

Содержание:

Image not found or type unknown



1. Индикаторы

Среди систем отображения зрительной информации выделяют устройства коллективного, группового и индивидуального пользования. Типичными примерами этих устройств являются световые табло большого стадиона, экран телевизора, циферблат электронных наручных часов. Кроме многих других моментов, эти устройства различаются прежде всего размерами используемых ими индикаторных приборов.

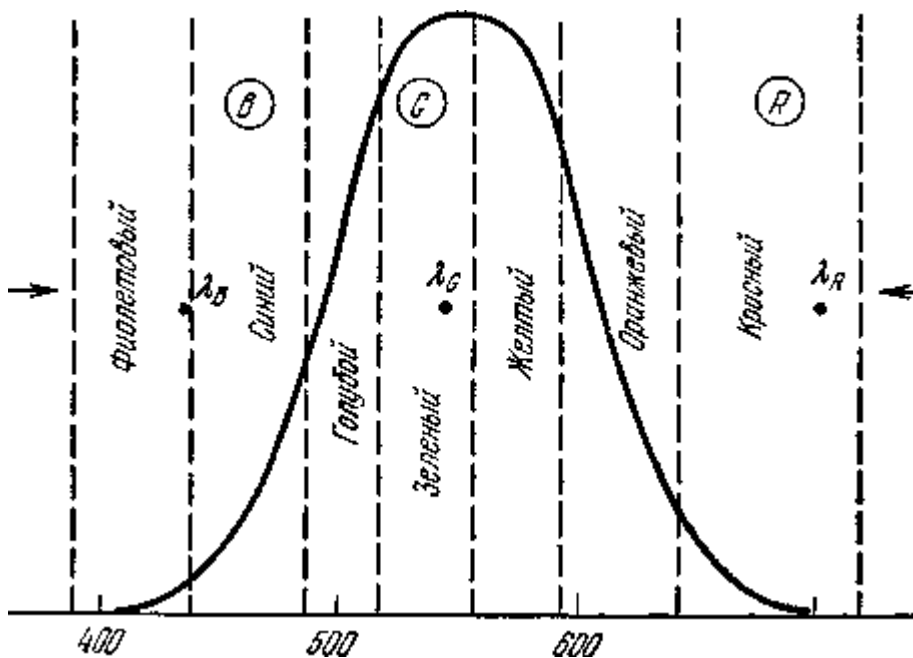
Следуя общей направленности книги, здесь и в дальнейшем будут рассмотрены лишь малогабаритные и миниатюрные индикаторы для устройств индивидуального и отчасти группового пользования, т. е. с расстоянием от индикатора до глаза наблюдателя не более 1-2 м.

2. Физиологические и физические основы индикаторной техники

2.1 Человеческое зрение как основной «потребитель» информации, вырабатываемой индикаторными приборами, отличается исключительным своеобразием. Видимая область составляет очень малую часть оптического диапазона длин волн (см. рис. 1.1); чувствительность глаза максимальна в центре этой области и резко спадает к ее краям. Это свойство зрения отражено в функции видности (рис. 3.1), представляющей усредненную спектральную характеристику глаза как фотоприемника. В максимуме спектральной чувствительности ($\lambda_{\max}=555$ нм) 1 Вт излучения вызывает зрительное ощущение, эквивалентное ощущению от светового потока 680 лм. При других длинах волн величина светового эквивалента излучения меньше (ряд значений f_{λ} дан ранее в табл. 1.2); для широкополосного белого света величина f_{λ} близка к 360 лм/Вт. Кривая рис. 3.1 довольно условна: в сумерках спектр деформируется так, что λ_{\max} сдвигается влево на 50 ... 60 нм;

детский глаз воспринимает свет начиная с $\lambda \approx 315$ нм; увеличение яркости источника раздвигает границы видимости, например концентрированное ИК излучение GaAs-лазера ($\lambda \approx 860$ нм) воспринимается как красное. Несмотря на все это и многочисленные индивидуальные особенности людей, кривая (рис. 3.1) гостирована и является основой инженерной фотометрии; именно она служит ориентиром при разработке излучателей и фотоприемников.

Способность глаза приспосабливаться к восприятию резко различных по светимости объектов характеризуется логарифмическим законом Вебера — Фехнера, связывающим физическую яркость источника V с его физиологически ощущаемой яркостью $L_{\text{фзл}} = a \ln V + b$, где a и b — константы. Поэтому динамический диапазон воспринимаемых глазом яркостей исключительно широк и простирается от — 10^{-7} кд/м² (в темноте) до — 10^5 кд/м² (при яркой внешней засветке); при этом в интервале $10^{-7} \dots 1$ кд/м² работает «сумеречный» механизм зрения и цветового восприятия нет.



УФ -ик

Рис. 3.1. Функция видности человеческого глаза (показаны условные границы различных цветов).

Разные по яркости источники вызывают неодинаковые зрительные ощущения; практически человек различает не более 8 ... 10 градаций яркости (полутонов), поэтому если информация передается изменением яркости индикатора, то нельзя

использовать более 4 ... 5 градаций, а для надежной передачи — более двух (черное - белое).

Кроме яркости источника человек оценивает и его пространственные характеристики: разрешающая способность глаза (угловая) близка к $1'$ (т. е. различение на расстоянии 10 м двух штрихов, разделенных промежутком в 3 мм). Для быстрого и безошибочного восприятия простого объекта (цифры, буквы и т. п.) надо, чтобы угловые размеры этого объекта были не менее 1° это для оптимальной высоты знака H дает

$$H \approx (0,5 \dots 1) \cdot 10^{-2} R_{г-о}$$

где $R_{г-о}$ — расстояние от глаза до индикатора. Отсюда, например, для индикатора, встроенного в окуляр дальномера ($R_{г-о} \approx 5 \dots 10$ см) допустимо $H \approx 0,5$ мм, для индикатора наручных часов — 3 мм, а для крупноформатных дисплеев 10 ... 20 мм. При малой яркости (освещенности) индикатора величина R должна выбираться несколько большей, чем по (3.1).

Полный угол зрения близок к 120° (по горизонтали) и 90° (по вертикали); обзор для зоны максимального разрешения характеризуется углами 20° и 15° . В соответствии с этим выбирается удлиненный в горизонтальном направлении формат экрана (в телевидении и кино отношение его сторон составляет 4:3).

