

УДК 535.376

В.А. Мокрицкий, д-р техн. наук, проф.,
 В.В. Жеревчук, инженер,
 А.В. Андриянов, канд. физ.-мат. наук

МЕТОДЫ УЛУЧШЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ ЭЛЕКТРОЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ СТРУКТУР

В.А. Мокрицкий, В.В. Жеревчук, А.В. Андриянов. Методы улучшения характеристик тонкопленочных электролюминесцентных структур. Проанализовано методы повышения эффективности ТПЭЛС. Рассмотрены материалы и методы, які використовуються для нанесения прошарків ТПЭЛС. Обговорюються результати дослідження ТПЭЛС із різним кольором світінням.

V.A. Mokritskiy, V.V. Zherevchuk, A.V. Andriyanov. Methods of thin-film electroluminescence structures characteristics improvement. Methods of TFELS improvement are analysed. The materials and technology of manufacturing TFELS layers are reviewed. The results of investigating different colour TFELS investigated.

В настоящее время тонкопленочные электролюминесцентные структуры (ТПЭЛС) типа металл — диэлектрик — полупроводник — диэлектрик — металл (рис. 1) являются одними из самых перспективных и конкурентно-способных устройств для создания плоских устройств отображения информации. Это обусловлено такими свойствами индикаторов, как плоская безвакуумная твердотельная конструкция, небольшая потребляемая мощность, высокие стабильность, разрешающая способность и контрастность, продолжительный срок службы, совместимость технологий создания ТПЭЛС и гибридных пленочных микросхем. Кроме того, такие индикаторы имеют высокую ударо- и вибропрочность конструкции, и в них полностью отсутствует рентгеновское излучение.

Однако создание эффективных источников света на основе ТПЭЛС связано с большими трудностями, так как некоторые аспекты механизма электролюминесценции изучены недостаточно. Поэтому остается актуальной задача получения оптимальных светотехнических характеристик при создании ТПЭЛС. Основными и наиболее важными электрофизическими, светотехническими и эксплуатационными характеристиками являются:

- яркость излучения;
- активная составляющая протекающего через ТПЭЛС тока;
- емкости диэлектрических слоев и структуры в целом;
- тангенс угла диэлектрических потерь слоев диэлектрика;
- электрическая прочность диэлектрика и структуры в целом;
- световая эффективность;
- цвет свечения (спектр излучения);
- время послесвечения;
- долговечность и надежность;
- потребляемая мощность.

Существуют различные методы, которые позволяют управлять параметрами ТПЭЛС и улучшить характеристики структур на основе сульфида цинка, легированного редкоземель-

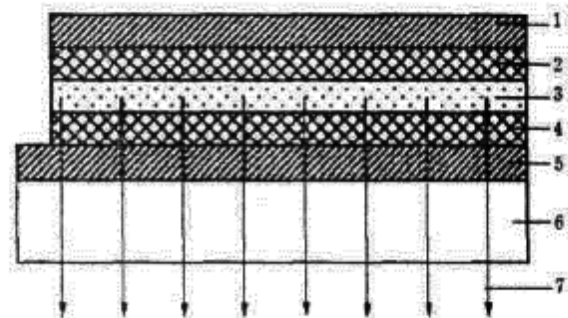


Рис. 1. Структурная схема ТПЭЛС:
 1 — верхний электрод, 2 — диэлектрический слой, 3 — слой электролюминофора, 4 — диэлектрический слой, 5 — нижний электрод, 6 — стеклянная подложка, 7 — излучение

ными металлами. Методами, которыми можно управлять характеристиками ТПЭЛС, являются конструкторский, материаловедческий и технологический.

Рассмотрим некоторые методы, применение которых приводит к улучшению характеристик ТПЭЛС. Так, например, известно, что термический отжиг в вакууме при температуре 500...600 °С приводит к равномерному распределению примеси, ее активации, улучшению качества пленки активатора и, как результат, к увеличению яркости и эффективности электролюминесценции ТПЭЛС. Однако такой отжиг усложняет технологию изготовления, так как требует применения более тугоплавких подложек и защитных мер для предотвращения межслойной диффузии примесей. Применение лазерного отжига требует использования мощных источников УФ-излучения. Недавно было обнаружено, что при воздействии мало-мощного УФ-облучения наблюдается заметное увеличение люминесценции [1]. Оно связано, скорее всего, со стимуляцией УФ-квантами процессов образования дефектов и, следовательно, диффузии ионов активирующей примеси, образующей дополнительные центры свечения.

Еще одним из методов повышения яркости тонкопленочных электролюминесцентных излучателей примерно в два раза является применение в ТПЭЛС стеклянных подложек с шероховатой поверхностью, на которую нанесена пленочная электролюминесцентная структура [2]. Повышение яркости при этом осуществляется за счет снижения потерь излучения, связанных с полным внутренним отражением, и волноводным эффектом бокового распространения излучения из структуры за счет микролинзового эффекта. При этом также наблюдается уменьшение порогового напряжения, которое обусловлено как возрастанием электрического поля в слое люминофора на микронеровностях, выступающих над внутренней поверхностью подложки, так и большим выводом излучения из подложки. Существует также возможность значительного увеличения максимальной яркости свечения структур (в 3...5 раз) на подложках с шероховатостью на внешней стороне. Увеличение яркости объясняется, по-видимому, аналогично структурам на подложках с шероховатостью на внутренней стороне, снижением потерь излучения, связанных с полным внутренним отражением и микролинзовым эффектом, приводящим к увеличению выхода излучения из подложки.

