

Д.А. Евсевичев, С.М. Максимов, О.В. Максимова

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ ЭЛЕКТРОЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ ИНДИКАТОРОВ

Евсевичев Денис Александрович, окончил УлГТУ по специальности «Проектирование и технология электронных средств», младший научный сотрудник кафедры «Проектирование и технология электронных средств» УлГТУ. Имеет статьи, свидетельства о регистрации программ в области оптоэлектроники и схемотехники. [e-mail: denistk_87@mail.ru].

Максимов Сергей Михайлович, окончил УлГТУ по специальности «Проектирование и технология электронных средств», аспирант кафедры «Проектирование и технология электронных средств» УлГТУ. Имеет статьи в области оптоэлектроники. [e-mail: first2@yandex.ru].

Максимова Оксана Вадимовна, кандидат технических наук, окончила УлГТУ по специальности «Проектирование и технология электронных средств», доцент кафедры «Проектирование и технология электронных средств» УлГТУ. Имеет статьи, монографии в области оптоэлектроники и СВЧ-техники. [e-mail: first32007@yandex.ru].

Аннотация

В статье рассмотрена разработка методов и средств для решения задач проектирования перспективных тонкопленочных электролюминесцентных дисплеев, которая является актуальной задачей в области приборостроения. Разработка конструкции тонкопленочного электролюминесцентного индикатора – комплексная задача, требующая значительного труда проектировщика. Решение такой задачи может быть выполнено с использованием средств автоматизации. В связи с этим актуальными видятся разработки методов, алгоритмов и программ расчета конструкции тонкопленочных электролюминесцентных индикаторов.

Ключевые слова: тонкие пленки, электролюминесценция, индикатор, проектирование.

Введение

Важный элемент организационно-технического взаимодействия между человеком и современными электронными средствами – индикаторные устройства. Одними из наиболее перспективных являются индикаторы на основе тонкопленочной электролюминесцентной (ТПЭЛ) технологии, занимающие особое место среди активных индикаторных устройств.

К достоинствам ТПЭЛ-индикаторов относятся высокая яркость, контрастность, разрешающая способность, радиационная стойкость, большой угол обзора и др. [1]. Благодаря перечисленным достоинствам, ТПЭЛ-индикаторные устрой-

ства находят широкое применение в средствах отображения информации.

Типы и конструкции ТПЭЛ-индикаторов различаются составом и пространственным расположением слоев тонкопленочных структур, конфигурацией и взаимным расположением электродов, обусловленным требованиями к назначению и функциональным характеристикам индикаторных устройств.

Наиболее типичная конструкция электролюминесцентных конденсаторов содержит пять слоев, нанесенных на диэлектрическую подложку

[2]: проводящий нижний, диэлектрический нижний, люминесцентный, верхний диэлектрический, верхний проводящий (рис. 1).

Основными требованиями, предъявляемыми к ТПЭЛ-индикаторам, являются высокие электрические и светотехнические характеристики и параметры, а также их стабильность во времени. Стабильность параметров определяется, прежде всего, технологией изготовления устройства и выявляется в процессе проведения исследований. Основные функциональные параметры являются прогнозируемой величиной и могут быть определены на этапах проектирования ТПЭЛ-индикаторов. Многообразие предъявляемых требований, необходимость обеспечения высокой производительности труда разработчика и высокого качества разработки проектных решений возможно путем использования средств автоматизации при проектировании ТПЭЛ-индикаторов.

Необходимость разработки специализированных подходов и методов проектирования ТПЭЛ-индикаторов связана:

- 1) с конструктивными особенностями ТПЭЛ-структур, включающих несколько слоев диэлектриков и люминофоров, состоящих из множества различных материалов;
- 2) с использованием в расчетах как электрических, так и светотехнических параметров / характеристик для описания проектируемого индикатора.

