

ПЛЕНОЧНЫЕ ОПТОЭЛЕКТРОННЫЕ УСТРОЙСТВА И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ*

Б. Л. АНТИПОВ, О. А. ИЗУМРУДОВ, В. В. ПАСЫНКОВ, Г. А. САВЕЛЬЕВ

Кафедра диэлектриков и полупроводников Ленинградского ордена Ленина
электротехнического института имени В. И. Ульянова (Ленина)

Поступило: 15 сентября 1977 г.

Представлено А. Амбрози

1. Введение

В основе работы оптоэлектронных устройств (ОЭУ) лежат процессы преобразования электрических сигналов в световые и световых в электрические.

Основными элементами ОЭУ являются электрически управляемые источники света (ИС) и фотоприемники (ФП), оптически и конструктивно связанные друг с другом.

Использование для переноса информации электрически нейтральных фотонов обуславливает ряд преимуществ ОЭУ по сравнению с приборами с чисто электрической передачей и обработкой сигналов. Основными достоинствами ОЭУ являются высокая помехозащищенность и возможность получения надежной гальванической развязки входа и выхода за счет оптических связей. Функциональные возможности и характеристики этих устройств зависят от параметров и способа соединений использованных в них ИС и ФП.

В настоящее время наибольшее распространение имеют ОЭУ, в которых в качестве ИС используются инжекционные светодиоды, а функцию ФП выполняют фотодиоды или фототранзисторы. В таких устройствах может быть получено высокое быстродействие, достигающее $10^{-8} \div 10^{-9}$ с.

Меньшее распространение пока получили пленочные ОЭУ, быстродействие которых не превышает 10^{-3} с. Однако, пленочные устройства по сравнению с устройствами на $p-n$ переходах обладают существенным преимуществом — они могут иметь большие рабочие поверхности ФП и ИС практически любой конфигурации при достаточно высоком разрешении — до 1000 линий на миллиметр. Это позволяет создавать ОЭУ повышенной функциональности с последовательной и параллельной обработкой информации и отображать меняющуюся во времени информацию на плоских экранах-индикаторах в удобной для визуального восприятия форме. К преимуществам пленочных устройств можно также отнести относительную простоту изготовления и низкую стоимость исходных материалов.

* По докладу, прочитанному 29-го октября 1975 г. на Кафедре электронной технологии БТУ.

По типу функциональных связей, существующих между ИС и ФП (рис. 1), ОЭУ можно разделить на 4 группы:

1. Устройства, осуществляющие преобразование оптического сигнала (ОЭУ типа «свет-свет»). К ним относятся усилители света, преобразователи спектра, стабилизаторы световых потоков.

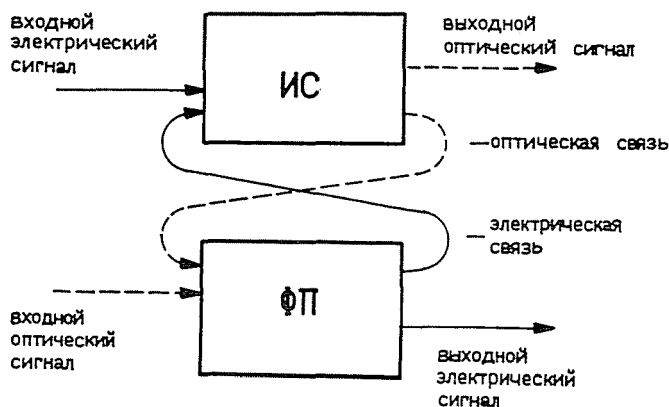


Рис. 1. Схема связей между ИС и ФП в ОЭУ

2. Устройства, осуществляющие преобразование электрического сигнала в оптические (ОЭУ типа «электрический сигнал-свет»). К ним относятся различные устройства визуального отображения информации (управляемые цифровые и знаковые индикаторы, мнемосхемы, экраны) и визуальные аналоговые приборы (частотомеры, индикаторы напряжения, тока и т. п.).

3. Устройства, осуществляющие преобразование оптического сигнала в электрический (ОЭУ типа «свет-электрический сигнал»). К ним относятся твердотельные датчики видеосигнала (сканисторы), управляемые фоторезисторы и оптоэлектронные ключи.

4. Устройства, осуществляющие преобразование электрических сигналов (усилители мощности, релаксационные генераторы, дешифраторы, модуляторы и т. п.).

Технические характеристики всех ОЭУ во многом определяются параметрами использованных в них ИС и ФП.

