

изображение которой отбрасывается объективом на движущуюся в проекционном аппарате фонограмму в виде яркого штриха толщиной 15—20 μ . Световой поток, проходящий на изображение щели, просвечивает фонограмму и падает затем на катодный слой фотоэлемента, освобождая с поверхности слоя тем большее число электронов, чем ярче падающий на фотоэлемент луч. Проходя через движущуюся фонограмму, световой поток периодически изменяется (либо вследствие переменной фотографической плотности фонограммы, либо в результате перекрывания штриха зубчиками фонограммы типа переменной ширины), поэтому соответственно изменяется и ток в контуре фотоэлемента. Переменное напря-

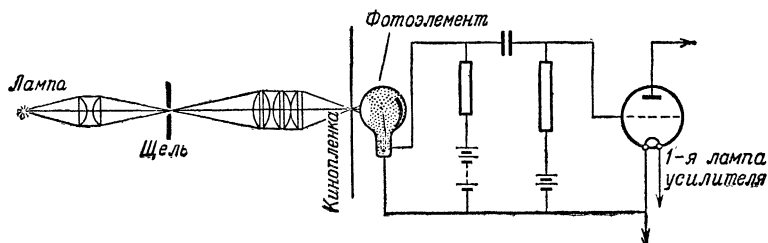


Рис. 444. Схема воспроизведения звуков по их световой записи.

жение на зажимах нагружающего фотоэлемент сопротивления подается через конденсатор на сетку первой лампы усилителя. Ток конечного каскада усилителя питает громкоговоритель, воспроизводящий записанные на фильме звуки.

При широко практикуемой в производстве кинофильмов *противофазной* записи звука она осуществляется по методу фонограмм переменной ширины, но не на одной, а на двух звуковых дорожках, на которых звук записывается в противоположных фазах. Воспроизведение звука выполняется двумя фотоэлементами. Это существенно уменьшает искажения, вносимые случайными дефектами фонограммы (загрязнениями, царапинами и т. п.), так как токи возникающих шумов компенсируются; в итоге достигается более точное воспроизведение тембра записанных звуков.

Надо полагать, что в дальнейшем в кинопромышленности фотографическая звукозапись будет заменена магнитной.

§ 96. Телевидение

Возможность непосредственного видения на большом расстоянии принципиально ограничена дифракцией света, ставящей предел разрешающей силе оптических приборов. Так, даже самый большой телескоп не дает возможности рассмотреть деления миллиметровой шкалы, находящейся на расстоянии большем, чем 10 км. Телевидение позволяет обойти это принципиальное препятствие.

Для передачи изменений интенсивности света на любое расстояние проще всего воспользоваться каким-либо фотоэлементом, дающим электрический ток, пропорциональный освещенности. Этот ток после усиления может быть передан по проводу или по радио. Если принятым током (вторично усиленным) питать источник света, яркость которого зависит от величины тока или напряжения, то на приемной станции можно восстановить те интенсивности света, которые были переданы. Главная трудность телевидения заключается в том, что необходимо передавать интенсивность сразу многих

элементов картины. Можно было бы установить на передающем аппарате много фотоэлементов, каждый из которых был бы направлен на определенную точку пространства. Тогда одновременная передача фототоков с последующей трансформацией их в свет при условии тождественного расположения передающих фотоэлементов и принимающих ламп дала бы возможность осуществить передачу изображения. Однако для сколько-нибудь приличной передачи необходимо было бы иметь несколько тысяч фотоэлементов, число которых определяется предъявляемыми требованиями детальности, и столько же проводов (или радиопередатчиков) и приемников.

Действие всей разнообразной аппаратуры для телевидения, в сущности, сводится к замене нескольких тысяч передающих устройств одним. Конечно, при этом одновременно передается лишь один сигнал, соответствующий интенсивности одного элемента передаваемой картины, и, следовательно, передача всего изображения «развернута» во времени.

Так, например, *фототелеграфия* (применяемая у нас между Москвой, Ленинградом, Ташкентом и многими другими городами) заключается в том, что передаваемая фотография, накрученная на вращающийся цилиндр, обходится узким световым пучком по тесной спирали. Вблизи точки падения светового пучка на передаваемый оригинал помещен фотоэлемент, освещенность которого меняется в зависимости от того, темное или светлое место фотографии освещается в данный момент световым пучком. Это дает слабый или сильный фототок, который, принятый приемным устройством и усиленный, действует на конденсатор Керра (§ 95). На приемной станции имеется барабан, обернутый фотографической бумагой и вращающийся синхронно с первым. Фотографическая бумага подвергается в соответствующих местах сильному или слабому освещению (зависящему от напряжения на конденсаторе Керра) соответственно деталям оригинала. После проявления получается изображение, вполне подобное оригиналу.

