

echo signal becomes zero in case of mutually orthogonal circular polarizations of laser excitation pulses and it obtains its maximum value in case of their mutually perpendicular linear polarizations.

All the temporal and polarization properties of collision-induced photon echo are obtained in the framework of the model of the atomic elastic depolarizing collisions.

Key words: photon echo, collision-induced echo, polarization properties of photon echo.

УДК 621.382

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САПР ТОНКОПЛОСКОСТНЫХ ЭЛЕКТРОЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ ИНДИКАТОРОВ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ СИНТЕЗА КОНСТРУКЦИЙ

О.В. Максимова, М.К. Самохвалов

*Ульяновский государственный технический университет (УлГТУ)
432027, г. Ульяновск, ул. Северный Венец, д. 32*

Аннотация: Проведены исследования и расчеты светотехнических характеристик тонкопленочных электролюминесцентных конденсаторов. Основные характеристики индикаторных приборов определяются ударным возбуждением активаторных центров с последующей излучательной релаксацией. Приведенные соотношения были адаптированы для разработки системы автоматизированного проектирования тонкопленочных электролюминесцентных индикаторов. Произведена оценка влияния на светотехнические характеристики конструктивных параметров. Физические процессы, определяющие работу тонкопленочных электролюминесцентных излучателей, изучены достаточно, что позволяет разрабатывать и производить различные индикаторы и дисплеи.

Ключевые слова: тонкопленочный индикатор, яркость, светоотдача, люминофор, активаторные центры, электролюминесценция.

Введение

Для создания системы автоматизации проектирования (САПР) тонкопленочных электролюминесцентных (ТПЭЛ) индикаторных устройств необходимо оценить влияние конструктивных параметров на светотехнические характеристики. Данная потребность вызвана тем, что при разработке ТПЭЛ индикатора параметры яркость, цвет свечения индикатора и контрастность являются критериями технического задания на проектирование, т.е. к этим параметрам предъявляют высокие требования при разработке конструкций ТПЭЛ средств отображения информации. Для формирования математического обеспечения САПР ТПЭЛ устройств необходимо получить аналитические уравнения зависимости светотехнических характеристик от конструктивно-технологических факторов.

Влияние конструктивных параметров на яркость ТПЭЛ устройств

Цвет свечения тонкопленочных электролюминесцентных источников излучения, так же как у порошковых излучателей зависит от материала основы люминофора, природы и концентрации активаторов, условий возбуждения электролюминесценции. При выборе активаторной примеси желательно, чтобы она образовывала центры свечения,

излучающие в видимом диапазоне, обладающие высокой эффективностью свечения, хорошо растворяющиеся в материале основы и изовалентные или нейтральные по отношению к основному веществу. Лучшими спектральными характеристиками обладают излучатели, в которых в качестве люминофора использован сульфид цинка, легированный марганцем или фторидами редкоземельных элементов, где люминесценция носит внутрицентральной характер. Для получения излучения желтого цвета применяют легирование марганцем, зеленого цвета - фторидом самария, голубого - фторидом тулия или церия, белого - фторидом празеодима и др. [1-3]. Яркость излучения марганцевых центров выше, но спектральные характеристики примесей редкоземельных металлов более узкие. Большая ширина полосы излучения марганца в спектре связана с тем, что взаимодействие его ионов с решеткой сульфида цинка сильнее, чем у ионов редкоземельных металлов.

В сильном электрическом поле в пленке люминофора возникают свободные носители заряда, которые, ускоряясь в электрическом поле, приобретают энергию, рассеиваемую в слоях люминофора и диэлектрика. Часть энергии ускоренных электронов передается активаторным центрам, переводя их в возбужденное состояние. При возвращении активаторных центров из возбужденного в основное состояние происходит выделение энергии в виде излучения света. И одной из основных задач исследований и разработок тонкопленочных электролюминесцентных индикаторов (ТПЭЛИ) является задача повышение эффективности преобразования электрической энергии в световое излучение. Одним из путей решения этой задачи является изучение влияния конструктивных параметров ТПЭЛИ на их светотехнические характеристики.

