

**Министерство высшего образования РФ**

**Уральский государственный технический университет - УПИ**

**Кафедра "Технология и средства связи"**

**Реферат**

**по курсу "ФОМЭ"**

Движение электронов-

фокусирующие системы электронно-лучевой трубки

**Преподаватель: Болтаев А.В.**

**Студент: Черепанов К.А**

**Группа: Р-207**

**Екатеринбург**

**2000**

**Аннотация**

В данном реферате сообщается о системах фокусировки электронного луча в электронно-лучевой трубке (ЭлЛТ). Подробно описываются принципы физических эффектов, применяемых в них, а также их конструктивные особенности-способы и материалы. В следующей части реферата производится описание приборов (используюших данные системы) их характеристики, параметры, применение, особенности использования в тех или иных случаях различных систем.

В заключении говорится о плюсах и минусах электростатических и магнитных отклоняющих систем, о перспетиве использования и кратко упоминается о роли ЭлЛТ в прогрессе человечества в ХХ веке.

**Содежание**

1. **Описание сущности физического эффекта** **4**
2. **Модель физического эффекта 4**
3. **Основные характеристики физического эффекта 6**
4. **Устройства приборов, использующих физический эффект 10**
5. **Используемые материалы 10**
6. **Основные характеристики приборов 11**
7. **Основные параметры 11**
8. **Классификация и маркировка 12**
9. **Сведения о конкретных приборах 12**
10. **Применение приборов 13**
11. **Перспективы развития приборов 14**
12. **Тезисы доклада 15**
13. **Библиографический список 15**
14. **Временные затраты 15**

# Описание сущности физического эффекта

Физический эффект заключается в управлении (фокусировке) пространственным положением движущихся электронов, вырывающихся из катода электронно-лучевой трубки (ЭлЛТ), с помощью фокусирующих систем под действием электрических *(электростатическая отклоняющая система)* и магнитных *(магнитная отклоняющая система)* полей.

1. Модель физического эффекта

**Магнитная отклоняюшая система:**

Отклоняющая система служит для управления положением луча в пространстве. В трубках с магнитным управлением отклоняющая система состоит из двух пар отклоняющих катушек.

Рис.1. Траектория движения электронов в магнитной отклоняющей системе.

*01*

*V0*

*l2*

*l1*

*L*

*X*

*Z*

*r*

*α*

*α*

**Магнитная отклоняющая система** обычно содержит две пары катушек, надеваемых на горловину трубки и образующих магнитные поля во взаимно перпендикулярных направлениях. Рассмотрим отклонение электрона магнитным полем одной пары катушек, считая, что поле ограничено диаметром катушки и в этом пространстве однородно. На рис.1 силовые линии магнитного поля изображены уходящими от зрителя перпендикулярно плоскости чертежа. Электрон с начальной скоростью *V0* движется в магнитном поле, вектор индукции *B* которого нормален к вектору скорости *V0*, по окружности с радиусом



По выходе из магнитного поля электрон продолжает движение по касательной к его криволинейной траектории в точке выхода из поля. Он отклонится от оси трубки на некоторую величину *z = L tgα*. При малых углах *α ≈ tg α; z ≈ Lα.*

Величина центрального угла *α = s/r ≈ l1/r,* где *s* – кривая, по которой движется электрон в поле *В*. Подставляя сюда значение *r*, получаем:



Таким образом, отклонение электрона равно:



Выражая скорость *V0* электрона через напряжение на аноде, получаем:



Учитывая, что индукция магнитного поля пропорциональна числу ампер-витков *w****I,***  можно записать:



**Электростатичиская отклоняющая система:**

Простейшей электростатической отклоняющей системой является плоский конденсатор, состоящий из двух параллельных пластин.

Величину отклонения (смещения пятна на экране) ***h*** при под­ведении к пластинам конденсатора отклоняющего напряжения ***Uomк*** можно определить по уравнению (5.3). Обозначим длину пла­стин ***l***, расстояние между пластинами ***b*** и расстояние от выходного края пластин до плоскости приемника—экрана ***L'****.* Считая поле между пластинами однородным, заменим коэффициент **χ** в урав­нении (5.3) на **1/*b***. Тогда смещение пятна на экране



где ***l'+L'=L****—*расстояние от экрана до центра отклонения.

