

ТЕЛЕВИЗИОННАЯ СИСТЕМА В АСТРОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ. ЧАСТЬ I

М.Б.КЕРИМБЕКОВ, Ч.А.ЭФЕНДИЕВ

Предложены новейшие технические способы выявления малоконтрастных объектов тонкой структуры солнечной поверхности при наземных наблюдениях. Для калибровки результатов анализируют стратосферный снимок В.А.Крата.

ПЕРЕДАЮЩИЕ ТЕЛЕВИЗИОННЫЕ ТРУБКИ

Рациональное использование передающих трубок и других преобразователей свет-сигнал возможно лишь после изучения физических процессов, происходящих в них. В связи с этим перейдем к рассмотрению устройства и особенностей конкретных приборов.

Как уже было указано выше, современные ТВ системы мгновенного действия строятся на основе трубок типа диссектор. В истории телевидения диссектор является одним из первых преобразователей свет сигнала, на современном же этапе развития техники его конструкция видоизменилась в связи с включением в его состав вторично-электронного усилителя сигнала, благодаря которому удалось существенно повысить его светочувствительность. Рассмотрим конструкцию и принцип действия современного диссектора.

Схематически устройство диссектора показано на Рис.1.1.

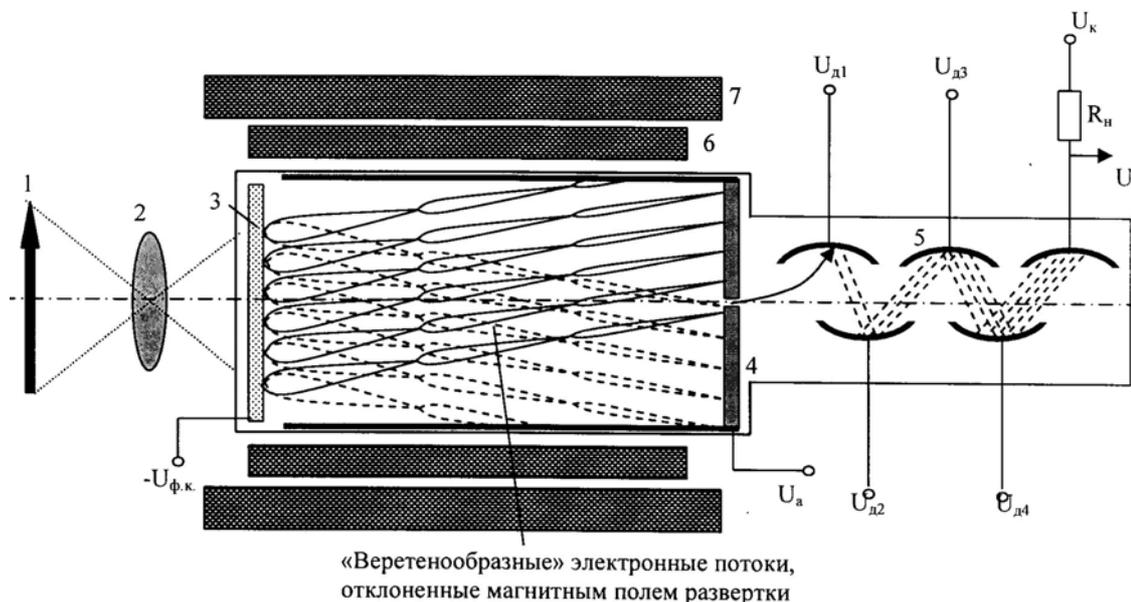


Рис.1.1.

Устройство диссектора: 1-объект передачи, 2-объектив, 3-фотокатод, 4-диафрагма, 5-вторично-электронный умножитель, 6-магнитная отклоняющая система, 7-длинная фокусирующая катушка «переноса изображения».

Трубка состоит из вакуумного стеклянного баллона, на переднее дно которого изнутри нанесено фотокатодное покрытие. Химический состав покрытия определяет спектральную чувствительность трубки. Серийно выпускаемые (фирма

«Электрон», Санкт-Петербург) диссекторы ЛИ619, ЛИ620, ЛИ621 обладают эффективной чувствительностью в диапазоне излучений $\lambda=360\div 850\text{нм}$ с максимумом в област $\lambda=400\div 520\text{нм}$.

Внутри трубки расположена диафрагма (4) с отверстием в центре, которое является считывающим окном-апертурой. В зависимости от требований, предъявляемых к форме апертуры и разрешающей способности трубки, это окно может иметь прямоугольную, квадратную или круглую форму. Вышеназванные диссекторы могут иметь апертуры со следующими размерами:

0.4x0.4; 0.2x0.2; 0.1x0.4; 0.2x0.4; 0.1x3.0; 0.8x0.8; 0.01x2.0; 0.02x3.0; \varnothing 0.2; 1.2; 0.06; 0.1 (размеры в мм.).

В хвостовой части трубки расположены диоды (5) вторично-электронного умножителя, могущего обеспечить усиление тока видеосигнала до 10^7 раз. Коэффициент усиления зависит от распределения потенциалов на диодах умножителя.

Трубка помещается внутри фокусирующе-отклоняющей системы, состоящей из длинной фокусирующей катушки (7) и отклоняющей системы (6).

Разность потенциалов между фотокатодом и диафрагмой составляет величину около 2000В. Таким образом, между фотокатодом и диафрагмой действует ускоряющее фотоэлектроны электрическое и однородное фокусирующее магнитное поле. При проецировании оптического изображения на фотокатод диссектора, вылетающие из фотокатода электроны фокусируясь, переносятся в плоскость диафрагмы, образуя здесь «электронное изображение» объекта. В процессе переноса, электроны перемещаются в виде веретенообразных тел, острие которых находится в плоскости диафрагмы. Изменяя напряженность (скачкообразно) магнитного поля переноса, можно изменять масштаб переносимого «электронного изображения». Одновременно с переносом на веретенообразные токи воздействует магнитное поле отклонения, в результате этого отверстие диафрагмы будет считывать (сканировать) электронное изображение. Прошедшие через отверстие в диафрагме электроны, образуют фототок элемента изображения, который усиливается вторично-электронным усилителем и выделяется в виде видеосигнала (U_c) на нагрузочном резисторе (R_n).