В установившихся режимах возбуждения ТПЭЛИ переменным напряжением поляризационный заряд, напряженность электрического поля, ток, рассеиваемая мощность изменяются одинаковым образом в течение каждого периода, поэтому ряд характеристик являются взаимосвязанными друг с другом и могут быть выражены с помощью усредненных за период значений параметров.

Кинетические характеристики для яркости излучения определяются скоростями возбуждения и спада люминесценции. Время нарастания свечения обуславливается скоростью возбуждения активаторов, которая зависит от интенсивности вынуждающего сигнала - плотности тока и напряженности поля и составляет от 1-2 до 10-20 мкс. Длительность спада излучения определяется временем релаксации активаторов из возбужденного состояния, излучательных и безызлучательных, которое зависит от типа активатора, его концентрации, наличия других примесей и структурных дефектов. При относительно малых концентрациях примеси спад носит экспоненциальный характер, постоянная времени для разных активаторов имеет значение от 50 мкс до 1,3 мс.

Основным механизмом возбуждения активаторных центров является ударная ионизация, поэтому в качестве исходного рассмотрим уравнение кинетики изменение концентрации возбужденных активаторных центров свечения, связывающее скорость изменения плотности возбужденных активаторов со скоростью возбуждения и скоростью излучательных переходов активаторных центров в основное состояние [4]:

$$\frac{dN^*}{dt} = \frac{\sigma}{e} j_{\text{эл}} (N - N^*) - \frac{N^*}{\tau_r} \quad (1)$$

где N — концентрация центров свечения; N^* — концентрация возбужденных центров; τ_r — постоянная времени для излучательных переходов, соответствующая основной (рабо-

чей длине) волны; σ – сечение столкновения; $j_{ал}$ – ток проводимости в слое люминофора.

При возбуждении ТПЭЛИ переменным напряжением в установившемся режиме число центров, переходящих за период в возбужденное состояние, равно числу центров, возвращающихся в основное состояние. Число центров свечения, возбуждаемых за период, определяется числом взаимодействий ускоренных носителей заряда с центрами, которые находятся в основном состоянии:

$$\int_0^{T_0} \frac{\sigma}{e} j_{ал}(t)(N - N^*)dt = \frac{\sigma}{e} \left(N \int_0^{T_0} j_{ал}(t)dt - \int_0^{T_0} j_{ал}(t)dt N^*(t)dt \right) =$$

$$= \frac{\sigma}{e} N Q_{лT_0} \left(1 - \frac{1}{Q_{лT_0}} \int_0^{T_0} j_{ал} \frac{N^*(t)}{N} dt \right) \quad (2)$$

где $Q_{лT_0}$ – заряд, проходящий через слой люминофора за период изменения возбуждающего напряжения.

Следовательно, увеличение плотности возбужденных центров свечения ведет к уменьшению скорости возбуждения.

Число центров свечения, перешедших за период из возбужденного в основное состояние, определяется скоростью излучательных переходов:

$$\int_0^{T_0} \frac{N^*(t)}{\tau_r} dt = \frac{1}{\eta_e d_{л}} \int_0^{T_0} B(t)dt = \frac{B_{cp} T_0}{\eta_e d_{л}} \quad (3)$$

где B_{cp} – средняя яркость свечения ТПЭЛИ за период возбуждения; $B(t)$ – мгновенная яркость свечения ТПЭЛИ; $\eta_e = \eta_{онм} \cdot K_{\lambda} h c/\lambda$, $\eta_{онм}$ – оптический выход, зависящий от показателя преломления люминофора; h – постоянная Планка; c – скорость света; K_{λ} – коэффициент видности, зависящий от спектра излучения люминофора; λ – максимум спектра излучения люминофора.