В современных устройствах такого типа принимаемое изображение имеет настолько высокое качество, что его трудно отличить от оригинала.

Очевидно, что при телепередаче движущихся объектов полная передача изображения должна занимать не более $\frac{1}{20}$ сек. и непрерывно повторяться, как это имеет место в кино. Отдельные изображения сольются при этом для глаза в движущуюся картину. Первым приспособлением, которое оказалось пригодным для указанной цели, был диск, изобретенный еще в 1894 г. польским инженером П. Нипковым. *Диск Нипкова* имеет ряд отверстий, расположенных по спирали (рис. 445). Места отверстий выбраны так, чтобы при вращении диска они последовательно, одно за другим, проходили по площади четырехугольника *ABCD*, сплошь зачерчивая его. В каждый момент внутри четырехугольника находится только одно

отверстие. Если на диск спроектировать изображение передаваемой картины, а за диском поместить фотоэлемент, то при равномерном вращении на фотоэлемент будут поочередно действовать различные элементы картины. Принять изображение можно, например, так: принятым и усиленным током питают газосветную лампочку с прямоугольным светящимся электродом (рис. 441) размером с контур $ABCD$ и рассматривают этот светлый прямоугольник через точную копию передающего диска, вращающегося синхронно с ним. Тогда в каждый момент наблюдатель увидит из всего светящегося

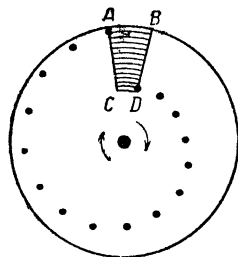


Рис. 445. Диск Нипкова.

прямоугольника одну светлую точку, яркость которой будет пропорциональна яркости точки оригинала, расположенную при правильной синхронизации подобно ей. При быстром вращении дисков глаз не замечает расчлененности передачи и видит передаваемую картину в целом.

В первые годы развития телевидения ограничивались *разверткой изображения* на 30—50 линий-строк (30—50 отверстий в диске Нипкова). Однако при таком числе строк изображение получалось расплывчатым, грубым. В настоящее время в высококачественной

телепередаче применяют развертку на 400 и более строк. В СССР телевизионная передача осуществляется с разверткой на 625 строк. Так как вдоль каждой строки должно быть обеспечено такое же число (400—600) возможных изменений плотности света, то резкие колебания тока, посылаемого фотоэлементом отправительной станции, могут оказаться отделенными десятиллионными долями секунды; например, при 25 кадрах в секунду и при 400-линейной развертке передача каждой световой точки изображения занимает время, равное $\frac{1}{25 \cdot 400^2}$ сек. = $1,5 \cdot 10^{-7}$ сек. Очевидно, что в связи с

возможным резким изменением величины фототока при смене фиксируемой световой точки длительность экспозиции каждой световой точки должна хотя бы в 5—10 раз превышать период высокочастотных колебаний, модулируемых фототоком. Поэтому при высококачественной телепередаче модулируемые колебания должны иметь период порядка $2 \cdot 10^{-8}$ сек., т. е. частоту порядка 50 млн. гц, что соответствует длине волны в 6 м. Как было упомянуто в § 91, такие ультракороткие (метровые) волны обладают малым радиусом действия — всего 50—100 км; поэтому для охвата телевизионным вещанием большой территории является необходимым транслировать телевизионную программу через ряд районных телепередатчиков, размещенных на расстоянии не свыше 100 км друг от друга ¹⁾.

¹⁾ В СССР на 1959 г. действовало около 60 телевизионных станций, которые обслуживали 2,5 млн. телевизоров,

Успехи современного телевидения более всего связаны с усовершенствованием *электронно-лучевых приборов*. Первую электронно-лучевую трубку, позволяющую воспроизводить простейшие геометрические фигуры, изобрел и сконструировал (в 1907—1911 гг.) профессор Петербургского технологического института Б. Л. Розинг. В итоге упорного труда многих ученых разных стран мира электронно-лучевая трубка была неузнаваемо усложнена и сделана пригодной для высококачественного телевидения. За границей электронно-лучевые трубки были введены в практику телевидения (в США с 1931 г.) инженером В. К. Зворыкиным, который описывает их в одной из своих статей следующим образом.