2. Пленочные твердотельные источники света

Принцип действия пленочных твердотельных ИС основан на использовании явления предпробойной электролюминесценции. Этот вид электролюминесценции наблюдается во многих полупроводниковых веществах, одна-

ко наибольшая эффективность получена в сульфиде цинка, активированном медью или марганцем.

Наибольшее применение на практике получили порошковые электролюминесцентные (ЭЛ) излучатели, работающие на переменном напряжении повышенной частоты. Такой ИС содержит ЭЛ слой, расположенный чаще всего на стеклянной подложке между двумя электродами, по крайней мере один из которых прозрачный. ЭЛ слой представляет собой гетерогенную систему, состоящую из порошка активированного медью ZnS , находящегося во взвешенном состоянии в диэлектрической среде.

Электролюминесценцию на постоянном напряжении можно получить в сульфиде цинка, легированном марганцем. Однако для этого ЭЛ слой должен иметь структуру, обеспечивающую протекание через него постоянного тока. Подобную структуру слоя имеют так называемые ЭЛ пленки, которые получают путем сублимации и осаждения в вакууме активированного ZnS , на нагретую стеклянную подложку [1]. Свечение на постоянном напряжении можно также наблюдать в порошковых слоях, содержащих контактирующие между собой зерна ZnS , сильно легированного медью и марганцем.

Яркость порошковых ЭЛ слоев зависит от напряжения и частоты источника питания, а также от многих технологических факторов. Известно много различных приемов изготовления порошковых ЭЛ слоев — это методы пульверизации, литья, осаждения, накатки и др. [2]. В последние годы предпочтение стало отдаваться методам, позволяющим получать тонкие однородные слои с высокой концентрацией люминофора в слое. К числу наиболее перспективных относится метод накатки, основанный на механическом внедрении порошка люминофора в адгезивный диэлектрический слой, находящийся в парах растворителя связки [3, 4]. ЭЛ слои, изготовленные этим методом, имеют толщину порядка $6 \div 10$ мкм и обладают значительной яркостью при напряжении $20 \div 30$ В частотой 1 кГц. Наибольшую яркость, достигающую $30 \div 50$ кд/м², имеют ЭЛ слои зеленого цвета свечения (в предпробойном состоянии их яркость достигает $1000 \div 1500$ кд/м²). ЭЛ слои желтого, синего и красного цветов свечения имеют яркость в $2 \div 5$ раз меньшую.

ЭЛ пленки постоянного тока используются при напряжении $20 \div 30$ В. Они имеют желтый цвет свечения, обусловленный марганцевыми центрами электролюминесценции, при этом яркость достигает $20 - 30$ кд/м². Порошковые ЭЛ слои, при одинаковой яркости, потребляют на $2 - 3$ порядка меньшую активную мощность, чем ЭЛ пленки (плотность тока через ЭЛ пленку составляет $(1 \div 3) \cdot 10^3$ А/м²), однако используются при напряжении $100 - 150$ В.

ЭЛ порошковые и пленочные ИС подвержены старению, т. е. в процессе эксплуатации происходит необратимое уменьшение их яркости. Причинами старения являются диффузионные и электрохимические процессы в люминофоре, которые до настоящего времени изучены недостаточно подробно.

Современные порошковые ЭЛ излучатели имеют время полуспада яркости, доходящие до $2 \div 5$ тыс. часов. Срок службы пленочных ЭЛ излучателей при непрерывном возбуждении обычно не превышает $500 \div 1000$ час., но он может быть значительно увеличен при импульсном режиме питания.

3. Пленочные твердотельные приемники излучения

В пленочных ОЭУ в качестве ФП наибольшее применение получили фоторезисторы, в которых используется эффект изменения проводимости полупроводников под действием света. По сравнению с ФП на основе $p-n$ -переходов фоторезисторы обладают большим темновым сопротивлением и высокой фоточувствительностью.

Наибольшую фоточувствительность имеют фоторезисторы на основе соединений A_2B_6 (главным образом CdS и $SdSe$), активированных медью и хлором. Основной способ изготовления таких фоторезисторов — вакуумное испарение соответствующего фоточувствительного соединения с последующей активацией. Меняя состав, можно получить фоторезисторы с максимумом спектральной характеристики, лежащим практически в любой области видимого участка спектра.

Фоточувствительность резисторов зависит от состава смеси, а также от технологических режимов вакуумного испарения и активации. При освещенности 20 лк можно получить уменьшение сопротивления фоторезистора на 3–8 порядков. Темновое сопротивление определяется перечисленными выше технологическими факторами, а также зависит от конструкции фоторезистора. Обычно величина темнового сопротивления лежит в пределах от 10^6 до 10^{10} Ом.