Нетрудно видеть, что касательная к параболической траекто­рии электронов, построенная из точки пересечения параболы с плоскостью, проходящей через ыходные края пластин, пересечет ось на расстоянии ***1/2*** от краев конденсатора. Таким образом, в случае плоскопараллельных отклоняющих пластин центр отклоне­ния совпадает с геометрическим центром отклоняющей системы.

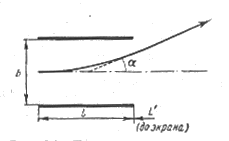


Рис 1.1 Простейшая отклоняющая система

1. Основные характеристики физического эффекта

Отклоняющие системы с оптической точки зрения являются электронными призмами. Эффект, ана­логичный преломлению светового луча при прохождении сквозь призму, имеет место при прохождении электронного луча в попе­речном электрическом или магнитном поле.

Основными характеристиками являются:

1. **Угол отклонения эле­ктронного луча-α**. Определяется по формулам:



1. **Абсолютная величина отклонения**—смещения пятна на плоском экране-**h**



1. **Чувствительность по отклонению-ε**



1. Устройства приборов, использующих физический эффект

Электронно-лучевыми приборами называют такие электронные электровакуумные приборы, в которых используется поток электронов, сконцентрированный в форме луча или пучка лучей для преобразования электрических сигналов в видимое изображение, или наоборот, а также для запоминания (хранения) сигналов. Электронно-лучевой прибор, имеющий форму трубки, обычно называют электронно-лучевой трубкой.

Существуют несколько разновидностей электронно-лучевых трубок по их названию: осциллографические, приемные телевизионные, телевизионные передающие и специальные. Управление пространственным положением луча осуществляется в них с помощью электрических *(электростатическая отклоняющая система)*, магнитных *(магнитная отклоняющая система)* и комбинированных полей, а управление плотностью тока – с помощью электрических полей.

**Электростатические** системы, отклоняющие луч в двух взаим­но перпендикулярных направлениях, располагаются по ходу луча последовательно одна за другой и, как правило, тщательно экра­нируются друг от друга. Совмещение двух электростатических си­стем в пространстве невыгодно по следующим причинам:

1. уве­личение расстояния между пластинами приводит к снижению чув­ствительности по отклонению;
2. взаимное проникновение полей обеих систем создает большие искажения при отклонении луча;

3) при совмещении двух систем значительно возрастают паразитные емкостные связи, ограничивающие использование трубки на высоких частотах.

**Магнитные** отклоняющие системы обычно совмещаются в пространстве, так как при строго симметричном расположении кату­шек суммарный магнитный поток одной пары катушек, пронизы­вающий вторую пару, равен нулю и изменение магнитного поля, отклоняющего луч в одном направлении, никак не влияет на маг­нитное поле другой пары катушек, отклоняющее луч в перпенди­кулярном направлении. Таким образом, взаимосвязь отклоняю­щих полей в правильно сконструированных магнитных отклоняю­щих системах отсутствует и пространственное совмещение магнитных систем, отклоняющих луч в двух взаимно перпендику­лярных направлениях, вполне допустимо и целесообразно.

Осциллографические трубки относятся к трубкам с электростатическими отклонениями луча. Условное графическое обозначение осциллографической трубки приведено на рис. 2.



Рис. 2. Обозначение осциллографической электронно-лучевой трубки

Рассмотрим ее устройство. Катод К представляет собой, как обычно, полый цилиндр, но с одним донышком. Оксидный слой нанесен только на это донышко, которым катод обращен внутри трубки. Далее установлен управляющий электрод или модулятор М, который выполнен в виде цилиндра с донышком, в котором имеется отверстие. На модулятор подается отрицательное напряжение относительно катода, которым отталкиваются к оси трубки электроны, вылетающие из катода под углом. Через отверстие в донышке модулятора походят лишь те электроны, которые находятся на оси. Модулятор также выполняет функции управляющей сетки: с увеличением отрицательного напряжения интенсивность выходящего из отверстия электронного потока уменьшается и при определенном отрицательном напряжении полностью прекращаются. Такое напряжение называется запирающим.