Передающее приспособление имеет вид искусственного глаза. Оно получило название *иконоскоп* (образовано из двух греческих слов и в буквальном переводе означает *наблюдатель изобратель*).

Иконоскоп состоит из двух частей, заключенных в общую эвакуированную стеклянную колбу. Одна часть представляет собой *светочувствительную мозаику* и состоит из металлической пластины, покрытой большим числом мельчайших светочувствительных частичек, изолированных как друг от друга, так и от пластины. Каждая такая точка представляет собой катод отдельного фотоэлемента; все фотоэлементы имеют один общий анод. Назначение этой мозаики то же, что и сетчатки человеческого глаза. Она преобразует световую энергию, получаемую от спроектированной на нее картины, в энергию электрических зарядов, накапливающихся на ней до тех пор, пока они не будут сняты один за другим, давая при этом начало электрическим импульсам, которыми и модулируется передатчик. Снятие зарядов с элементов мозаики осуществляется при помощи движущегося *электронного пучка*, играющего роль нерва этого электрического глаза. Чтобы сделать аналогию между глазом и иконоскопом еще более полной, отметим, что этот прибор обладает «электрической памятью», так как при наличии хорошего диэлектрика заряды на мозаике могут сохраняться в течение значительного промежутка времени.

Для пояснения действия иконоскопа рассмотрим электрический контур отдельного элемента мозаики, схематически изображенный на рис. 446 (здесь P — элемент мозаики; если его рассматривать как конденсатор, то C — его емкость по отношению к общей для всех элементов *сигнальной пластине*). Когда

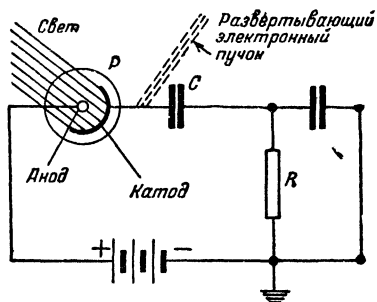


Рис. 446. Электрический контур элемента иконоскопа.

свет от проектируемого изображения падает на мозаику, каждый ее элемент P испускает электроны и заряжается положительно. Величина этого заряда является функцией интенсивности освещения. Когда развертывающий электронный пучок попадает на положительно заряженный элемент P , этот элемент пополняет свой запас электронов и разряжается. Поскольку движение развертывающего пучка по мозаике совершается с постоянной скоростью, промежуток времени t , протекающий между двумя последовательными разряжениями, также постоянен, и, таким образом, величина накопленного каждым элементом заряда зависит только от яркости соответствующей точки картины. Импульс тока, протекающего через сопротивление R при снятии заряда с элемента мозаики, и, следовательно, возникающая на концах сопротивления R разность потенциалов V также оказываются зависящими лишь от яркости точки картины. Эта разность потенциалов V представляет собой элементарный сигнал, посылаемый каждым отдельным фотоэлементом мозаики иконоскопа при передаче изображения.

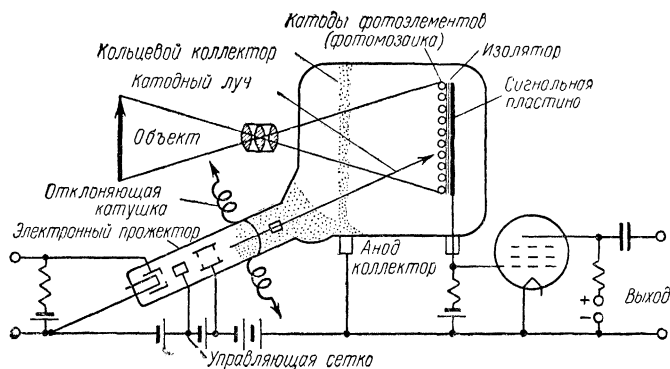


Рис. 447. Схема иконоскопа.

На поверхности мозаики системой линз фокусируется изображение передаваемой картины. Электронный пучок, посылаемый «электронным прожектором», 25 раз в секунду пробегает все изображение на поверхности мозаики, делая каждый раз 400—600 строк.

Нейтрализуя точку мозаики, электронный пучок почти мгновенно освобождает весь запас энергии, накопленный здесь в течение $\frac{1}{25}$ секунды.