Основной недостаток пленочных твердотельных ФП на основе соединений A_2B_6 — значительная инерционность (постоянная времени изменения фотопроводности обычно составляет 1–30 мс).

4. О технологической совместимости ИС и ФП в пленочном ОЭУ

В ОЭУ фоточувствительные и ЭЛ слои используются совместно, при этом часто они расположены на одной подложке. Поэтому при разработке ОЭУ большое внимание уделяется совмещению технологических процессов изготовления ИС и ФП в едином цикле. Кроме того, в ОЭУ должно быть осуществлено электрическое согласование ИС и ФП по величине импедансов слоев.

В ОЭУ переменного тока применяются порошковые ЭЛ слои. Для согласования с ними необходимы ФП с высокими темновыми сопротивлениями

($10^8 \div 10^{10}$ Ом). Обычно ими являются спеченные слои, полученные на основе порошкообразных сульфида или селенида кадмия, активированных медью и хлором, которые хорошо технологически совмещаются с порошковыми ЭЛ слоями [2]. Однако, такие ОЭУ имеют невысокую разрешающую способность, обусловленную зернистостью как ИС, так и ФП. Для работы такого типа ОЭУ необходимо использовать относительно высокие напряжения питания повышенной частоты.

С этой точки зрения лучшими параметрами обладают ОЭУ постоянного тока, содержащие ЭЛ пленки и фоточувствительные слои, изготовленные вакуумным способом.

Основной трудностью при изготовлении пленочных ОЭУ постоянного тока является обеспечение совместимости технологических режимов изготовления ЭЛ и фоточувствительного слоев на одной подложке. Это связано с тем, что при изготовлении обоих элементов применяется термообработка в существенно различных средах. При этом необходимо выбрать такую последовательность технологических операций и такую конструкцию, которые исключали бы взаимную диффузию материалов и примесей из пленки в пленку, ведущую к изменению их основных параметров.

Исследование взаимного влияния технологических режимов изготовления пленочных элементов постоянного тока показало, что ЭЛ пленки, изготовленные по методике [1], подвергаясь термической обработке, принятой для очувствления фоточувствительных резистивных пленок $\text{CdS}_x\text{Se}_{1-x}(\text{Cu, Cl})$, значительно изменяют свои параметры в сторону ухудшения. Это объясняется взаимодействием основы люминофора и активирующих примесей с остаточным кислородом в атмосфере обжига фоточувствительных пленок. Для предохранения ЭЛ пленок от окисления возможно использование специальных защитных антидиффузионных слоев — окислов и нитридов кремния, обладающих диэлектрическими свойствами. При этом необходимо считаться с соответствующим увеличением рабочего напряжения ЭЛ слоя, что не всегда допустимо. Поэтому более предпочтительным является улучшение технологии нанесения ЭЛ слоя, обеспечивающее получение более совершенной структуры слоя и его оптимальный состав. Этого можно достигнуть, если производить формирование ЭЛ слоя в квазизамкнутом объеме. Влияние режима термообработки на свойства ЭЛ пленок, полученных данным методом, иллюстрируется рис. 2.*

Проводимость ЭЛ пленок, полученных в квазизамкнутом обогреваемом объеме и термообработанных, в $10 \div 100$ раз меньше, чем у пленок, изготовленных по методике [1] и обработанных в тех же условиях; яркость ЭЛ пленок возрастает в $2 \div 10$ раз.

* На рис. 2 и 3 приведены усредненные экспериментальные данные, полученные на 5 образцах. Разброс значений параметров не превышал $\pm 10\%$.

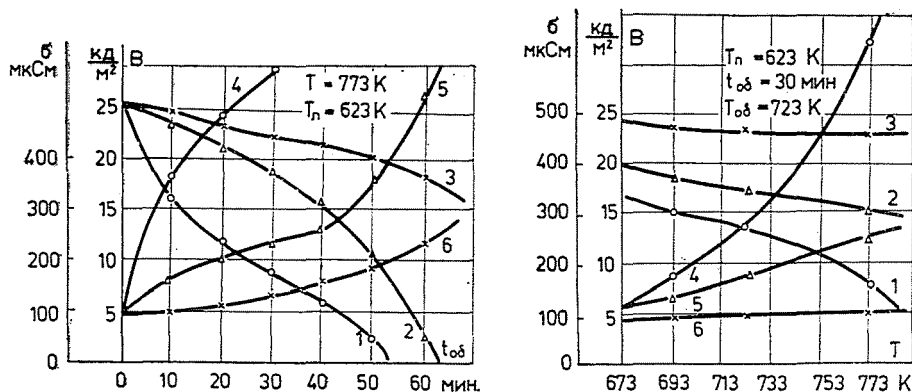


Рис. 2. Зависимости яркости (В) и проводимости (σ) ЭЛ пленок состава ZnS—Mn, Cu, Cl от длительности ($t_{об}$) и температуры (Т) обжига в различных средах: X — форвакуум, $1,5 \cdot 10^{-2}$ мм рт. ст.; Δ — аргон; 0 — воздух; 1, 2, 3 — яркость ЭЛ элементов; 4, 5, 6 — проводимость ЭЛ элементов