За модулятором установлен первый анод 1а, который подается относительно катода положительное напряжение. Конфигурация электрического поля в пространстве между модулятором и первым анодом имеет форму линзы. Этим полем осуществляется фокусировка электронного пучка, благодаря которой он приобретает форму спицы. Первый анод выполнен в виде полого цилиндра модулятора диаметром больше, чем диаметр цилиндра модулятора. Изменяя напряжение на первом аноде, можно осуществлять фокусировку электронного пучка. Далее следует второй анод 2а, который является ускоряющим электродом. Он также выполнен в виде полого цилиндра.

Основная часть электронов в пучке, разогнавшись до большой скорости, не попадает на стенки второго анода, а пролетает по его оси. На второй анод подается высокое напряжение, необходимое для придания электронам в пучке большой скорости. Комплект перечисленных электродов трубки (катод с подогревателем, модулятор, первый и второй аноды) образует электронный прожектор или электронную пушку и выполняется в виде жесткого единого узла, собранного на слюдяных пластиках, с использованием керамических цилиндрических изоляторов.

Далее на пути электронного пучка установлены две пары отклоняющих пластин ОП. Средний потенциал отклоняющихся пластин равен потенциалу второго анода и не должен воздействовать на электронный пучок. Но если между пластинами пары имеется напряжение, пучок отклоняется от оси трубки в сторону более положительной пластины. Одна пара пластин расположена вертикально, может отклонять электронный пучок в горизонтальном направлении и называется горизонтально – отклоняющей. Вторая пара пластин расположена горизонтально и называется вертикально – отклоняющей. Пройдя мимо системы отклоняющих пластин, электронный луч попадает на экран Э, покрытый слоем специального вещества, которое называется люминофором. Под воздействием электронной бомбардировки происходит свечение люминофора, наблюдаемое с внешней стороны экрана. В связи с тем, что бомбардировка люминофора, покрытого тонким слоем металла, сопровождается вторичной электронной эмиссией, коническая часть колбы трубки покрыта графитовым слоем (аквадагом) и соединяется со вторым анодом. Вторичные электроны удавливаются аквадагом и образуют ток второго анода.

**Конструкция отклоняющих катушек**. Отклоняющие катушки с ферромагнитными сердечниками позволяют увеличить плотность потока магнитных силовых линий в необходимом пространстве. Катушки с ферромагнитными сердечниками применяются только при низкочастотных отклоняющих сигналах, так как с увеличением частоты отклоняющего напряжения возрастают потери в сердечнике. В телевизионных и радиолокационных электронно-лучевых трубках обычно применяются отклоняющие катушки без сердечника. Стремясь получить более однородное магнитное поле, края катушки отгибают, а саму катушку изгибают по форме горловины трубки. Витки в катушке распределяют неравномерно: Число витков на краях обычно в 2 – 3 раза больше, чем в середине. Для уменьшения поля рассеяния катушки без сердечника обычно заключаются в стальной экран.

Системы с последовательно складывающимися потоками обыч­но не имеют внутренних ферромагнитных сердечников и образу­ются катушками, непосредственно прилегающими к горловине трубки. Катушкам придают седлообразную форму, так что витки намотки облегают горловину трубки. Края катушек отгибаются наружу для уменьшения полей рассеяния за пределами отклоня­ющей системы. Катушки иногда собирают из отдельных секций для уменьшения распределенной емкости.Такие системы обычно заключаются в цилиндрический экран из ферромагнетика, через который замыкаются магнитные силовые линии, выходящие с на­ружных сторон катушек. Отогнутые края катушек располагаются вне экрана. Магнитопровод в такой системе находится снаружи катушек, поэтому системы с последовательно складывающимися потоками, имеющие ферромагнитный экран, часто называют си­стемами с внешним магнитопроводом.

