

УДК 681.883.7

**АНАЛИЗ ПРОЦЕССОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ТЕХНОЛОГИИ  
НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ  
ЭЛЕКТРОЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ  
ИНДИКАТОРНЫХ УСТРОЙСТВ**

**О.В. Максимова, С.М. Максимов, М.К. Самохвалов**

*Ульяновский государственный технический университет (г. Ульяновск)*

*Аннотация:* Статья посвящена проблемам автоматизации разработки тонкопленочных электролюминесцентных индикаторов, как элементов электронных средств. Представлены предполагаемые основные принципы, аспекты, развития систем автоматизированного проектирования тонкопленочных электролюминесцентных индикаторов и их структур. Результаты исследований позволят улучшить алгоритмы и создать новую программу, позволяющую автоматизировать проектирование и технологию тонкопленочных электролюминесцентных элементов индикатора.

*Ключевые слова:* тонкопленочный индикатор, пороговое напряжение, максимально допустимое рабочее напряжение, электролюминесцентный конденсатор, электролюминесценция.

К одним из наиболее перспективных направлений в области развития средств отображения информации относятся тонкопленочные электролюминесцентные индикаторы (ТПЭЛИ). Электролюминесцентные индикаторы обладают уникальными сочетаниями рабочих характеристик: широкий температурный диапазон работы, малая потребляемая мощность, высокая яркость и светоотдача, пространственная однородность изображения, способность выдерживать ударные нагрузки высоты, радиационная стойкость. Большой угол обзора, легкость получения полутонов, быстроедействие делают тонкопленочные источники излучения более перспективными.

Для разработки системы автоматизированного проектирования ТПЭЛИ необходим анализ свойств электролюминесцентных и диэлектрических материалов и выявление зависимости электротехнических, светотехнических и оптических параметров материалов слоёв ТПЭЛИ от конструктивных [1].

Для того, чтобы проектировщику разработать ТПЭЛ устройство, необходимо учитывать технологические факторы, такие как свойства материала, аспекты тонкопленочной технологии.

Был проведен анализ свойств электролюминесцентных и диэлектрических материалов и выявление зависимости электротехнических и светотехнических характеристик ТПЭЛИ от параметров материалов тонких пленок. В связи с этим были проведены исследования свойств материалов в рамках задач проектирования ТПЭЛИ [2].

В настоящее время определены люминесцентные и диэлектрические материалы для применения в тонкопленочных электролюминесцентных индикаторах. Установлена зависимость электрических и светотехнических характеристик и параметров ТПЭЛИ от свойств материалов и конструктивно-технологических факторов.

Однако, хотя в работах отечественных и зарубежных авторов и приведены примеры использования различного перечня материалов, но отсутствуют необходимые значения их параметров. Поэтому существует проблема создания более полного банка данных для решения задач САПР ТПЭЛИ.

Для создания диэлектрических пленок в электролюминесцентных структурах применяют оксиды кремния, алюминия, иттрия и редкоземельных металлов, нитрида кремния и др., их композиции, сегнетоэлектрические материалы [3].

Наличие двух диэлектрических слоев, отделяющих пленку люминофора от электродов, превращает данное устройство в электролюминесцентный конденсатор, что определяет необходимость использовать переменное напряжение для возбуждения электролюминесценции. Диэлектрические слои отделяют пленку люминофора от электродов. Главная роль диэлектрических слоев заключается в ограничении заряда, проходящего через люминофор в рабочих режимах. В качестве люминесцентных слоев обычно используют сульфид цинка, легированный марганцем. Для получения непрозрачных электродов используют алюминий.

Основываясь на результатах проведенных исследовательских работ в области проектирования тонкопленочных электролюминесцентных индикаторных устройств, были выделены следующие этапы их проектирования [4]:

1. Составление технического задания на ТПЭЛИ;
2. Определение структуры и организации ТПЭЛИ. Говоря об определении структуры и организации ТПЭЛИ, имеется в виду выявление типа конструкции исходя из общего назначения, особенностей отображаемой информации.
3. Определение электрических и конструктивных параметров элементов, составляющих устройство;
4. Коррекция структуры и оценка спроектированного ТПЭЛИ.

Был детально рассмотрен третий этап [5], включающий в себя описание и анализ всех свойств и параметров материалов ТПЭЛИ, их взаимосвязи с конструктивными параметрами. Этот третий этап является основным и наиболее трудоемким при проектировании. Данный этап проектирования можно разделить на следующие процессы: 1. анализ электрических характеристик: 1.1. расчёт максимально допустимого напряжения; 1.2. расчёт порогового напряжения электролюминесцентных конденсаторов; 2. анализ светотехнических характеристик: 2.1. расчёт яркости электролюминесцентных конденсаторов; 2.2. расчёт светоотдачи. 3. анализ конструктивных параметров: 3.1. выбор материалов; 3.2. выбор топологии. Расчёты, представленные в третьем этапе проектирования, являются формализуемыми, поэтому их можно автоматизировать.

Основными процессами проектирования ТПЭЛИ является выбор конструкции, расчет технологических параметров ТПЭЛИ, определение материала. Причем существует сложность определения очередности последовательности этих процессов.

Решение задач анализа при проектировании ТПЭЛИ позволяет оценить электротехнические и светотехнические параметры ТПЭЛИ при различных структурах индикатора.

Задача анализа сводится к тому, что при известных конструктивных параметрах проверить значения функциональных.

При синтезе параметров элементов тонкопленочного электролюминесцентного индикаторного устройства выходным результатом являются толщины слоёв. Светотехнические и электрические параметры определены техническим заданием.

