Потенциалоскопы («Запоминающие» трубки).

Принцип действия потенциалоскопов.

Потенциалоскопами, или «запоминающими» трубками, называются электронно-лучевые приборы, предназначенные для накопления определённой информации и её последующего воспроизведения. В основе действия разнообразных потенциалоскопов лежит накопление электрических зарядов на поверхности мишени — потенциалоносителя. Накопленный заряд распределяется по мишени в соответствии с записываемой информацией, и затем это распределение накопленного заряда снова преобразуется в выходной сигнал.

Таким образом, работа потенциалоскопа складывается из двух операций: 1) запись информации, т. е. накопление заряда на поверхности мишени; 2) считывание. Запись — это процесс создания на поверхности мишени длительно сохраняющегося потенциального рельефа, соответствующего записываемой информации. В результате второй операции потенциальный рельеф преобразуется в выходной сигнал, дающий достаточно точные сведения о записанной информации.

Кроме записи и считывания, в некоторых типах потенциалоскопах имеется третья, вспомогательная операция — стирание, при которой уничтожается потенциальный рельеф, что бывает необходимо для подготовки потенциалоскопа к записи новой информации.

Информация, подлежащая записи, вводится в потенциалоскоп в виде последовательности электрических импульсов или путём проектирования на фоточувствительную мишень оптического изображения.

Точно так же считываемая информация обычно выводится из потенциалоскопа в виде последовательности электрических импульсов. Иногда считываемая информация преобразуется в видимое изображение, рассматриваемое на экране.

Время сохранения записанной информации может изменяться в широких пределах — от долей секунды до нескольких часов и даже дней, а количество считывания — от одного до десятков и сотен тысяч В некоторых случаях записанная информация сохраняется достаточно длительное время благодаря высокой изоляции мишени, в других трубках для увеличении времени сохранения записанных сигналов применяется специальный электронный луч, фиксирующий («поддерживающий») потенциальный рельеф.

В большинстве случаев потенциалы скопы состоят из мишени(потенциалоносителя), на поверхности которой создаётся потенциальный рельеф, электронных прожекторов, создающих записывающий и считывающий электронные лучи, и отклоняющих систем. В некоторых потенциалоскопах для создания записывающего и считывающего лучей используется один прожектор. Кроме этих основных элементов, потенциалоскопы имеют, как правило, коллектор, собирающий электроны (вторичные электроны, фотоэлектроны, электроны, отражённые от мишени), сетки для создания электрических полей необходимой конфигурации и другие вспомогательные элементы, в том числе проводящую подложку мишени, которую обычно называют сигнальной пластинкой , так как к ней может подводиться записываемый сигнал или с неё «сниматься» считываемый сигнал.

Способы записи и считывания.

Существует несколько способов записи и считывания, но в большинстве трубок с накоплением заряда запись и считывание осуществляются под воздействием электронного пучка, развертываемого по поверхности мишени.

В общем случае мишень можно рассматривать как совокупность изолированных накопительных элементов. Мишень представляет собой чаще всего слой диэлектрика или же совокупность проводящих частиц, изолированных одна от другой нанесённых на поверхность диэлектрика («мозаика»). Вторично-эмиссионные свойства диэлектрика графически описываются кривой зависимости коэффициента вторичной эмиссии от энергии падающих электронов. Коэффициент вторичной эмиссии  в двух точках: при 1=eUкр1 и 1=eUкр2; кроме того, «кажущийся» коэффициент вторичной эмиссии стремится к 1 при 10.

При развёртки поверхности непроводящей мишени пучком электронов потенциал её элементов может принимать различные равновесные значения в зависимости от энергии электронов, бомбардирующих поверхность мишени. При анализ работы потенциалоскопов необходимо учитывать, что потенциал поверхности диэлектрика может существенно отличаться от потенциала ускоряющего электрода электронного прожектора, создающего луч, падающий на мишень. В этом случае истинная энергия электронов, достигающих мишени, определяется не ускоряющим напряжением прожектора, а потенциалом элемента мишени, облучаемого электронным пучком. Однако энергия электронов, подлетающих к мишени, зависит от ускоряющего напряжения прожектора или напряжения коллектора, если оно отличается от ускоряющего напряжения.