Схематическое изображение всех электрических цепей иконоскопа дано на рис. 447. Катоды и анод фотоэлементов совершенно разделены друг от друга. Катоды фотоэлементов представляют собой светочувствительные частицы — шарики, расположенные на поверхности сигнальной пластины и изолированные от нее. Анодом,

общим для всех фотоэлементов, служит посеребренная часть внутренней поверхности колбы. Емкость C каждого отдельного элемента по отношению к сигнальной пластине определяется толщиной и диэлектрической постоянной изолирующего слоя между ними. Снятие положительного заряда с элементов мозаики осуществляется при помощи пучка электронов, создаваемого электронным прожектором, расположенным против центра мозаики под углом в 30° к нормали. Мозаика и прожектор заключены в общую, тщательно откачанную стеклянную колбу.

Мозаика представляет собой весьма большое число (несколько миллионов) мельчайших серебряных частиц, обработанных с поверхности тем же способом, который применяют для изготовления кислородно-цезиевых катодов (§ 54). Изолирующей подстилкой для этих светочувствительных частиц служит слюда, равномерность толщины которой (25—50 μ) обеспечивает одинаковую емкость частиц по отношению к сигнальной пластине.

Фоточувствительность мозаики имеет ту же величину, что и чувствительность вакуумных кислородно-цезиевых фотоэлементов¹⁾.

Электронный прожектор («электронная пушка») является чрезвычайно ответственной частью иконоскопа. «Разрешающая способность» иконоскопа определяется площадью электронного пятна (диаметром около 0,1—0,2 мм), скользящего по мозаике (рис. 448).

Электронный прожектор (рис. 447) состоит из катода с косвенным подогревом, эмиттирующая поверхность которого расположена на доньшке цилиндра, образующего катод. Эта эмиттирующая поверхность располагается перед отверстием управляющей сетки. Анод представляет собой длинный цилиндр с тремя диафрагмами, которые расположены на одной прямой по оси цилиндра. Прожектор помещен внутри стеклянной трубки, припаянной к баллону, в котором находится мозаика.

Фокусировка электронного пучка осуществляется при помощи электростатического поля, образованного потенциалами между частями прожектора (включая металлизированное горло баллона прожектора, служащее вторым анодом).

Распределение электрического поля в электронном прожекторе показано на рис. 449. Действие поля на электронный пучок прибли-

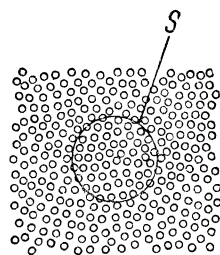


Рис. 448. Относительные размеры элементов мозаики и пятна S электронного пучка.

¹⁾ По одному из способов мозаику изготовляют прогреванием тонкого слоя серебра, нанесенного испарением на поверхность слюды. При прогревании серебро сворачивается в мельчайшие капельки. После остывания зерна серебра (имеющие в среднем диаметр в несколько микронов) покрываются цезием.

зительно таково же, как действие системы из двух линз, изображенной на том же рисунке, на световой луч.

Движения электронного пучка, необходимые для развертывания изображения, осуществляются при помощи переменных магнитных полей.

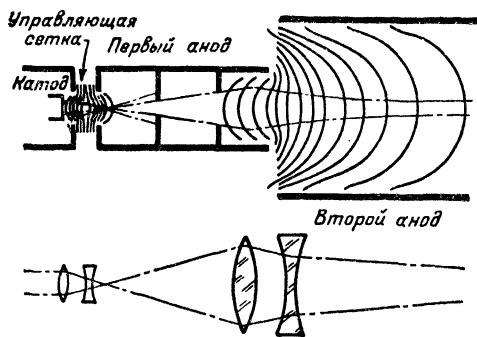


Рис. 449. Распределение электрического поля в электронном прожекторе.

Отклоняющие катушки (см. рис. 447) располагаются на хомуте, надеваемом на горло иконоскопа. Развертывающие движения пучка прямолинейны и в вертикальном и в горизонтальном направлениях. Они происходят благодаря зубчатым (пилообразным) импульсам тока, протекающего по катушкам, и создаваемым ламповыми генераторами.