В случае если по результатам анализа проектное решение признается неокончательным, то начинается процесс последовательных приближений к приемлемому варианту проекта ТПЭЛИ. Для улучшения проекта удобнее варьировать значения параметров элементов, использовать параметрический синтез на базе многовариантного анализа. При этом задача параметрического синтеза может быть сформулирована как задача определения значений параметров элементов, наилучших с позиций удовлетворения требований технического задания при неизменной структуре ТПЭЛИ.

В целях автоматизации процессов проектирования ТПЭЛ элементов в индикаторных устройствах были разработаны алгоритмы анализа и синтеза и программа, позволяющие производить автоматизированный расчет.

Для оценки реализованного программного обеспечения была произведена его апробация. В ходе проведения измерения экспериментальных пятислойных образцов тонкопленочного электролюминесцентного индикаторного устройства с установленной площадью непрозрачного электрода, определены толщины их слоёв. Полученные данные позволили решить задачу анализа функциональных характеристик и параметров при проектировании тонкопленочных электролюминесцентных индикаторов с помощью теоретических расчётов и в автоматизированном режиме с использованием разработанной программы. При автоматизированном проектировании тонкопленочного электролюминесцентного индикаторного устройства, с помощью программного обеспечения были определены следующие достоинства программы: единая программа (наличие одного единственного модуля); простота использования; низкие требования к ресурсам; отсутствие необходимости разработки специализированной базы данных.

В настоящее время проводятся исследования методов и технологических процессов изготовления ТПЭЛ элементов в индикаторных устройствах для создания модуля, позволяющего определить маршрутные пути технологического изготовления ТПЭЛИ.

В тонкопленочной технологии к настоящему времени разработано большое число различных методов получения диэлектрических пленок. Однако, для получения слоев, удовлетворяющих требованиям к диэлектрикам в электролюминесцентных конденсаторах, применяется ограниченное количество способов:

1. Термическое испарение в вакууме с резистивным электронно-лучевым и лазерным нагревом;
2. Ионно-плазменное распыление: катодное, магнетронное, реактивное;
3. Химическое осаждение из газовой фазы: пиролиз, реакции восстановления и замещения.

Вакуумные методы являются наиболее распространенными из-за чистоты пленок, простоты управления и контроля процесса. Однако они не всегда целесообразны для нанесения тугоплавких и разлагающихся при высоких температурах материалов. Использование взрывного испарения, а также электроннолучевого и лазерного испарения для некоторых материалов приводит к нестабильности пленок. Со временем может происходить изменение их свойств. Хорошие результаты были получены при электроннолучевом испарении твердых растворов оксидов циркония и иттрия, оксинитридов кремния и ряда других композиционных материалов. Для улучшения свойств оксидных пленок используют напыление в среде кислорода при пониженном давлении.

Разрабатываемый технологический программный модуль позволит не только подготавливать нормативную документацию на изготовление ТПЭЛ устройства, но и даст рекомендации по использованию того или иного способа нанесения пленки.

Полученные результаты окажут положительное влияние на развитие новых, перспективных, высокотехнологичных индикаторных устройств тонкопленочной электролюминесцентной технологии. Дальнейшие научно исследовательские работы в этой области связаны с разработкой тонкопленочных электролюминесцентных матриц с улучшенными характеристиками.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Максимова О.В., Самохвалов М.К.* Разработка алгоритмов проектирования тонкопленочных электролюминесцентных индикаторных устройств // Вестник Самарского государственного технического университета. - серия «Технические науки». - 2008. - 1(21). - С. 99-106.
2. *Максимова О.В., Самохвалов М.К.* Исследование процессов проектирования тонкопленочных электролюминесцентных индикаторов для автоматизации расчетов их функциональных характеристик // Известия Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета). – 2011. - №10 (36). - С. 99-104.
3. *Максимова О.В., Самохвалов М.К.* Исследование влияния конструктивных параметров тонкопленочных электролюминесцентных индикаторов на режимы их работы для формирования математического обеспечения САПР // Вестник Московского государственного областного университета. - серия «Физика - Математика». – 2012. - №1. - С. 85-92.
4. *Максимова О.В., Самохвалов М.К.* Математическое обеспечение САПР тонкопленочных электролюминесцентных индикаторов при решении задач синтеза конструкций // Вестник Московского государственного областного университета. - серия «Физика - Математика». - 2012. - №1. - С. 77-85.
5. *Максимова О.В., Евсевичев Д.А.* САПР тонкопленочных электролюминесцентных индикаторов // Вестник Московского государственного областного университета. - серия «Физика - Математика». - 2012. - №2. - С. 131-135.

#### **THE ANALYSIS OF PROCESSES OF DESIGN AND TECHNOLOGY OF NANOSTRUCTURED THIN FILM ELECTROLUMINESCENT DISPLAY DEVICES**

**O. Maksimova, S. Maksimov, M. Samokhvalov**

*Ulyanovsk State Technical University, Ulyanovsk*

*Abstract:* The article is devoted to the problems of automating the drafting of thin film electroluminescent indicators, as elements of electronic means. Envisaged are the principles, aspects, means, of developing CAD systems of thin film electroluminescent indicators and their structures. The results of executing the research will improve the algorithms, and create a new program allowing to automate the design and technology of thin-film electroluminescent indicator elements.

*Keywords:* thin film electroluminescence indicator, threshold voltage, maximum allowable voltage, electroluminescent capacitor, electroluminescence.