Vliyanie osveshhenija na rabotosposobnost' cheloveka. [Electronic resource]. URL: <https://www.ltcompany.com/ru/articles/33-vliianie-osveshcheniia-na-rabotosposobnost-cheloveka> (date of access: 10.10.2018).
2. Vliyanie sveta na organizm cheloveka. [Electronic resource]. URL: <https://www.elektro.ru/articles/detail/vliyanie-osveshcheniya-na-organizm-cheloveka>. (date of access: 15.10.2018).
3. Povyshenie moshhnosti solnechnogo jelementa v uslovijah dvustoronnego osveshhenija. [Electronic resource]. URL: <https://libeldoc.bsuir.by/handle/123456789/10740> (date of access: 20.09.2018)
4. Osnovy solnechnoj jenergetiki. [Electronic resource]. URL: <http://www.pvcdrom.pveducation.org>. (date of access: 20.09.2018).

Сведения об авторах

Василевич В.П., к.т.н., профессор, профессор кафедры электронной техники и технологии Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники.

Нгуен В.З., магистрант Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники.

Дятлов Е.К., магистрант Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники.

Information about the authors

Vasilevich U.P., PhD, professor, professor of electronic engineering and technology department of Belarusian state university of informatics and radioelectronics.

Nguyen V.Z., master student of Belarusian state university of informatics and radioelectronics.

Dziatlau Y.K., master student of Belarusian state university of informatics and radioelectronics.

Адрес для корреспонденции

220013, Республика Беларусь,
г. Минск, Ул. П. Бровки, 6,
Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники
тел :+375-17-293-85-17;
e-mail: vasilevichvp@bsuir.by
Василевич Владимир Павлович

Address for correspondence

220013, Republic of Belarus,
Minsk, P. Brovki st, 6,
Belarusian state university
of informatics and radioelectronics
tel. +375-17-293-85-17;
e-mail: vasilevichvp@bsuir.by
Vasilevich Vladimir Pavlovich