К числу достоинств диссектора следует отнести высокую равномерность фона видеосигнала, безинерционность. Вместе с тем чувствительность трубки низкая, несмотря на высокую интегральную чувствительность (170мкА/лм) фотокатода, что вызывает необходимость высокой освещенности поля изображения.

Использование фото-электронного усилителя, повышая светочувствительность трубки, снижает отношение сигнала к шуму (С/Ш) в генерируемом трубкой видеосигнале. Для обеспечения высокого отношения С/Ш следует использовать низкоскоростную развертку, что сузит спектр видеосигнала и повысит отношение сигнала к шуму.

Наиболее часто диссектор используется в камерах с однострочным разложением изображения в системах автоматического контроля [1].

Далее перейдем к рассмотрению трубок, использующих принцип накопления зарядов.

Наиболее распространенным типом передающих трубок, используемых в системах прикладного телевидения является видикон. К числу преимуществ видикона относятся его малые габариты, достаточно высокая чувствительность, простота настройки и эксплуатации.

Устройство трубки показано на Рис.1.2.

Светочувствительным элементом видикона является его фотомишень, представляющая собой покрытие из фоторезистивной массы (Sb_2S_3 или Si), нанесенное на внутреннюю сторону дна стеклянной колбы. Подложкой этого

покрытия служит тонкая полупрозрачная металлическая сигнальная пластина, с которой производится съем видеосигнала. С целью получения видеосигнала, мишень сканируется пучком медленных электронов, сформированных электронным прожектором и длинной фокусирующей катушкой.

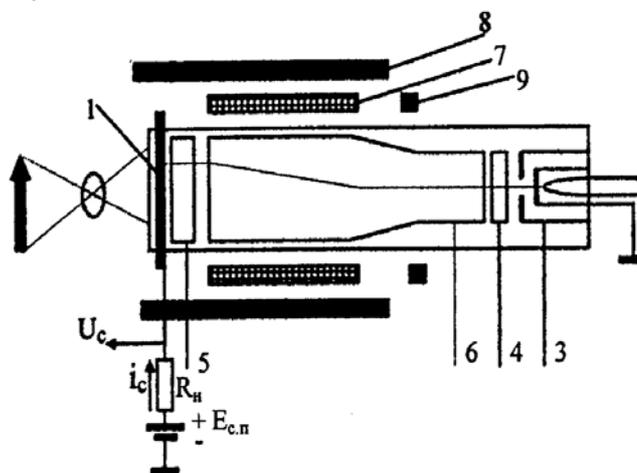


Рис.1.2.

Устройство видикона: 1-фотомишень, 2-термокатод и его нить накала, 3-модулятор, 4-первый анод, 5-электрод выравнивающий потенциал мишени, 6-основной анод, 7-магнитная отклоняющая система, 8-длинная фокусирующая катушка, 9-магнитная корректирующая система.

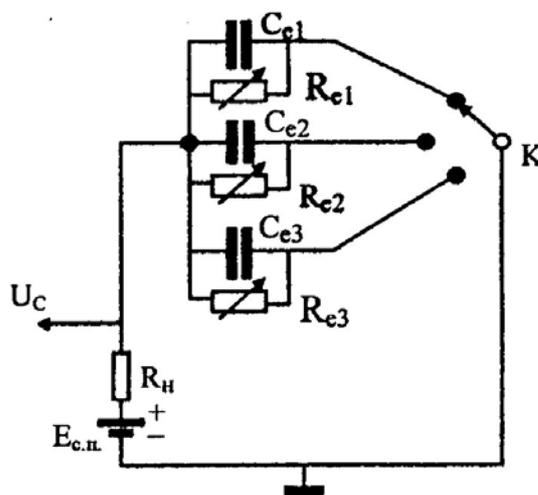


Рис.1.3.

Эквивалентная электрическая схема видикона.

Для объяснения принципа работы трубки, обратимся к ее эквивалентной электрической схеме (Рис.1.3). На ней конденсаторы, с параллельно подключенными к ним переменными резисторами являются эквивалентами элементов мишени. В виде переменных резисторов показаны фоторезисторы, а конденсаторы эквивалентны емкостям между правой и левой сторонами элемента мишени. Ключ К является эквивалентом электронного пучка, сканирующего мишень.

Процесс работы видикона можно условно разделить на три стадии.

На первой стадии работы условимся считать, что мишень затемнена, а значит ее резисторы обладают большим сопротивлением (отметим, что фоторезисторы обладают весьма высоким удельным темновым сопротивлением, приблизительно равным $10^9 \text{ Ом}\cdot\text{см}$) и сканируется пучком медленных электронов, т.е. ключ К последовательно во времени подключает элементы мишени к источнику питания. При этом конденсаторы всех элементов мишени окажутся заряженными до одинакового напряжения. Установившийся потенциал мишени именуется «верхним равновесным».

Необходимо отметить, что в реальном видиконе, коммутирующим элементом, является пучок (луч) «медленных электронов». Это понятие связано с тем, что при достаточно низкой скорости электронов, бомбардирующих изолированную мишень часть из них компенсирует положительный заряд мишени, оставшаяся же часть в виде избыточного отрицательного заряда остается на ней, при этом вторичной электронной эмиссии не наблюдается, тогда как при «быстрых» электронах такое явление имеет место.