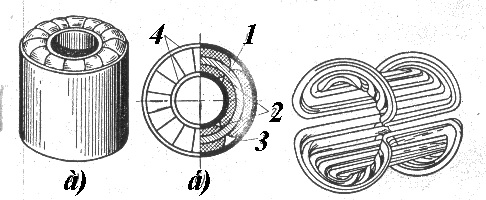


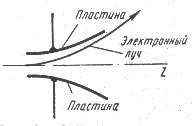
Рис. 4. Магнитная отклоняющая си­стема с внутренним магнитопроводом-*а —* внешний вид; б — разрез; / — магнитопровод; *2 —* катушки горизонтального от­клонения; *3 —* катушки вертикального от­клонения; *4—*пластмассовые гильзы

Рис. 5. Секционированные отклоняющие катушки

Системы с внешним магнитопроводом достаточно экономичны, компактны и при правильно выбранных геометрических соотно­шениях позволяют получать достаточно большие углы отклонения при сохранении линейности и сравнительно небольшом нарушении фокусировки луча. Системы с инешним магнитопроводом полу­чили широкое распространение как отклоняющие системы кине­скопов.

**Коснтрукция электростатических** **отклоняющих пластин**.

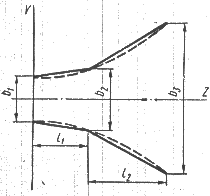
Очевидно, максимально возмож­ное отклоняющее действие электостатическое поле будет оказывать на электронный луч тогда, когда во всей области отклонения сила, дей­ствующая на электрон, будет перпендикулярна к направлению его оптимальной формы движения. Такая идеальная элект­ростатическая система образуется двумя изогнутыми пластинами, причем на входе луча расстояние между пластинами может быть равным диаметру электронного луча.



При максимальном угле отклонения луч как-бы скользит по по­верхности пластины, не задевая ее. Так как проводящая пластина являются эквипотенциальной поверхностью, ортогональные к ней силовые линии поля всюду направлены перпендикулярно к электронному лучу, т. е. обеспечивается указанное выше максимально возможное отклоняющее действие.

Аналитический расчет показывает, что кривая, по которой должны быть изогнуты такие оптимальные отклоняющие пластины, описывается экспоненциальной функцией. Центр отклонения луча в этом случае не совпадает с серединой системы, а несколько сме­щен в сторону входного края пластины. Чувствительность по от­клонению рассматриваемой системы при одинаковых габаритах примерно в два раза выше, чем у системы, образованной плоско-параллельными пластинами.

**Рис.** Однократно-изломанные отклоняющие пластины, близкие к опти­мальным (пунктиром)



Несмотря на высокую чувствительность, системы, образованные оптимальными изогнутыми пластинами, не получили распростра­нения главным образом из-за трудности точного изготовления и сборки. Идеальная отклоняющая система нетехнологична особен­но при серийном производстве. Однако, если заменить плавную кривую, описывающую контур оптимальной пластины, ломаной, состоящей из нескольких отрезков прямых, так, чтобы углы излома лежали на оптимальной кривой, можно создать достаточно удобную в изготовлении и сборке отклоняющую систему, почти не усту­пающую по чувствительности идеальной системе. Конечно, чем ближе ломаная к оптимальной, кривой, т. е.чем больше углов из­лома имеют пластины, тем ближе чувствительность к оптимальной. С другой стороны, чем меньше изломов имеют пластины, тем тех­нологичнее система. Расчет и экспериментальная проверка пока­зывают, что уже при одном изломе чувствительность системы до­вольно близка к идеальной. Поэтому широкое распространение получили отклоняющие системы, образованные однократно-изло­манными пластинами.

1. Используемые материалы

Повышение экономичности отклонения, а следовательно, и вы­игрыш в чувствительности при прочих равных условиях можно по­лучить, применяя магнитопроводы из ферромагнитных материалов, концентрирующих магнитную энергию. Поэтому в тех случаях, когда отклоняющие системы работают на сравнительно низких ча­стотах, катушки обычно имеют ферромагнитные сердечники и эк­раны. Катушки систем с параллельно складывающимися потоками надеваются на сердечник,-изготовленный из высококачественного магнитномягкогр материала.

