СОВРЕМЕННЫЕ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ УСТРОЙСТВА ИНДИКАЦИИ. II часть.

Ю. К. Худенский, А. И. Бых, Л. В. Воевода, Ф. Я. Евсеев

Харьков

Создание плоских отображающих экранов с хорошими светотехническими характеристиками является весьма актуальной задачей для многих областей техники: радиолокации, телевидения, автоматики и вычислительной техники, космонавтики и т. д. Особенно удобны при воспроизведении изображений, первоначально заданных в цифровой форме, матричные экраны, выполненные из большого количества дискретных элементов, имеющих индивидуальное управление, и представляющие собой универсальные индикаторные устройства, подобные ЭЛТ [1, 2]. Наиболее перспективными для построения матричных экранов следует считать индикаторы, обладающие памятью.

Наряду с широко распространенными средствами (лампочки накаливания, газоразрядные приборы, порошковые и тонкопленочные электролюминесцентные слои), с помощью которых создаются матричные экраны, в некоторых устройствах, находящихся в стадии разработки, будут применены световые диоды, элементы с ионизированным газом (плазменные панели) и различные электрохимические методы.

Существует несколько направлений разработки электрохимических индикаторных устройств: электроосаждение ионов металла на прозрачный катод, применение композиций, изменяющих свой цвет при изменении в них концентрации водородных ионов (при возбуждении ультрафиолетовым излучением и без него), а также методы, описанные в работе [3]. Одним из перспективных методов индикации следует считать применение электрохемилюминесцентных (ЭХЛ) индикаторов.

Целью данной работы является предварительная оценка яркостей ЭХЛ для различных длительностей и типов возбуждающих электрических импульсов, исследование возможности использования явления ЭХЛ для создания матричных экранов [5], а также проверка справедливости выводов ряда авторов [4, 6, 7] при исследовании кинетики ЭХЛ с использованием теоретических предпосылок Фельдберга [4] для различных длительностей задающих импульсов.

Фельдбергом проведены расчеты интенсивности свечения ЭХЛ в функции времени, тока и кинетических параметров для реакций, происходящих по бирадикальному механизму, и контролируемых диффузией, на основании чего в работе [6] получена полуэмпирическая формула

$$\log_{10}(Ptu^{1/2}) = 1{,}45\left(\frac{t-t_u}{t_u}\right)^{1/2} + C, \qquad (1)$$

где P — выход схемы фотометрирования;

t_u — длительность импульса возбуждения;

t — текущая ордината времени;

c — постоянная.

Длительности импульсов возбуждения, теоретически обоснованные в работе [4], с учетом радикально-ионного механизма ЭХЛ, контролируемой диффузией ион-радикалов в электролите, должны быть больше 10^{-3} *сек*.

Уравнение (1) справедливо для прямой генерации синглетов или косвенной — посредством триплет — триплетной аннигиляции при условии, что

$$K_1 C_1 \, t_и \geqslant 10^3; \; t_и \geqslant 10^{-3} \; сек; \; \left(\frac{t - t_и}{t_и}\right)^{1/2} > 0{,}4,$$

где k_1 — константа скорости ЭХЛ реакции, контролируемой диффузией (10^3—$10''$ $м \cdot л^{-1} \cdot сек^{-1}$);

c_1 — концентрация электрофлора в растворах ($10^{-1} \div 10^{-5}$ $м \cdot л^{-1}$). Расчеты [6] показали, что если

$$\left(\frac{t - t_и}{t_и}\right)^{1/2} < 0{,}4,$$

зависимость

$$\lg (P \cdot t_и^{1/2}) = f\left(\frac{t - t_и}{t_и}\right)^{1/2}$$

изображается не прямой, а вогнутой линией. В работе [6] показана справедливость линейной зависимости Фельдберга для

$$t_и = 0{,}33—13{,}5 \; сек.$$

Эксперименты проводились на стеклянной ячейке с двумя платиновыми проволочными электродами диаметром 1 *мм*, расстоянием между ними 1 *мм* и глубиной погружения 15 *мм*. Ячейка заполнялась электрофлорной композицией, представляющей собой растворы хризена ($C = 5 \cdot 10^{-3}$ $м \cdot л^{-1}$) в диметилформамиде с перхлоратом — ТБА в качестве электролита ($C = 0{,}04N$). Световой сигнал ЭХЛ подавался на ФЭУ-18 с фотометрической схемой и двухлучевым осциллографом С1-16 на выходе. На электроды подавались разнополярные импульсы напряжения.