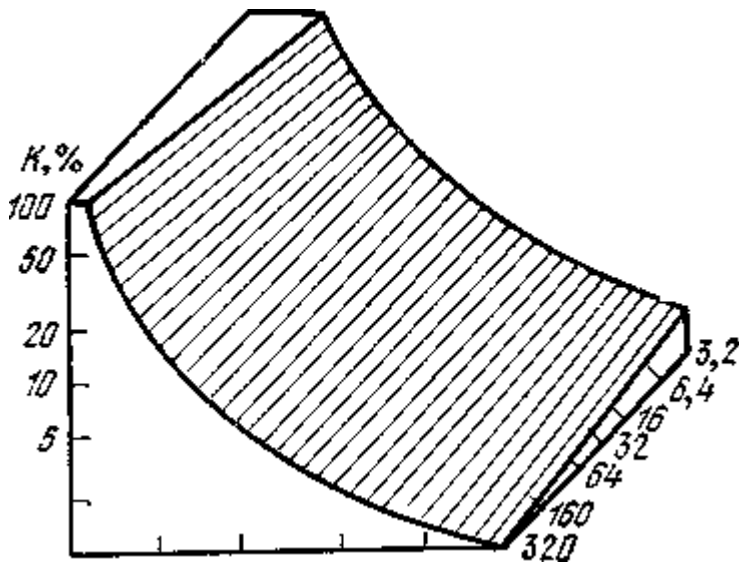
Кроме яркости и размеров индикатора, решающую роль в его восприятии играет контрастность воспроизводимого знака. Количественно яркостный контраст определяется как $K = (L - L_{фон}) / L_{фон}$, где L и $L_{фон}$ — яркости источника и фона. Практически для качественного восприятия важна не столько величина K , сколько ее превышение над пороговой для данных условий контрастностью $K_{пор}$. Для хорошей видимости необходимо, чтобы число пороговых контрастов ($K / K_{пор}$) было не менее 15 ... 30. Зависимость порога зрительного восприятия от угловых размеров, яркости и контрастности наблюдаемых объектов представлена на рис. 3.2. Заштрихованная поверхность соответствует порогу зрительного восприятия: точки, лежащие ниже нее, соответствуют условиям, не вызывающим зрительных ощущений.

Оценка временных характеристик светового сигнала связана с инерционностью зрения: установлено, что при частоте световых посылок более 15 ... 50 Гц глаз перестает ощущать мерцание. При этом действует закон Тальбота: кажущаяся яркость мерцающего источника равна средней за период наблюдения яркости *. Закон Тальбота служит основой для организации мультиплексных схем управления

индикаторами.

Рассмотренные особенности зрения при оценке яркостных, пространственных, временных характеристик световых сигналов фактически и определяют основные требования к индикаторам. К этому еще добавляются особенности ощущения цвета.

2.2 Восприятие цвета является величайшей привилегией человека среди всех представителей животного мира. Лишь цветовая окраска делает окружающий мир столь неповторимым и прекрасным, каким мы его воспринимаем. Нет такого внешнего раздражителя, который был



L,кЗ/мг

1,0 2 5 10 20

Угол зрения, мин

Рис. 3.2. Соотношения между угловыми размерами наблюдаемых

объектов, яркостью и контрастностью для порога зрительного вос-

приятия при времени воздействия 0,3 с. был близок к цвету по числу различных градаций: цветовые каталоги включают до 107 различных оттенков! Естественно поэтому, что для индикаторной техники, стремящейся в конечном счете к наиболее полному использованию возможностей зрения и к его максимальному удовлетворению, проблема цветности относится к числу основных.

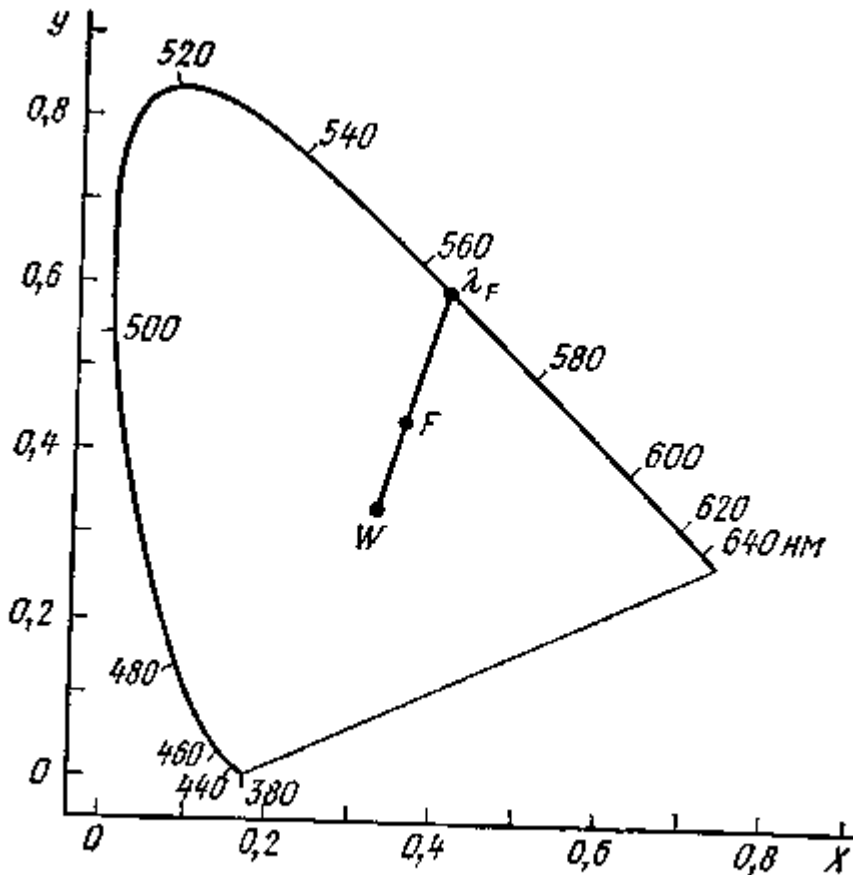


Рис. 3.3. Цветовой график МКО.

Современное учение о цвете базируется на том экспериментально установленном факте, что «элементарные фотоприемники» глазной сетчатки — колбочки содержат рецепторы трех видов, каждый из которых обладает повышенной чувствительностью в красной, зеленой и синей областях спектра. Соответственно этому говорят о трех основных цветах - R, G, B, сочетание которых позволяет синтезировать всю цветовую гамму. Математически это означает, что цветовое ощущение можно рассматривать как вектор в трехмерном пространстве, осями которого являются R-, G-, B-векторы (принято $\lambda_r = 700$ нм, $\lambda_g = 546$ нм, $\lambda_b = 436$ нм, см рис. 3.1).

Упрощенная цветовая характеристика объекта возможна и в двумерной форме — точкой на цветовом графике МКО (рис. 3.3). Значение цветовых индексов источника (координат x и y) позволяет найти две его важнейшие характеристики: цветовую тональность, определяемую доминирующей длиной волн излучения (λ_f для источника F на рис. 3.3); цветовую насыщенность, определяемую чистотой света (выраженное в процентах отношение отрезков $W-F$, λ_f на рис. 3.3).

Опорная точка цветового графика — точка $W(x=y=1/3)$ —соответствует белому свету, для которого характерны отсутствие какой-либо тональности и нулевая чистота цвета. Практически оптимальный белый свет получается из смеси трех цветов с $\lambda = 450, 540$ и 610 нм. Излучатели, расположенные на огибающей кри-вой цветового графика или вблизи нее (таково большинство светоизлучающих диодов), имеют чистоту све-та, близкую к 100%; для сравнения укажем, что для ламп накаливания она не превышает 10 ... 20%.

