

УДК: 621.383.8:681.327.12

## МЕРЫ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ ИНДИКАТОРОВ

*С. В. Ленков<sup>1</sup>, Ю. А. Гунченко<sup>2</sup>, В. В. Жеревчук<sup>2</sup>, Я. И. Лепих<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>ВІКНУ імені Тараса Шевченка, м. Київ, <sup>2</sup>ОНПУ, м. Одеса, <sup>3</sup>ОНУ ім. І. І. Мечникова, м. Одеса  
E-mail: mokrickiy@mail.ru

### Аннотация

#### МЕРЫ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ ИНДИКАТОРОВ

*С. В. Ленков, Ю. А. Гунченко, В. В. Жеревчук, Я. И. Лепих*

В работе исследуются электролюминесцентные индикаторы, которые являются одним из эффективных компонентов современных систем отображения информации (СОИ). Однако их существенный недостаток — малый срок службы, ограничивающий надежность СОИ. Проведенные исследования обнаружили основные причины старения индикаторов. Предложены меры увеличения их надежности.

**Ключевые слова:** индикатор, излучение, герметичность, яркость, надежность

### Анотація

#### ЗАХОДИ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ЕЛЕКТРОЛЮМІНІСЦЕНТНИХ ІНДИКАТОРІВ

*С. В. Ленков, Ю. О. Гунченко, В. В. Жеревчук, Я. І. Лепіх*

В роботі досліджуються електролюмінісцентні індикатори, які являються одним із ефективних компонентів сучасних систем відображення інформації (СВІ). Однак їх суттєвий недолік — малий термін служби, обмежений надійністю СВІ. Проведені дослідження виявили основні причини старіння індикаторів. Запропоновано заходи збільшення їх надійності.

**Ключові слова:** індикатор, випромінювання, герметичність, яскравість, надійність

### Abstract

#### MEASURES INCREASE RELIABILITY OF ELECTROLUMINESCENT INDICATORS

*S. V. Lenkov, J. A. Gunchenko, V. V. Zherevchuk, Ya. I. Lepikh*

In work electroluminescent indicators which are one of effective components modern systems display of the information (SDI) are investigated. However their essential lack — the small service life limiting reliability of the SDI. Carried out researches have found out principal causes of ageing indicators. Measures of increase in their reliability are offered.

**Keywords:** indicator, radiation, hermiticity, brightness, reliability

Электролюминесцентные источники излучения (ЭИИ) давно и широко используются в качестве сенсоров систем отображения информации (СОИ): цифро-буквенные табло, экраны, указатели, индикаторы температуры и давления и т.п. [1]. Основными их достоинствами являются полихромность, малая цена в

серийном производстве, значительная площадь излучающего информационного поля, твердотельная плоская конструкция, контрастность и стабильность изображения, управление электрическим полем, высокое электрическое сопротивление и др. Последние из перечисленных достоинств, например, позволяют эффек-

тивно интегрировать ЭИИ в системы управления на основе МДП микросхем, что выгодно отличает их от светодиодных и подобных им индикаторов.

До последнего времени существенным недостатком ЭИИ были малая яркость и срок службы около 10000 ч. В данной работе предложен новый состав люминофоров, использующий легирование сульфида цинка редкоземельными элементами. В качестве примера взят один из них —  $\text{ZnS:HoF}_3$  (5 мас. %) [2,3] — и на его основе исследуются процессы старения ЭИИ. Для таких приборов предложены конструкторско-технологические меры увеличения срока службы ЭИИ.

Хорошо известно, что яркость электролюминесцентных источников света, работающих на переменном напряжении, со временем уменьшается. Это явление обычно связывают с саморазогревом структуры, низким качеством диэлектрических слоев, а также с воздействием влаги.

В связи с этим представляет интерес исследование стабильности характеристик индикаторов во времени. В работе изучен процесс деградации яркости приборов на основе  $\text{ZnS:HoF}_3$  (5 мас.%) при возбуждении напряжением 160 В частотой 5 кГц (рис. 1).