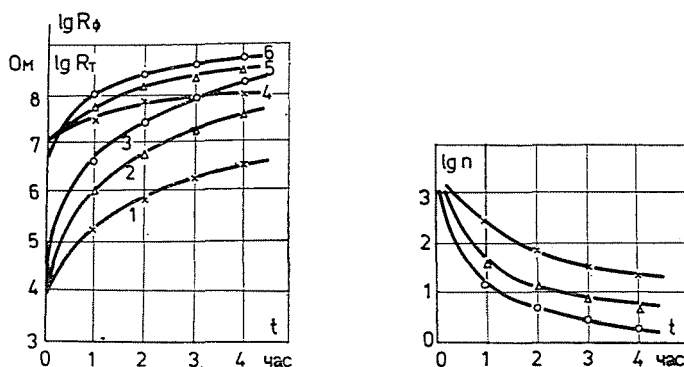


Рис. 3. Зависимости кратности изменения тока ($\ln n$), светового (1, 2, 3) и темного (4, 5, 6) сопротивлений ФР пленок состава $CdS_{0,6}Se_{0,4}$ от температуры (Т) и длительности (t) нагрева в вакууме:

X — T = 475 К; Δ — T = 625 К; O — T = 725 К

Если при изготовлении ОЭУ первым формируется фоторезистивный (ФР) слой, то при последующем нанесении ЭЛ слоя он будет подвергаться воздействию среды и режимов формирования ЭЛ слоя. Изменение параметров ФР слоя (рис. 3) связано с восстановительным действием вакуумной среды. Выбор компромиссных технологических режимов формирования ЭЛ и ФР пленок позволяет обеспечить получение пленочного ОЭУ постоянного тока, основные элементы которого — ЭЛ и ФР слои — сохраняют приемлемые для практических целей параметры.

5. Особенности согласования по импедансам ЭЛ и ФР слоев в ОЭУ

При послойном нанесении функциональных слоев на единую подложку (конструкция типа «сэндвич») и компланарных электродах, ФР слой используется в режиме продольного фотоэффекта. Параметры фоторезистора при продольном фотоэффекте существенно зависят от толщины фоточувствительного слоя, особенно при возбуждении сильно поглощаемым излучением, так как фотопроводимость будет неоднородной по толщине. Наибольшие трудности в согласовании параметров ЭЛ и ФР слоев возникают при их последовательном включении в цепь переменного тока из-за шунтирующего действия емкостной составляющей проводимости ФР слоя. Емкость ЭЛ слоя можно считать неизменной и соответственно заданной, так как она определяется из условия обеспечения минимального рабочего напряжения и максимальной яркости. Таким образом, согласование параметров ЭЛ и ФР слоев в пленочном оптроне происходит главным образом за счет управления параметрами ФР слоя.

Представим эквивалентную схему фотослоя параллельно включенными G_φ и C_φ — соответственно, активной проводимостью и емкостью.

В качестве исходных условий для анализа примем известные зависимости удельной активной проводимости от интенсивности излучения и затухания интенсивности в толще фотослоя:

$$\sigma = \sigma_\tau + \lambda I^z, \quad (1)$$

$$I(z) = I_0 e^{-kz}, \quad (2)$$

- где α — показатель степени люксамперной характеристики;
 λ — коэффициент, характеризующий фоточувствительность;
 I_0 — интенсивность излучения на поверхности слоя;
 k — показатель ослабления лучистой энергии;
 z — координата глубины проникновения излучения. После подстановки (2) в (1) получим

$$\sigma = \sigma_\tau [1 + (n_0 - 1)e^{-zkz}], \quad (3)$$

где $n_0 = 1 + \frac{\lambda I_0}{\sigma_\tau}$ — величина, равная кратности изменения проводимости в приповерхностном слое фотопроводника ($z = 0$).

Зависимость фототока от напряжения будем считать линейной, что справедливо для спеченных и сублимированных слоев фотопроводника с омическими контактами. Диффузионной составляющей фототока, обусловленной неоднородностью освещенности фотослоя, пренебрежем по сравнению с дрейфовой составляющей.