Многочисленные психофизические эксперименты показывают, что по наилучшей цветоразличительной спо-собности глаза выделяются шесть основных цветов: белый, черный, красный, желтый, зеленый, синий. По-этому и многоцветные индикаторы, выполняющие функцию отображения информации посредством использования различных цветов, не должны использовать более шести цветов свечения, реально не более 3 ... 5. При сильной внешней засветке белым светом удобны красный, желтый, синий, пурпурный цвета; при слабой засветке к ним могут быть добавлены белый и зеленый. Для индикаторов с элементами малого размера оптимальны белый или желтый цвета. Наиболее контрастные области спектра для красного, желтого, зеленого цветов лежат в диапазоне 610 ... 630 нм, 588 ... 598 над и менее 548 нм соответственно.

Для систем отображения нужны как насыщенные контрастные цвета, так и малонасыщенные полутоновые. Как следует из цветового графика (рис. 3.3), для синтеза последних необходимы источники синего излу-чения: смешение чистых цветов из области красный — зеленый дает только насыщенные цвета.

Если, наконец, к сказанному добавить, что значительный процент людей обладает различными врож-денными аномалиями цветового зрения, то становятся понятны трудности создания высоконадежных много-цветных индикаторов.

В заключение отметим, что учение о человеческом зрении намного сложнее любой другой области знаний и сказанное здесь есть лишь самое начальное приближение к действительности. Психофизическое простран-ство цветового восприятия не является линейным, поэтому технически используемые принципы пропорцио-нальности и аддитивности цветовых сигналов не отражают реальность. Повидимому, цветоразличение (и его высокая чувствительность) является не внутренним свойством отдельных колбочек, а результатом совместного действия многих элементов сетчатки, итогом пространственного и временного интегрирования и усреднения.

Можно считать твердо установленным, что для создания совершенной системы цветовоспроизведения по-требуется смешение не трех основных цветов, а по крайней мере десяти - двенадцати. Все это объясняет многочисленные расхождения между рекомендациями и выводами МКО (которые и сами постоянно изменяются) и цветовыми ощущениями различных наблюдателей.

2.3 Физические эффекты, пригодные для использования в индикаторной технике, исключительно разнообразны. Перечислим основные из них, придерживаясь хронологического принципа.

1. Свечение вольфрамовой нити помещенной в вакуум и раскаленной пропусканием через нее электрического тока (накальные индикаторы).
2. Свечение, сопровождающее электрический разряд в газах (газоразрядные индикаторы).
3. Предпробойная электролюминесценция порошковых люминофоров в переменном электрическом поле (электролюминесцентные индикаторы).
4. Инжекционная люминесценция монокристаллических полупроводников с p—n переходами (полупроводниковые индикаторы).
5. Излучение фотолюминофоров, нанесенных на полупроводниковые излучатели; возможны два крайних варианта: антистоксовый люминофор на ИК излучателе и «обычный» фотолюминофор на излучателе сине-фиолетового диапазона (пока гипотетическая модель).
6. Электролюминесценция тонких поликристаллических полупроводниковых пленок в постоянном и переменном электрических полях (тонкопленочные электролюминесцентные индикаторы).
7. Низковольтная катодолюминесценция (вакуумные люминесцентные индикаторы).
8. Электрооптические эффекты в жидких кристаллах (жидкокристаллические индикаторы).
9. Изменение окраски вещества при пропускании через него электрического тока (электрохромные индикаторы).

10. Электрооптические явления в сегнетоэлектриках, обладающих эффектом двойного лучепреломления (сегнетоэлектрические индикаторы).
11. Гальваническое осаждение и растворение тонкопленочных металлических рисунков (электролитические индикаторы).
12. Перемещение заряженных коллоидных частиц под действием постоянного электрического поля (элек-трофоретические индикаторы).
13. Разнообразные обратимые электро- и фотохимические процессы (электрохимические индикаторы).
14. Изменение оптических свойств вещества при переходе из жидкой фазы в парообразную при нагреве электрическим током (парожидкостные индикаторы).

Составление этих эффектов позволяет сделать ряд обобщений:

- все виды индикаторов можно подразделить на индикаторы с активным и пассивным растром. К первой группе относятся приборы на основе светогенерационных эффектов (1—7), приборы второй группы требуют внешней подоветки (8—14);
- в светогенерационных индикаторах выделяются приборы с прямым (2, 3, 4, 6) и двухступенчатым (1, 5, 7) преобразованием электрической энергии в световую;
- индикаторы с пассивным растром могут быть основаны на изменении коэффициентов отражения (8, 11, 12, 13, 14), пропускания (8, 12, 13), поглощения (9, 13) света и на вращении плоскости поляризации (8, 10);
- управление индикаторами может осуществляться электрическим током (1, 4, 5, 6, 14), напряжением (2, 3, 6, 7, 8, 10, 12), зарядом (9, 11);
- в качестве активных сред в индикаторах выступают металлы (1, 11), монокристаллы (4, 5), твердые по-ликристаллические вещества (6, 9, 10), порошки (3, 7), жидкости (8, 12), газы (2, 14);
- наиболее распространение получили полупроводниковые, газоразрядные и жидкокристаллические ин-дикаторы.

3. ТИПЫ ИНДИКАТОРНОЙ ТЕХНИКИ

3.1 Полупроводниковые индикаторы (ППИ) примечательны прежде всего тем, что могут перекрыть весь видимый диапазон спектра (рис. 3.4). Яркое и чистое свечение, удобство управления, экономичность, технологичность, долговечность открывают перед этими приборами безграничные перспективы.

Исторически освоение цветовой гаммы идет справа налево: от красного, через оранжевый и желтый к зеленому. Это было связано со значительными успехами в области технологии синтеза GaAsP и GaP. Наибольшие принципиальные трудности вызывает получение синего света, однако следует заметить, что когда эти трудности будут преодолены, то такой материал, как GaN,