В 1933—1937 гг. П. В. Тимофеевым и П. В. Шамаковым был создан *супериконоскоп*. В этом приборе достигнуто приблизительно десятикратное повышение чувствительности посредством преобразования оптического изображения в *электронное изображение*. Вместо мозаики супериконоскоп имеет сплошной полупрозрачный фотокатод 1 (рис. 450). Электроны, освобождаемые светом с внутренней стороны фотокатода (в количестве, пропорциональном освещенности данного места фотокатода), увлекаются ускоряющим электрическим полем, созданным между фотокатодом 1 и сигнальной пластиной 4. Эти электроны переносят сфокусированное на фотокатод изображение на мишень 3, представляющую собой слюдяную пластинку, покрытую слоем окиси магния, помещенную перед сигнальной пластиной. Если бы вместо мишени был поставлен флуоресцирующий экран, то освещенность изображения, воспроизводимого на нем ударами электронов, оказалась бы существенно большей (за счет энергии, сообщенной электронам ускоряющим полем), чем освещенность изображения, сфокусированного на фотокатод. В супериконоскопе при переносе электронного изображения несколько расходящиеся линии поля увеличивают изображение в 3—4 раза. Чтобы изображение не подвергалось расфокусировке, создается фокусирующее продольное магнитное поле катушкой 5. Каждый фотозэлектрон, переносящий изображение, выбивает из мишени 3—4 электрона; эти электроны вторичной эмиссии, а также и фотозэлектроны, испытавшие рассеяние, собираются электродами 2 (коллектором). Вследствие упомянутого большого коэффициента вторичной электронной эмиссии мишени интенсивность получаемого на мишени изображения, произведенного распределением положительных зарядов в мишени, оказывается еще более возросшей. Положительные заряды снимаются с мишени супериконоскопа лучом электронного прожектора 6; развертка луча по поверхности мишени осуществляется отклоняющими катушками 7; генерация электрических импульсов, пропорциональных освещенности каждого элемента картины, происходит аналогично тому, как это было пояснено выше для иконоскопа в связи с рис. 446¹⁾.

¹⁾ Различным конструкциям супериконоскопа, вошедшим в эксплуатацию с 1937 г., присваивались разные названия, например: суперэмитрон, фотикон, PES-фотикон (у нас передающая телевизионная трубка ЛИ-101), ризельиконоскоп и др.

Совсем другой, более эффективный способ формирования сигналов изображения применен в *суперортиконе*, созданном в 1943—1946 гг. американскими инженерами Розе, Ваймером и Лоу. В суперортиконе, так же как и в супериконоскопе, оптическое изображение, сфокусированное на полупрозрачном фотокатоде, преобразуется в электронное изображение, которое переносится ускоряющим полем на мишень. Мишенью служит тончайшая (2—3 μ) стеклянная пленка, закрепленная на кольце вместе с тонкой металлической сеткой, как бы заменяющей сигнальную пластину. Однако в данном случае заряд, собираемый сеткой, непосредственно не участвует в формировании сигналов изображения. Они формируются электронным умножителем, который в суперортиконе смонтирован вместе с электронным прожектором.

Электроны луча прожектора после некоторого ускорения попадают в тормозящее электрическое поле и подходят к мишени с очень малыми скоростями. Часть из них оседает на мишени, причем тем большая, чем больше положительный заряд данного участка мишени. Остальная же часть, которая и играет активную роль в формировании сигналов изображения, отбрасывается от мишени и возвращается на анод прожектора, ускоряясь при возвращении тем же электрическим полем, которое тормозило падающий электронный пучок. Тарельчатый анод электронного прожектора, имеющий потенциал около 300 в, является вместе с тем первым электродом электронного умножителя; возвращенные на анод электроны выбивают из него электроны вторичной эмиссии, которые улавливаются и умножаются электродами последующих ступеней умножителя; к этому умножителю подводится напряжение порядка 1500 в (по 200—300 в на каждый каскад). Многократно усиленный ток возвращаемого при развертке мишени электронного луча и создает на нагрузочном сопротивлении умножителя импульсы сигналов изображения.

Чувствительность некоторых конструкций суперортикона в 1000 раз превышает чувствительность иконоскопа. Поэтому такие трубки (например, ЛИ-17) широко используют для внестудийных передач. Суперортиканы, сконструированные с расчетом на меньшую чувствительность (например, ЛИ-201), и супериконоскопы служат для студийных передач, а иконоскопы (положительным качеством которых остается хорошее воспроизведение ими градаций яркости и высокая разрешающая способность) применяются преимущественно для телевизионной передачи кинофильмов.

