

УДК: 621.383.8:681.327.12

МЕРЫ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ ИНДИКАТОРОВ

С. В. Ленков¹, Ю. А. Гунченко², В. В. Жеревчук², Я. И. Лепих³

¹ВІКНУ імені Тараса Шевченка, м. Київ, ²ОНПУ, м. Одеса, ³ОНУ 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 — 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 ZnS:HoF_3 (5 мас.%) при возбуждении напряжением 160 В частотой 5 кГц (рис. 1).

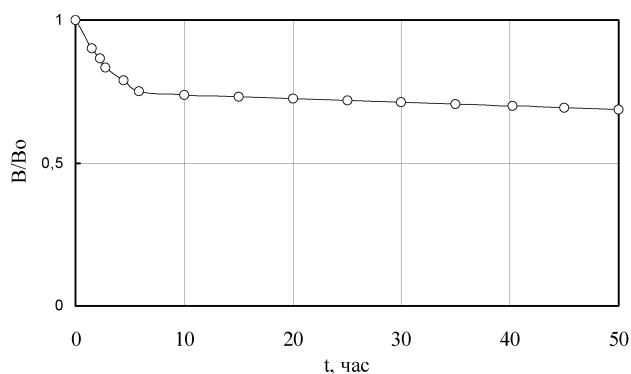


Рис. 1. Спад яркости герметизированного индикатора на основе ZnS:HoF_3

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%.

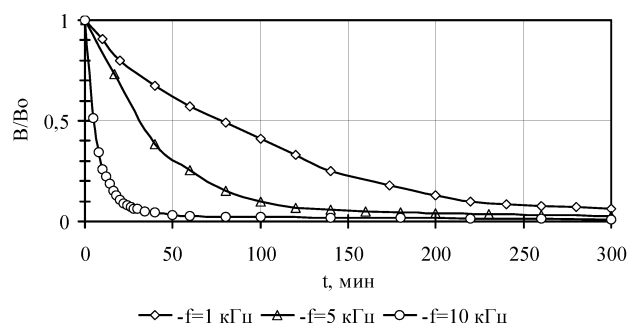


Рис. 2. Спад яркости негерметизированного индикатора на основе ZnS:HoF_3

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.

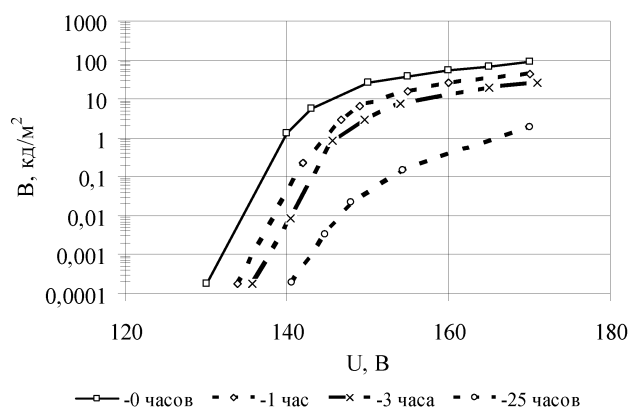


Рис. 3. Изменение вольт-яркостной характеристики индикаторов на основе $ZnS:HoF_3$ (5%) при старении

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. Стеклоянная крышка изготавливалась 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.