При введении в рассмотрение величины средней яркости использован закон Тальбота [5], согласно которому при любой частоте, обеспечивающей слияние мельканий, т.е. при $f=20-30$ Гц, эффективная (кажущаяся) яркость мерцающего источника света с периодическим изменением интенсивности равна его средней яркости за период изменения:

$$B_{cp} = \frac{1}{T_0} \int_0^{T_0} B(t)dt \quad (4)$$

Объединяя выражения (1) и (2), можно получить уравнение для средней яркости, показывающее ее зависимость от условий возбуждения и свойств тонкопленочной структуры:

$$B_{cp} = \frac{\eta_e d_{л} \sigma}{T_0 e} N Q_{лT_0} \left(1 - \frac{1}{Q_{лT_0}} \int_0^{T_0} j_{ал}(t) \frac{N^*(t)}{N} dt \right) \quad (5)$$

Таким образом, яркость излучения ТПЭЛИ зависит от таких его параметров, как $d_{л}$, η_e , σ , N и ее значения можно задавать с помощью подбора материала и выбора конструкции ТПЭЛИ.

Влияние конструктивных параметров на светоотдачу ТПЭЛ устройств

Эффективность процессов преобразования электрической энергии в световое излучение характеризуется коэффициентом светоотдачи тонкопленочного электролюминесцентного излучателя, определяемого как отношение излучаемого светового потока к потребляемой активной мощности [6-9]:

$$\eta = L / P \quad (6)$$

Для электролюминесцентных конденсаторов на основе сульфида цинка, легированного марганцем, этот параметр может достигать значений 10-12 лм/Вт, однако в силу ряда причин, обсуждаемых ниже, его величина для большинства тонкопленочных излучателей с различными люминофорами не превосходит 1-5 лм/Вт [10]. Величина светоотдачи зависит от состава и толщины пленки люминофора, параметров диэлектрических слоев, амплитуды, частоты и формы возбуждающего напряжения. Основной задачей при разработке тонкопленочных электролюминесцентных излучателей является повышение светоотдачи, что требует детального изучения физических процессов, лежащих в основе преобразования энергии в тонкопленочных структурах.

Светоотдача тонкопленочных электролюминесцентных излучателей в основном определяется тремя процессами: возбуждением центров свечения ускоренными электронами; излучательными переходами в активаторах; выходом света во внешнюю среду. В связи с этим коэффициент светоотдачи может быть представлен в виде произведения трех соответствующих сомножителей [11]:

$$\eta = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \quad (7)$$

В этой формуле эффективность возбуждения η_1 определяется как отношение плотности возбужденных активаторов к величине рассеиваемой мощности (или к величине заряда, прошедшего через слой люминофора). Эффективность люминесценции η_2 определяется как отношение числа фотонов, возникающих в единице объема люминофора, к плотности возбужденных центров свечения. Оптическая эффективность η_3 определяется как отношение числа фотонов, выходящих во внешнюю среду, к числу фотонов, излучаемых внутри люминофора. Значение этих параметров обуславливается различными эффектами, но являются взаимосвязанными и определяют результирующую величину светоотдачи тонкопленочных электролюминесцентных приборов.

Выход люминесценции определяется соотношением между вероятностями излучательных и безызлучательных переходов возбужденных центров свечения [9,11,12].