Разработка методов автоматизированного проектирования ТПЭЛ-индикаторов

Процесс проектирования ТПЭЛ-индикатора заключается в принятии проектных решений, обеспечивающих выполнение разрабатываемым индикатором предъявляемых к нему требований. Техническое проектирование индикатора ха-

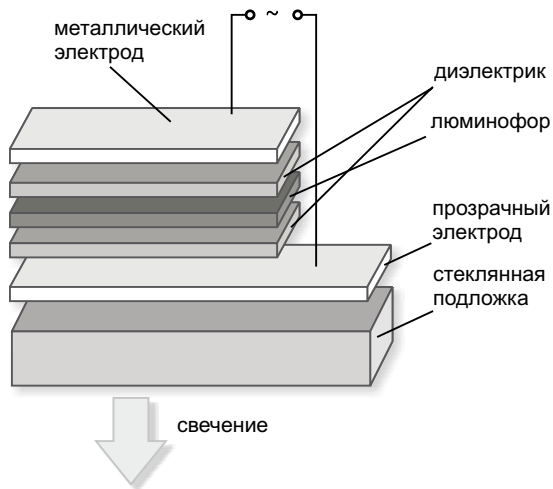


Рис. 1. Типичная конструкция ТПЭЛ-источника излучения

рактируется высокой трудоемкостью и приспособленностью к формализации, что способствует использованию машинных средств для решения задач конструкторского проектирования.

В настоящее время известно множество методов и подходов к проектированию устройств как универсальных, так и предназначенных для решения узкого круга задач. Существующие методики разработки конструкций индикаторов представляют собой приемы и способы действий, применяемые с целью достижения желаемого результата в процессе проектирования. Сложность процессов проектирования и нестандартность решаемых проектных ситуаций вызывают необходимость выбора метода, который обеспечивает требуемый уровень эффективности принятых решений.

Методика проектирования ТПЭЛ-индикатора может быть разработана при помощи анализа математического аппарата расчета его основных электрофизических и светотехнических характеристик и их взаимосвязи с типом и параметрами выбранной конструкции. В общем случае процесс проектирования ТПЭЛ-индикатора выглядит следующим образом: используя заданные в техническом задании электрические характеристики, можно разработать нелинейные математические модели, обеспечивающие расчет допустимых и оптимальных конструктивных параметров. Использование заданных светотехнических характеристик позволяет ограничить диапазон допустимых значений параметров и выбрать соответствующую конструкцию.

Наиболее полно отвечают требованиям автоматизированного проектирования ТПЭЛ-индикаторов методы прямого параметрического [3] и структурно-параметрического синтеза [4], благодаря простоте их формализации и возможности поиска оптимального проектного решения с непосредственным оперированием в процессе поиска структурой и параметрами устройства.

Сравнительный анализ задач прямого параметрического и структурно-параметрического синтеза позволяет сделать вывод о том, что при параметрическом изменяются параметры элементов с сохранением взаимосвязей в структуре проектируемого индикатора, в то время как при структурно-параметрическом изменяются параметры и структура ТПЭЛ-индикатора.

Модели, используемые в параметрическом и структурно-параметрическом синтезе, различаются по нескольким признакам. Сравнение моделей по этим признакам представлено в таблице.

Проанализировав представленную сравнительную таблицу, можно сделать вывод о том, что при прямом параметрическом синтезе индикатора поиск проектного решения конструкции осуществляется в области допустимых значений параметров при сохранении структуры, в то время как при структурно-параметрическом синтезе индикатора поиск решения производится в пространстве структур и значений конструктивных параметров. Следовательно, при структурно-параметрическом синтезе можно смоделировать универсальную модель, описывающую класс ТПЭЛ-индикаторов с различными структурными особенностями, то есть с заданием монохромности или полноцветности устройства и количеством и составом слоев. Однако такой подход занимает много времени на расчет конструктивных

Сравнение моделей для структурного и структурно-параметрического синтеза ТПЭЛ-индикатора