Коллектор устанавливается вблизи мишени для отбора вторичных электронов, испускаемых мишенью. Роль коллектора часто выполняет кольцо проводящего покрытия на стенках колбы в области мишени или специальная сетка, расположенная перед мишенью.

Если потенциал ускоряющего электрода или коллектора ниже Uкр1 и <1, количество уходящих с мишени вторичных электронов меньше приносимых на мишень электронным пучком. В этом случае на мишени накапливается отрицательный потенциал и потенциал мишени понижается. Когда потенциал мишени сравнивается с потенциалом катода прожектора, электроны перестанут доходить до поверхности мишени — установится равновесное значение потенциала поверхности мишени, равное нулю.

При ускоряющем напряжении, превышающем Uкр1, но меньше Uкр2, мишень теряет больше вторичных электронов, чем получает первичных от электронного пучка, т. е. Поверхность мишени начинает заряжаться положительно. Однако значительного превышения потенциала мишени над потенциалом анода или коллектора не происходит, так как на положительно заряженную мишень возвращается часть вторичных электронов, что компенсирует положительный заряд. Устанавливается равновесное значение потенциала, примерно равное потенциалу анода прожектора или коллектора.

При Uа>Uкр2 мишень теряет меньше вторичных электронов, чем получает первичных электронов из пучка, и потенциал поверхности мишени начинает понижаться. Однако в этом случае снижение потенциала до нуля не происходит, так как при достижении мишени потенциала, равного Uкр2, коэффициент вторичной эмиссии становится равным 1, дальнейшее накопление заряда прекращается и устанавливается равновесное значение потенциала мишени, равное Uкр2.

Примерная зависимость потенциала изолированного элемента мишени от энергии первичных электронов приведена на рис. 1. Из рисунка видно, что возможно три различных значения равновесного потенциала: при Uа>Uкр1 равновесный потенциал равен нулю; при Uкр1<Uа<Uкр2 равновесный потенциал примерно равен потенциалу анода; при Uа<Uкр2 равновесный потенциал равен Uкр2.

Таким образом, при подготовки мишени к записи потенциал её элементов доводится развёртывающим электронным пучком до одного, возможно для данной энергии первичных электронов, значения. Подготовка мишени к записи, т. е. Развёртка её поверхности немодулированным пучком электронов при отсутствии входных сигналов, может быть и самостоятельной подготовительной операцией.

В потенциалоскопах используются следующие способы записи: равновесная, бистабильная, неравновесная и запись возбуждённой проводимости. Сравнительно редко в потенциалоскопах применяется запись перераспределением зарядов, используемая в передающих телевизионных трубках.

При равновесной записи разность потенциалов между катодом записывающего прожектора и коллектором выбирается большей Uкр2 или меньшей Uкр1. В этом случае при развёртки мишени немодулированным пучком её поверхность принимает равновесный потенциал Uкр2 или 0. Если при этом подвести входной сигнал к катоду записывающего прожектора, то новый равновесный потенциал будет тем же по отношению к катоду, но будет изменяться относительно потенциала коллектора. Таким образом на поверхности мишени будет создан потенциальный рельеф, соответствующей информации, которая была подведена к катоду. Равновесная запись может быть осуществлена и при ускоряющих напряжениях, лежащих в пределах Uкр1Uкр2. В этом случае записываемый сигнал подводится к коллектору. При развёртке поверхности мишени немодулированным электронным пучком потенциалы элементов мишени доводятся до равновесного значения, примерно равного потенциалу коллектора по отношению к катоду записывающего прожектора. Однако заряд, накапливаемый элементами мишени, будет различным в зависимости от величины входного сигнала, т. е. и в этом случае на поверхности мишени будет создан потенциальный рельеф.

