

Д. т. н. С. В. ЛЕНКОВ, Ю. А. ГУНЧЕНКО,  
к. т. н. В. В. ЖЕРЕВЧУК, к. т. н. А. В. СЕЛЮКОВ

Украина, г. Киев, Военный институт КНУ им. Т. Шевченко,  
Одесский национальный политехнический университет  
E-mail: mokrickiy@mail.ru

Дата поступления в редакцию  
26.002 2008 г.

Оппонент к. ф.-м. н. Н. О. КОВАЛЕНКО  
(Ин-т монокристаллов, г. Харьков)

## ЗАВИСИМОСТЬ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭЛЕКТРОЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ ИНДИКАТОРОВ ОТ ПАРАМЕТРОВ ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ

*Исследована зависимость яркости электролюминесцентных индикаторов от состава активного материала, от напряжения и частоты источника питания. Выбран оптимальный состав активного материала, разработан источник питания с автоматической подстройкой яркости свечения при изменении уровня освещенности.*

Электролюминесцентные индикаторы (ЭИ) широко используются в системах отображения информации (СОИ). Условия эксплуатации СОИ могут меняться в зависимости от объекта их применения (замкнутое или открытое пространство), что требует изменения параметров излучения. Однако современные ЭИ такими возможностями не обладают: их параметры фиксируются выбором исходных материалов, конструкцией и технологией изготовления. Следствием этого может быть ухудшение восприятия оператором информации, выдаваемой ЭИ, в случае, например, изменения внешней освещенности. Устранить этот недостаток можно двумя методами [1]:

— найти составы люминофора и других материалов ЭИ, оптимальные для заданных условий эксплуатации;

— создать источник питания (ИП), меняющий свои параметры в зависимости от изменения условий эксплуатации электролюминесцентного индикатора с оптимальными параметрами.

В связи с этим перед разработчиками ЭИ стоит задача, во-первых, исследования взаимосвязи состава люминофора, яркости и световой эффективности излучения от напряжения, частоты и других параметров ИП, а во-вторых, создания источника питания, параметры которого зависят от условий эксплуатации ЭИ. Комплекс подобных исследований был впервые выполнен авторами данной работы.

Результаты исследования зависимости яркости излучения от напряжения для ЭИ на основе сульфида цинка представлены на **рис. 1** [2].

Из рисунка видно, что максимальной яркостью излучения 950 кд/м<sup>2</sup> обладают структуры на основе ZnS:TbF<sub>3</sub> (3 мас.%). Для ЭИ на основе ZnS:HoF<sub>3</sub>

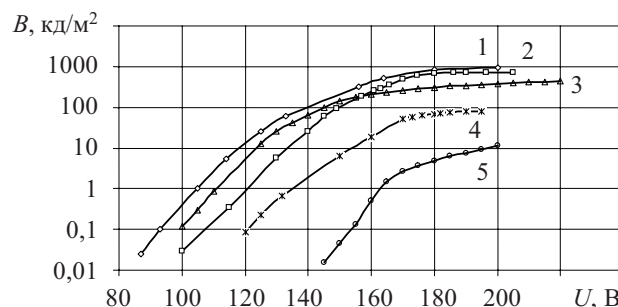


Рис. 1. Вольт-яркостные характеристики ЭИ:  
1 — ZnS:TbF<sub>3</sub> (3 мас.%); 2 — ZnS:HoF<sub>3</sub> (5 мас.%); 3 — ZnS:SmF<sub>3</sub> (1 мас.%); 4 — ZnS:ErF<sub>3</sub> (5 мас.%); 5 — ZnS:TmF<sub>3</sub> (10 мас.%)

(5 мас.%) значение яркости максимально при 200 В и составляет 800 кд/м<sup>2</sup>.

Для исследуемых структур на основе сульфида цинка, легированного активаторами SmF<sub>3</sub> (1 мас.%), TmF<sub>3</sub> (10 мас.%), ZnS:ErF<sub>3</sub> (5 мас.%), максимальные значения яркости составили 450, 11 и 200 кд/м<sup>2</sup>, соответственно.