Выход излучения во внешнее пространство определяется оптическими потерями на границах раздела пленок в многослойной структуре. Оптические потери включают в себя частичное отражение света на границах раздела сред (Френелевские потери) и ограничение выхода излучения, обусловленное критическим углом полного внутреннего отражения. Френелевские потери на отражение определяются значениями оптических постоянных граничащих сред. Коэффициент выхода с учетом отражения света на границах люминофор-диэлектрик, диэлектрик-электрод, электрод-стекло и стекло-воздух, составляет 0,9 для тонкопленочных структур на основе сульфида цинка. Рассчитанное значение критического угла полного внутреннего отражения для электролюминесцентных конденсаторов на основе сульфида цинка составило $24,5^\circ$. Величина коэффициента

выхода, ограниченного полным внутренним отражением, равняется 0,09. С учетом возможного отражения света от зеркальной поверхности металлического электрода результирующее значение может достигать 0,17. Таким образом, менее 17% возникающего в пленке люминофора светового излучения выходит наружу через стеклянную подложку, тогда как более 83 % светового потока поглощается в подложке и пленках и выходит через торцевые грани подложки [5-9].

Светоотдача ТПЭЛИ определяется как отношение светового потока к рассеиваемой мощности. В работе [4] показано, что электронные процессы в ТПЭЛИ при возбуждении переменным напряжением протекают в квазистационарном режиме, поэтому средняя рассеиваемая мощность определяется как произведение заряда, протекающего через пленку люминофора за период изменения напряжения в люминофоре на величину падения напряжения в слое люминофора. Выражение для светоотдачи ТПЭЛИ можно представить в следующем виде:

$$\begin{aligned} \eta &= \frac{\pi\eta_e d_l \sigma}{U_{пл}} \frac{1}{e} N \left(1 - \frac{1}{Q_{лТ_0}} \int_0^{T_0} j_{ал}(t) \frac{N^*(t)}{N} dt \right) = \\ &= \frac{\pi\eta_e d_l \sigma N}{eU_{пл}} \left(1 - \frac{1}{Q_{лТ_0}} \int_0^{T_0} j_{ал}(t) N^*(t) dt \right) \end{aligned} \quad (8)$$

Обозначим η_0 — максимально достижимую величину светоотдачи:

$$\eta_0 = \pi\eta_e d_l \sigma N / (eU_{пл}) = \pi\eta_e \sigma N / (eE_{пл}) \quad (9)$$

Физический смысл этой величины соответствует значению светоотдачи в ситуации, когда в результате протекания тока проводимости в пленке люминофора производится возбуждение всех активаторных центров свечения и отсутствует взаимосвязь ускоренных электронов с уже возбужденными центрами.

Обозначим B_0 — максимальную среднюю яркость излучения

$$B_0 = \eta_e d_l N / (F\tau_r), \quad (10)$$

где

$$F = \frac{1}{B_{cp} Q_{лТ_0}} \int_0^{T_0} \eta_e d_l \frac{N^*}{\tau_r} j_{ал} dt = \frac{1}{B_{cp} Q_{лТ_0}} \int_0^{T_0} B(t) j_{ал}(t) dt$$

Физический смысл величины B_0 соответствует значению средней яркости излучения в ситуации, когда за период изменения напряжения возникает излучение, обусловленное переходом в основное состояние всех активаторных центров в пленке люминофора.

С учетом введенных обозначений уравнение (8) принимает вид:

$$\eta = \eta_0 (1 - B_{cp} / B_0) \quad (11)$$

При использовании этого уравнения для анализа зависимости светоотдачи от яркости излучения необходимо учитывать, что ситуации, при которых возможно достижение значений η_0 и B_0 являются практически недостижимыми. Уравнение (8) может применяться лишь для оценки значений этих величин с помощью экстраполяции экс-

периментальных зависимостей [4]. На основе экспериментально определенных значений параметров σ , N , τ и др. С другой стороны с помощью подбора материалов с соответствующими значениями параметров и выбора конструкции можно проектировать прибор с заранее известными характеристиками.

Из определения эффективности возбуждения и выражения (11) можно получить следующее соотношение для средней яркости:

$$V_{\text{cp}} = \left(\frac{1}{B_0} + \frac{\pi}{\eta_0 P_{\text{cp}}} \right)^{-1} = \frac{\eta_0 P_{\text{cp}} B_0}{\eta_0 P_{\text{cp}} + \pi B_0} \quad (12)$$

Следовательно, состояние максимальной яркости излучения $V_{\text{cp}}=B_0$ возможно лишь для бесконечной большой мощности, рассеиваемой в ТПЭЛИ, т.е. является практически недостижимым.