Существуют теоретические и экспериментальные данные о том, что яркость ТПЭЛС существенно зависит от формы возбуждающего напряжения [3]. Механизм подобного увеличения яркости заключается в том, что при возрастании скорости нарастания напряжения растет амплитуда импульса тока проводимости и увеличивается вероятность перехода центра свечения из основного в возбужденное состояние в единицу времени. Это обуславливает, в свою очередь, достижение более высоких значений концентрации возбужденных центров и, следовательно, мгновенной яркости. В условиях одинаковой постоянной времени релаксации возбужденных центров это приводит к возрастанию наблюдаемой средней яркости свечения ТПЭЛС.

Таблица 1

Связь параметров и характеристик ТПЭЛС с технологическими, конструкторскими и материаловедческими факторами

Параметры и характеристики ТПЭЛС	Факторы, влияющие на характеристики ТПЭЛС
Яркость излучения и световая эффективность	Состав материала: — подложки; — люминофора; — изолирующих слоев; — токопроводящих слоев Форма возбуждающего напряжения Частота возбуждающего напряжения Технология изготовления: — способы и методы формирования слоев; — отжиг и облучение слоев
Цвет свечения	Материал люминофора Фильтры
Долговечность и надежность	Материал изолирующих слоев Технология нанесения слоев Величина возбуждающего напряжения Герметизация и способы защиты от внешних воздействий
Потребляемая мощность	Материал активного и изолирующих слоев Способ нанесения слоев Форма возбуждающего напряжения

Проведем систематизацию приведенных выше, а также известных способов и методов управления параметрами и характеристиками ТПЭЛС (табл. 1). Анализ данных позволяет сделать вывод, что практически все параметры и характеристики ТПЭЛС зависят от материала слоев и технологии их нанесения. В связи с этим проведен поиск материалов и технологий нанесения слоев (табл. 2).

Таблица 2

Материалы и технологии, используемые для получения ТПЭЛС

Элементы структуры	Материалы	Технологии
Диэлектрик	Al_2O_3 Sm_2O_3 Ta_2O_5 Si_3N_4 Y_2O_3 $\text{HfO}_2\text{-Nd}_2\text{O}_3$ $\text{ZrO}_2\text{-Y}_2\text{O}_3$	Реактивное магнетронное распыление Электронно-лучевое испарение ВЧ-распыление Послойная атомная эпитаксия Плазмохимическое осаждение из паровой фазы
Люминофор	ZnS:Mn ZnS:TbF_3 SrSe:Ce CaS:Eu ZnS:SmF_3 ZnS:HoF_3 ZnS:TmF_3 ZnS:ErF_3	Молекулярно-пучковая эпитаксия Химическое осаждение из паров металлоорганических соединений Парофазная эпитаксия
Прозрачный электрод	SnO_2 In_2O_3 ZnO ZnO:Al	Реактивное распыление на постоянном или высокочастотном токах Термическое резистивное испарение Электронно-лучевое испарение Химическое осаждение
Непрозрачный электрод	Al Al_2O_3	Термическое резистивное испарение

Для нанесения диэлектрических и электролюминесцентного слоев выбрали электронно-лучевой метод напыления, верхний электрод создали методом термического резистивного испарения. В качестве люминесцентных слоев использовали материалы на основе сульфида цинка, легированного фторидами таких редкоземельных элементов, как гольмий, тербий, европий — зеленый цвет свечения, самарий — красный, туллий — синий. В качестве диэлектрика использовались пленки состава $\text{HfO}_2\text{:Nd}_2\text{O}_3$ [4, 5].

Исследованы зависимости яркости от напряжения для ТПЭЛС на основе сульфида цинка, легированного фторидами гольмия, тербия, европия, самария и туллия (рис. 2) по методике измерений вольт-яркостных характеристик [4].

Максимальная яркость излучения структур на основе ZnS:TbF_3 (3 мас.%) составляет 950 кд/м^2 при 200 В и пороговом напряжении возбуждения 95 В, ZnS:HoF_3 (5 мас.%) — 800 кд/м^2 при 200 В и 115 В, ZnS:SmF_3 (1 мас.%) — 450 кд/м^2 при 220 В и 110 В, ZnS:ErF_3 (5 мас.%) — 100 кд/м^2 при 200 В и 135 В, ZnS:TmF_3 (10 мас.%) — 11 кд/м^2 при 200 В и 165 В.

Таким образом, при электронно-лучевом методе напыления диэлектрических и электролюминесцентного слоев лучшими параметрами с точки зрения практического использования обладают ТПЭЛС зеленого цвета свечения на основе ZnS:TbF_3 (3 мас.%) и ZnS:HoF_3 (5 мас.%), а также ТПЭЛС красного цвета свечения на основе ZnS:SmF_3 (1 мас.%).