Анализируя полученные результаты, можно отметить, что для практического использования лучшими параметрами обладают ЭИ зеленого цвета свечения на основе ZnS:TbF<sub>3</sub> (3 мас.%) и ZnS:HoF<sub>3</sub> (5 мас.%). Они имеют максимальную яркость излучения (950 и 800 кд/м<sup>2</sup>) и меньшее пороговое напряжение возбуждения (95 и 115 В) по сравнению со структурами, легированными тулнием (145 В) и эрбием (120 В).

В работе предложено использовать в качестве диэлектрика пленки твердого раствора HfO<sub>2</sub>-Nd<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. При этом величина порогового напряжения составляет 115 В, что в 1,3—1,8 раз меньше, чем у известных ЭИ, в которых традиционно используются, например, Sn<sub>2</sub>O<sub>3</sub> или Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> [2].

Вольт-яркостная характеристика ЭИ (**рис. 2**) имеет три участка. На первом участке ее крутизна, характеризующаяся показателем степени  $n$  функции  $B \sim U^n$ , постепенно возрастает (здесь  $n=10-15$ ), на втором она максимальна ( $n \geq 30$ ). На третьем участке яркость  $B$  определяется зависимостью от активной составляющей тока  $I$  и квантового выхода возбуждения центров свечения  $P_1 B \sim I N_1 P_1$ , где  $N_1$  — количество возбуждаемых центров свечения. На первом участке кривой  $B(U)$  ток  $I$  определяется, в основном, термо-

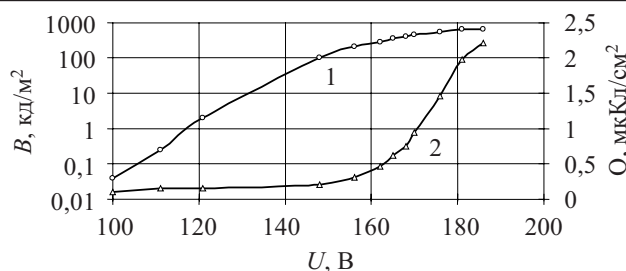


Рис. 2. Вольт-яркостная (1) и вольт-зарядовая (2) характеристики ЭИ на основе  $\text{ZnS:HoF}_3$  (5 мас.%)

полевой ионизацией сравнительно мелких уровней (менее 0,8 эВ), обусловленных дефектами структуры  $\text{ZnS}$ .

Зависимость яркости излучения ЭИ на основе  $\text{ZnS:HoF}_3$  (5 мас.%) от частоты напряжения питания представлена на рис. 3, из которого видно, что повышение частоты  $f$  приводит к увеличению яркости  $B$ . Измерения проводились при возбуждении структуры напряжением 170 В в диапазоне 200—10000 Гц.

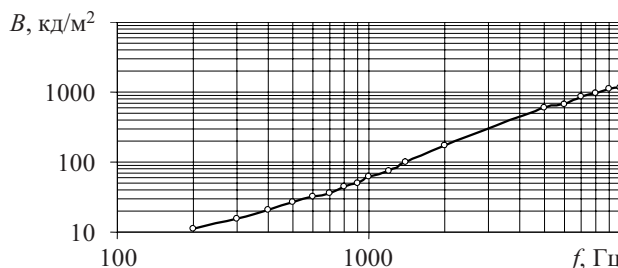


Рис. 3. Зависимость яркости излучения ЭИ на основе  $\text{ZnS:HoF}_3$  (5 мас.%) от частоты напряжения питания

По результатам исследований характеристик ЭИ был разработан ИП-инвертор, позволяющий регулировать амплитуду и частоту переменного выходного напряжения. Особенностью инвертора является наличие дополнительных каналов для автоматического управления выходным напряжением в зависимости от внешней освещенности рабочей зоны, где размещена система отображения информации, использующая исследуемый индикатор.