Громоздкость суперортиконов и некоторые трудности их эксплуатации постоянно побуждали к дальнейшему усовершенствованию передающих телевизионных трубок. Наиболее компактным и удобным в эксплуатации оказался *видекон*—электронно-лучевая трубка с использованием фотосопротивлений, предложенная (еще в 1926 г.) А. А. Чернышевым и успешно реализованная в 1950 г. Высокая светочувствительность фотосопротивлений позволила сделать видекон

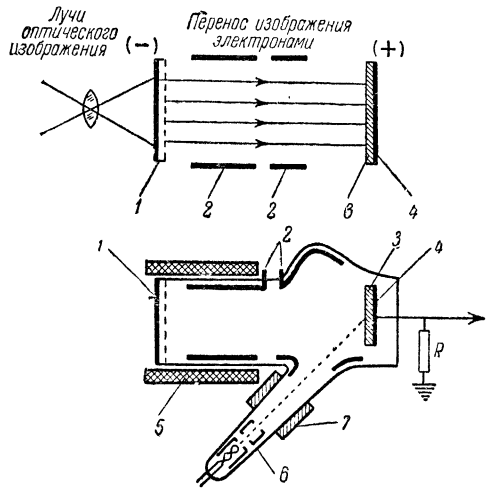


Рис. 450. Электронно-оптическое преобразование и схема супериконоскопа. Ускоряющее поле между фотокатодом (1) и сигнальной пластиной (4) — около 1000 в; 2 — коллектор, 3 — мишень.

почти столь же чувствительным, как суперортиканы, причем для этого не потребовалось применять преобразование оптического изображения в электронное и оказалось возможным сохранить простой способ формирования сигналов изображения, используемый в иконоскопах. Недостатком видекона является некоторая его инерционность (свойственная вообще фотосопротивлениям), что ограничивает его применение.

Схема видекона показана на рис. 451. Сигнальная пластина наносится в виде возможно более прозрачного, тончайшего слоя (из окиси олова или индия) на стеклянную плоско-параллельную планшайбу 1. За этим слоем следует слой фотосопротивления 2—чаще всего трехсернистой сурьмы Sb_2S_3 или аморфного селена. На рис. 451 заштрихованы разрезы фокусирующих катушек и (ближе к трубке) катушек, управляющих разверткой электронного луча; 3—сетка, препятствующая образованию ионного пятна на фоточувствительном слое, и 4—дополнительные электроды, улучшающие фокусировку электронного луча.

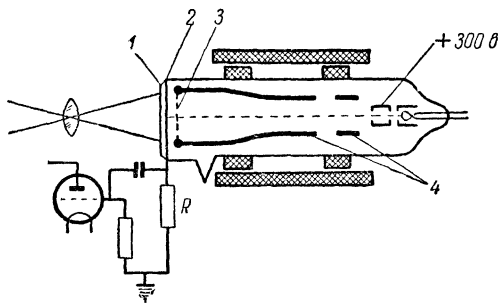


Рис. 451. Схема видекона.

Видеоконы применяются при использовании телевидения промышленными предприятиями и диспетчерской службой транспорта, а также в телевизионных студиях для передачи кинофильмов¹⁾.

В 1956 г. был создан еще один вид высокочувствительных телевизионных передающих трубок—*ибиконы*; они в некоторой мере аналогичны супериконоскопу, но имеют мишень, изготовленную из полупроводника, электропроводность которого резко (в тысячи раз) временно возрастает при проникновении в этот полупроводник электронов, переносящих электронное изображение.

Для ряда технических применений весьма существенно, что электронно-лучевые трубки позволяют вести передачу не только видимых картин, но также и картин, непосредственно не воспринимаемых глазом, получающихся при «освещении» объектов ультрафиолетовыми или инфракрасными лучами.

В СССР для телевизионных передач выделены 12 каналов в области частот от 49 до 223 *Мгц* (т. е. в области длин волн от 5,8 до 1,8 *м*). Каждая телевизионная станция передает свою программу на двух несущих частотах: на несущей частоте изображения и на несущей частоте звука, причем частота передачи звукового сопро-

¹⁾ Как это часто случается с приборами, длительно проходящими стадию конструктивной отработки, в разных странах видеоконы фигурируют под различными названиями (их называют: в Англии статиконами, в ГДР и ФРГ резистронами, во Франции кондуктронами, в Чехословакии квантиконами).

вождения телевидения для каждого канала выбирается на 6,5 Мгц выше несущей частоты изображения. Передача сигналов изображения (*видеосигналов*) ведется амплитудной модуляцией, осуществляемой так, что нижняя полоса частот промодулированных колебаний (стр. 523) отфильтровывается и излучается только верхняя полоса шириной 6,25 Мгц. Передача звукового сопровождения ведется частотной модуляцией с подавлением колебаний частотой ниже 50 гц и выше 15 000 гц.