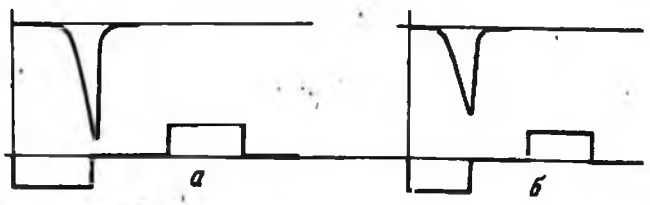


Рис. 1.

На рис. 1 представлены осциллограммы: верхние — сигналов ЭХЛ, нижние — задающих импульсных напряжений с параметрами

а) $t_и = 20$ *мсек*; $f = 25$ *гц*; $U_m = 26$ *в*;

б) $t_и = 15$ *мсек*; $f = 25$ *гц*; $U_m = 26$ *в*.

Как видно из рис. 1, в исследуемом режиме разгорание свечения ЭХЛ характеризуется значительным временем запаздывания, равным $\approx 1/2 \, t_и$. Изучение полученных осциллограмм показало, что уменьшение длительностей задающих импульсов до предельных значений, указанных в работах [4, 6, 7], приводит к резкому умеиьшению амплитуды светового сигнала. Для $t_и < 15$ *м сек* световой сигнал становился соизмеримым со средним уровнем шумов ФЭУ в используемом режиме ($U_- = 900$*в*). По формуле (1) были обработаны участки разгорания ЭХЛ

на осциллограммах *а* и *б* (рис. 1). Коэффициенты наклона прямой зависимости $\lg(Pt_u^{1/2})$ в функции $\left(\frac{t-t_u}{t_u}\right)^{1/2}$ оказались в обоих случаях практически постоянными и равными соответственно 1,85 и 1,5 (рис. 2). Незначительные отклонения от линейности, имеющие место в начальном и конечном участках кривой разгорания ЭХЛ, как предполагается в работе [7], могут быть связаны с действием тушащих примесей в растворе.

С целью исследования возможности создания матричных экранов на электрофлорных композициях была предпринята попытка получить ЭХЛ при длительностях возбуждающих импульсов на три порядка ниже

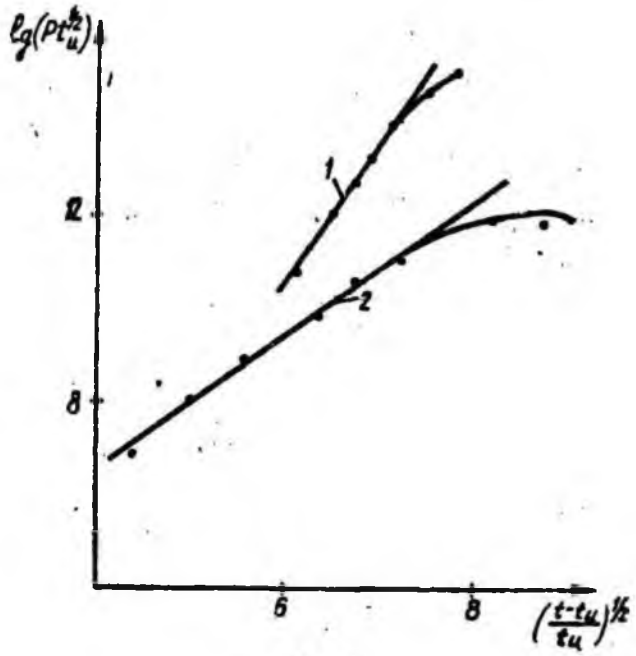


Рис. 2.