Величина максимальной яркости тонкопленочных электролюминесцентных излучателей зависит как от свойств люминофора и конструктивных параметров светоизлучающей структуры, так и от условий возбуждения. С увеличением приложенного напряжения для вольт - яркостных характеристик наблюдается насыщение яркости. С ростом частоты возбуждающего напряжения, насыщение происходит при меньших его значениях и величина максимальной яркости возрастает. Значение максимальной яркости излучения для тонкопленочных конденсаторов на основе сульфида цинка, легированного марганцем, достигает $3,4 \cdot 10^4$ кд/м². [13]

Рассмотрим влияние толщины слоя люминофора на светотехнические характеристики ТПЭЛИ. Толщина пленки люминофора на основе сульфида цинка изменялась в пределах от 0,2 до 1,5 мкм, параметры диэлектрических пленок составляли – $\epsilon_d=18$, $d_d=0,5$ мкм. Как следует из выражений (9) и (10) максимально достижимые значения яркости B_0 прямо пропорциональны толщине люминесцентного слоя, а η_0 принимая пороговую напряженность электрического поля в люминофоре постоянной для различных значений d_d , не зависит от толщины пленки люминофора.

Проведенный анализ влияния толщины тонкопленочного диэлектрического слоя на величины яркости и светоотдачи позволяет определить значения d_d , необходимые для проектирования надежно работающего ТПЭЛИ с известными значениями светотехнических характеристик, потребляемой мощности, область безопасных для работы прибора напряжений. В данном случае для исследованного ТПЭЛИ можно рекомендовать значения суммарной толщины диэлектрика в пределах $0,4 \div 0,7$ мкм, т.е. толщина каждого из двух диэлектрических слоев будет составлять $0,2 \div 0,35$ мкм.

Также можно добиваться более высоких значений яркости излучения либо, используя диэлектрики с большими значениями диэлектрической проницаемости ($\epsilon_d > 18$), либо с малыми ($\epsilon_d < 12 \div 13$), но первый путь более предпочтителен, т.к. при этом значительно снижаются пороговые и рабочие напряжения, уменьшается нагрузка на диэлектрические слои, что повышает вероятность надежной и устойчивой работы ТПЭЛИ. Поэтому для ТПЭЛИ с люминесцентным слоем на основе сульфида цинка с параметрами структуры $\epsilon_d=8,5$, $d_d=0,6$ мкм, $d_d=0,5$ мкм и $\rho_{\text{од}}=10^{12}$ Ом·м с целью повышения яркости свечения следует использовать диэлектрики со значениями $\epsilon_d > 18$, что хорошо соотносится с рекомендацией использования соотношения $\epsilon_d=(2 \div 3) \cdot \epsilon_d$, предложенной в [14, 15].

С другой стороны в ряде случаев очень важным является использование индикаторов с наибольшими значениями светоотдачи. Для данной структуры значения диэлектрической проницаемости, при которых светоотдача максимальна, в зависимости от условий возбуждения находятся в пределах $12 \div 20$.

Рассмотрим влияние толщины пленки люминофора на светотехнические характеристики ТПЭЛИ при значениях питающего напряжения $U=1,5U_n$ и $U=2U_n$. При анализе зависимости яркости $B(d_n)$ для $U=1,5U_n$ и $U=2U_n$ сделан вывод, что с увеличением толщины пленки люминофора происходит рост значений яркости. Напротив, с увеличением d_n для случаев $U=1,5U_n$ и $U=2U_n$ уменьшение светоотдачи, причем скорость уменьшения светоотдачи с увеличением d_n , замедляется. Следует отметить очень низкие значения яркости при толщинах люминофора менее $0,2$ мкм.