При рассмотрении второй стадии работы, предполагается, что на мишень проецируется изображение объекта, причем время проецирования устанавливается

не меньшим, чем период кадра T_K (для визуальных систем ТВ $T_K=0.04$ сек). В течение этого времени сопротивление фоторезисторов уменьшится в зависимости от величины освещенности элемента мишени и конденсаторы в соответствующей степени разрядятся на эти сопротивления (каждый конденсатор на свой резистор). К концу времени кадра на мишени установится негативное потенциальное распределение, соответствующее распределению яркости на мишени или, что тоже самое, на наблюдаемой части объекта.

В течение третьей стадии, электронный пучок вновь начнет считывать мишень, т.е. коммутировать ее элементы на источник питания, конденсаторы мишени снова будут заряжаться до постоянного верхнего равновесного потенциала, а ток их заряда будет пропорционален яркости соответствующего элемента мишени. При этом ток заряда элементов мишени протекая по нагрузочному резистору, образует на нем сигнал изображения (U_C).

К недостаткам видикона следует отнести его достаточно высокую инерционность. В видиконе, как и во всяком другом приборе, работающем на принципе накопления зарядов, наблюдается коммутационная инерционность, однако значительно большая инерционность связана с, так называемой, фотоэлектрической инерционностью мишени, определяемой процессами рекомбинации дырок и электронов в полупроводниковой мишени. Эта вторая составляющая инерционности зависит от температуры мишени и чем она ниже тем больше, а также от степени ее освещенности. Для снижения фотоэлектрической составляющей инерционности, освещенность мишени желательно поддерживать на достаточно высоком уровне.

Другим недостатком видикона является неравномерность фона сигнала изображения, являющаяся следствием неравномерности покрытия, образующего фотомишень. Эта неравномерность может достигать 40-60% от амплитудного значения сигнала. Вследствие такой неравномерности возникает также мультипликативная помеха (паразитная амплитудная модуляция), искажающая амплитудные значения сигнала изображения.

Видикон характеризуется достаточно линейной характеристикой (коэффициент нелинейности порядка $\gamma=0.7$), причем его чувствительность в значительной степени зависит от потенциала устанавливаемого на сигнальной пластине (Рис.1.4).

Выпускаемые промышленностью видиконы, в зависимости от областей применения, могут иметь различные спектральные характеристики. В черно-белом телевидении используются видиконы со спектральными характеристиками приблизительно повторяющими «кривую видности» человеческого глаза (от 400 до 750нм), этим обеспечивается адекватное по яркости восприятие цветных изображений на черно-белом экране. Вместе с тем промышленностью производятся видиконы со значительно более широкой спектральной характеристикой, простирающейся от 400 до 1100нм (например, ЛИ479).

Другой важной характеристикой передающих трубок, при выборе типа прибора для конкретных целей, является апертурная характеристика. Эта характеристика дает возможность оценить разрешающую способность прибора и в соответствии с этим определить приемлемый стандарт развертки ТВ системы, параметры оптической системы (объектива

Апертурная характеристика представляет собой зависимость коэффициента модуляции сигнального тока ($m=i_c/i_{c.сред.}$) от числа «телевизионных линий» (ТВЛ), спроецированных на фотокатод или фотомишень прибора. ТВЛ это число различимых вертикальных штрихов, размещающихся на длине одной ТВ строки. Вместо ТВЛ может быть показано число ТВ строк раstra (Z). Между ТВЛ и Z существует зависимость: $ТВЛ= k \cdot Z$, где k -коэффициент формата ТВ кадра (для

вещательного и большинства прикладных ТВ систем $k=4/3$.) для использования с выбранным типом передающей трубки.

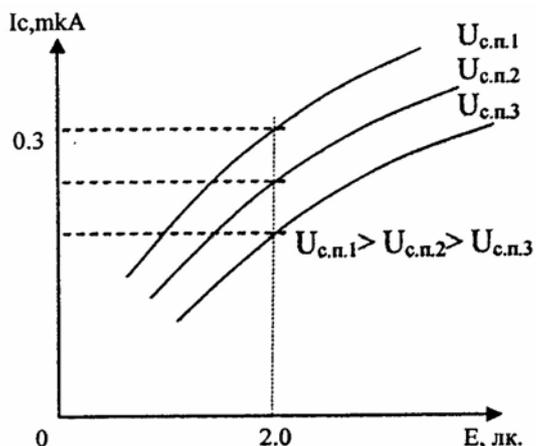


Рис.1.4.

Примерная световая характеристика видикона.

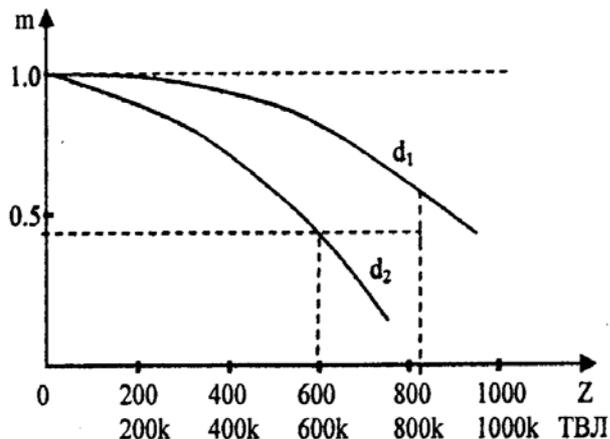


Рис.1.5.

Апертурные характеристики видиконов (к-формат кадра).

На рис.1.5 показаны примерные апертурные характеристики двух видиконов, диаметр фотомишени первого- $d_1=25\text{мм}$, второго- $d_2=12\text{мм}$. Для систем визуального ТВ приемлемым для обеспечения разрешающей способности при заданном ТВЛ или Z принимается прибор, который обеспечивает $m \geq 0.4$. Если принять, что апертура (диаметр пучка) считывающих лучей видиконов примерно одинаковая, то у видикона (или любого другого прибора) разрешающая способность повышается при увеличении диаметра мишени.