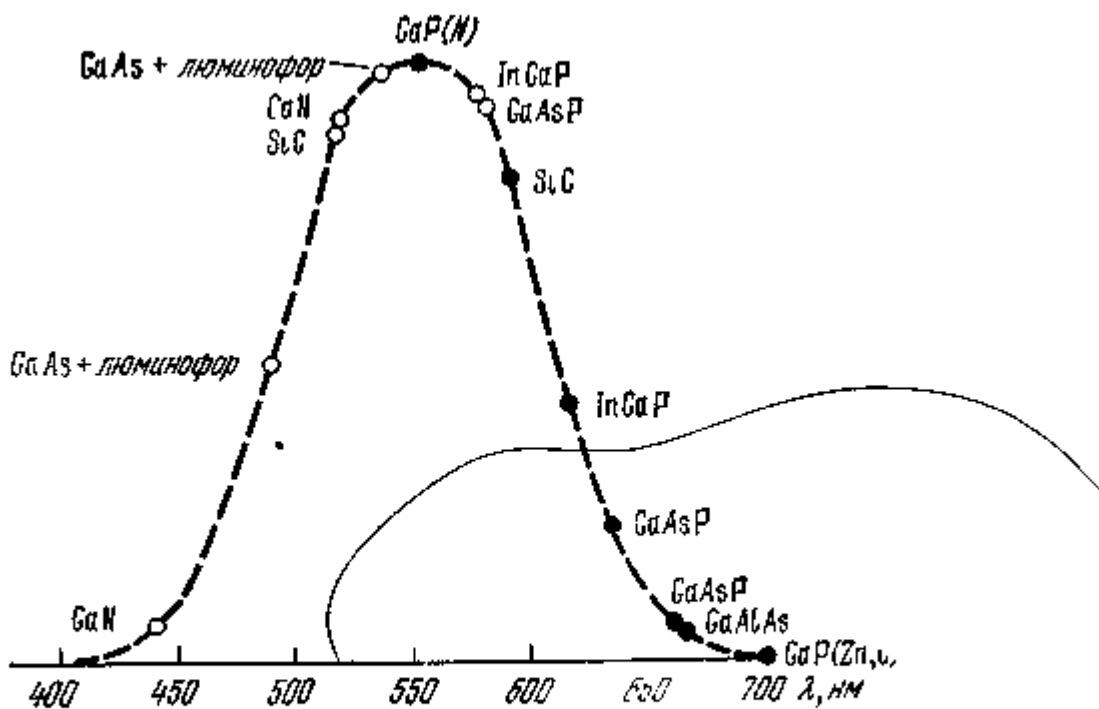


Рис. 3.4. Спектральные возможности полупроводниковых индикаторов для промышленных (●) и лабораторных (○) образцов.

96

может оказаться одним из самых дешевых, так как выращивается в виде тонких пленок на сапфировых подложках. Решение проблемы эффективного синего излучателя откроет путь для создания единой технологии индикаторов всех цветов, основанной на преобразовании этого излучения в более длинноволновое с использованием подходящих фотолюминофоров.

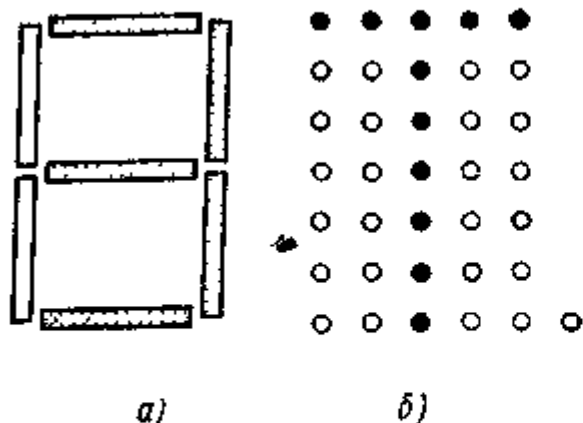


Рис. 35. Семисегментный цифровой (а) и матричный универсальный (б) знаковые индикаторы.

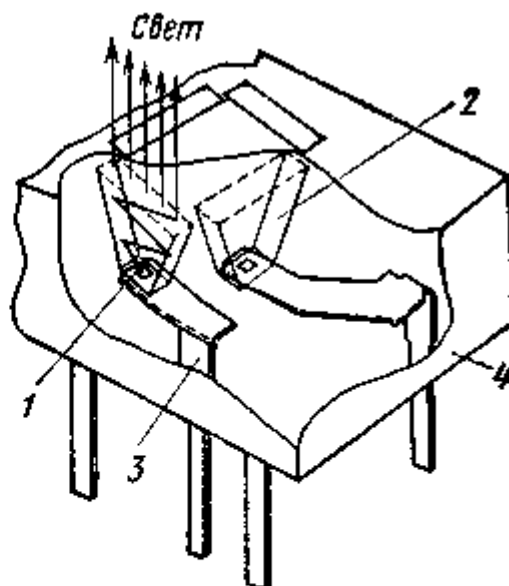


Рис 36 Индикатор с увеличением изображения:
1 — излучающий кристалл; 2 — конический псевдосветовод с металлизированными стенками; 3 — металлическое основание-рамка, 4 — пластмассовый корпус

В полупроводниковых индикаторах используются две основные конфигурации высвечиваемых элементов:

- семисегментная (рис. 3.5,а), позволяющая воспроизводить все десять цифр и несколько букв (цифровой индикатор);
- матричная (рис. 35,б) с числом точек 36 ($7 \times 5 + 1$), воспроизводящая все цифры, буквы и знаки стандартного кода для обмена информацией (универсальный цифро-буквенный индикатор).

Для малых по размеру индикаторов используется монолитная конструкция, для больших — в целях экономии дорогостоящих материалов — гибридная, т. е. наборная из отдельных кристаллов. Высокая яркость свечения светодиода позволяет использовать различные способы увеличения изображения. Кроме простейшего линзового увеличения (8 на рис. 1.8,б) достаточно широко используются «псевдосветоводные» конструкции (рис. 3.6). Здесь кристалл помещен в основании конически расширяющейся прорези в пластмассовой пластине. Иногда внутренние стенки такого световода металлизуют, а сверху помещают пластмассовую линзорастровую пластину, «выравнивающую» яркость свечения по площади прорези. Такая конструкция позволяет получать светящиеся

площадки, на порядок превышающие площадь кристалла. Основная масса полупроводниковых индикаторов имеет малые размеры знаков ($N=3 \dots 7,5$ мм), использование оптического увеличения позволяет продвинуться до $N = 12,5 \dots 17,5$ мм, в наборных конструкциях реализуют $N = 25 \dots 50$ мм, что позволяет считывать информацию с расстояния $10 \dots 15$ м.

Для удобства применения изготавливаются многоразрядные индикаторы (три, четыре, шесть, девять и т. д. знаков в одном корпусе), иногда в тот же корпус помещается и монолитная схема управления (дешифратор-формирователь).

Важной и сложной является задача получения приборов с перестройкой цвета свечения. Простейшее решение — помещение нескольких разных кристаллов в один корпус — для индикаторов не подходит. Могут использоваться (GaP-светодиоды, легированные одновременно азотом, кислородом и цинком, у которых при повышении инжекционного тока последовательно наблюдается красное, желтое, зеленое свечение. Однако цветовая насыщенность таких приборов невысока. Более перспективными представляются структуры с двумя $p-n$ - переходами и с общей базовой областью.

Усложнение светоизлучающего элемента позволяет расширить его функциональные возможности и в схемотехническом плане. Так, в GaP- структуре типа $p^+ - n - i - n^+$ фоточувствительная i - область образует внутреннюю положительную обратную связь, поэтому такой светодиод имеет динисторную вольт-амперную характеристику, т. е. обладает «памятью».