5.1. Режим поперечного фотоэффекта (рис. 4а)

В данном режиме полная проводимость Y_{\perp} между электродами равна сумме проводимостей единичных слоев с толщиной dz , в пределах которой освещенность можно считать постоянной:

$$\dot{Y}_{\perp} = \frac{dx}{dy} \int_0^{h_{\Phi}} \{ [\sigma_{\tau} + (n_0 - 1) \sigma_{\tau} e^{-\alpha kz}] + j\omega \epsilon_0 \epsilon_{\Phi} \} dz. \quad (4)$$

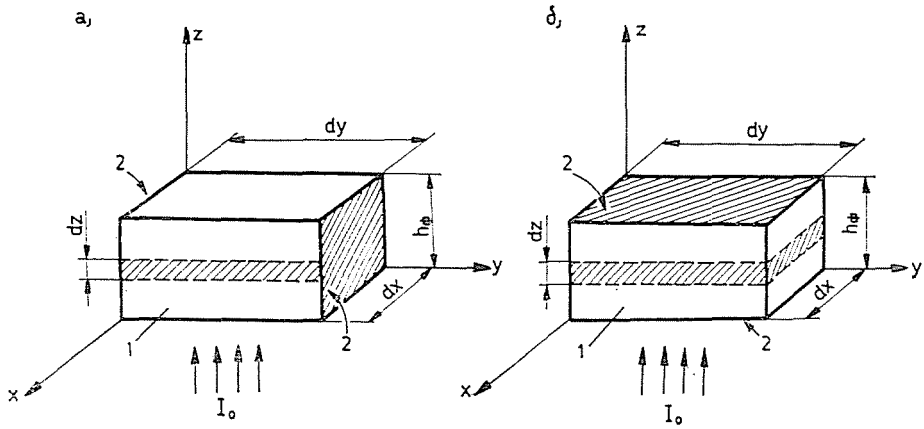


Рис. 4. Схема засветки ФР слоя в режимах поперечной (а) и продольной (б) фотопроводимости

После разделения полной проводимости на активную и реактивную составляющие получим:

$$G_{\perp} = n_{\perp} G_{\tau\perp}; \quad C_{\perp} = C_{\tau\perp}, \quad (5)$$

где $G_{\tau\perp} = \frac{dx}{dy} h_{\Phi} \sigma_{\Phi}$ — темновая активная проводимость фотослоя;

$$C_{\tau\perp} = \frac{dx}{dy} h_{\Phi} \epsilon_0 \epsilon_{\Phi} \text{ — емкость фотослоя;}$$

$n_{\perp} = 1 + \frac{n_0 - 1}{\alpha k h_{\Phi}} (1 - e^{-\alpha k h_{\Phi}})$ — кратность изменения активной составляющей проводимости фотослоя в режиме поперечного фотоэффекта.

Таким образом, в режиме поперечного фотоэффекта активная составляющая проводимости зависит от освещенности и характеристического параметра $\alpha k h_{\Phi}$, в то время как реактивная составляющая проводимости определяется только геометрическими размерами фоторезистора и диэлектрической проницаемостью. Кратность изменения полной проводимости фоторезистора

является комплексной величиной и зависит от частоты:

$$\dot{n}_{\perp} = \frac{\dot{Y}_{\perp}}{\dot{Y}_{\top\perp}} = \frac{G_{\top} n_{\perp} + j\omega C_{\perp}}{G_{\top} + j\omega C_{\perp}} = \frac{n_{\perp} \operatorname{tg} \delta_{\varphi} + j}{\operatorname{tg} \delta_{\varphi} + j}, \quad (6)$$

где $\operatorname{tg} \delta_{\varphi} = \frac{\sigma}{\omega \varepsilon_{\varphi} \varepsilon_0}$.

5.2. Режим продольного фотоэффекта (рис. 4б)

Для осуществления этого режима засветки один из электродов фотослоя должен быть прозрачным. Полагая, что в пределах единичного слоя толщиной dz освещенность постоянна, полное сопротивление между электродами определим суммой удельных сопротивлений единичных слоев фотопроводника:

$$\dot{Z}_{\parallel} = \frac{1}{dx dy} \int_0^{h_{\varphi}} \frac{dz}{\sigma_{\top} [1 + (n_0 - 1) e^{-zkz}] + j\omega \varepsilon_0 \varepsilon_{\varphi}}. \quad (7)$$