Видеосигналы в СССР передаются *негативом*, т. е. увеличению яркости элемента передаваемого изображения соответствует уменьшение амплитуды колебаний передатчика (для самых ярких, белых элементов изображения амплитуда уменьшается до 15—20% максимальной амплитуды). При передаче уровня черного амплитуда достигает 75% максимальной величины; максимальную амплитуду, соответствующую как бы уровню «чернее черного», колебания передатчика имеют в моменты, когда производится посылка импульсов, обеспечивающих точное совпадение развертки луча в приемных трубках телевизоров с разверткой луча в передающей телевизионной трубке (*импульсов синхронизации*). Эти импульсы синхронизации излучаются в течение половины того времени (5,1 мксек из 10,2 мксек), когда луч, развертывающий изображение в передающей телевизионной трубке, осуществляет возвратное движение от конца пройденной строки к началу новой (в течение другой половины того же времени излучаются импульсы уровня черного; их называют *гасящими*, или *бланкирующими* импульсами).

Развертка изображения производится *чересстрочная*: сначала луч за время немного меньшее, чем $\frac{1}{50}$ сек., обегает все нечетные строки, а затем в такое же время — все четные; таким образом, каждый кадр состоит из двух полукадров с паузами между ними в 1500 мксек (когда передается черное и импульсы синхронизации кадровой развертки) при общей длительности кадра $\frac{1}{25}$ сек.

В приемной телевизионной трубке (*кинескопе*) формирование электронного луча, заставляющего светиться экран, производится (электронным прожектором трубки) при относительно невысоком потенциале анода (300—500 в), что облегчает управление током луча. Но для достаточно яркого свечения экрана бомбардирующие его электроны должны иметь очень большие скорости; поэтому в кинескопе имеется ускоряющий электрод (второй анод), представляющий собой графитовый слой, нанесенный на внутреннюю поверхность раструба трубки; на ускоряющий электрод подается положительное напряжение порядка 5000—8000 в.

В потоке электронов, выпускаемых раскаленным катодом, всегда имеется некоторое количество ионов, которые, попадая на экран, портят экран. Чтобы устранить их из электронного луча, применяют систему диафрагм и магнит, помещаемый на горловину трубки, а катод с первой диафрагмой устанавливают под некото-

рым углом к нужному направлению луча; магнитное поле выводит электронный поток, эмитируемый катодом, на требуемое направление, а ионы, как более инертные частицы, отбрасываются на преграждающие им путь диафрагмы (это устройство называют «ионной ловушкой»).

Фокусировка электронного луча в некоторых кинескопах осуществляется электростатическим полем, которое создается напряжением, подведенным к специальным электродам; в других кинескопах луч фокусируется магнитным полем катушек. Периодически изменяющееся магнитное поле двух пар особых катушек осуществляет развертку луча по горизонтали и по вертикали.

Управление величиной тока электронного луча производится переменным по напряженности электрическим полем, образованным между катодом и управляющей сеткой кинескопа.

Нормально (при отсутствии сигнала изображения, подводимого к сетке или в других схемах к катоду кинескопа) поле между катодом и управляющей сеткой обеспечивает такой ток электронного луча, который (после ускорения электронов ускоряющим электродом) вызывает яркое свечение экрана: при правильной фокусировке на экране виден *р а с т р*, т. е. узкие светлые полосы, очерчиваемые лучом, разделенные тонкими более темными штрихами. Видеосигнал уменьшает ток луча, что вызывает более или менее сильное (пропорционально амплитуде сигнала) затемнение той точки экрана, на которую падает этот луч. Гасящие импульсы «запирают» кинескоп.

Экран кинескопа изготавливается из смеси люминофоров (т. III, §§ 74—76). Для белого свечения экрана применяют смесь сернистого цинка и сернистого кадмия.

В *цветном телевидении* развертка изображения осуществляется тремя электронными лучами (в каждой трубке цветного телевидения — три электронных прожектора и три управляющие сетки). Экран такой трубки покрывают тремя люминофорами — с красным, синим и зеленым цветом свечения, причем покрытие это производится так, чтобы строки, образуемые этими люминофорами, чередовались. Каждый из трех электронных лучей при развертке проходит только по строкам люминофора той цветности свечения, на которую модулированы видеосигналы, управляющие интенсивностью этого луча.