Бистабильная запись применяется в тех случаях, когда записываемая информация может быть записана в двоичной системе, т. е. представлена в виде «0—1», «да — нет», «чёрное — белое». При бистабильной записи потенциал мишени может иметь только два сильно отличающихся равновесных значения. Например, можно произвести бистабильную запись, изменяя потенциал, ускоряющий первичные электроны, Uа<Uкр1 до Uа<Uкр1 или от Uа<Uкр2 до Uа<Uкр2. В первом первый равновесный потенциал равен 0, второй близок к потенциалу коллектора; во втором случае — первый равновесный потенциал близок к потенциалу коллектора, второй равен Uкр2.

Бистабильная запись допускает два режима «белое по чёрному» и «чёрное по белому». При бистабильной записи в режиме «белое по чёрному» перед записью потенциал мишени приводится к более низкому равновесному значению. Запись производится более быстрыми электронами с энергией, превышающей fg . При этом на «чёрном» нулевом фоне образуется «белый» положительный потенциальный рельеф. При записи в режиме «чёрное по белому», наоборот, перед записью поверхность мишени доводится до более высокого равновесного потенциала. Запись производится медленными электронами, снижающими потенциал элементов мишени до низшего равновесного значения. В этом случае на «белом» положительном фоне создаётся «чёрный» отрицательный потенциальный рельеф.

Бистабильная запись не позволяет записывать информацию, содержащую градации «серого». Она находит применение в трубках для счётных устройств, где распространена двоичная система. Большим преимуществом бистабильной записи является возможность простыми способами поддерживать записанный сигнал. Это позволяет считывать неограниченное число раз. В реальных трубках длительность сохранения информации ограничивается неизбежными утечками заряда по поверхности мишени и компенсацией заряда рассеянными положительными ионами, что приводит к постепенному «сглаживанию» потенциального рельефа.

Неравновесная запись осуществляется путем смещения потенциалов элементов мишени от их равновесного значения, которое приобретается мишенью при подготовке к записи или при стирании. Обычно это равновесное значение близко к потенциалу коллектора. Перед записью на сигнальную пластинку подается напряжение, значительно отличающееся от потенциала коллектора. При записи модулированным пучком потенциалы элементов мишени в большей или меньшей степени смещаются от равновесного значения, в результате чего на поверхности мишени появляется потенциальный рельеф. Неравновесная запись может быть осуществлена пучком с очень малым током. В этом случае заряд, приносимый электронным пучком, оказывается недостаточным для доведения потенциала мишени до равновесного значения, и на мишени образуется потенциальный рельеф, содержащий градации «серого» (полутона).

Неравновесная запись используется также в трубках с фоточувствительной мишенью (например, в ортиконе), в которых смещение потенциалов элементов происходит за счет ухода фотоэлектронов с поверхности мишени.

Запись возбужденной проводимостью основана на появлении электропроводности у тонких слоев (0,5—1 мкм) диэлектриков при облучении их быстрыми (10 кэв) электронами. Перед записью поверхность мишени доводится до равновесного (например, равного потенциалу коллектора) потенциала. К сигнальной пластинке подводится напряжение, существенно отличающееся от равновесного потенциала поверхности мишени.

Запись «производится пучком быстрых электронов, способных создать возбужденную .проводимость. Вместе падения записывающего пучка вследствие возникновения возбужденной проводимости .потенциал мишени смещается в сторону потенциала сигнальной пластинки и на поверхности мишени создается потенциальный рельеф.

Возбужденная проводимость может возникать под действием света, падающего на мишень из полупроводника, обладающего внутренним фотоэффектом. Такая мишень используется, например, в видиконе .