Прогресс физики и технологии светоизлучающих диодов позволяет перейти к созданию монолитных много-элементных матриц: вполне достижимо получение $10^3 \dots 10^4$ светящихся точек (т. е. $30 \dots 300$ знаков) на одном кристалле площадью $1,5 \dots 15$ см². Такие матрицы являются элементарной ячейкой наборного полупроводникового экрана, для технической реализации которого необходимо решение проблем многоуровневой коммутации, отвода тепла, схем управления. При использовании элементов, обладающих памятью и перестройкой цвета, могут быть созданы достаточно экономичные, малогабаритные, многоцветные экраны индивидуального использования с объемом одновременно отображаемой информации, эквивалентной $0,3-0,5$ стр. машинописного текста.

3.2 Жидкокристаллические индикаторы (ЖКИ) относятся к «молодым» и бурно прогрессирующим оптоэлектронным прибором. Жидкокристаллическое состояние вещества характеризуется одновременным сочетанием свойств

жидкости (текучесть) и кристалла (оптическая анизотропия). Такое состояние может обнаруживаться в некотором температурном интервале между точкой кристаллизации T_K и точкой превращения вещества в однородную прозрачную жидкость T_J . Имеется несколько структурных разновидностей жидких кристаллов (ЖК); для индикаторных приборов используются нематические ЖК, характеризующиеся следующими основными особенностями:

- молекулы этих веществ имеют сильно вытянутую, нитевидную конфигурацию;
- в равновесном состоянии проявляется тенденция к ориентации больших осей молекул вдоль какого-то преимущественного направления;
- межмолекулярные взаимодействия очень слабы, поэтому структура жидкости (характер ориентации молекул) может легко изменяться под влиянием внешних воздействий;
- имеет место оптическая и электрическая анизотропия: значения показателей преломления и диэлектрической постоянной в направлении вдоль больших осей молекул (n_{11} и ϵ_{11}) и перпендикулярно ему (n_{\perp} и ϵ_{\perp}) различны (ЖК — кристаллы с двойным лучепреломлением);
- В зависимости от знака величины $\Delta\epsilon = \epsilon_{11} - \epsilon_{\perp}$ различают положительную и отрицательную диэлектрическую анизотропию — при приложении электрического поля молекулы ЖК первого типа ориентируются вдоль поля, второго типа — поперек поля;
- наличие анизотропии и возможность перестройки структуры проявляются в двух разновидностях электро-оптических эффектов; изменение характера поляризации проходящего (отраженного) света и изменение коэффициента отражения (пропускания) света.

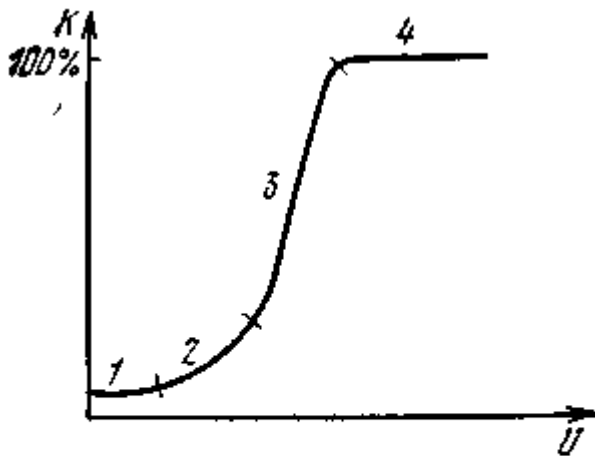
В качестве жидких кристаллов могут выступать очень многие органические соединения (тысячи), наи-лучшие для технических применений результаты дают их смеси. «Классическими» нематическими смесями являются МБА (н- (п-метоксибензилиден) — п- (н-бутиланилин)) и ЭБА (н- (п-этоксibenзилиден) — п- (н-бутиланилин)), обеспечивающие получение $\Delta T_{ЖК} = T_J - T_K = 15 \dots 70^\circ$. Среди всех структурных разновидностей жидких кристаллов нематические отличаются наименьшей вязкостью, что обеспечивает их наибольшее быстрое действие, определяемое временем переориентации молекул $\sim 10^{-1}$ с (и до $10^{-2} \dots 10^{-3}$ с в специальных рабочих режимах). Удельное сопротивление нематических ЖК очень

велико ($\sim 10^{17}$ Ом*см и для его некоторого уменьшения (что порой необходимо) в жидкость вводятся органические примеси, при диссоциации которых возникают свободные ионы.

Исторически первым электрооптическим эффектом, использованным в индикаторной технике, стал эффект динамического рассеяния. Если к слою слегка проводящего нематического ЖК с отрицательной диэлектрической анизотропией приложить электрическое поле, то молекулы ориентируются поперек поля, а возникающий поток ионов стремится нарушить эту ориентацию.

При некотором значении тока проводимости возникает состояние турбулентности, разрушающее ранее упорядоченную структуру ЖК. Беспрерывные хаотические изменения показателя преломления участков жидкости вызывают рассеяние света (отсюда и название эффекта), внешне проявляющееся как помутнение ЖК. Вольт-

характеристика представлена на рис. 3.7.



дает использо-

Рис. 3.7. Вольт-контрастная характеристика ЖКИ:

1 — начальный участок; 2 — участок ламинарного движения; 3 — участок турбулентного движения; 4 — участок насыщения турбулентности.

вание твист-эффекта, суть которого

закljučается в сле-

дующем. В зазоре между двумя пластинами тем или

иным способом достигают «скручивания» нематической

структуры ЖК, т. е. такого расположения молекул, когда

их большие оси параллельны ограничивающим поверхностям, а направления этих осей вблизи одной и другой пластин взаимно перпендикулярны (рис. 3.8,а).

В толще жидкости ориентация молекул меняется постепенно от верхней граничной ориентации к нижней. Технологически такая скрученная структура достигается, например, путем однонаправленного натирания внутренних поверхностей стеклянных пластин во взаимно перпендикулярных направлениях, что и ведет к соответствующей ориентации молекул.

Слой скрученного нематического ЖК вращает плоскость поляризации проходящего света на $\pi/2$. Если к ячейке приложить электрическое поле, то (при условии использования материалов с положительной диэлектрической анизотропией) все молекулы ориентируются вдоль поля (рис. 3.8,б) и эффект скручивания пропадает. Теперь слой жидкости не изменяет поляризации проходящего через него света. Помещая на входе и выходе ячейки поляроидные пластины, преобразуют модуляцию поляризации света в амплитудную.

Твист-эффект в отличие от эффекта динамического рассеяния является чисто полевым: для его реализации пропускание тока через структуру не нужно. Это дает существенный выигрыш в энергопотреблении.

Устройство жидкокристаллического индикатора (рис. 3.9) достаточно просто, здесь удобно реализуются современные панельные конструкции. Для получения низких управляющих напряжений (единицы вольт) зазор между пластинами должен быть небольшим ($\sim 10^{-3}$ см), а используемая жидкость должна

иметь круто нарастающую вольт-контрастную характеристику (рис. 3.7). Характерно, что стоимость ЖКИ (в отличие от полупроводниковых) очень мало зависит от их площади — изготавливаются приборы с высотой цифр от 3 до 500 мм.