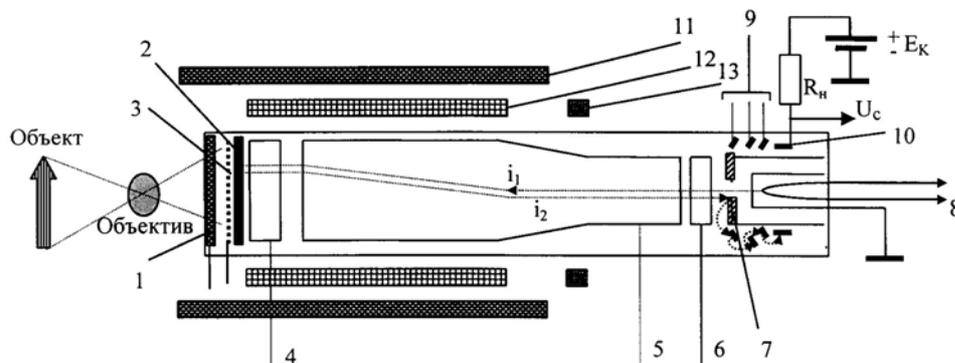


Рис.1.6.

Схема устройства суперортикона: 1-фотокатод, 2-полупроводниковая мишень, 3-сетка мишени, 4-тормозящий электрод, 5-анод, 6-фокусирующий электрод, 7-модулятор, 8-термокатод, 9-диноды вторично-электронного умножителя, 10-коллектор вторично-электронного умножителя, 11-длинная фокусирующая катушка (катушка переноса), 12-отклоняющая система, 13-корректирующая магнитная система.

Передающая трубка суперортикон относится к числу приборов, обладающих весьма высокой чувствительностью и, потому достаточно часто используется при проведении астрономических исследований. Построение трубки с использованием принципа накопления световой энергии, позволяет использовать ее в нестандартных, по сравнению с вещательным телевидением, режимах. Так, увеличение времени кадра, существенно повышает чувствительность трубки.

Остановимся на конструктивном устройстве трубки.

Трубка состоит из вакуумной колбы, внутри которой расположены ее электроды. Снаружи на колбу одета магнитная фокусирующе-отклоняющая система (Рис.1.6-11,12,13).

На передней стенке трубки, в ее торце, изнутри, напылен полупрозрачный фотокатод (1). В зависимости от типа покрытия, меняется спектральная чувствительность трубки. Наиболее распространенным типом фотокатода является кислородно-цезиевый, обеспечивающий спектральную чувствительность с характеристикой близкой к характеристике видности человеческого глаза.

Особенностью суперортикона является использование в нем полупроводниковой мишени (2), на которой формируется потенциальный рельеф изображения, т.е. электрический аналог передаваемого объекта.

Рассмотрим процесс образования потенциального рельефа.

Оптическое изображение объекта с помощью объектива проецируется на поверхность фотокатода, находящегося под отрицательным, по отношению к аноду трубки (5) потенциалом (около 200-300В). Вследствие этого, с правой стороны фотокатода будут излучаться фотоэлектроны. Ускоренные электрическим полем и сфокусированные пучки фотоэлектронов, бомбардируют левую сторону изолированной мишени (2). Полупроводниковая мишень обладает коэффициентом вторичной электронной эмиссии $\sigma > 1$, и образующийся при этом поток вторичных электронов, будет «отсасываться» близкорасположенной сеткой мишени (3). Это приведет к тому, что поверхностный слой мишени будет заряжаться положительным зарядом, пропорциональным фототоку. Подчеркнем, что для обеспечения формирования потенциального рельефа, подобного оптическому изображению, фотоэлектронный поток фокусируясь однородным магнитным полем длинной магнитной фокусирующей катушкой (11)-соленоидом, питающимся постоянным стабилизированным током, «переносится» с фотокатода на мишень. Этот процесс именуется переносом электронного изображения.

Считывание потенциального рельефа мишени, для получения видеосигнала производится электронным лучем, сформированным электронным прожектором трубки (электроды-5,6,7,8), с левой стороны мишени. Необходимо отметить, что потенциальный рельеф сформированный на левой стороне мишени повторяется на ее правой стороне и в этом состоит ее особенность. Рассмотрим это свойство мишени подробно. Мишень представляет собой очень тонкую ($\delta=5$ мкм) пластину из полупроводникового стекла (рис.1.7.), причем ее поверхностная проводимость весьма низка и, поэтому сформированный на ней потенциальный рельеф длительное время локализуется и не растекается. Таким образом, обеспечивается достаточно высокая разрешающая способность трубки.

Слева от мишени, на достаточно близком от нее расстоянии ($\Delta=50$ мкм), располагается сетка мишени, справа от мишени, но на значительном от нее расстоянии ($L=2-3$ см и более), монтируются другие электроды трубки. Мишень и окружающие ее элементы можно представить в виде последовательно соединенных емкостей C_{Δ} , C_{δ} и C_L (здесь C_{δ} собственная емкость мишени). Относительные величины этих емкостей можно охарактеризовать неравенством $C_{\delta} \gg C_{\Delta}, > C_L$. Тогда разность напряжений $U_{bd} - U_{cd} \approx 0$ т.е. потенциальное распределение на левой и правой сторонах мишени повторяется. Отсюда становится ясно, что для формирования видеосигнала, можно считывать потенциальный рельеф с правой стороны мишени.