Синтез	
прямой параметрический	структурно-параметрический
Структура ТПЭЛ-индикатора фиксированная и не изменяется в процессе синтеза	Структура ТПЭЛ-индикатора заранее неизвестна и формируется автоматически
Изменяются только параметры (толщины слоев). Поиск осуществляется в пространстве параметров	Изменяются как структура, так и параметры индикатора. Поиск осуществляется в пространстве структур и параметров
Размерность вектора параметров фиксированная	Размерность вектора параметров заранее неизвестна и может быть определена только после того, как будет определена структура
Расчет параметров индикатора однозначен и занимает мало времени	Рассчитываются несколько альтернатив конструкций, что значительно увеличивает время, затрачиваемое на расчет параметров ТПЭЛ-структуры

параметров, связанный с необходимостью решения задачи оптимизации, поэтому для нахождения однозначного решения для единственной конструкции метод прямого параметрического синтеза является более эффективным и, следовательно, более предпочтительным.

На базе описанных методик на кафедре «Проектирование и технология электронных средств» Ульяновского государственного технического университета были разработаны схемы проектирования на основе прямого параметрического (рис. 2) и структурно-параметрического синтеза (рис. 3).

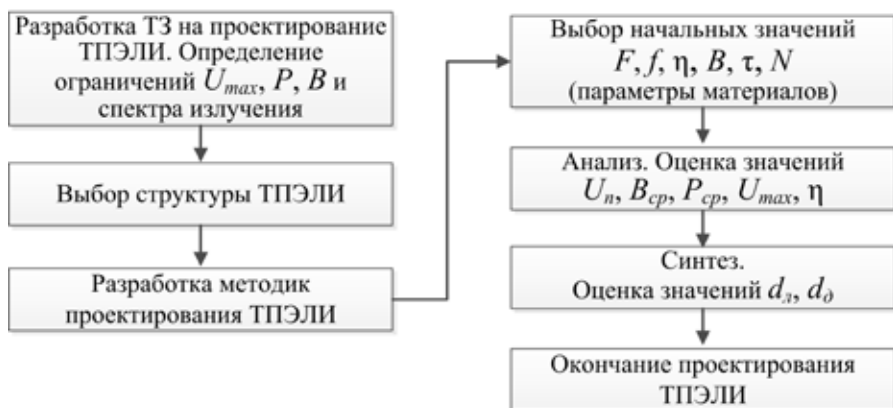


Рис. 2. Схема проектирования ТПЭЛ-индикатора с использованием метода прямого параметрического синтеза