Электрическая нагрузка ЭИ носит ярко выраженный емкостной характер, поэтому ток, протекающий через индикатор, по форме может не соответствовать приложенному переменному напряжению в связи с полной перезарядкой внутренней емкости [3]. С учетом относительно продолжительного времени затухания яркости (0,4—2 мс), разработан ИП для

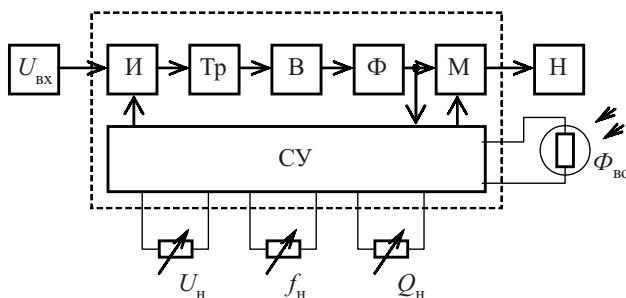


Рис. 4. Структурная схема ИП ЭИ

управления параметрами ЭИ. Он позволяет регулировать напряжение, частоту и скважность импульсов управляющего напряжения.

Структурная схема ИП (рис. 4) содержит:  $U_{\text{BX}}$  — источник напряжения (24—60 В); И — высокочастотный инвертор с нерегулируемой частотой; Тр — повышающий трансформатор; В — выпрямитель; Ф — сглаживающий фильтр; М — модулятор; СУ — система управления;  $U_n, f_n, Q_n$  — элементы оперативной регулировки напряжения, частоты и скважности, соответственно;  $\Phi_{\text{во}}$  — фотодатчик одного из каналов автоматического управления в зависимости от внешней освещенности; Н — нагрузка (ЭИ).

Диаграммы, иллюстрирующие функционирование силовой части предлагаемого ИП, приведены на рис. 5.

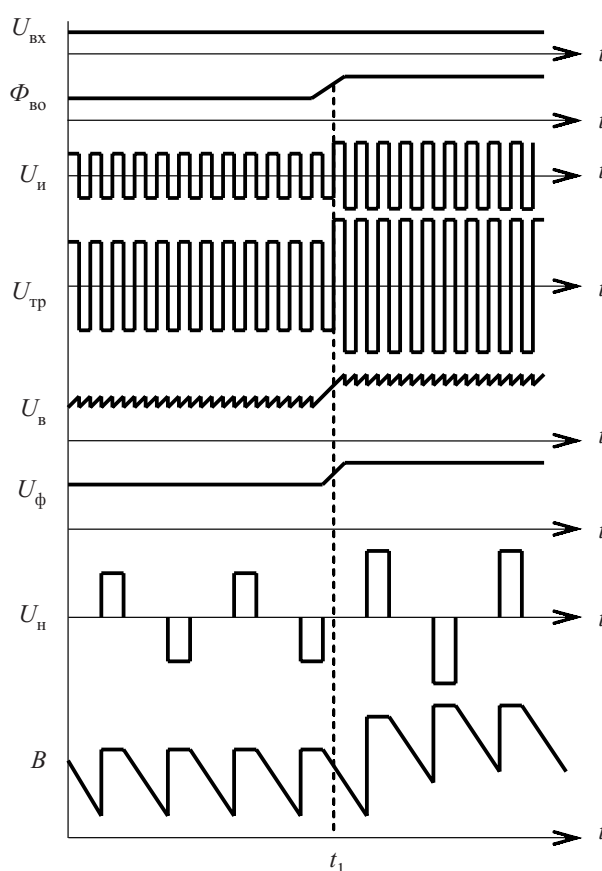


Рис. 5. Диаграммы функционирования ИП ЭИ при изменении освещенности рабочей зоны

Входное напряжение  $U_{\text{BX}}$ , равное 24—60 В, в зависимости от типа исполнения и условий применения источника питания,  $\Phi_{\text{во}}$  — сигнал с фотодатчика, пропорциональный освещенности рабочей зоны,  $U_n$  — напряжение на выходе инвертора с нерегулируемой частотой, которое может подстраиваться автоматически в зависимости от уровня внешней освещенности. Напряжение на выходе повышающего трансформатора ( $U_{\text{тр}} = k_{\text{тр}} U_n$ , где  $k_{\text{тр}}$  — коэффициент трансформации) по форме соответствует напряжению на выходе инвертора и может составлять 50—300 В. Напряжение с выхода трансформатора вып-

рямляется выпрямителем В (напряжение  $U_v$ ) и сглаживается фильтром Ф (напряжение  $U_\phi$ ). Полученное постоянное напряжение  $U_\phi$  с помощью модулятора инвертируется с регулируемой частотой  $f$  и скважностью  $Q$  (напряжение  $U_n$ ) и подается на ЭИ.