Считывание потенциального рельефа производится пучком (лучом) «медленных» электронов, сформированным электронным прожектором и магнитной фокусирующей системой. Для создания режима «медленных» электронов, на электроды трубки подаются понижающиеся, если двигаться в

сторону мишени, потенциалы, а на тормозящий электрод, и вовсе, подается отрицательный потенциал. Однако вторичная эмиссия электронов наблюдается и тогда, когда пучок медленных бомбардирующих электронов падает на мишень под некоторым, отличным от 90^0 углом (Рис.1.8). В этом случае, в качестве вторичных электронов выступают приповерхностные электроны, для которых энергия медленных электронов достаточна, чтобы преодолеть потенциальный барьер. Отметим, что явление вторичной электронной эмиссии недопустимо для суперорбитрона, поскольку искажает потенциальный рельеф мишени. Становится ясно, что для предотвращения вторичной эмиссии, во-первых, необходимо использовать пучок «медленных» электронов, а во-вторых, траектория этого пучка при подлете к мишени должна быть перпендикулярна ей.

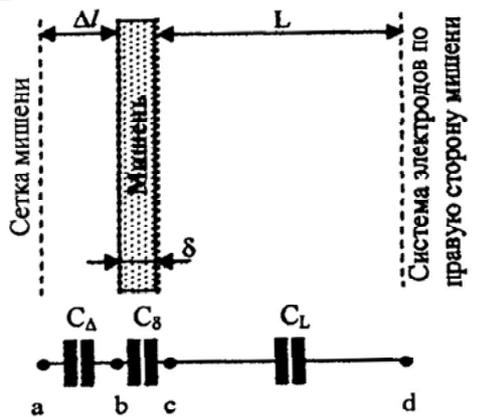


Рис.1.7.

Электрическая схема двухсторонней мишени Брауде.



Рис.1.8.

Явление вторично-электронной эмиссии при считывании мишени пучком «медленных» электронов.

Считывающий потенциальный рельеф пучок i_1 попадая на элемент мишени, в зависимости от величины его потенциала (потенциальный рельеф имеет положительную полярность) отдает часть своих электронов мишени (эл.пучок должен обладать для этого достаточным зарядом –током луча) и компенсирует ее заряд, а оставшаяся часть электронов, оказавшаяся в ускоряющем поле анода, начнет двигаться в виде пучка i_2 в сторону катода трубки. Таким образом, пучок i_2 оказывается промодулированным потенциальным рельефом, т.е. является током видеосигнала. Однако, величина этого сигнала мала и, поэтому в составе суперорбитрона используется вторично электронный умножитель, представленный электродами 7, 9, 10. Пучок электронов i_2 , промодулированный потенциальным рельефом изображения попадает на поверхность модулятора (7), обладающую коэффициентом вторичной эмиссии $\sigma > 1$ ($\sigma = N_2/N_1$, N_1 -число первичных электронов бомбардирующих элемент мишени, N_2 -число вторичных электронов, покидающих этот элемент в ед времени). Вызванные током i_2 вторичные электроны попадают на диоды вторично-электронного умножителя. Таким образом, ток i_2 усиливается и по цепи коллектора -10 протекает ток сигнала негативной полярности, который на нагрузке R_n выделяется в виде видеосигнала позитивной полярности.

Как уже было отмечено выше, одним из факторов предотвращающих возникновение вторичной электронной эмиссии является создание такого режима сканирования мишени электронным лучом, при котором луч всегда будет перпендикулярен поверхности мишени. Для создания такого режима, ось магнитной фокусирующе-отклоняющей системы должна быть точно совмещена с осью электронно-оптической системы самого суперорбитрона. Для достижения

этого используется специальная корректирующая магнитная система, состоящая из трех сдвинутых в пространстве на 120° , и питающихся отдельно регулируемые токами, катушек. Следует отметить, что оперирование режимом этой системы является важным фактором установления правильного режима трубки и требует определенных навыков.

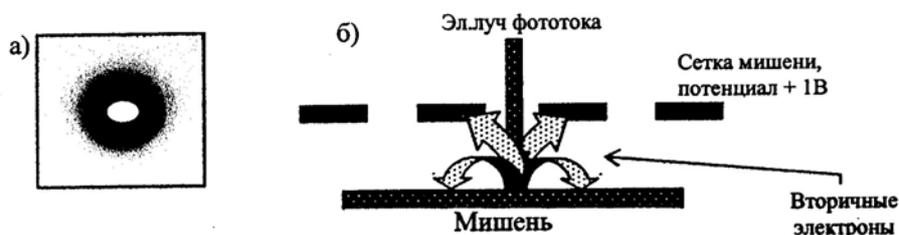


Рис.1.9.

К вопросу об образовании ореола
а- ТВ изображение ореола, б- процесс образования ореола.

Другой особенностью суперортикаона является его критичность к большим перепадам яркости объекта в поле наблюдения. При большом перепаде яркостей, на белых деталях потенциал мишени резко повышается и полный отбор вторичных электронов с этого участка не обеспечивается. Вторичные электроны не отобранные сеткой мишени, оседают на окружающую, менее яркую область мишени, искажая ее истинный потенциальный рельеф, т.е. ТВ изображение. Таким образом, вокруг ярких мест изображения образуется темный ореол (Рис.1.9). Ослабить это явление можно путем тщательного подбора потенциала сетки мишени.

Использование в составе суперортикаона вторично-электронного умножителя приводит к тому, что возрастает уровень шумов в выходном видеосигнале, причем при увеличении коэффициента усиления умножителя (путем увеличения разности потенциалов между диодами) уровень шумов возрастает. Таким образом, при увеличении выходного сигнала трубки, ухудшается отношение сигнал/шум в самом генерируемом сигнале. Выходом из этого положения, является разумное увеличение освещенности на фотокатоде трубки и одновременное уменьшение коэффициента усиления вторично-электронного умножителя. Необходимо отметить, что некоторое усиление выходного сигнала трубки с увеличением отношения сигнала к шуму, обеспечивается переносом «электронного изображения» (сфокусированный перенос электронов) с фотокатода на мишень. Эта часть трубки работает, как оптико-электронный усилитель.

