

## НЕОБЫЧНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СВЕТОДИОДОВ

**В** статье рассмотрены вопросы применения светодиодов в качестве датчиков освещенности, приведены результаты моделирования их работы и рекомендации по применению.

**В. Макаренко**

### THE UNUSUAL USE OF LEDs

**Abstract-** The article considers the issues of application of LEDs as the light sensor, the results of modeling of their work and recommendations for application.

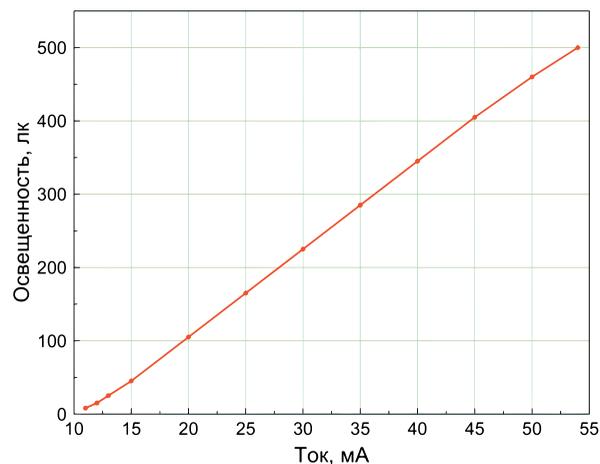
**V. Makarenko**

Как правило, для определения уровня освещенности и формирования сигнала управления включением/выключением освещения используются фотодиоды (фототранзисторы) или специализированные датчики на их основе [1]. Такие датчики могут иметь высокую чувствительность и широкий диапазон рабочих температур. Однако и стоимость таких датчиков достаточно высока.

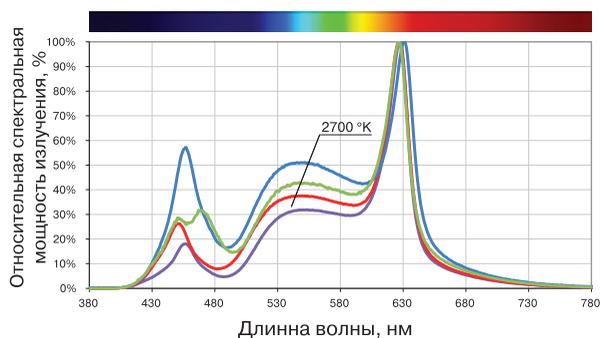
В то же время известно, что воздействие оптического излучения на полупроводниковый кристалл приводит к изменению его электрического сопротивления. Такое явление называется внутренним фотоэлектрическим эффектом или фоторезистивным эффектом [2]. Это явление дает возможность использовать недорогие светодиоды широкого применения в качестве датчиков освещенности.

Спектральная чувствительность светодиода в качестве датчика освещенности в значительной мере зависит от материала и технологии изготовления. Экспериментальная проверка нескольких типов светодиодов проводилась с калиброванным источником света, в качестве которого использовался светодиодный модуль LMH020-0850-27G9-00000TW компании CREE [3]. Модуль обеспечивает максимальный световой поток 850 лм и цветовую температуру 2700 °К.

Для проверки чувствительности светодиодов они помещались в закрытый для света бокс соосно с модулем LMH020-0850. Освещенность светодиодов регулировалась изменением тока через светодиодный модуль, который был предварительно откалиброван. Зависимость освещенности от тока управления модулем приведена на рис. 1, а относительная спектральная мощность излучения модуля (фиолетовая кривая) – на рис. 2.



**Рис. 1. Зависимость освещенности, создаваемой модулем LMH020-0850, от силы тока**



**Рис. 2. Относительная спектральная мощность излучения модулей LMH020**

Испытанию подверглись несколько светодиодов компании Forgyard и CREE, имеющих бесцветные прозрачные светорассеивающие линзы. Результаты испытаний приведены в таблице. При исследовании чувствительности светодиодов к свету диод включался в обратном направлении последовательно с резистором сопротивлением 1 МОм, на котором измерялось падение напряжения (рис. 3).

Как следует из таблицы, наибольшей чув-

Результаты испытаний чувствительности светодиодов к свету

Тип светодиода	Производитель	Цвет свечения	Длина волны излучения, нм	Напряжение на резисторе (при освещенности), мВ	
				50 лк	560 лк
FYL-5013IRAC1C	FORWARD	инфракрасный	940	4493	4419
FYL-5013UWC/S	FORWARD	белый	–	4495	4495
FYL-5013UBC/30	FORWARD	голубой	470	4496	4488
FYL-5013URC	FORWARD	красный	660	4489	4255
C503B-ACN-CX0Y0251	CREE	желтый	590	4487	4106

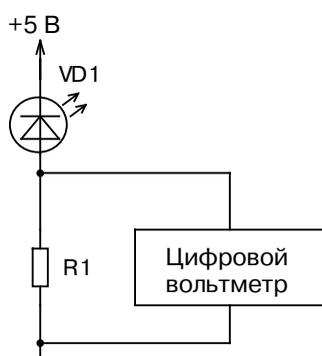


Рис. 3. Схема измерения чувствительности светодиода к силе света

ствительностью к свету обладают светодиоды с красным и желтым цветом свечения. Белый, голубой и инфракрасный диоды практически не чувствительны к видимому свету. Более значительное изменение напряжения при испытаниях желтого светодиода объясняются распределением энергии спектральной мощности излучения источника света. Как следует из рис. 2, относительная мощность излучения в области 590 нм на 20% выше чем при 660 нм. При изменении освещенности на 500 лк ток через желтый светодиод изменяется на 380 мкА, что вполне достаточно для практического применения.