Используются конструкции, работающие как в отраженном свете (большинство типов), так и в проходящем. Все ЖКИ работают на переменном токе; при попытках использовать постоянное управляющее напряжение оказываются существенными электролитические эффекты и срок службы прибора становится недопустимо малым.

Жидкие кристаллы представляют собой достаточно удобную основу для создания информационных табло повышенной информационной емкости и экранов малокадрового телевидения. Причины этого—малая потребляемая мощность, высокая контрастность, низкое питающее напряжение, технологичность. Основные сложности связаны со схемами управления:

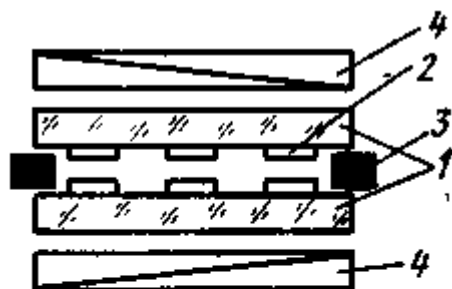


Рис. 39. Схематическое устройство ЖКИ:

- 1 — стеклянные обкладки;
- 2 — прозрачные электроды;
- 3 — ограничитель-фиксатор;
- 4 — поляроидные пластины.

низкое быстродействие

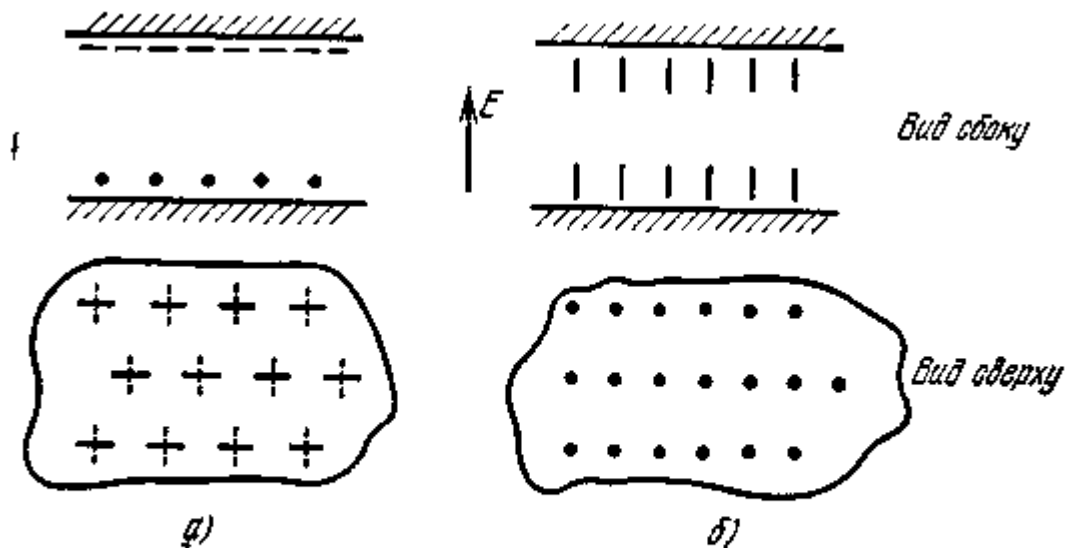


Рис. 3.8. Твист-эффект в жидких кристаллах: расположение больших осей молекул вблизи границ при отсутствии (а) и при приложении (б) электрического поля.

ЖКИ затрудняет использование мультиплексных режимов, приводит к созданию ЖК матриц с большим количеством внешних выводов. Перспективы преодоления этой проблемы видятся в разработке конструкции экрана, в которой вместо одной из стеклянных обкладок обычного ЖКИ используется кремниевая пластина, содержащая схему управления и имеющая на своей поверхности матрицу элементарных электродов.

Каждый из этих электродов является оптическим отражателем. Такое технологическое совмещение раstra и схемы управления резко сокращает число внешних выводов.

Совершенствование ЖКИ ведется в направлении получения цветных изображений (для этого привлекаются иные, отличные от описанных, электрооптические

эффекты), повышения быстродействия, долговечности (значения, близкие к 10⁵ ч, представляются вполне реальными), создания элементов с встроенной памятью.

3.3 Газоразрядные индикаторы (ГРИ) являются примером того, как влияние конструкторско-технологических идей микроэлектроники заново преобразует «старую» традиционную область техники.

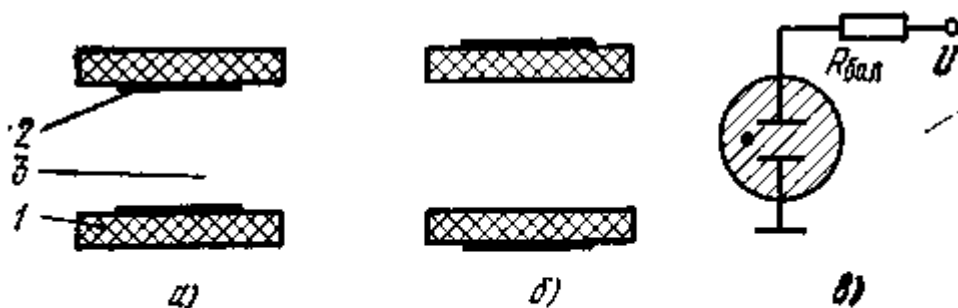


Рис. 3.10. Газоразрядный промежуток с внутренними (а) и внешними (б) электродами и его условное обозначение (в):
1 — диэлектрик; 2 — металл; 3 — газовая среда.

Основу любого прибора этого класса составляет элементарный газоразрядный промежуток (рис. 3.10). За-жигание и поддержание разряда требует высокого напряжения ($U_{\text{заж}} \approx 80 \dots 400 \text{ В}$, $U_{\text{гор}} \approx 50 \dots 300 \text{ В}$), ток близок к 1 мА. Заполнение рабочего объема неонem дает оранжевое свечение, а гелием и аргоном — желтое и фиолетовое. Возможно и не прямое преобразование энергии: разряд в ксеноне (УФ излучение) в сочетании с фотолюминофорами желаемого цвета свечения. Инерционность газового разряда определяется в основном временами его гашения ($10^{-7} \dots 10^{-8} \text{ с}$) и исчезновения плазмы ($10^{-6} \dots 10^{-4} \text{ с}$).

Используются два основных режима работы. В режиме постоянного тока обязателен балластный резистор,

необходим и элемент гашения разряда. Взаимодействие газа с электродами (рис. 3.10,а) сопровождается катодным распылением, особенно интенсивным при минусовых температурах. Значительно перспективнее высокочастотный разряд, для которого характерны самоограничение и отсутствие непосредственного контакта газа с электродами (рис. 3.10,б).

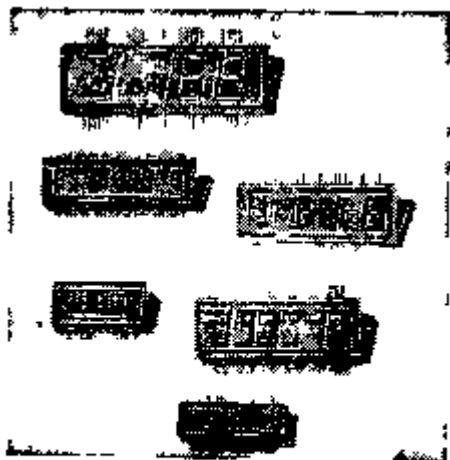


Рис. 3.11. Газоразрядные монодисплеи.