Сигналы, подлежащие записи («запоминаемая» информация) , могут вводиться в потенциалоскоп путем модуляции напряжений на различных электродах трубки. В соответствия с этим различают следующие способы введения информации: 1) изменение тока записывающего пучка путем изменения напряжения модулятора прожектора; 2) изменение скорости развертки пучка (частоты или амплитуды развертывающих напряжений или токов); 3) изменение разности потенциалов между катодом записывающего прожектора и коллектором; 4) изменение напряжения коллектора; 5) изменение напряжения сигнальной пластинки. Запись может производиться проектированием оптического изображения на фоточувствительную мишень. Этот способ записи применяется в телевизионных трубках.

В двух первых способах потенциальный рельеф определяется величиной заряда, приносимого записывающим пучком на мишень. В третьем способе заряд на мишени зависит от изменения коэффициента вторичной эмиссии мишени, а в двух последних заряд мишени определяется количеством вторичных электронов, ушедших с мишени на коллектор.

Считывание может осуществляться следующими способами: 1) перезарядное считывание; 2) считывание сеточным управлением; 3) считывание (в некоторых случаях) перераспределением зарядов.

При перезарядном считывании происходит перезарядка элементарных емкостей, образуемых элементами поверхности мишени и сигнальной пластинкой. При записи благодаря созданию потенциального рельефа элементарные конденсаторы заряжаются в соответствии с величиной записываемого сигнала. Когда осущест­вляется считывание, немодулированный считывающий пучок разряжает элементарные емкости, и потенциалы всех элементов мишени смещаются в сторону .равновесного значения.

Если ток считывающего пучка достаточен, чтобы довести потенциал наиболее «глубокого» места потенциального рельефа до равновесного значения, то после одного считывания вся поверхность мишени принимает равновесный потенциал, потенциальный рельеф полностью уничтожается и дальнейшее считывание невозможно. При малом токе пучка заряд, приносимый им, оказывается недостаточным для перезарядки элементарных емкостей. Потенциалы элементов мишени в этом случае только смещаются в сторону равновесного значения, не достигая его. После каждого считывания глубина потенциального рельефа уменьшается, и, наконец, величина потенциала всех элементов мишени становится близкой к равновесному значению. Так как при каждом считывании потенциальный рельеф сглаживается лишь частично, при малом токе пучка возможно считывание от нескольких раз до нескольких сот раз (в зависимости от

глубины потенциального рельефа и величины тока считывающего пучка).

При перезарядном считывании в момент разряда элементарных емкостей в цепи сигнальной пластинки проходит емкостный ток, создающий выходной сигнал. Так как на разрядку емкостей тратится различный заряд (в зависимости от величины записанного сигнала), количество электронов, возвращающихся с мишени на коллектор, оказывается промоделированным записанным сигналом. Поэтому выходной сигнал может быть получен также в цепи коллектора. При перезарядном считывании, если после первого считывания потенциальный рельеф полностью сглаживается, выходной сигнал в точности соответствует записанному. Если же используется многократное считывание, выходной сигнал может иметь заметные искажения, в особенности в передаче градаций «серого» (полутонов).

При считывании сеточным управлением потенциальный рельеф на поверхности мишени создает местные электрические поля, которые могут воздействовать на проходящие вблизи мишени электроны. Такое «управляющее» действие местных полей аналогично действию управляющей сетки электронной лампы на электронный поток, идущий с катода на анод лампы.

При сеточном считывании сетка как элемент потенциалоскопа может отсутствовать, а роль управляющей сетки могут играть местные электрические поля у поверхности мишени. В некоторых типах потенциалоскопов мишень выполняется в виде металлической сетки, покрытой с одной пли с двух сторон слоем диэлектрика. В этом случае наличие потенциального рельефа изменяет проницаемость («прозрачность») мишени для считывающего пучка. В других типах потенциалоскопов со считыванием сеточным управлением потенциальный рельеф (местные поля) управляет вторичными или отраженными первичными электронами, уходящими с мишени.