1. Основные характеристики приборов

Независимо от типа и конструктивных особенностей к откло­няющим системам обычно предъявляются следующие требования:

1) система должна обладать достаточно большой чувствитель­ностью по отклонению, т. е. отклонение луча на заданную величи­ну (угла или линейного смещения в плоскости приемника) долж­но происходить при возможно малой величине отклоняющего фак­тора — напряжения или тока;

2) система должна быть линеиной, т. е. отклонение луча (сме­щение в плоскости приемника) должно быть пропорционально ве­личине отклоняющего фактора при любых допустимых для данно­го прибора величинах угла отклонения или в любой части поверх­ности экрана;

3) система не должна существенно нарушать фокусировку пуч­ка, т. е. сфокусированный пучок должен перемещаться отклоняю­щей системой как одно целое, форма и величина пятна должны оставаться приблизительно неизменными в любой части поверхно­сти экрана.

Кроме того, в конкретных типах электроннолучевых приборов к отклоняющим системам могут предъявляться специфические тре­бования. Например, отклоняющие системы кинескопов должны обеспечивать большие (до 60°) углы отклонения при сохранении линейности и фокусировки, отклоняющие системы высокочастотных осциллографических трубок должны обладать возможно меньшей инерционностью, что в свою очередь приводит к необходимости иметь малые величины емкости, индуктивности, пролетного време­ни электронов и т. д.

Однако ни одно из приведенных требований практически не может быть выполнено полностью, так как при от­клонении на не *очень* малые углы (больше 10—15°) становится заметным аберрации отклонения — ухудшается фокусировка пят­на на экране. Отклоняющие системы не являются строго линейными элементами, поэтому при больших углах отклонения наруша­ется пропорциональность между величинами отклонения и сигна­ла, подводимого к системе. Чувствительность по отклонению также не может быть практически достаточно большой, что в ряде случа­ев, делает невозможным подведение исследуемого сигнала непосредствнно к отклоняющей системе, без предварительного уси­ления.

1. Основные параметры

Параметрами электроннолучевого прибора в некоторых случа­ях являются так называемая удельная чувствительность, опреде­ляемая как отношение чувствительности по отклонению к диамет­ру пятна, или удельный коэффициент отклонения, имеющий смысл величины отклоняющего фактора, необходимого для смещения лу­ча на экране на отрезок, равный диаметру пятна. Поскольку понятие диаметра пятна условно, удельные параметры являются также условными и характеризуют не только отклоняющую систему, но и качество прожектора, формирующего электронный луч. Качество отклоняющей системы можно оценить еще величиной приведенной чувствительности е' , определяемой как отношение чувствительно­сти по отклонению к анодному (ускоряющему) напряжению:



1. Классификация и маркировка

В настоящее время применя­ются два типа магнитных отклоняющих систем - с последовательно складывающимися и с параллельно складывающимися магнит­ными потоками.

Системы с последовательно складывающимися потоками более экономичны, так как в этом случае для отклонения луча используется сравнительно большая часть запасаемой в катушках магнитной энергии. В системах с параллельно складывающимися пото­ками область отклонения пронизывается только полем рассеяния, а большая часть энергии, запасаемая внутри катушек, не исполь­зуется для отклонения луча. Однако при параллельном сложении потоков сравнительно проще получить примерно однородное поле в большей области.

Магнитные отклоняющие системы часто классифицируют также по конструктивным признакам — рассматривают системы без магнитопроводов, с внешними магнитопроводами и с внутренними магнитопроводами (тороидального типа). Для современных кине­скопов с большими углами отклонения луча разработаны комбини­рованные системы—одна пара катушек имеет внутренний магнитопровод, одновременно являющийся внешним магнитопроводом вто­рой пары катушек. Описаны также системы статорного типа, по конструкции аналогичные статору электродвигателя. Такие систе­мы высокоэффективны, но в них из-за наличия выраженных зубцов пластин магнитопровода при больших углах отклонения сильно сказывается неоднородность поля. Кроме того, такие систе­мы сложны в изготовлении. Си­стемы статорного типа вследст­вие отмеченных недостатков не получили распространения.

1. Сведения о конкретных приборах

а) **Запоминающий электронно-лучевой прибор ( потенциалоскоп )**

Электронно-лучевой прибор, обладающий способностью сохранять в течение определенного времени записаные на его мишени электрические сигналы и выдавать накопленную информацию, либо в форме изображения на экране. Служит для записи и многократного воспроизведения сигналов (с целью их сравнения ), радиолокационного выделения ( селекции ) движущихся объектов, преобразования радиолокационных сигналов в телевизионные …

В зависимости от типа выходного сигнала различают запоминающие электронно-лучевые приборы с видимым изображением и запоминающие электронно-лучевые приборы со съёмом электрического сигнала. Запоминающие электронно-лучевые приборы с видимым изображением ( рис.1 ) по характеру изображения делятся на полутоновые и бистабильные ( создающие изображение без полутонов ).