Современный *телевизор* представляет собой довольно сложный аппарат; он объединяет работу 20—25 триодов, пентодов и полупроводниковых диодов. Кроме уже описанного кинескопа (с блоком высоковольтного питания его второго анода), телевизор имеет еще следующие основные части: 1) основной канал усиления, состоящий из усилителя высокочастотных колебаний, гетеродина, смесителя (преобразователя частоты) и трехкаскадного усилителя промежуточной частоты (в советских телевизорах промежуточная частота 28—34 *Мгц*); 2) звуковой канал, состоящий из детектора колебаний, модулированных по частоте, усилителя звуковых колебаний и громкоговорителей; 3) канал изображения,

состоящий из детектора колебаний, модулированных по амплитуде, и широкополосного усилителя видеосигналов, собранного по схеме усилителя на сопротивлении с дополнительными электрическими цепями, которые компенсируют вредное влияние емкостей между электродами ламп и емкостей, внесенных монтажом¹); 4) канал синхронизации и развертки; этот канал начинается *селектором*—лампой, на управляющую сетку которой дано такое отрицательное напряжение, что лампа оказывается «запертой» для всех импульсов, кроме импульсов синхронизации, имеющих, как упоминалось выше, максимальную амплитуду напряжения. Таким образом, в этот канал проникают только импульсы синхронизации. Они подводятся к сеткам блокинг-генераторов (стр. 520), управляющих действием генераторов пилообразных импульсов для строчной и кадровой развертки. Отделение строчных импульсов синхронизации от кадровых синхромпульсов производится электрическими цепями из сопротивлений и конденсаторов с соответствующим образом подобранными постоянными времени (CR) этих цепей.

§ 97. Сантиметровые волны и их распространение в волноводах

В обширном диапазоне ультракоротких волн (10 м—1 см) волны, имеющие длину в несколько сантиметров, возникающие при частоте колебаний порядка тысяч мегагерц, занимают особое положение по своим свойствам и областям применения. Их используют в радиолокации, в радиорелейных линиях²) и вообще в остронаправленной, «лучевой» радиосвязи в пределах видимости антенны (например, для управления ракетами, для передачи телевизионной программы от «телепередвижки» на центральной телевизионной станции и т. п.).

При частотах колебаний в тысячи мегагерц обычные ламповые генераторы и усилители непригодны, так как при таких высоких частотах даже небольшие сторонние («паразитные») емкости создают короткое замыкание для высокочастотных токов и, кроме того, сказывается (в особенности при наличии нескольких сеток в лампе) инерционность электронного потока в лампе³). Более того, вследствие чрезмерной индуктивности деталей обыкновенных радиоприемников⁴) все они в их обычном виде непригодны к использованию в усилителях и генераторах колебаний частотой в несколько тысяч мегагерц. Действительно, напри-

¹) Приблизительное представление о том, как действует каждый из перечисленных блоков, входящих в указанные три канала телевизора, дают сведения, сообщенные при разборе принципов радиоприема, усиления и детектирования (§ 94).

²) Радиорелейные линии (стр. 515) обеспечивают многоканальную и высококачественную передачу телефонных переговоров, телеграфных сообщений, фото- и телепередач и поэтому с каждым годом все шире вводятся в эксплуатацию.

³) Обычные радиолампы применимы для частот порядка 75 Мгц (т. е. для длин волн до 4 м). Лампы с конструктивно пониженными межэлектродными емкостями (типа так называемых «пальчиковых» и «желудей») используются до частот порядка 500 Мгц. Для волн длиной 10—60 см, т. е. в диапазоне частот 3000—5000 Мгц, в усилительной аппаратуре применяются особые *дисковые триоды* («маячковые» лампы), в которых вывод электродов к цоколю заменен выводом их к дискам, охватывающим лампу и непосредственно воспринимающим из волновода энергию электромагнитных колебаний. Усиление колебаний еще более высоких частот осуществляют посредством *ламп с бегущей волной*, описанных наряду с генераторами сверхвысокочастотных колебаний в следующем параграфе.

⁴) Индуктивность свойственна каждому проводнику, включая конденсаторы. Так называемые «безындукционные» бумажные конденсаторы при $C=5000$ см в действительности имеют индуктивность 20—50 см. При специальной конструкции индуктивность слюдяных конденсаторов небольшой емкости удается понизить до долей сантиметра.