Чтобы представить себе изменение освещенности на 500 лк можно воспользоваться информацией, приведенной на рис. 4 [1].

Так как у светодиодов наблюдается значительная зависимость обратного тока от температуры окружающей среды, то для уменьшения этой зависимости можно воспользоваться схемой, модель которой приведена на рис. 5.

Датчиком света является диод D1, а диод D2, заключенный в непрозрачный корпус, предназначен для температурной компенсации выходного напряжения датчика. Звездочка возле диода D2 обозначает, что его параметры первоначально заданы отличающимися от параметров D1, для имитации разброса параметров. Обратный ток D1 по умолчанию равен  $5.15 \cdot 10^{-7}$  А, а для D2 он был изменен на  $5.25 \cdot 10^{-7}$  А. Так как в библиотеках Multisim 13 используются упрощенные модели светодиодов, которые имеют только параметр вкл./выкл., то для моделирования и исследования работы такой схемы в широком диапазоне температур были выбраны диоды GP20 (General Semiconductor), обратные токи которых близки к обратным токам светодиодов, перечисленных в таблице.

Для того, чтобы на выходе дифференциального усилителя, включенного в диагональ моста D1, D2, R3, R4 и R7, при любых разбро-

Источник света	Солнечный свет прямой/непрямой	Облачный день	Пасмурный день	Полная луна	Облачная ночь	Свеча	Галогенная лампа	Люминисцентная лампа	Хорошо освещенная улица
Освещенность, лк	$13 \cdot 10^4 / 2 \cdot 10^4$	1000	100	0.01...0.1	0.001	10...15	750	300...500	20

Рис. 4. Зависимость освещенности от характеристик источника света

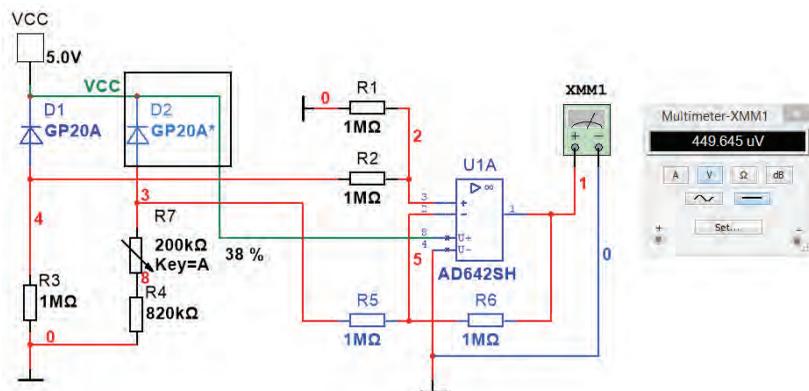


Рис. 5. Схема датчика света с температурной компенсацией

сах начальных значений параметров диодов формировалось напряжение положительной полярности, введен подстроечный резистор R7, который позволяет сбалансировать мост нужным образом. Контроль выходного напряжения осуществляется мультиметром XMM1.

Для проверки эффективности работы схемы температурной стабилизации был проведен температурный анализ (Simulate/Analyses/Temperature sweep...). Диапазон изменения температуры задан от  $-30$  до  $60$  °C с шагом  $30$  °C. Результаты анализа приведены на рис. 6.