По совокупности характерных признаков современные передающие электронно-лучевые приборы разделяются на следующие основные классы :

1.**Суперортиконы**- распространённый класс, включающий собственно суперортиконы, изоконы и антиизоконы; работают на внешнем фотоэфекте. Для них характерно наличие секции переноса изображения, двусторонней мишени и вывода сигнала с помощью обратного луча.

2.**Видиконы** ( в том числе сатиконы, ньювиконы, плюмбиконы, кремнеконы) объединяют передающие электронно-лучевые приборы с накоплением заряда, действие которых основано на внутренем фотоэффекте. В таких передающих электронно-лучевых приборах светочувствительный элемент и элемент, несущий потенциальный рельеф, совмещены в фотопроводящей мишени. Сигнал снимается с сигнального элемента (сигнальной пластины), входящего в состав мишени.

3.**Супервидиконы**, включающие секоны и суперкремнеконы, отличаются от видиконов наличием секции переноса изображения, а следовательно, разделением функций входного фотокатода и носителя потенциального рельефа (высокопористой мишени с вторично-электронной проводимостью в секонах или кремнеевой мозаичной мишени в суперкремнеконах).

4.**Пировидиконы** отличаются от видиконов мишенью, физические свойства которой изменяются в зависимости от температуры, сообщаемой мишени тепловым излучением от различных частей пердаваемого изображения.

5.**Диссекторы** представляют собой передающие электронно-лучевые приборы прямого действия с внешним фотоэффектом, отличаются от передающих электронно-лучевых приборов других типов развёрткой электронных потоков с фотокатода в секции переноса изображения с последующим усилением их с помощью вторично-электронного умножителя.

Уровень развития передающих электронно-лучевых приборов определяет возможности существующих телевизионных систем, а также спектр задач, решаемых телевизионными средствами. Так, создание иконоскопов и супериконоскопов позволило начать телевизионное вещание во второй половине 30-х годов. Суперортиконы и видиконы открыли эру промышленного телевидения. Плюмбиконы широкому внедрению систем цветного телевидения. Соединение суперортиконов с усилителями яркости изображения оказалось перспективным для астрономических и других исследований. Супервидиконы нашли применение в космической аппаратуре. В настоящее время (начало 90-х гг.) в связи с разработкой вещательной системы цветного телевидения высокой чёткости одной из важнейших проблем развития передающих электронно-лучевых приборов является создание приборов с разрешающей способностью 2000 линий и более.

1. Применение приборов

Уровень развития передающих электронно-лучевых приборов определяет возможности существующих телевизионных систем, а также спектр задач, решаемых телевизионными средствами. Так, создание иконоскопов и супериконоскопов позволило начать телевизионное вещание во второй половине 30-х годов. Суперортиконы и видиконы открыли эру промышленного телевидения. Плюмбиконы широкому внедрению систем цветного телевидения. Соединение суперортиконов с усилителями яркости изображения оказалось перспективным для астрономических и других исследований. Супервидиконы нашли применение в космической аппаратуре. В настоящее время в связи с разработкой вещательной системы цветного телевидения высокой чёткости одной из важнейших проблем развития передающих электронно-лучевых приборов является создание приборов с разрешающей способностью 2000 линий и более.

1. Перспективы развития приборов

Достоинства и недостатки электростатической и магнитной систем отклонения в ЭлЛТ. Отклонение луча магнитным полем в меньшей степени зависит от скорости электрона, чем для электростатической системы отклонения. Поэтому магнитная отклоняющая система находит применение в трубках с высоким анодным потенциалом, необходимым для получения большой яркости свечения экрана.

К недостаткам магнитных отклоняющих систем следует отнести невозможность их использования при отклоняющих напряжениях с частотой более 10 – 20 кГц, в то время как обычные трубки с электростатическим отклонением имеют верхний частотный предел порядка десятков мегагерц и больше. Кроме того, потребление магнитными отклоняющими катушками значительного тока требует применения мощных источников питания.