Беря интеграл (7) и переходя к полной проводимости фотослоя, после разделения ее на активную и реактивную составляющие, получим:

$$G_{\parallel} = G_{\top\parallel} \cdot n'_{\parallel}; \quad C_{\parallel} = C_{\top\parallel} \cdot n''_{\parallel}, \quad (8)$$

где $G_{\top\parallel} = \frac{\sigma_{\top} dx dy}{h_{\varphi}}$ — темновая составляющая проводимости фотослоя;

$C_{\top\parallel} = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_{\varphi} dx dy}{h_{\varphi}}$ — темновая емкость фотослоя;

$$n'_0 = \alpha k h_{\varphi} \frac{\varrho_1 + \varrho_2 \operatorname{tg} \delta_{\varphi}}{\varrho_1^2 + \varrho_2^2} \quad (9)$$

— кратность изменения активной проводимости фотослоя,

$$n''_{\parallel} = \alpha k h_{\varphi} \frac{\varrho_1 - \varrho_2 \operatorname{tg} \delta_{\varphi}}{\varrho_1^2 + \varrho_2^2} \quad (10)$$

— кратность изменения емкости фотослоя.

В выражениях (9) и (10) величины ϱ_1 и ϱ_2 определяются как

$$\varrho_1 = \ln \sqrt{\frac{\operatorname{tg}^2 \delta_{\varphi} (n_0 - 1 + e^{zk h_{\varphi}})^2 + e^{zk h_{\varphi}}}{\operatorname{tg}^2 \delta_{\varphi} n_0^2 + 1}}, \quad (11)$$

$$\varrho_2 = \operatorname{arc tg} \frac{1}{\operatorname{tg} \delta_{\varphi} [1 + (n_0 - 1) e^{-zk h_{\varphi}}]} - \operatorname{arc tg} \frac{1}{\operatorname{tg} \delta_{\varphi} n_0}. \quad (12)$$

В режиме продольного фотоэффекта активная и реактивная (емкостная) составляющие проводимости фотослоя являются сложными функциями освещенности, частоты и характеристического параметра αkh_{φ} . Расчет соотношений (9) и (10) показал, что наибольшее влияние на проводимость оказывает параметр αkh_{φ} , а кратность изменения емкости не превышает нескольких единиц. На рис. 5. приведены расчетные зависимости относительной кратности

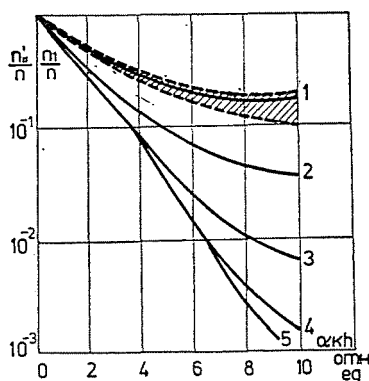


Рис. 5. Относительная кратность изменения фотопроводимости ФР слоя при поперечной и продольной засветке

изменения активной проводимости фотослоя в различных режимах засветки от значения параметра αkh_{φ} .

Чувствительность фотопроводника в режиме продольного фотоэффекта быстро падает с увеличением толщины фотослоя, коэффициента ослабления и показателя степени люксамперной характеристики. В то же время чувствительность фотопроводника в режиме поперечного фотоэффекта зависит от тех же параметров значительно меньше (заштрихованная область на рис. 5 соответствует 5 порядкам изменения освещенности). Это обстоятельство следует особо учитывать при выборе параметров фотослоя в структуре ОЭУ типа «сэндвич».

Таким образом, для получения большей управляемости фотослоя потоком излучения следует, по возможности, использовать фотопроводник в режиме поперечного фотоэффекта. Этот вывод подтверждается в разработках ЭЛ преобразователей изображения с сетчатым (растровым) электродом со стороны фотослоя [2, 5].

Проведенный выше анализ различных режимов работы фотослоя, позволяет получить соотношение для кратности изменения проводимости фотослоя и на постоянном токе. Так, кратность изменения активной составляющей проводимости в режиме поперечного фотоэффекта и на постоянном и на переменном напряжении определяется соотношением (6).

Кратность изменения активной проводимости при продольном фотоэффекте на постоянном токе, определенная по соотношению (9) при $\omega \rightarrow 0$, равна:

$$n'_{||} = \frac{\alpha k h_{\varphi}}{\ln \frac{(n_0 - 1) + e^{\alpha k h_{\varphi}}}{n_0}} \quad (13)$$

6. Пленочные ОЭУ

Большие возможности открываются при использовании пленочных ОЭУ в измерительной технике. На их основе могут быть изготовлены виброударостойкие (без подвижных механических частей) измерительные приборы с цифровым или аналоговым визуальным отсчетным устройством. Преобразование измеряемой величины в форму, удобную для отображения, может производиться как с помощью интегральных полупроводниковых или гибридных микросхем, так и непосредственно средствами оптоэлектроники. Проиллюстрируем сказанное примерами.