Световая характеристика суперортикаона линейна, однако при освещенности фотокатода превышающей некоторое, достаточно высокое, значение характеризуется переходом в режим насыщения (Рис.1.10, область насыщения обозначена штриховкой).

Линейно нарастающий участок характеристики соответствует линейному преобразованию яркости объекта в сигнал изображения, однако при таком режиме отношение сигнала к шуму оказывается сравнительно низким и в телевизионном вещании неприемлемо. В системах прикладного визуального телевидения такой режим также не используется. Используется, казалось бы неприемлемый, режим насыщения. В этом режиме наблюдается явление перераспределения вторичных электронов по поверхности мишени, т.е.с сильно освещенных мест изображения вторичные электроны оседают на слабо освещенные (вспомним вышепоказанное явление ореола) и тем самым понижают их потенциальный рельеф. Таким образом, сильно и слабо освещенные участки изображения контрастируются самим суперортикаоном. Естественно, что в таком режиме речь не может идти о правильной передаче яркостей, но визуально такие

изображения (в черно-белом ТВ) воспринимаются как естественные. Понятно, что такой режим в системах предназначенных для анализа распределения яркости изображения неприемлем и, потому используя линейный участок световой характеристики, приходится мириться с относительно низким отношением сигнала к шуму.

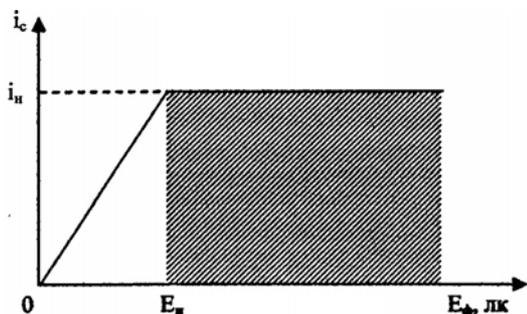


Рис.1.10.

Световая характеристика суперортикаона.

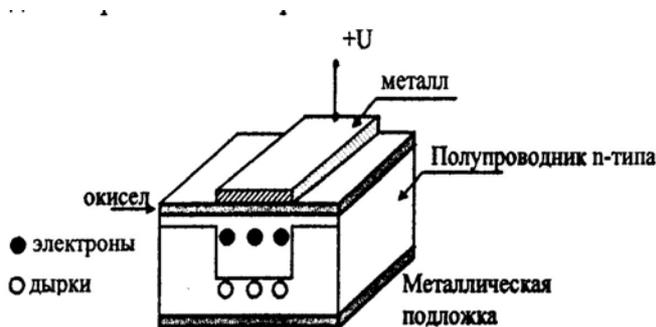


Рис.1.11.

Строение МОП конденсатора.

Как уже было отмечено, спектральные характеристики трубки определяются типом фотокатода и, в отличие от видикона, более разнообразны. Спектральные характеристики обычно имеют два максимума, приходящиеся на различные спектральные области, один из которых обычно в области $\lambda=550\text{нм}$. Так, например, для сурьмяно-цезиевого фотокатода характерны два максимума, больший на излучении с длиной волны 550нм и меньший в ближней инфракрасной – около $\lambda=1200\text{нм}$. Наличие второго максимума может быть полезно использовано.

В настоящее время широкое применение в технике телевидения и цифровых фотокамерах имеют, так называемые, приборы с зарядовой связью, основой которых являются МОП (металл-окисел-полупроводник) конденсаторы, образующие либо линейку ПЗС (линейный ПЗС), либо матрицу (матричный ПЗС). Рассмотрим строение, принципы работы и особенности ПЗС.

Строение МОП конденсатора показано на Рис.1.11.

Если предположить, что полупроводник обладает свойством внутреннего фотоэффекта и на металлическую полоску подать положительный относительно подложки потенциал, то в толще полупроводника произойдет перемещение зарядов, т.е электронов и дырок. Под металлической пластиной сосредоточатся электроны. Таким образом формируется зарядовый пакет, несущий информацию об уровне освещенности МОП конденсатора.

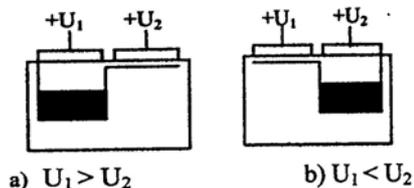


Рис.1.12.

Процесс перетекания зарядовых пакетов, в расположенных рядом МОП конденсаторах

Представим себе, что имеется два, расположенных рядом МОП конденсатора и под одним из них сосредоточен зарядовый пакет (см.рис.1.12а). Если на металлическую пластину второго конденсатора подать потенциал $U_2 > U_1$, то зарядовый пакет из правого конденсатора переместится в левый. Таким образом, если создать систему из МОП конденсаторов, то в ней, меняя соотношение потенциалов на конденсаторах, можно перемещать зарядовые пакеты в желаемом направлении.

На Рис.1.13 изображена линейка МОП конденсаторов, образующих регистр сдвига зарядов. В регистре металлические электроды конденсаторов объединены в

три группы, именуемые фазами (шинами) регистра. Если на фазы линейки подавать потенциалы в соответствии с диаграммами (рис.1.13в), то зарядовые пакеты будут перемещаться вправо и стекать в область база-эмиттер выходного транзистора. В цепи коллекторной нагрузки транзистора, на резисторе R_n образуется выходной видеосигнал. Этот процесс идентичен процессу развертки изображения в электронно-лучевых передающих трубках.