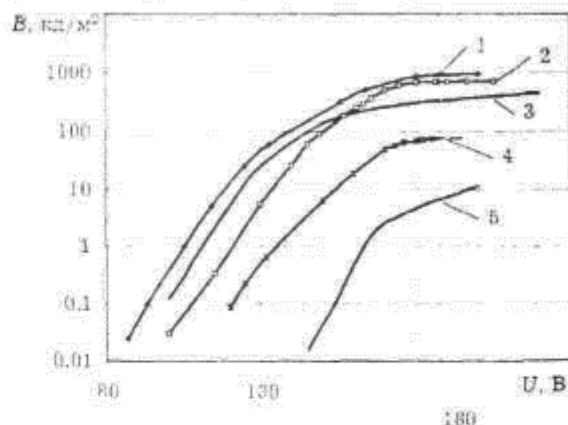


Рис. 2. Вольт-яркостные характеристики ТПЭЛС на основе ZnS:LnF_3 :

- 1 — ZnS:TbF_3 (3 мас.%), 2 — ZnS:HoF_3 (5 мас.%), 3 — ZnS:SmF_3 (1 мас.%), 4 — ZnS:ErF_3 (5 мас.%), 5 — ZnS:TmF_3 (10 мас.%)

Литература

1. Велигура Л.И., Кононец Я.Ф., Остроухова О.Л. // Тез. Междунар. конф. по люминесценции. — М.: ФИАН, 1994. — С. 232.
2. Гурин Н.Т., Сабитов О.Ю. Пленочные электролюминесцентные структуры на подложках с диффузионно-рассеивающей излучающей поверхностью // Письма в журн. техн. физики. — 1997. — Т. 23. — С. 20.
3. Гурин Н.Т., Сабитов О.Ю. Влияние формы возбуждающего напряжения на яркость свечения тонкопленочных электролюминесцентных излучателей // Журн. техн. физики. — 1999. — Т. 69. — Вып. 2. — С. 64 — 69.
4. Сухарев Ю.Г., Антонов С.Ю., Иванов И.К. Оптимизация получения тонкопленочных люминофоров на основе сульфида цинка, легированного фторидами лантаноидов // III Всесоюзная конференция по физике и технологии полупроводниковых пленок: Тез. докл. 9-12. 10. 1990. — Ивано-Франковск, 1990. — С. 167.
5. Электрофизические свойства пленок систем $ZrO_2-Y_2O_3$, $HfO_2-Nd_2O_3$, $HfO_2-Y_2O_3$. Сухарев Ю.Г., Акулюшин И.Л., Миронов В.С. и др. // Неорган. материалы. — 1994. — Т. 30, № 4. — С. 556 — 558.

УДК 621.396.96:534.87

В.Ф. Миргород, канд. техн. наук, доц.,
А.Г. Кисель, канд. техн. наук, ст. науч. сотр.

ОЦЕНКА И ИМИТАЦИЯ УГЛОВЫХ РАЗМЕРОВ ОБЪЕКТОВ ПО ИХ КОГЕРЕНТНЫМ АКУСТИЧЕСКИМ ИЗОБРАЖЕНИЯМ

В.Ф. Миргород, А.Г. Кисель. Оцінка та імітація кутових розмірів об'єктів за їх когерентними акустичними зображеннями. Одержано статистичні характеристики однієї з найбільш важливих класифікаційних характеристик акустичних зображень — кутового розміру об'єкта, вимірюваного фазовим методом. Запропоновано метод імітації кутового акустичного розміру, що перевищує видимий геометричний.

V.F. Mirgorod, A.G. Kisel. Estimation appreciation and imitation of corner dimensions of objects by their coherent acoustics images. The statistics of one of the most important classification characteristics of acoustic images — the corner dimension of the object, measured with the help of the phase method, was obtained. An algorithm for robustic processing of the obtained data, as well as a method of imitating the corner acoustic dimension, exceeding a visual geometrical, one was proposed.

Акустические когерентные изображения (АКИ) разнообразных объектов являются предметом исследования как традиционных — гидроакустика, неразрушающий контроль, медицинская диагностика, так и относительно новых — акустическая голография, системы звуковидения отраслей и направлений современной науки и техники [1, 2]. Наиболее важное прикладное значение имеет разработка методов классификации объектов по их АКИ и, соответственно, методов имитации таких изображений для заданных классов объектов. Существенным классификационным признаком объектов исследования и имитации является их пространственная протяженность, в частности, угловой размер, оценка статических характеристик которого и является предметом настоящего исследования.

Отличительной особенностью АКИ является отсутствие оптического аналога для сопоставления, поскольку акустические и оптические изображения одних и тех же объектов имеют мало общего [2]. Поэтому методы оценки размеров объектов оптических изображений неприемлемы для когерентных акустических. Причиной этого является интерференционный вид вторичного акустического поля, вызванный локальным характером отражения зондирующего поля от поверхности объекта. Вторичное поле образуется относительно небольшим