указанных в работах [4, 6, 7]. Предполагалось, что предварительная поляризация электродов потенциалами, приводящими к частичной ионизации ароматических люминесцирующих молекул, увеличит их концентрацию на электроде в молекулярной и ионной форме, благодаря чему должно уменьшиться время запаздывания и возрасти световыход ЭХЛ при возбуждении короткими импульсами. Эксперименты проводились на аналогичной ячейке, но с тремя электродами: два запитывались от генератора прямоугольных импульсов, третий и один из рабочих электродов использовались для подачи поляризующего напряжения. Возбуждение ЭХЛ проводилось униполярными положительными импульсами при подаче поляризующего напряжения минусом на рабочий электрод.

Оптимальный по яркости режим ЭХЛ был достигнут при $t_u = 35$ *мксек*, $f = 40$ *гц*, $U_m = 20$ *в* и поляризующем напряжении 6,3 *в* (рис. 3 а). Амплитуда светового сигнала на выходе ФЭУ-18 при $R_н = 5 \cdot 10^3$ *ом* составила 3,5 *в*. Из геометрии опыта: расстояние до катода ФЭУ — 20 *мм*, размеры электрода и интегральная чувствительность ФЭУ-18 известны, размер входной щели — 0,5 *мм* × 10 *мм* можно рас-

считать максимальную яркость ЭХЛ — 30 *нт*. При дальнейшем уменьшении длительности возбуждающего импульса длительность нарастания светового импульса также уменьшалась, но амплитуда резко снижалась. При $t_u = 5$ *мксек* она всего в три раза превышала уровень собственных шумов ФЭУ. При раздельной подаче возбуждающих импульсов и поляризующего напряжения ЭХЛ не наблюдалось, т. е. ЭХЛ обладает нелинейной вольт-люксовой характеристикой.

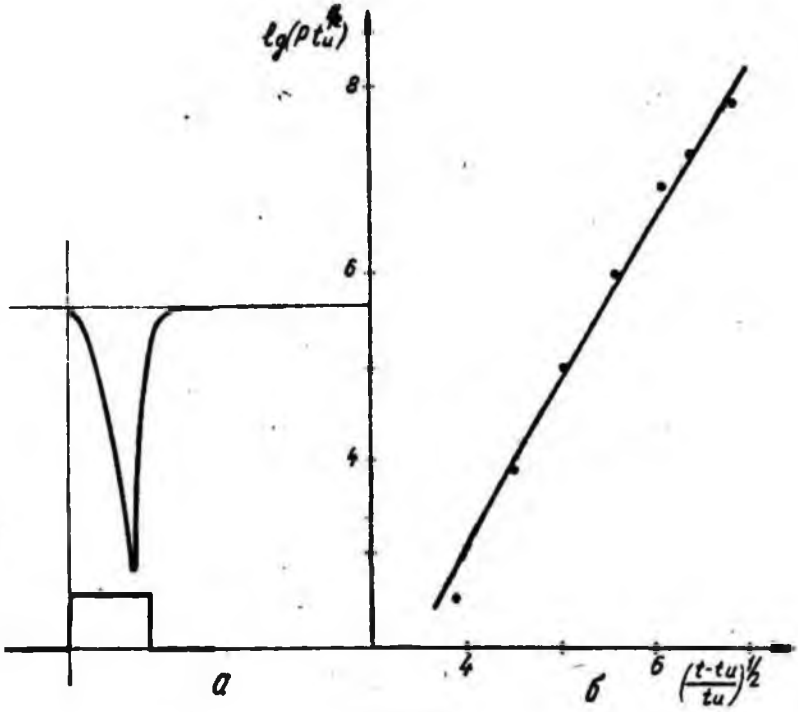


Рис. 3.