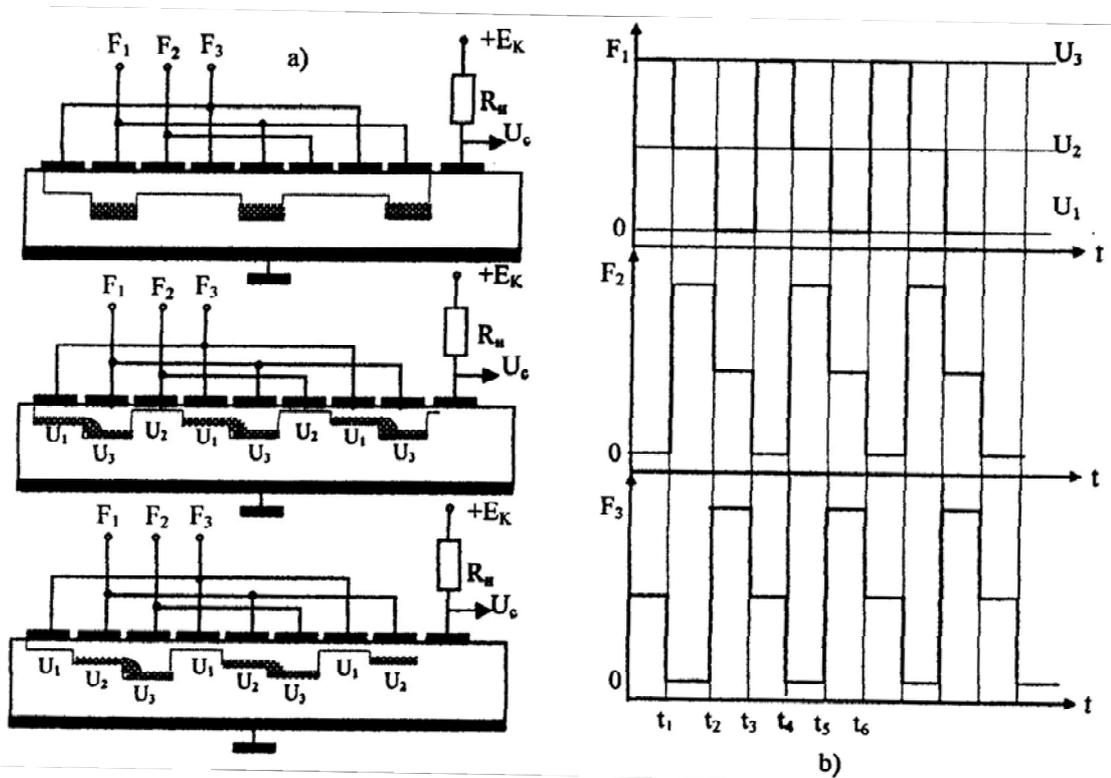


Рис.1.13.

Трехфазный сдвиговый регистр, составленный из МОП конденсаторов: а-строение и размещение зарядовых пакетов; б-диаграмма распределения потенциалов на МОП конденсаторах.

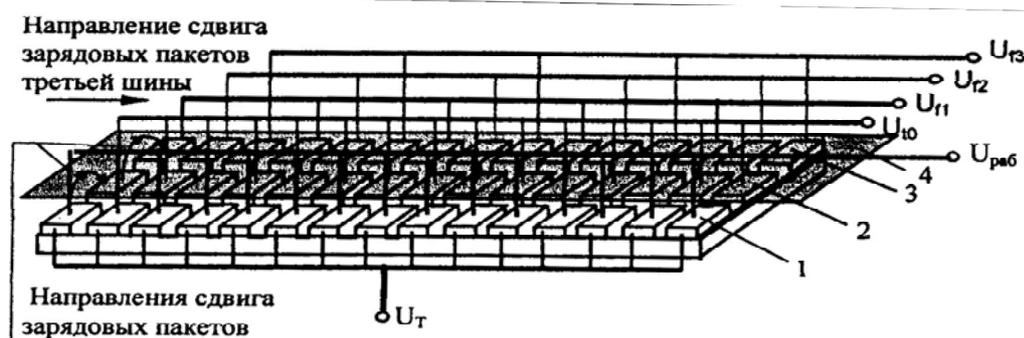


Рис.1.14.

Строение линейки ПЗС: 1-светочувствительная часть, сдвиговые регистры, 3-коммутационная часть, 4-непрозрачное покрытие, $U_{ис}$ -потенциал, подаваемый на светочувствительную часть (двухуровневый), U_{10} -потенциал части хранения зарядов (двухуровневый), $U_{r1,r2,r3}$ - подаваемые на регистр сдвига трехступенчатые потенциалы.

На Рис.1.14 изображена схема возможного построения трехфазной линейки ПЗС. Зарядовые пакеты от воздействия световых потоков спроецированной части изображения объекта (соответствующей одной строке ТВ изображения)

накапливаются в светочувствительной части линейки-1, потенциал всех пластин МОП конденсаторов одинаков ($U_{раб}$).

Далее, под воздействием более высокого потенциала (U_{10}), заряды, накопленные в светочувствительной секции, перейдут в секцию хранения, выполняющую функцию буфера и препятствующую обратному переходу зарядов в светочувствительную секцию. С этого момента в светочувствительной секции происходит накопление зарядов от следующей строки изображения. Отметим, что для получения видеосигнала от кадра изображения, его следует смещать по отношению к горизонтально расположенной линейке ПЗС, в вертикальном направлении. Такой метод используется при передаче кинофильмов.

Из секции хранения заряды будут перенесены в секцию коммутации и далее,

последовательно, под воздействием ступенчато меняющихся потенциалов шин f_1, f_2, f_3 , в выходной транзистор (здесь не показан) линейки.