При $U=1,5U_n$ мощности, рассеиваемые в пленках диэлектрика очень малы и практически не влияют на значения светотехнических характеристик в исследуемом диапазоне толщин люминофора. Для напряжений $U=2U_n$ зависимости яркости и светоотдачи, рассчитанные с учетом потерь в диэлектрике, показывают, что при толщинах слоя люминофора свыше $0,6$ мкм происходят рост яркости и снижение светоотдачи по сравнению со значениями, определенными без учета мощности, рассеиваемой в пленке диэлектрика. Оценка значений светотехнических характеристик ТПЭЛИ при толщинах d_n $1,3$ мкм затруднена, т.к. мощность, рассеиваемая в диэлектрических слоях превышает мощность, рассеиваемую в пленке люминофора.

Выводы

1. Проведен теоретический анализ и расчет зависимости светотехнических характеристик тонкопленочных электролюминесцентных конденсаторов от конструктивно-технологических параметров многослойных структур.
2. Полученные аналитические уравнения для яркости и светоотдачи являются математическим обеспечением САПР ТПЭЛИ при решении задачи синтеза конструктивных параметров ТПЭЛ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бараненков, И.В. Перспективы создания плоских панелей дисплеев с полной цветовой гаммой на основе тонкопленочных электролюминесцентных устройств [Текст] / И.В. Бараненков // Зарубежная радиоэлектроника. – 1988. – С. 60 – 67.
2. Kobayashi, H. Multicolor electroluminescent ZnS thin films doped with rare earth fluorides [Текст] / H. Kobayashi, S. Tanaka, V. Shanker et al. // Phys. stat. Sol. (a). – 1985. – v.88. – №2. – P.713 – 720.
3. Suyama, T. Multi-coloring of thin-film electroluminescent device [Текст] / T. Suyama, N. Sawada, K. Okamoto, Y. Namakawa // Jap. J. Appl. Phys. – 1982. – v.21. – Suppl. 21-1. – P. 383 – 387.
4. Самохвалов М.К. Электролюминесцентные процессы в тонкопленочных электролюминесцентных структурах [Текст] / М.К. Самохвалов Дис. докт.физ.-мат. наук.-Ульяновск, 1994.- 315 с.
5. Деркач, В.П. Электролюминесцентные устройства [Текст] / В.П. Деркач, В.М. Корсунский – Киев: Наукова думка, 1968. – 302 с.
6. Самохвалов, М.К. тонкопленочные электролюминесцентные источники излучения [Текст] / М.К. Самохвалов – Ульяновск: УлГТУ, 1999. – 117 с.

7. Самохвалов, М.К. Конструкции и технология тонкопленочных электролюминесцентных индикаторов [Текст] / М.К. Самохвалов – Ульяновск: УлГТУ, 1997. – 56 с.
8. Казанкин, О. И. Прикладная электролюминесценция [Текст] / О.И. Казанкин, И.Я. Лямичев, Ф.В. Соркин; под общ. ред. М.В. Фока. – М.: Советское Радио, 1974. – 414 с.
9. Верещагин, И.К. Электролюминесцентные источники света [Текст] / И.К. Верещагин, Б.А. Ковалев, Л.А. Косяченко, С.М. Кокин – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 168 с.
10. Мозжухин, Д.Д. Тонкопленочные электролюминесцентные индикаторные устройства [Текст] / Д.Д. Мозжухин, И.В. Бараненков // Зарубежная радиоэлектроника. – 1985. – №7. – С. 81 – 94.
11. Muller, G.O. Basics of electron impact-excited luminescence devices [Текст] / G.O. Muller // Phys. stat. Sol. (a). – 1984. – v.81. – P. 597 – 608.
12. Георгобиани, А.Н. Туннельные явления в люминесценции полупроводников [Текст] / А.Н. Георгобиани, П.А. Пипинис – М.: Мир, 1994. – 224 с.
13. Мишин, А.И. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук, Мишин Александр Иванович, Математическое моделирование процессов рассеяния энергии в тонкопленочных электролюминесцентных конденсаторах. Специальность 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ [Текст] / А.И. Мишин. - Ульяновск, 2007. – С.16.
14. Гурин, Н.Т. Взаимосвязь параметров диэлектрических слоев и порогового напряжения ТП ЭЛК [Текст] / Н.Т. Гурин //Электронная техника. Сер.3, Микроэлектроника.- 1990.- В.1 (135).- с.88-90.
15. Проведение теоретических и экспериментальных исследований физических процессов, протекающих в самосканирующих устройствах и микроэлектронных средствах отображения информации. Теоретические и экспериментальные исследования физических процессов в самосканирующих оптоэлектронных устройствах: Отчет о НИР (промежут.) [Текст] /Ульяновский политехн. ин-т; Руководитель Н.Т.Гурин.- №90-02; №ГР 0188.0040947; Инв.02890010701 Ульяновск, 1988. – С.85.