6.1. Прибор с ЭЛ отсчетным устройством (рис. 6)

Прибор состоит из схемы управления 1, выполненной с использованием интегральных микросхем, и отсчетного устройства 2. Отсчетное устройство содержит пленочные ЭЛ излучатели 6 и фоторезисторы 4, включенные последовательно в электрическую цепь. Фоторезисторы служат для электрической развязки ЭЛ излучателей, подключенных к общей коммутирующей

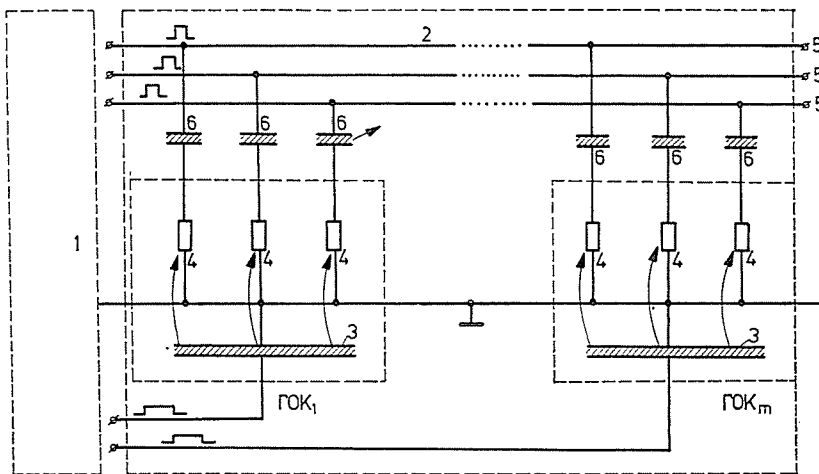


Рис. 6. Схема управления ЭЛ шкалой с помощью ГОК (выделено пунктиром)

шине 5. Управление фоторезисторами развязки осуществляется путем их засветки от специального ИС-3, который конструктивно может быть объединен с группой фоторезисторов 4, образуя групповой оптоэлектронный ключ (ГОК). Каждый ГОК содержит $10 \div 16$ шт. фоторезисторов и один ИС, общий для всех фоторезисторов. Отсчет измеряемой величины производится по свечению ЭЛ излучателей 6, число которых определяется обеспечиваемой точностью измерений. Для удобства пользования отсчетное устройство снабжается шкалой, проградуированной в единицах измеряемой величины.

ГОК наиболее просто изготавливается при формировании ЭЛ и ФР пленок с противоположных сторон стеклянной подложки. ФР и ЭЛ пленки наносятся в кавзизамкнутом объеме, причем вначале ЭЛ пленка, а затем ФР пленка с последующим очувствлением ее при отжиге в атмосфере аргона. Параметры ГОК приведены в таблице 1.

	Таблица
Управляющее напряжение, В	$20 \div 25$
Темновое сопротивление, Ом	$10^8 \div 10^9$
Световое сопротивление, Ом	$10^4 \div 10^5$
Время включения, мс	$10 \div 20$
Время выключения, мс	$250 \div 400$
Коммутируемое напряжение, В	$100 \div 150$

6.2. Показывающий аналогово-дискретный электроизмерительный прибор (рис. 7)

Этот прибор может быть целиком выполнен в тонкопленочном исполнении, так как основным функциональным элементом в нем является оптрон с положительной оптической обратной связью (ПОС). Прибор состоит из группы параллельно включенных однотипных каскадов 3—3, осуществляющих преобразование аналоговых изменений напряжения и дискретный отсчет. Каждый каскад 3 содержит ЭЛ индикатор 4, оптически связанные с