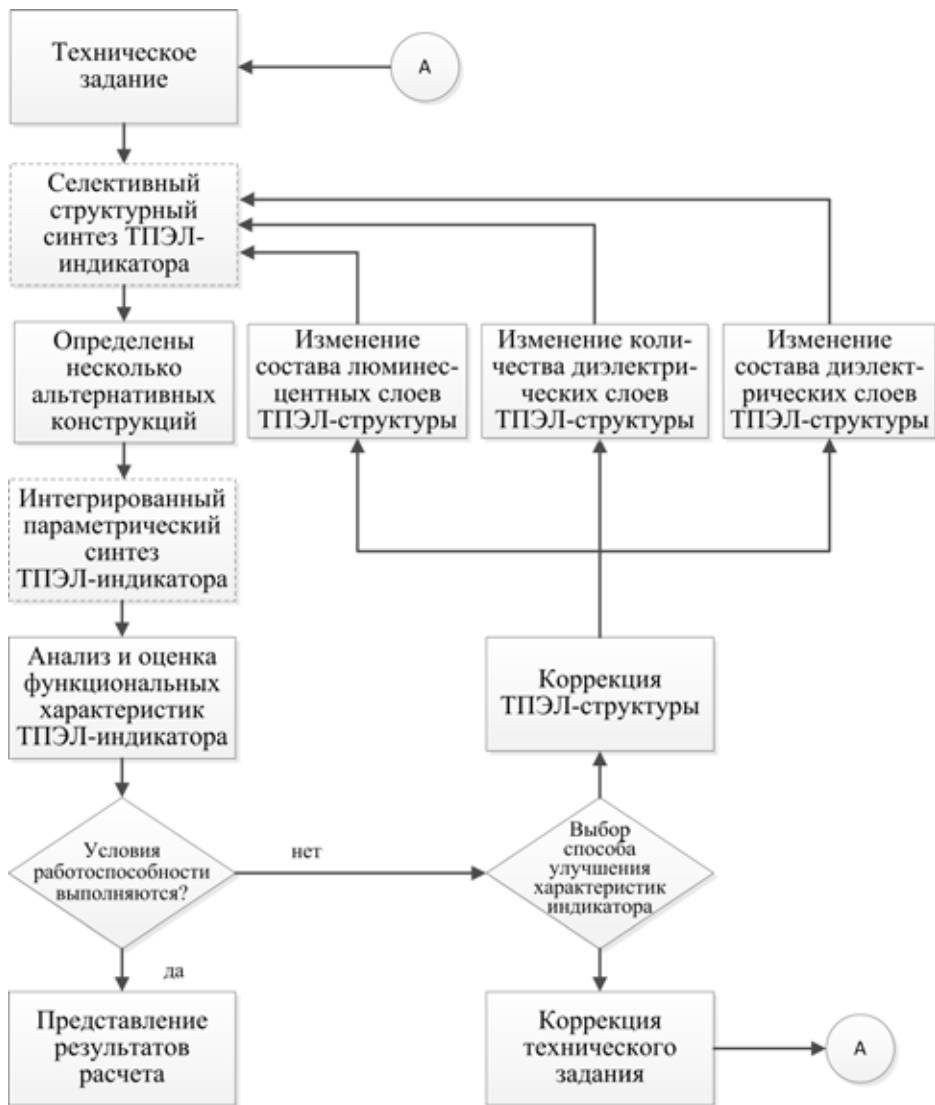


Рис. 3. Схема проектирования ТПЭЛ-индикатора с использованием метода структурно-параметрического синтеза

На основе представленных методик были разработаны алгоритмы проведения прямого параметрического синтеза и структурно-параметрического синтеза ТПЭЛ-структур, реализованные в программных продуктах LeCAP и IDECSoft соответственно.

Средства автоматизированного проектирования ТПЭЛ-индикаторов

Программа LECap (рис. 4) выполнена в виде исполняемого файла, который запускается из операционной системы.

Программа работает непосредственно с пользователем, устанавливая необходимые связи для проведения расчета.