Достоинством магнитной отклоняющей системы является ее внешнее относительно электронно-лучевой трубки расположение, что позволяет применять вращающиеся вокруг оси трубки отклоняющие системы.

Существенным достоинством магнитного отклонения являются значительно меньшие по сравнению с электростатическим отклонением аберрации . В случае электростатического отклонения заметная дефокусировка пятна начинает проявляться при углах отклонения больше 15—20°, тогда как магнитное отклонение допускает отклонение луча на 50—60° с сохранением удовлетво­рительной разрешающей способности. Можно сказать, что удель­ная чувствительность при магнитном отклонении значительно мень­ше зависит от угла отклонения, чем при электростатическом откло­нении. Этим, в частности, объясняется широкое применение -маг­нитных отклоняющих систем в телевизионных приемных трубках-кинескопах с полным углом отклонения луча до 120° .

Сравнивая электростатическое и магнитное отклонения, можно заметить, что первое из них значительно более экономично. В самом деле, электростатическое поле создается в пространстве без затраты мощности, тогда как для создания магнитного .поля не­обходимо затратить энергию. Если предположить, что в области отклонения запасена одинаковая энергия как в электростатичес­ком, так и в магнитном поле, то величина отклонения электронного луча при использовании электростати­ческого поля будет существенно больше.

Следует также отметить, что электростатические отклоняющие системы значительно менее инерционны, чем магнитные, так как ем­кости и индуктивности отклоняющих пластин могут быть очень небольшими, в то время как распределенная емкость и индуктивность отклоняющих катушек, особенно при большом числе витков, принципиально не могут быть малыми величинами. Поэтому электростатическое отклонение допускает изменение отклоняюще­го напряжения с частотами до десятков и сотен мегагерц; замет­ная инерционность при магнитном отклонении в случае использо­вания обычных отклоняющих катушек начинает сказываться на частотах в несколько десятков килогерц.

Таким образом, оба вида отклонения обладают преимущества­ми и недостатками и в общем случае отдать предпочтение элект­ростатическому или магнитному отклонению не представляется возможным. И хотя в осциллографических трубках чаще исполь­зуется электростатическое отклонение, а в кинескопах—магнитное отклонение, может возникнуть необходимость создания специаль­ной осциллографической трубки с магнитным отклонением или экономичного кинескопа с электростатической отклоняющей си­стемой. Наконец, могут встречаться приборы с отклонением луча по одному направлению при помощи электростатических отклоня­ющих пластин, а по другому (обычно перпендикулярному к пер­вому) — при помощи магнитных катушек.

Развитие способов передачи изображений и измерительной техники сопровождалось дальнейшей разработкой и усовершенствованием различных электровакуумных приборов, радиоламп и электронографических приборов для осциллографов, радиолокации и телевидения. Однако в настоящее время в области телевизионных приемных устройств акцент смещается в сторону производства кинескопов не на основе электронно-лучевых трубок, а на основе жидких кристалов. И этому способствуют такие факторы, как:

1. -значительное снижение размеров
2. -увеличение яркости, насыщенности цветов
3. -увеличение размера экрана ( в то время, как экрана кинескопа с ЭлЛт по диагонали имеет размеры от 8 до 67 см и соотношением сторон в приделах 3:4 до 4:5, что примерно соответствует формату телевизионного изображения, то ЖКЭ полностью вписывается в формат и имееть размеры по диагонали от 1 и более).
4. -пониженное потребление электроэнергии.

Единственным минусом ЖКЭ явлется его относительно высокая цена по сравнению с конкурентом, что продлит век электронно-вакуумных трубок еще лет 10.

1. Тезисы доклада
2. Библиографический список
3. **Электроника :** Энциклопедический словарь / Гл. ред. Колесников, - М.: Сов. Энциклопедия, 1991.-688 с.: ил.
4. **Жигарев А.А**. Электронная оптика и электронно-лучевые приборы, - М.: Высшая школа, 1972-463с.
5. **Никитин В.А.** Книга начинающего радиолюбителя. Издательство «Патриот». Москва. 1991.
6. Временные затраты
7. На информационнный поиск-
8. На работу-