Как показывает расчет, в этом случае наблюдается линейная зависимость

$$\lg\left(Pt_u^{1/2}\right) = f\left(\frac{t - t_u}{t_u}\right)^{1/2}$$

на протяжении всего времени разгорания ЭХЛ, а коэффициент пропорциональности $K \approx 1{,}0$ рис. 3 б, тогда, как следует из формулы (1), предельное значение K равно 1,45.

Рассмотрим несколько подробнее возможности электрохемилюминесцентных матричных экранов с точки зрения одного из наиболее важных параметров — яркости. Известно, что в зависимости от условий внешнего освещения требования к яркости экранов различны. Так, в затемненном помещении достаточно иметь яркость 0,1 — единицы *нт*, в то время как при неярком искусственном освещении необходимо иметь $B = 15 \div 30$ *нт*. Известно, что изображение на матричном экране высвечивается поэлементно. Тогда, если количество элементов, на которое разбивается сканируемое изображение, обозначить через M, время возбуждения одного элемента в течение одного кадра равно

$$t_э \leq \frac{T}{M}, \qquad (2)$$

где T — период развертки кадра.

Будем считать, что затягивание фронта нарастания импульса ЭХЛ полностью компенсируется послесвечением, а послесвечение ЭХЛ намного меньше инерции газа. Тогда для удобства расчетов можно принять, что высвечивание происходит полностью за время действия возбуждающего импульса. Так же, как в электролюминесцентных матричных экранах [2], будем рассматривать каждый элемент ЭХЛ экрана как источник переменной яркости. Согласно закону Тальбота, для частот, обеспечивающих слияние мельканий изображения, эффективная яркость источника равна

$$B_{эф} = B \cdot \frac{t_и}{T}, \qquad (3)$$

где B — средняя яркость за время $t_и$, равная среднему значению яркости за время действия импульса.

Из (2) и (3)

$$B_{эф} = \frac{B}{M}.$$

В нашем случае $B = 30$ *нт*.

Отсюда видно, что яркость изображений на матричном экране при телевизионной развертке, когда M составляет свыше полумиллиона элементов разложения, очень мала и недостаточна даже для наблюдения в затемненном помещении. При использовании развертки типа осциллографической, когда количество элементов разложения сравнительно невелико (десятки — сотни), эффективная яркость полученного изображения достаточна для наблюдения в условиях низкой освещенности (50—100 *нт*).

ВЫВОДЫ

1. На участках разгорания и затухания сигналов ЭХЛ для режимов возбуждения, указанных в работах [4, 6, 7], выполняется зависимость интенсивности свечения от времени, рассчитанная Фельдбергом, т. е. в области длительностей возбуждающих импульсов ($>10^{-3}$ *сек*) механизм ЭХЛ является рекомбинационным.

2. Режим работы с предварительной поляризацией рабочего электрода позволяет генерировать световые импульсы ЭХЛ без запаздывания, с более высокими яркостями и в области длительностей возбуждающих импульсов выше $5 \cdot 10^{-6}$ *сек*.

Можно также предположить, что свечение ЭХЛ в этой области длительностей возбуждающих импульсов определяется не диффузионным механизмом, а переносом электрона между ион-радикалами в растворе, в связи с чем K может быть $<1{,}45$.

3. Явление ЭХЛ может быть использовано для создания матричных экранов, воспроизводящих сравнительно простые, медленно изменяющиеся изображения (например, вывод информации из ЦВМ).

ЛИТЕРАТУРА

1. Г. Пул. Основные методы и системы индикации (перевод с английского). Изд-во «Энергия», Л., 1969.

2. В. П. Деркач, В. М. Корсунский. Электролюминесцентные устройства. Изд-во «Наукова думка», Киев, 1968.

3. И. Ф. Огороднейчук, Ю. К. Худенский, А. И. Бых. Современные электрохимические устройства индикации. I часть. Сб. «Приборы и системы автоматики», вып. 15. Изд-во ХГУ, Харьков, 1970.