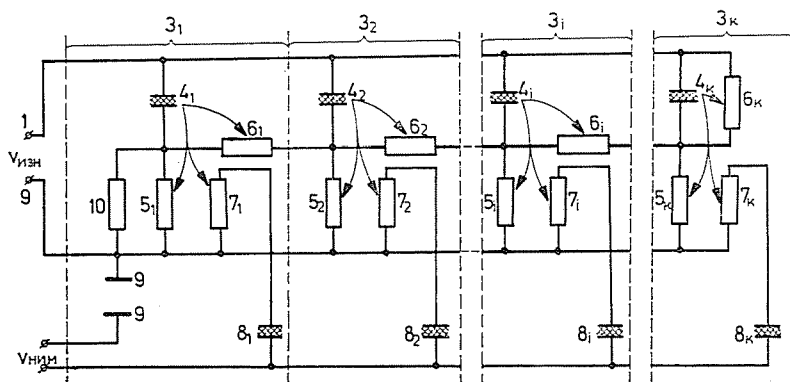


Рис. 7. Показывающий аналогово-дискретный электроизмерительный прибор

ним фоторезисторы 5—7, и индикатор 8, по которому производится отсчет измеряемой величины. Элементы 4 и 5 образуют оптрон с ПОС. Зависимость сопротивления фоторезистора от напряжения питания оптрона имеет характерный вид, представленный на рис. 8. Так как все фоторезисторы 5—7 освещаются одним ЭЛ элементом 4, очевидно, что такая же зависимость будет характерна и для всех элементов группы 5—7.

Прибор работает следующим образом. Когда напряжение, подключенное к шинам 1—9, достигает порогового значения U_1 первого каскада 3, он переключается, и все фоторезисторы 5—7 переходят в состояние, соответ-

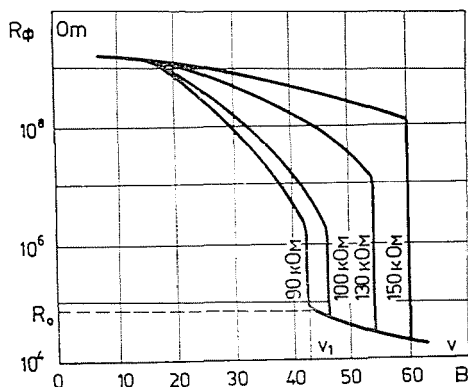


Рис. 8. Характеристики переключения оптронного каскада с ПОС

ствующее значению R_0 и, следовательно, включается ЭЛ индикатор 8. Напряжение U_1 зависит от согласования параметров элементов 4 и 5 и легко регулируется подключением дополнительного сопротивления 10 параллельно 5 (рис. 8). Фоторезисторы 5 последующих каскадов шунтируются сопротивлениями большими, чем сопротивление 10, и поэтому при дальнейшем увеличении напряжения достигается порог срабатывания второго каскада 3, затем третьего каскада и т. д. Напряжение на шинах 1—9 в общем случае должно быть получено линейно зависящим от аналоговой измеряемой величины.

Применение пленочных ОЭУ в измерительной и вычислительной технике позволяет значительно уменьшить габариты, повысить функциональность и надежность аппаратуры.

Резюме

Оптоэлектронные устройства, в которых источники света и приемники излучения изготовлены в виде тонких пленок, имеют ряд преимуществ по сравнению с твердотельными оптронами на р—п-переходах. На пути создания достаточно сложных пленочных оптоэлектронных устройств встречаются трудности, связанные с необходимостью согласования электрических и оптических параметров функциональных слоев, а также с обеспечением их технологической совместимости.

В работе проводится анализ особенностей согласования фоторезистивных и электролюминесцентных пленок, пригодный для устройств, работающих как на постоянном, так и на переменном токе. Приводятся данные по влиянию различных технологических факторов на параметры слоев при их совместном изготовлении на одной подложке.

Полученные результаты практически реализованы в оптоэлектронных измерительных устройствах, принцип действия которых описан в работе.

Литература

1. Головкина Э. Д., Пасынков В. В., Савельев Г. А., Семенов Н. Н. Способ изготовления электролюминесцентного устройства. Авторское свидетельство СССР № 197757 (1967).
2. Прикладная электролюминесценция, под ред. Фока М. В. Советское радио, 1974, Москва.
3. Антипов Б. Л., Изумрудов О. А., Савельев Г. А. Изготовление низковольтных электролюминесцентных покрытий. Светотехника. 4, 18—19 (1973).
4. Антипов Б. Л., Ефимова И. Н., Изумрудов О. А., Савельев Г. А. Способ изготовления электролюминесцентных индикаторов. Авторское свидетельство СССР № 431652 (1974).
5. Изумрудов О. А., Пасынков В. В., Савельев Г. А. Электролюминесцентный преобразователь изображения с сетчатым электродом. В книге «Оптико-электроника», часть 2, издание ЛДНГП, 1969, Ленинград.
6. Изумрудов О. А., Лонинов Г. Д., Савельев Г. А., Синцов Б. Л. Показывающий дискретно-аналоговый электроизмерительный прибор. Авторское свидетельство СССР № 398875 (1974).

Б. Л. Антипов	}	Ленинградский электротехнический Институт Ленинград СССР
О. А. Изумрудов		
В. В. Пасынков		
Г. А. Савельев		