Среди газоразрядных индикаторов выделяют: знаковые, шкальные и универсальные (плазменные

панели). На смену громоздкой пакетной конструкции газоразрядной лампы с десятью изолированными катодами, высвечивающими отдельные цифры, пришел многоразрядный монодисплей панельного типа, один из вариантов которого представлен на рис. 3.11. Его характерные особенности: плоскостность, малая толщина (несколько миллиметров), простота конструкции (всего четыре детали) и технологии. Две плоские электродные решетки из кобальта, получаемые штамповкой или травлением, закрепляются на отдельных стеклянных пластинах, после чего части собранного пакета соединяются в горячем состоянии. Затем пакет вакуумируется, заполняется газовой смесью и герметизируется. Кроме катодных линейных элементов, формирующих изображение, электродные решетки содержат и внешние выводы.

Имеется много разновидностей сегментных ГРИ, но все они однотипны с описанным прибором. Типичные значения высоты знаков составляют 5... 16 мм, число разрядов 3 ... 9. Для питания необходимо напряжение постоянного тока 170 ... 200 В.

Универсальный индикатор или плазменная панель представляют собой двухкоординатную матрицу, содержащую не менее 104 ... 105 элементарных газоразряд-

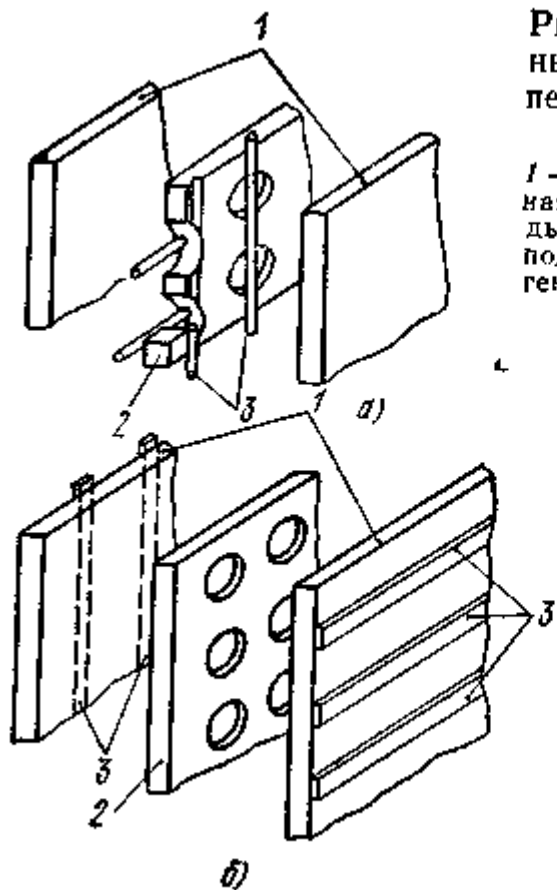


Рис. 3.12. Конструкции плазменных панелей постоянного (а) и переменного (б) тока и схема устройства управления (в):

1 — стеклянные пластины, 2 — центральная мозаичная пластина; 3 — электроды, К — коммутаторы, Г1 — генератор поддерживающего напряжения, Г2 — генератор «пилющих» (стирающих) импульсов.

ных ячеек. Разрабатываются панели постоянного и переменного тока, т. е. с внутренними и внешними электродами (рис. 3.12). Высокочастотный экран питается двумя возбуждающими напряжениями от генераторов Г1 и Г2 (рис. 3.12,в): синусоидальным опорным с частотой в несколько килогерц, поддерживающим разряд, и записывающим (или стирающим) в виде коротких прямоугольных импульсов, «поджигающих» ту или иную ячейку.

В конструкциях рис. 3.12 центральная мозаичная пластина служит для изоляции разрядных промежутков друг от друга, ею определяется разрешающая способность экрана, близкая к 10 ... 20 лин/см. Ограничения области разряда можно добиться и без перегородок повышением давления газовой смеси, которое ведет к стягиванию плазменного шнура, возникающего в месте пересечения возбужденных X- и Y-электродов. Идя по этому пути, можно существенно повысить разрешающую способность,

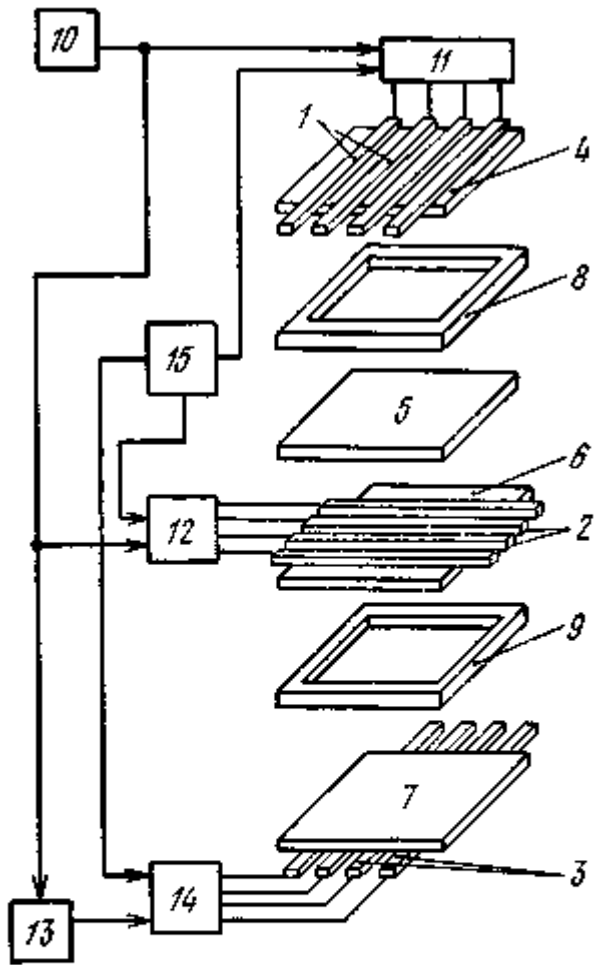


Рис. 3.13. Конструкция двухцветной панели на переменном токе: 1—3 — электроды панели; 4—7 — изоляционные платы; 8, 9 — газовые камеры, 10 — генератор; 11, 12, 14 — устройство управления электродами; 13 — устройство сдвига фаз на 180°; 15 — устройства управления и выбора.

особенно у панелей переменного тока.