Во всех способах сеточного управления электроны считывающего пучка не оседают на мишени и не сглаживают потенциальный рельеф. Поэтому такое считывание применяется в тех случаях, когда необходимо многократное считывать однажды записанной информации. Считывание сеточным управлением может осуществляться сфокусированным пучком, развертываемым по поверхности мишени, или при непрерывном облучении поверхности мишени широким, не сфокусированным пучком электронов. Считывание сеточным управлением применяется в потенциалоскопах, выходным сигналом которых является видимое изображение на экране, покрытом люминофором. В этом случае потенциальный рельеф мишени модулирует пучок электронов, идущих на экран.

Считывание перераспределением зарядов по поверхности мишени, применяемое в некоторых типах потенциалоскопов, не отличается от считывания, применяемого в иконоскопах.

Кроме операций записи и считывания, в некоторых типах потенциалоскопов необходима операция стирания (уничтожения) записанной информации, целью которой является подготовка мишени к записи новой информации. Обычно стирание производится так, что все элементы мишени, независимо от имевшегося на них заряда, доводятся до равновесного потенциала.

Потенциалоскопы, преобразующие

электрический сигнал в видимое изображение.

Потенциалоскопы, выходным сигналом которых является только видимое изображение, получающееся на люминесцирующем экране.

В качестве примера такой трубки можно привести потенциалоскоп с фотоэлектронным возбуждением люминофора. Схема этого потенциалоскопа приведена на рис. 2. В цилиндрической колбе установлена мишень.

Дно колбы, противоположное мишени, покрыто слоем люминофора. Горловина колбы расположены под углом 25 – 300 к оси колбы. Внутренняя поверхность цилиндрической части колбы и горловины имеет проводящее покрытие, выполняющее функции коллектора. Один коллектор помещённый в горловине трубки, осуществляет и запись и стирание. В этом потенциалоскопе используются неравновесная запись и считывание сеточным управлением.

Прожектор потенциалоскопа используется только при записи.

Считывание производится достаточно высокое ускоряющее напряжение, необходимое для получения отрицательного потенциального рельефа за счёт <1 в области за вторым критическим потенциалом. При стирании ускоряющее напряжение снижается, что обеспечивает величину >1. Прожектор обычно строится по триодной схеме (катод – модулятор – анод), в качестве второй линзы используется короткая магнитная катушка, помещенная на горловине колбы. Отклонение луча может быть магнитным или электростатическим.

Мишень представляет собой слой диэлектрика, нанесенный на сигнальную пластинку. На поверхности диэлектрика расположены фоточувствительные частицы (миниатюрные фото катоды), электрически связанные между собой. Не закрытая фото катодами поверхность диэлектрика является потенциалоносителем.

При подготовке потенциалоскопа к записи (или стирании ранее записанной информации) поверхность мишени развертывается немодулированным пучком с достаточно большим током при ускоряющем напряжении, обеспечивающем величину >1. При этом потенциал сигнальной пластинки и соединенного с ней фото катода равен потенциалу коллектора.

При записи ускоряющее напряжение повышается до значения, превышающего второй критический потенциал, и к модулятору прожектора подводится записываемый сигнал. Так как при этом <1, потенциал мишени понижается, на поверхности мишени создается отрицательный потенциальный рельеф, глубина которого примерно пропорциональна току записывающего пучка. Таким образом, трубка позволяет записывать полутона. Записанный сигнал при отсутствии считывания и стирания в случае кварцевого потенциалоносителя и вакуума не хуже 10-7 мм рт. ст. может сохраняться длительное время – до 30 дней.

Считывание происходит при освещении элементарных фото катодов внешним источником света. При этом потенциал сигнальной пластинки устанавливается отрицательным относительно коллектора . Электроны, испускаемые фото катодами при освещении, ускоряются полем коллектора и фокусируются однородным продольным магнитным полем, создаваемым длинной катушкой, надетой на цилиндрическую часть колбы. Потенциальный рельеф действует подобно управляющей сетке электронной лампы: электроны с фото катодов, расположенных вблизи отрицательно заряженных элементов мишени, тормозятся и не доходят до люминесцирующего экрана или доходят в меньшем количестве. Так как однородное магнитное поле «переносит» электронное изображение с мишени на экран, записанный сигнал воспроизводится на экране в виде изображения.