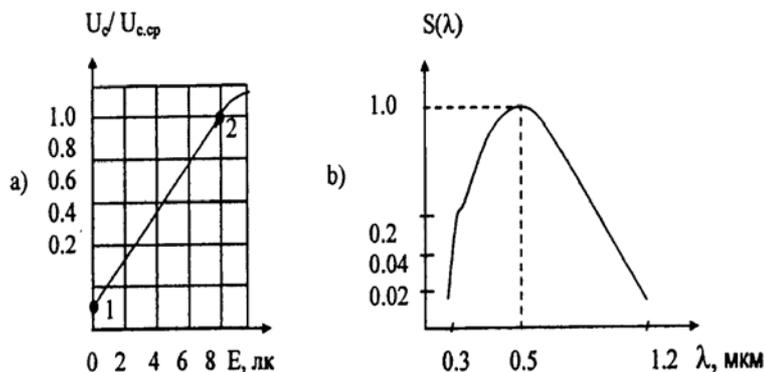


Рис.1.15.

а-световая и б-спектральная (один из возможных вариантов) характеристик ПЗС.

Световая характеристика ПЗС линейна до весьма высоких значений освещенности (динамический диапазон составляет 60дБ). Светочувствительность ПЗС для различных типов приборов колеблется от 15 до 100мВ/лк. Начало световой характеристики сдвинуто и она начинается не с нулевых значений освещенности. Такой сдвиг объясняется генерацией паразитного, шумового сигнала, присущего приборам (уровень шумового сигнала оценивается значением $5 \cdot 10^{-6}$ В). Таким образом, при выборе режима ПЗС необходимо устанавливать начальное значение освещенности выше уровня сигнала (1) внутренней генерации (Рис.1.15).

Разрешающая способность приборов определяется числом элементов (МОП конденсаторов), которое в зависимости от типа прибора колеблется в широких пределах. Линейки ПЗС выпускаются промышленностью от 500 (тип ISD1L) до 2048 (тип ISD10L) элементов, при размерах элементов соответственно 24x200 и 13x2500мкм. Матрицы ПЗС с кадровым переносом зарядов выпускаются с числом элементов от 512x576 (ISD1M) 1024x1152 (ISD23M) с размерами элементов соответственно 18x24 и 9x9 мкм (здесь указаны данные ПЗС для использования в профессиональных целях). Следует отметить высокую равномерность фона сигнала ПЗС, неравномерность не превышает 6-10%.

К числу недостатков приборов можно отнести явление генерации некоторыми ячейками выбросов сигнала очень высокой интенсивности, что приводит к появлению на изображении пятен-факелов (flare) или, наоборот, некоторые ячейки не обладают светочувствительностью и это приводит к появлению на ТВ изображении черных пятен (blemish). В вещательном телевидении, эти сравнительно мелкие вкрапления в изображение, особого значения не имеют, но в системах анализа изображаемого поля, к числу которых относятся и астрофизические исследования, недопустимы. Ниже, в соответствующем разделе, будет рассмотрен один из методов устранения таких погрешностей, разработанный авторами [5].

1. Ч.А.Эфендиев, М.Б.Керимбеков, Солнечные данные, №1 (1968) 5.
2. М.Б.Керимбеков, А.А.Румянцев, Ч.А.Эфендиев, Некоторые проблемы наземных наблюдений и исследований тонкой структуры поверхности Солнца. Изд. «Элм», Баку, (2003).
3. Ç.Efendiyev, С.Çakiroğlu, İridotehşis Yönteminde Kullanılan TV Kapalı Sisteminin Özellikleri.Elektrik-Elektronik Bilgisayar Mühendisliği 8, Ulusal Kongresi 6-12 Eylül 1999,Gaziantep, (1999) СТР.....
4. Ч.А.Эфендиев, Труды 3-й Международной конференции «Микроэлектронные преобразователи и приборы на их основе», Многофункциональная гамма коррекция в прикладных телевизионных системах. Сумгаит, (2001) СТР....., дата проведения
5. Ч.А.Эфендиев, А.Т.Рагимов, А.А.Алиев, Устройство коррекции видеоинформации от твердотельной ТВ камеры на ПЗС с технологическим дефектом матрицы. Авторское свидетельство №1699382, (1991).

FIEKHAŞƏSLƏ EÜVYŞYFEDFKVF EUDUMŞƏŞNF İŞIEUĞŞ

Ğ.I.LÜKŞĞİÜNHM, Ö.F.ÜAÜTVŞNUM

Pbieüksdşk İş, Pctüj ahehaukfigtgt İeutadh şntüdükş ğfytşe ğfnuiştüvü hdfd İfşddnfkdftgt ffdhyqvqk. İq şntüdükdü nfngdfkfy, ızşt vfdxdfkkg (ğfythtdfk) ukuoştş dfz çgkvf iqkqdxftdfkvft ($\lambda < \lambda_m$) ğflkhılıhşl (ğfytşe sgxgkdfk, yunkş-thkğfd ykftqdnfişnf mü Khuiş iqkqdxftdfkg eşzdş) İekleqkdfkf vfjngk. Pctüj İuerştşt fəlhtekfiedg İekleqkdfkgt ğcjrşvüiş cöct üt ğcfişk euçtşlş ğuehvdfk eüldşa hdtqk. Tüeşsüdük eürdşd hdqtqvvyf ğcyfnşü cöct M.F.Lkfe eüküaştvüt ykftqdnfişnfdftgt İekfehaukvüt fdgtğgj jüldştvüt şİeşafvü uvşdşk.

USING OF TELEVISION SYSTEMS IN ASTROPHYSICAL INVESTIGATIONS

M.B.KERIMBEKOV, Ch.A.EFENDIEV

Modern technical methods for the investigation of low-contrast structures of the Sun surface were given. For callibration of results, the picture of granulations obtained by V.A.Krat from the stratosphere has been used.

Редактор: А. Гулиев