THE MATHEMATICAL TOOLS FOR SOLVING THE SYNTHESIS PROBLEM OF CAD THIN FILM ELECTROLUMINESCENCE INDICATOR

O. Maksimova, M. Samokhvalov

*Ulyanovsk State Technical University
32, Sev. Venec st., Ulyanovsk, 432027, Russia*

Abstract: Investigations and calculations of the lighting characteristics of thin-film electroluminescent indicators are presented. The main characteristics of indicator devices are explained by means impact excitation activator centers with the following light relaxation. These equations have been adapted for the development of CAD system of thin-film electroluminescent indicators. The presented of conspicuous lighting parameters dependence on the structural factors. Physical processes determined the thin-film light emitters work are sufficiently studied, that permits elaboration and production of different indicators and displays.

Keywords: thin film electroluminescence indicator, brightness, luminous efficiency, phosphor, activator centers, electroluminescence.

УДК 621.382

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ ЭЛЕКТРОЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ ИНДИКАТОРОВ НА РЕЖИМЫ ИХ РАБОТЫ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ САПР

О.В. Максимова, М.К. Самохвалов

*Ульяновский государственный технический университет (УлГТУ)
432027, г. Ульяновск, ул. Северный Венец, д. 32*

Аннотация: Тонкопленочные электролюминесцентные структуры, возбуждаемые переменным током, являются перспективными активными плоскими индикаторными приборами, которые имеют ряд достоинств: высокую яркость, малую потребляемую мощность, высокие эффективность и срок службы и т.д. Имеется много публикаций с экспериментальными данными для электролюминесцентных светоизлучающих конденсаторов на основе сульфида цинка с марганцем или фторидами редкоземельных металлов и некоторыми другими люминофорами с различными диэлектрическими пленками. Изучены эффекты генерации носителей заряда и рассеяния энергии в тонкопленочных структурах. Основные характеристики индикаторных приборов определяются поляризационными эффектами, связанными с туннельной перезарядкой ловушек границы раздела люминофор-диэлектрик. Приведенные соотношения были адаптированы для разработки системы автоматизированного проектирования тонкопленочных электролюминесцентных индикаторов. Произведена оценка влияния на электрические характеристики конструктивных параметров.

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

Введение

Тонкопленочные электролюминесцентные индикаторы (ТПЭЛИ) относятся к современным индикаторным устройствам и имеют высокий потенциал применения в качестве средств операторского интерфейса, особенно в специальной технике. Они представляют собой полностью твердотельную конструкцию и имеют высокие эксплуатационные показатели, такие как яркость, надежность, температурная стабильность, быстрое действие, большой угол обзора, радиационная стойкость.

Для создания средств автоматизации проектирования тонкопленочных электролюминесцентных индикаторов была выбрана конструкция, которая является наиболее оптимальной для обеспечения высоких эксплуатационных показателей.