Высокое напряжение питания и большое число элементов требуют довольно сложных схем управления. Тем не менее на основе как биполярных, так и МОП-транзисторов и специальных интегральных схем удается изготовить достаточно компактные плоские устройства, размещаемые на задней стороне панели. Схемы управления не только воспроизводят

на экране требуемые образы, но и позволяют изменять интенсивность свечения, обеспечивая передачу до нескольких десятков полутонов (градаций яркости). Для уменьшения числа выводов от панели и упрощения схемы управления используют принцип самосканирования, для реализации которого в центральной пластине делают специальные отверстия, соединяющие определенным образом соседние ячейки друг с другом. Вследствие этого зажженное состояние, созданное в одной ячейке, последовательно перемещается по всем элементам строк и столбцов экрана. Для получения цветного изображения изготавливается прозрачная панель (рис. 3.13), каждый слой которой генерирует свечение определенного цвета (обычно К—О—В), а требуемая окраска обеспечивается соответствующим управлением этими слоями. Возможно и другое решение задачи: в панели с ксеноновым наполнением (УФ излучение) создается сложное люминофорное покрытие (подобное триадам ТВ экрана), а газовый разряд «включает» нужный цвет.

Уменьшить напряжение и мощность управляющих сигналов можно лишь введением в электрическую схему дополнительных электродов.

При сохранении напряжения анод — катод на уровне 200 ... 400 В

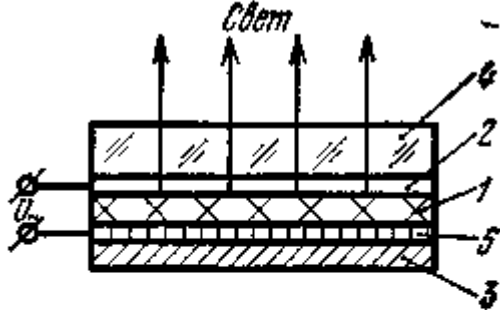


Рис. 3.14. Ячейка электролюминесцентного конденсатора:

1 — светомасса; 2 — прозрачный электрод; 3 — подложка; 4 — стеклянная подложка; 5 — непрозрачный электрод.

для включения разряда в трехэлектродной схеме

необходимо лишь

20 ... 40 В, а в четырехэлектродной (тиратронной) — 2 ... 6 В. Мощность, потребляемая управляющей цепью, может быть снижена до $10^{-4} \dots 10^{-5}$ Вт, и устройство оказывается полностью совместимым со стандартными биполярными и МОП-интегральными схемами. Но для практической реализации указанных преимуществ необходимо создание индикаторов тиратронного типа в панельной конструкции методами пленочной технологии. Важнейшая задача совершенствования плазмечных панелей всех видов заключается в повышении их долговечности до $10^4 \dots 10^5$ ч на основе оптимизации конструкции, тщательного подбора материалов и отработки массового производства.

4. Применение индикаторов

Применение индикаторов характеризуется прежде всего тем, что именно этими приборами электроника широко входит в быт человека. Можно упомянуть такие изделия, как электронные цифровые часы (рис. 3.21), калькуляторы,

автомобильные индикаторные панели, настроенные шкалы радиоприемников, указатели программ телевизоров, индикаторы кухонного оборудования.

В промышленности эти приборы являются обязательным элементом периферийных устройств ЭВМ, автоматизированных систем управления, контрольно-измерительной аппаратуры, сервисных устройств транспортных и связных систем. В военной технике системы отображения информации необходимы на командных пунктах, в различных навигационных устройствах, системах наведения, в приборных щитах самолетов, танков, подводных лодок.

Все это предопределяет массовое производство индикаторных приборов: годовой выпуск приборов (в пере-счете на знак) превышает 1 млрд., объем производства почти такой же, как у диодов всех типов, очень высоки и темпы роста — удвоение объема за 5—6 лет.

Индикаторные средства играют решающую роль в переходе от телефона к терминалу и к видеотелефону; в будущем найдут свое разрешение проблемы твердотельного телевидения, электронной книги и газеты. Не исключено, что совершенствование полупроводниковых светоизлучающих диодов даст в конце концов средство для воспроизводимого получения тех 10 млн. оттенков, которые насчитывают наиболее полные цветовые каталоги; решит все сегодняшние проблемы колориметрии; породит новые виды изобразительного искусства и в конечном счете начнет активно воздействовать на формирование эстетического мира человека.

5. Четыре поколения индикаторных приборов

Четыре поколения индикаторных приборов может быть выделено на основе ретроспективного и перспективного анализа их развития. Первое поколение характеризуется небольшим числом используемых физических принципов, низкими значениями к. п. д. и яркости, малыми информационными возможностями ($N_{эл} \approx 1 \dots 10$), большими габаритами, одноцветностью, высоким управляющим напряжением, малой долговечностью ($< 10^3$ ч), высокой стоимостью, ограниченным применением. Типичными представителями этого поколения являются газоразрядные пакетные индикаторы (типа «Никси»), первые образцы ЭЛИ.

К типичным представителям второго поколения индикаторных приборов следует отнести полупроводниково-вые и жидкокристаллические индикаторы,

многозарядные люминесцентные и плазменные монодисплеи. Эти приборы характеризуются высокой яркостью свечения и контрастностью, экономичностью, приемлемой долговечностью (10^4 ч), невысокой стоимостью. Эти качества, а также повышенная информационная емкость ($N_{эл} \approx 10 \dots 10^3$), совместимость с интегральными схемами управления обеспечивают широкое и многообразное применение индикаторов второго поколения. Как тенденция, проявляющаяся в отдельных представителях этого поколения, эти приборы характеризует многоцветность. Переход от первого поколения ко второму стал возможен благодаря привлечению новых физических эффектов и широкому и последовательному внедрению плоскостных конструкций и групповых методов обработки.

Третье поколение будет базироваться в основном на тех же физических принципах, что и второе, однако совершенствование новых материалов и технологии позволит достигнуть еще большей экономичности и информационной мощности ($N_{эл} \approx 10^4 \dots 10^5$); долговечность превысит $10^4 \dots 10^5$ ч; многоцветность станет обязательным качеством табло и экранов. Совмещение с устройством управления избавит потребителя от трудностей применения и благодаря низкой стоимости распространение информационных средств станет повсеместным. Неким прообразом изделия третьего поколения могла бы служить трехцветная плазменная панель, существенно усовершенствованная в направлении экономичности, миниатюризации схем управления, повышения долговечности и надежности и снижения стоимости.

Четвертое поколение индикаторных приборов можно наметить лишь контурно. Это полностью твердотельные квазимонолитные всецветные универсальные экраны с встроенным управлением, плоской конструкции с рабочей площадью от 1 до 10^4 см². Срок службы должен превышать $(5 \dots 7) \cdot 10^4$ ч. Электронное обрамление экранов неизбежно должно будет использовать новые методы обращения с информацией. Не исключено также, что в этих приборах будут частично проявляться черты устройств отображения последующих поколений, в частности способность воспроизведения объемных голографических образов. Создание устройств четвертого поколения потребует не только коренного изменения технологии (совмещение групповой обработки с непрерывными процессами), но и открытия новых физических эффектов и синтеза новых совершенных материалов. Тем не менее большинство прогнозов сходится на том, что к началу XXI века это будет реализовано.