Очевидно, полярность выходного сигнала обратно полярности записываемого сигнала, т. е. максимальной амплитуде входного сигнала соответствуют темные места изображения. Трубка допускает передачу градаций «серого», так как при неравновесной записи глубина потенциального рельефа может иметь любые значения в пределах между двумя равновесными потенциалами , яркость свечения экрана также может меняться в широких пределах в зависимости от тока фотоэлектронов. Считывание может продолжаться в течение 10 – 15 мин, затем изображение начинает заметно ухудшаться, главным образом вследствие сглаживания потен­циального рельефа положительными ионами, легко образующимися при больших скоростях электронов.

Разновидностью трубок, преобразующих электрический сигнал в видимое изображение, являются потенциалоскопы со знаковой индикацией. В этих трубках используются равновесная запись и считывание сеточным управлением. Особенностью их является наличие на пути записывающего электронного пучка металлической пластинки – матрицы, придающей пучку поперечное сечение в форме определенного знака. При падении такого «промоделированного» матрицей электронного пучка на мишени, выполненной в виде сетки, покрытой слоем диэлектрика, создается потенциальный рельеф, воспроизводящий записываемый знак. При считывании луч счи­тывающего прожектора проходит сквозь сетку-мишень лишь в тех местах, где был записан сигнал, и, попадая на экран, воспроизводит записанный знак.

Примером такой трубки служит тайпотрон, схема которого приведена на рис. 3. В горловине трубки

помещается электронный прожектор, пластины выбора знака, направляющие луч на соответствующее место матрицы а также компенсирующие и адресные пластины. Компенсирующие пластины необходимы для направления электронного пучка, прошедшего матрицу, вдоль оси трубки. Адресные пластины направляют луч в необходимую область мишени. В области за матрицей до компенсирующих пластин пучок фокусируется магнитной катушкой надетой на горловину трубки.

В широкой части колбы установлена мишень в виде мелкоструктурной сетки, покрытой со стороны прожектора слоем диэлектрика. Дно колбы покрыто слоем люминофора. Горловина, переходная область и широкая часть колбы имеют отдельные проводящие покрытия с различными потенциалами. На одной из адресных пластин укреплен считывающий прожектор, создающий широкий не сфокусированный поток электронов, облучающих всю мишень.

При записи пучок из прожектора, оформленный матрицей в виде знака, направляется адресными пластинами на выбранное место мишени. Энергия электроном записывающего пучка должна быть достаточно большой, чтобы обеспечить значение >1. При этом на мишени образуется положительный потенциальный рельеф вследствие ухода вторичных электронов.

При считывании медленные электроны считывающего пучка не проходят сквозь сетку-мишень в тех местах, где не было записи информации. В тех же местах, где написаны знаки, за счет более высокого потенциала мишени электроны считывающего пучка попадают в ускоряющее поле и проходят сквозь мишень. После ускорения в пространстве мишень – экран электроны, прошедшие сквозь мишень, бомбардируют экран, вызывая свечение. Примерная картина, наблюдаемая на экране тайпотрона, показана на рис. 4. Конструкция тайпотрона сложна, и поэтому он пока не получил широкого распространения.

Московский Авиационный Институт

Потенциалоскопы

(«Запоминающие трубки»)

Студент Ульянов В. В.

Группа 04 – 216

Преподаватель Рыбин Ю. М.

1998 г.

Содержание:

1) Потенциалоскопы («Запоминающие» трубки);

— Принцип действия потенциалоскопов;

— Способы записи и считывания;

— Потенциалоскопы, преобразующие

электрический сигнал в видимое изображение;

2) Список используемой литературы;

Список используемой литературы:

1) Жигарёв А. А. «Электронно-лучевые трубки»;

2) Кноль М. «Электронно-лучевые трубки с накоплением зарядов»;

3) Супряга Н. П. «Электронно-лучевые трубки с накоплением зарядов»;