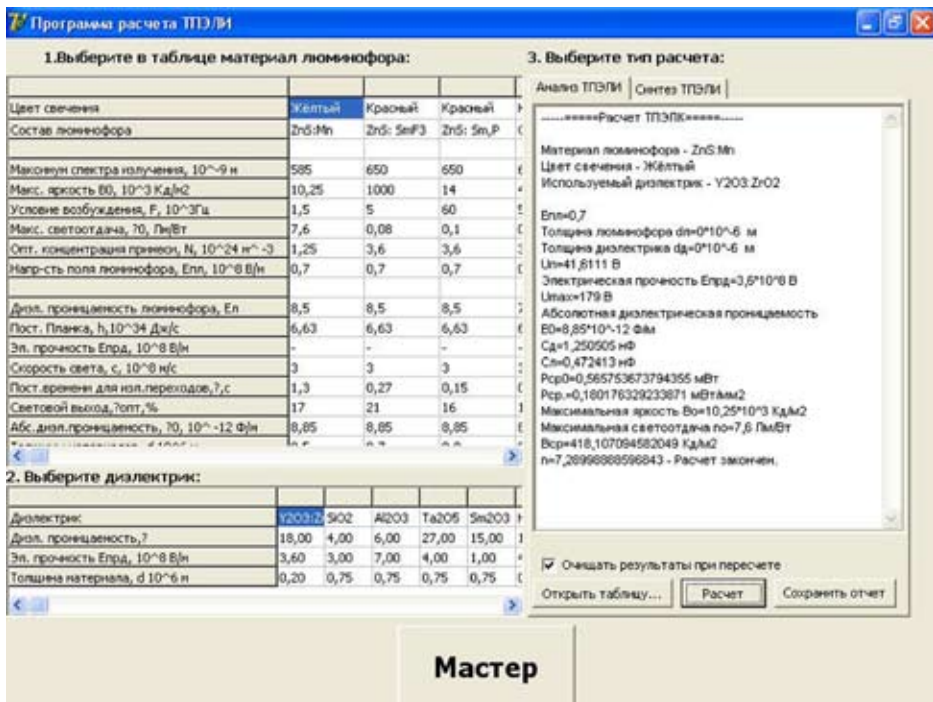


Рис. 4. Интерфейс программы LECap в режиме одновариантного расчета

При запуске исполняемого файла LECap.exe на экране монитора появляется окно, представленное на рисунке 4. Окно программы разделено на четыре функциональных области:

1. Область выбора материала люминофора из таблицы. Эта область содержит значения параметров материалов люминофоров, необходимых для расчета электрических и светотехнических характеристик ТПЭЛ-индикатора. Данные в этой области окна представлены в табличном виде.

2. Область выбора материала диэлектрика из таблицы. Содержит значения параметров диэлектриков.

3. Область расчета. Данная область содержит две вкладки: «Анализ ТПЭЛИ» и «Синтез ТПЭЛИ». В зависимости от того, какая вкладка активирована, осуществляется синтез или анализ ТПЭЛ-индикатора.

Ниже расчетного окна с вкладками находится панель команд, включающая в себя следующие кнопки:

1. Открыть таблицу. Данная кнопка предназначена для манипуляции таблицами в случае, когда их будет несколько. В данной версии программы таблиц всего две, это обусловлено ограничением доступа к информации о параметрах материалов люминофоров различных цветов свечения и достаточно небольшой их номенклатурой.

2. «Расчет». Позволяет осуществлять автоматизированный расчет электрических и светотехнических параметров ТПЭЛ-индикатора.

3. «Сохранить». Осуществляет сохранение результатов проектирования в формате *.txt.

Окошко для установки флажка «Очистить результаты при пересчете» позволяет проектировщику сохранить в один файл одно или несколько проектных решений, в зависимости от необходимости.

Кроме представленного средства автоматизированного проектирования ТПЭЛ-индикатора была разработана программа IDECSOft (рис. 5), написанная на языке Object Pascal в среде Delphi 7. Программа создана в виде исполняемого файла, который также запускается из операционной системы.

Окно программы разделено на три области:

Область управления проектом, представляющая собой набор функциональных кнопок (их наименования: «Задать параметры расчета», «Редактировать параметры», «Расчет», «Сохранить отчет», «Маршрутная карта»), задействованных на всех этапах проектирования ТПЭЛ-индикатора.

Область «Исходные данные» отображает входные параметры, необходимые для расчета конструкции ТПЭЛ-структуры.

Область расчета отображает выходные данные по спроектированному устройству, в том числе значения толщин слоев люминофоров и диэлектриков, пороговое и максимальное напряжение, а также ряд светотехнических параметров ТПЭЛ-индикатора.

Разработанный программный продукт позволяет спроектировать индикаторное устройство по выбранным оператором параметрам расчета. Задание на проектирование можно реализовать как в режиме «Мастер», так и в результирующем окне технического задания.

Кнопка «Расчет» осуществляет структурный и параметрический синтез конструкции ТПЭЛ-индикатора.

Результаты вычислений представляются на главной странице программы и в отдельном окне в виде отчета, который можно сохранить в формате pdf или сразу распечатать.

В состав программного продукта входит модуль TFEL ARSM, вызываемый через главное меню программы – подменю «Инструменты». Модуль позволяет проводить исследование конструкций ТПЭЛ-индикаторов. Интерфейс модуля содержит область выбора материала люминофора и диэлектрика, область задания параметров конструкции и исследования и расчетную область, где отображаются результаты вычислений. Подробная работа модуля описана в [5].