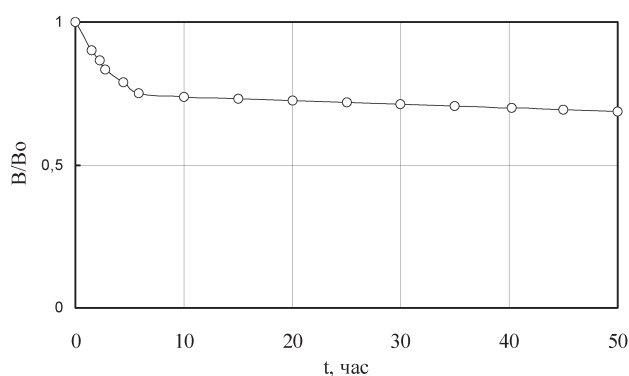


Рис. 1. Спад яркости герметизированного индикатора на основе  $\text{ZnS:HoF}_3$

Время полуспада яркости на втором участке составляет от 5 до 300 часов на разных образцах. Следует также отметить, что старение сопровождается не только уменьшением яркости, но и активного и полного тока, а также емкости образца. Изменение этих величин коррелирует с уменьшением светящейся площади пленки, происходящим в результате локальных пробоев. Наличие влаги существенно не изменяет характер старения, однако резко ускоряет его. На

рисунке 2 приведены зависимости яркости от времени работы на разных частотах негерметизированной структуры при относительной влажности воздуха 85%.

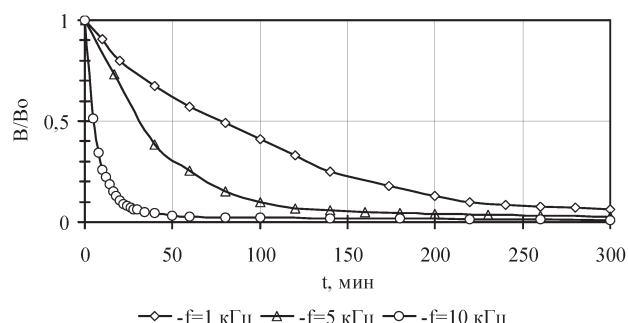


Рис. 2. Спад яркости негерметизированного индикатора на основе  $\text{ZnS:HoF}_3$

Максимальный спад яркости регистрируется в первые часы работы. Обнаружено, что наблюдаемое старение связано с частичным разрушением металлического электрода и люминофора вследствие локального пробоя в местах возможных микро- и (или) макродефектов. Под микродефектами подразумеваются локальные неоднородности толщины и состава, а под макродефектами — механические загрязнения и повреждения пленки. Спад яркости при этом описывается зависимостью с двумя участками, заметно отличающимися скоростью старения. Протяженность первого (быстрого) участка зависит от степени дефектности пленки. На лучших образцах он длится несколько часов и падение яркости при этом не превышает 10-20%.

Наблюдаемые изменения яркости во времени аналогичны приведенным на рисунке 1. Однако спад яркости в присутствии влаги происходит намного быстрее. Влажность приводит к коррозии верхних электродов, а ее проникновение в диэлектрик — к значительному росту емкости, тангенса угла диэлектрических потерь и к соответствующему увеличению доли напряжения, приходящегося на слой люминофора. Увеличение рабочей частоты возбуждающего напряжения ускоряет описанные явления.

В процессе старения крутизна вольт-яркостной характеристики (ВЯХ) не изменяется (рис. 3). Однако ВЯХ сдвигается в сторону увеличения порогового напряжения. Этот сдвиг можно объяснить тем, что в процессе деградации происходит перераспределение возбужда-

ющего напряжения между активным и диэлектрическими слоями в сторону увеличения доли напряжения, падающего на диэлектрических пленках. За счет этого возможен перенос атомов кислорода в активный слой  $ZnS:HoF_3$  из диэлектрического оксидного слоя. Это может приводить к уменьшению яркости прибора из-за образования в слое люминофора фазы  $ZnO$ , имеющей худшие электролюминесцентные характеристики.

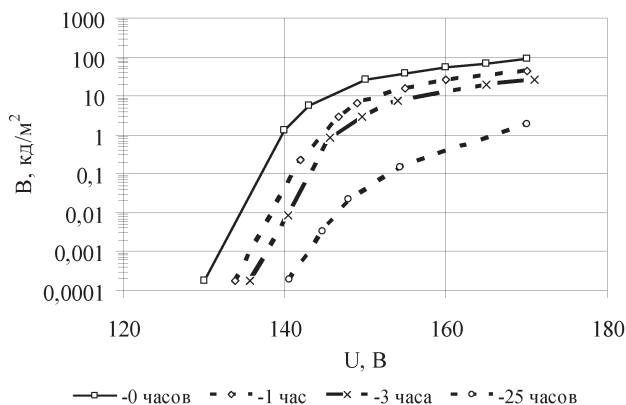


Рис. 3. Изменение вольт-яркостной характеристики индикаторов на основе  $ZnS:HoF_3$  (5%) при старении