Предположим, в момент времени  $t_1$  (рис. 5) освещенность рабочей зоны увеличилась (например, включили освещение). Это привело к увеличению сигнала с фотодатчика  $\Phi_{во}$  и, как следствие, к увеличению амплитуды напряжения на выходе инвертора И, трансформатора Тр, фильтра Ф. Амплитуда выходного напряжения модулятора также увеличится, а частота и скважность импульсов останутся без изменения. При этом яркость свечения ЭИ с момента времени  $t_1$  также увеличится (яркость В индикатора на рис. 5), чем скомпенсирует влияние увеличенной освещенности рабочей зоны на восприятие оператором информации с дисплея (ЭИ).

\*\*\*

Таким образом, найдены оптимальные составы люминофоров, обладающих повышенной яркостью

излучения, и диэлектриков, позволяющих уменьшить пороговое напряжение. Разработан источник питания, позволяющий увеличить срок службы ЭИ за счет щадящего режима работы, повысить эффективность восприятия информации оператором за счет автоматической подстройки яркости свечения ЭИ в зависимости от уровня внешней освещенности и, как следствие, повысить эргономические показатели системы отображения информации.

#### ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Верещагин И. К., Ковалев Б. А., Косяченко Л. А., Кокин С. М. Электр люминесцентные источники света.— М.: Энергоатомиздат, 1990.
2. Ленков С. В., Жеревчук В. В., Содеєва Л. В. Керування тонкоплівковими електр люмінисцентними індикаторами // Збірник праць ВІКНУ ім. Т. Шевченка.— 2008.— № 11.— С. 38—42.
3. Mach R., Muller G. O. Physical concepts of high-field, thin-film electroluminescence devices // Phys. Stat. Sol.— 1982.— Vol. A1.— P. 11—66.

#### НОВЫЕ КНИГИ

**Кожитов Л. В., Косушкин В. Г., Крапухин В. В., Пархоменко Ю. Н. Технология материалов микро- и нанoeлектроники.— М.: МИСИС, 2007.— 544 с**

Рассмотрены теоретические основы и математическое моделирование процесса роста монокристаллов полупроводников из расплава с использованием теории случайных явлений для управления процессом роста бездефектных кристаллов. Представлены результаты математического моделирования равновесия фаз многокомпонентных систем, макро- и микрокинетика парофазной эпитаксии кремния и соединений  $AmVn$  в хлоридно-гидридном и МОС-гидридном процессах. Рассмотрены актуальные для микроэлектроники технологии получения скрытых проводящих и диэлектрических слоев в кремнии, предложен механизм их фазообразования. Показано, что развитие работ в области органических полупроводников, в том числе с фрактальными кластерами и наночастицами различных элементов в полимерах, позволяет получать материалы с особыми свойствами. Книга предназначена для широкого круга научных и инженерно-технических работников, специализирующихся в области получения и исследования материалов микро- и нанoeлектроники, в области разработки новых материалов, оптимизации технологических процессов, а также студентов и аспирантов.

**Фостер Л. Нанотехнологии. Наука, инновации и возможности.— М.: Техносфера, 2008.— 336 с.**

В предлагаемой книге авторы — известные ученые и бизнесмены, занимающиеся теоретическими и практическими проблемами нанотехнологий, — описывают состояние отрасли и перспективы ее развития на ближайшее десятилетие, а также возможное воздействие нанотехнологий на глобальные процессы. Книга предназначена для широкого круга читателей: научных работников, специалистов, а также студентов профильных учебных заведений.

**Евстифеев А. В. Микроконтроллеры AVR семейства Classic фирмы «ATMEL». 6-е издание. CD.— Электронное издание на CD-диске.— М.: Додэка-XXI, 2008**

Книга представляет собой справочное издание по применению микроконтроллеров AVR семейства Classic фирмы ATMEL.