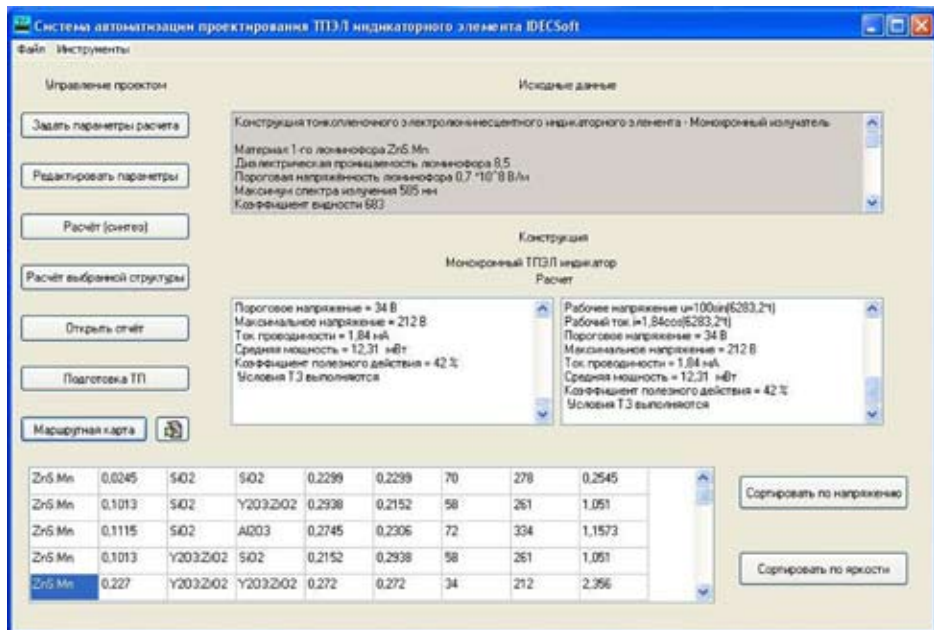


Рис. 5. Интерфейс программы IDECSOFT после выполнения вычислений

Модуль «Таблица материалов», также вызываемый через подменю «Инструменты», содержит две вкладки с таблицами свойств и параметров материалов люминофоров и диэлектриков. Таблицы komponуются по составленным базам данных, управляемым СУБД на основе Paradox.

Заключение

Представленные методики и разработанные на их основе программные продукты обеспечивают автоматизацию проектирования ТПЭЛ-индикаторов и расчетов основных функциональных характеристик и параметров. Полученные в результате выполнения данной работы выводы и результаты могут быть использованы в лабораториях и конструкторских бюро, занимающихся проектированием и исследованием электролюминесцентных источников излучения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Евсевичев Д.А., Максимова О.В. САПР тонкопленочных электролюминесцентных индикаторов // Вестник МГОУ. Сер. «Физика – математика». – М. : МГОУ, 2012. – № 2. – С. 131–135.
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 института). – СПб. :

Санкт-Петербургский государственный технологический институт, 2011. – № 10 (36)/2011. – С. 99–104.

3. Максимова О.В., Самохвалов М.К. Разработка методов анализа и синтеза тонкопленочных электролюминесцентных элементов в индикаторных устройствах. – Ульяновск : УлГТУ, 2010. – 101 с.

4. Евсевичев Д.А., Максимова О.В., Самохвалов М.К. Решение задач автоматизированного проектирования тонкопленочных электролюминесцентных индикаторов // Автоматизация процессов управления. – 2013. – № 3. – С. 69–74.

5. Евсевичев Д.А., Самохвалов М.К. Автоматизация исследования материалов люминофоров и диэлектриков в тонкопленочных электролюминесцентных индикаторах // Автоматизация в промышленности. – М. : ИнфоАвтоматизация, 2011. – № 9. – С. 55–57.