Таким образом, одной из основных причин старения является разрушение электродов и слоя люминофора. Быстрый этап старения связан с “выгоранием” наиболее слабых относительно электрического пробоя участков. Скорее всего, такими участками являются границы зерен, где имеет место локальная неоднородность толщины слоя. Старение структуры может происходить за счет электродиффузии активных центров в области сильного электрического поля, а также за счет изменения граничных состояний границ раздела люминофор-диэлектрик. Для увеличения срока службы индикаторов целесообразно применять диэлектрики, слабо поглощающие влагу и имеющие высокую диэлектрическую проницаемость, а также осуществлять эффективную герметизацию приборов.

Разработка эффективного способа герметизации является основным путем защиты приборов от воздействия таких дестабилизирующих факторов, как влажность, радиация, пыль, агрессивные химические и биологические среды [4].

В работе предложена конструкция герметизированного индикатора. На прозрачную диэлектрическую подложку последовательно осаждены система прозрачных электродов, первый изолирующий слой, слой электролюминофора, второй изолирующий слой и система электродов. Для герметизации такая структура закрывается крышкой. Полость между крышкой и подложкой заполняется герметизирующей жидкостью. В качестве клея применяются компаунды КЛТ-30 и ЭДБО — 25. Герметизирующей жидкостью служило силиконовое масло типа ПМС-100Р, коэффициент влагопроницаемости которого составляет  $\epsilon=8 \cdot 10^{-5} \text{ с}^2 \cdot \text{м}^2$ . К примеру, для эффективной герметизации, обеспечивающей время работы индикатора до отказа порядка 20 000 часов, можно пользоваться одной из следующих комбинаций: 1) клей БКФ 40А,  $d \geq 1 \text{ мм}$ ; 2) БКФ 10А,  $d \geq 2 \text{ мм}$ ; 3) ЭКБ,  $d \geq 3 \text{ мм}$ ; 4) ЭП 91 или ЭКМ  $d \geq 5 \text{ мм}$ . Следует отметить, что толщина слоя клея при влагозащите должна быть не менее толщины боковых граней и составлять  $d \geq 2 \text{ мм}$ . Для изготовления крышки чаще всего используется стекло или медь. Стеклоплавилась из той же марки стекла, что и подложка, путем вытравливания полости. Толщина медной крышки  $0,5 \div 3 \text{ мм}$ . Анализ тепловой модели подобного индикатора показал, что температурный перепад между наружными поверхностями подложки, крышки и слоем люминофора, в случае использования стеклянной крышки, составляет 19 К. В случае медной крышки той же толщины ее температура практически одинакова с люминофором, а температура наружной поверхности подложки меньше ее на величину, не превышающую 1 К. Установлено, что на температуру электролюминофора в процессе работы индикатора основное влияние оказывает теплоотдача от поверхностей подложки и крышки. Поэтому рекомендуется для крышки использовать материалы с высоким коэффициентом теплопроводности и степени черноты.

Предложенные конструкторско-технологические меры существенно увеличивают срок службы электролюминесцентных индикаторов — более чем до 20000 ч. Простота и технологичность позволяют использовать их в серийном производстве подобных приборов.

## Литература

1. Бараненков И.В. Перспективы создания плоских панелей дисплеев с полной цветовой гаммой на основе тонкопленочных электролюминесцентных устройств // Зарубежная радиоэлектроника. — 1998. — №11. — С. 60-67.
2. Электропроводность тонких пленок системы  $\text{HfO}_2\text{-Nd}_2\text{O}_3$  / Сухарев Ю.Г., Акулюшин И.Л., Андриянов А.В., Миронов В.С., Жеревчук В.В., Поляруш О.В. // Труды Одес. гос. политехн. ун-та. — Одесса, 1995. — 11 с. — Рус. — Деп. в ГНТБ Украины 15.06.95, №1506 — Ук 96.
3. Андриянов А.В., Жеревчук В.В., Поляруш О.В. Тонкопленочные электролюминесцентные структуры разного цвета свечения // Сборник трудов Одесского политехнического университета. — Одесса: ОПУ. — 1997. — №1. с. 284-286.
4. Ленков С.В., Жеревчук В.В., Гунченко Ю.А., Содеєва Л.В. Керування тонкоплівковими електролюмінесцентними індикаторами // Збірник наукових праць ВІКНУ імені Тараса Шевченка, випуск № 11. — Київ, 2008. — С. 38-42.