Как следует из полученных данных, на-

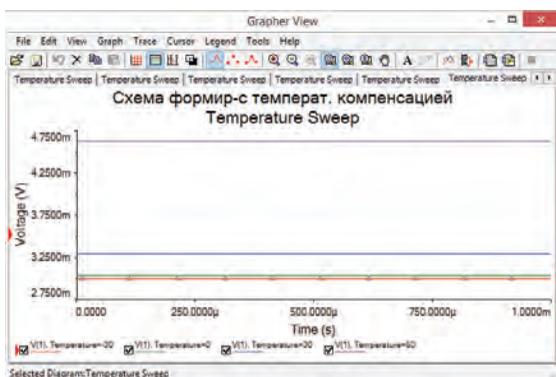


Рис. 6. Результаты температурного анализа работы датчика, приведенного на рис. 5

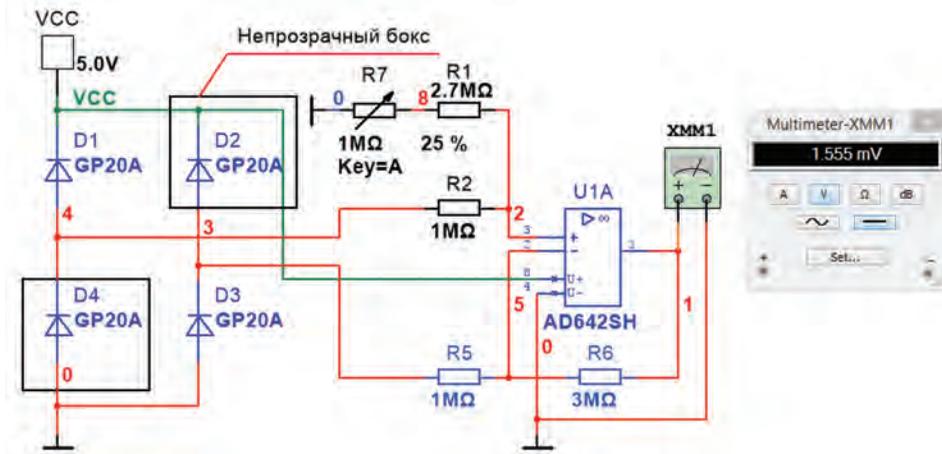
пряжение на выходе усилителя U1A изменяется от 3 до 4.75 мВ во всем диапазоне температур. Такой же анализ, проведенный при замене диода D2 эквивалентным по сопротивлению резистором, показал, что разброс на-

пряжений на выходе усилителя составил примерно 400 мВ. Это свидетельствует о достаточно эффективной термостабилизации выходного напряжения схемы.

Повысить чувствительность датчика и улучшить его термостабильность можно, используя 4 светодиода, два из которых следует поместить в непрозрачный бокс. Схема модели такого датчика приведена на рис. 7. Повышение чувствительности в два раза достигается благодаря использованию двух светодиодов датчиков света, включенных в противоположные плечи моста (D1 и D3). Коэффициент усиления дифференциального усилителя также увеличен в три раза по сравнению со схемой, приведенной на рис. 5.

Результаты температурных испытаний схемы, показанной на рис. 7, приведены на рис. 8. Как следует из рисунка, чувствительность схемы к изменению температуры уменьшилась примерно в 1.7 раза. Дрейф напряжения на выходе усилителя U1A составил примерно 1 мВ при изменении температуры от  $-30$  до  $60$  °C. Для эффективной температурной компенсации желательно подобрать пары диодов D1, D4 и D2, D3 с максимально близкими обратными токами.

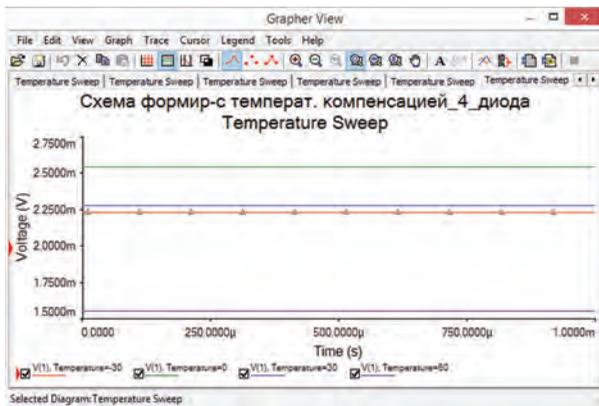
Приведенные результаты показывают возможность использования светодиодов в качестве датчиков света. Наибольшей чувствительностью обладают желтые и красные светодиоды. Если учесть, что максимальная чувствительность человеческого глаза соответствует длине волны 550 нм, то наиболее подходящими для применения в качестве датчиков света являются светодиоды с желтым цве-



**Рис. 7. Схема датчика света с повышенной чувствительностью и температурной компенсацией**

том свечения. Можно предположить, что использование светодиодов в SMD исполнении с большей площадью кристалла позволит повысить чувствительность таких датчиков. Хотя сделать окончательные выводы на основании такого ограниченного числа исследованных светодиодов невозможно.

В связи с интенсивным развитием системы "умный дом" можно выделить приложения, где используются или возможно использование недорогих датчиков освещенности: портативные переносные приборы для промышленного применения, видекамеры систем видеонаблюдения, автоматы включения освещения в помещениях и на улице, адаптивные системы подсветки и другие.



**Рис. 8. Результаты температурного анализа работы датчика, приведенного на рис. 7**

**ЛИТЕРАТУРА**

1. А. Панкрашкин Датчики уровня освещенности, приближения и цвета // Компоненты и технологии, 2006, №7.
2. Киреев П.С. Физика полупроводников: учеб. пособие для вузов / П.С. Киреев. – М.: Высшая школа, 1969. – 592 с.
3. [http://www.cree.com/sitecore%20modules/web/~media/Files/Cree/LED%20Components%20and%20Modules/Modules/Data%20Sheets/LEDModules\\_LMH2.pdf#search=%22LMH2%22](http://www.cree.com/sitecore%20modules/web/~media/Files/Cree/LED%20Components%20and%20Modules/Modules/Data%20Sheets/LEDModules_LMH2.pdf#search=%22LMH2%22).

**Уважаемые подписчики и читатели нашего журнала!**

*По не зависящим от редакции обстоятельствам выпуск журнала в 2014 году будет осуществляться один раз в квартал.*

*Приносим свои извинения и надеемся на взаимопонимание.*