Тема 13

Понятие о плазме. Катодные и каналовые лучи. Термоэлектронная эмиссия. Электронные лампы и их применение

ОГЛАВЛЕНИЕ

13.1. Понятие о плазме. Катодные и каналовые лучи
13.2. Термоэлектронная эмиссия
13.3. Электронные лампы и их применение

13.1. Понятие о плазме

Такое состояние вещества, при котором вещество полностью или частично ионизировано, но число положительных и отрицательных ионов в единице объема одинаково, то есть суммарный заряд единицы объема равен нулю, называется плазмой.

Квазинейтральность – основное свойство плазмы.

Различают несколько разновидностей плазмы.

1, Низкотемпературная плазма $T \sim 10^3 \div 10^4 K$ Характеризуется тем, что нет полной ионизации, энергии образующих ее частиц сравнительно низки.

2. Среднетемпературная плазма $T \sim 10^5 \div 10^6 K$ Вещество находится в полностью ионизированном состоянии.

3. Высокотемпературная плазма $T > 10^6 K$ Вещество, из которого состоят звезды. В земных условиях высокотемпературная плазма может получиться при термоядерном взрыве.

Наряду с температурой основными характеристиками являются концентрация частиц плазмы n и время жизни плазмы τ

Основная проблема с получением плазмы, состоит в увеличении ее жизни. Для этого используют магнитные ловушки.

Область физики, которая занимается изучением плазмы в магнитных полях называется **магнитогидродинамикой** (МГД). Известны два вида магнитных ловушек:

- Стелларатор. Имеет форму звезды. Разработан и используется за рубежом (ЦЕРН).
- Токамак. Имеет форму тора. Разработан и используется в нашей стране (ФИАН).

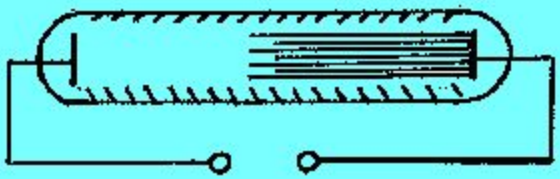

Рис. 13.1.

Если постепенно понижать давление в трубке тлеющего разряда, катодная часть разряда распространяется на все большую часть межэлектродного пространства, и в конце концов катодное темное пространство распространяется почти на весь сосуд. Свечение газа в этом случае перестает быть заметным, зато стенки трубки начинают светиться зеленоватым свечением. Большинство электронов, выбитых из катода и ускоренных катодным падение потенциала, долетает без столкновений с молекулами газа до стенок трубки и, ударяясь о них, вызывает свечение. По историческим причинам поток Электронов, испускаемый катодом газоразрядной трубки при очень низких давлениях, получил название *катодных лучей*. Свечение, вызываемое бомбардировкой быстрыми электронами, называется *катодолюминесценцией*.

Если в катоде газоразрядной трубки сделать узкий канал, часть положительных ионов проникает в пространство за катодом и образует резко ограниченный пучок ионов, называемый *каналовыми* (или *положительными*) *лучами*. Именно таким способом были впервые получены пучки положительных ионов.

Применение плазмы

1. Газовые разряды, электрическая дуга.
2. Высокотемпературная плазма необходима для решения более глобального вопроса: создание управляемого термоядерного синтеза для разрешения энергетического кризиса.
3. Ионное движение – для создания ионных двигателей.
4. МГД - генератор, позволяющий создать упорядоченное движение заряженных частиц.

Типичные применения низкотемпературной плазмы включают плазменную модификацию свойств поверхности (алмазные пленки, нитридирование металлов, изменение смачиваемости), плазменное травление поверхностей (полупроводниковая промышленность), очистка газов и жидкостей (озонирование воды и сжигание частичек сажи в дизельных двигателях).

К оглавлению

13.2. Термоэлектронная эмиссия

Электрический ток в вакууме может возникнуть, если в него внести заряженные частицы с помощью эмиссии (испускания).

Различают несколько видов эмиссии:

1. Автоэлектронная эмиссия – вырывание электронов с поверхности вещества под действием электрического поля.
2. Фотоэлектронная эмиссия (фотоэффект) – вырывание электронов с поверхности под действием излучения.
3. Термоэлектронная эмиссия – вырывание электронов с поверхности под действием тепла (при нагревании).

Дан стеклянный баллон из которого выкачен газ

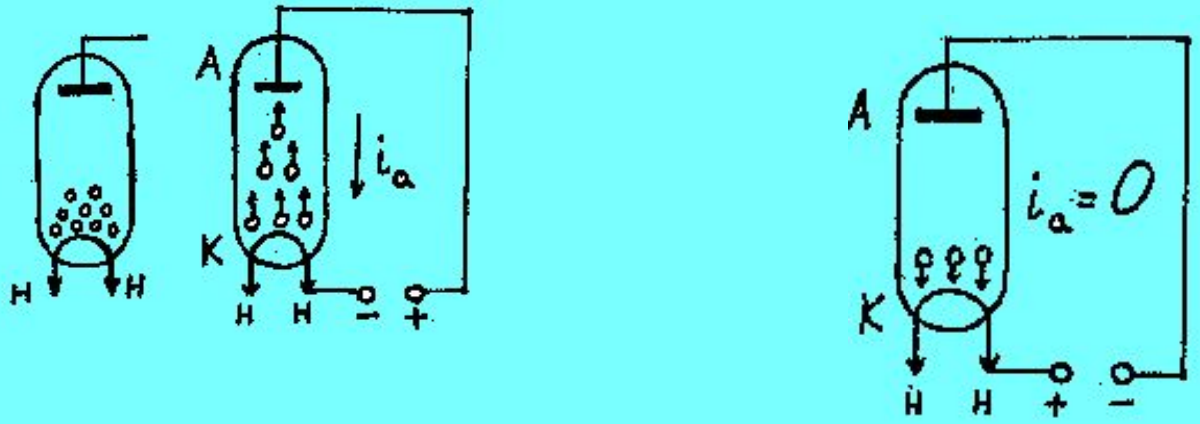

Рис. 13.2.

При нагревании средняя энергия электронов увеличивается и достигает такого значения, при котором электроны покидают поверхность металлов, при этом вблизи поверхности металлов создается электронное облако.

Между электронами, покидающими поверхность металла, и электронами возвращающимися устанавливается равновесие.

При подаче напряжения (причем электрод, около которого сформировано облако электронов, – катод) возникает направленное движение частиц от катода к аноду, называемое анодным током. Если поменять полюса электродов, то тока не будет, так как свободные электроны притянутся назад, а новые поступать не будут.

Существует формула Дешмана, которая определяет величину плотности тока насыщения.

$$j_{нас} = C_1 T^2 e^{-A_{вых}/kT} \qquad (13.1)$$

где C_1 – некоторая постоянная.

К оглавлению

13.3. Электронные лампы и их применение

Явление термоэлектронной эмиссии лежит в основе работы электронно-вакуумных приборов: электронных ламп, электронно-лучевой трубки.

Электронные лампы различают по числу электродов.

Диод – двухэлектродная электронная лампа. Он состоит из вакуумированного стеклянного или металлического баллона, в который впаяны два электрода: анод и катод. Катод состоит из непосредственно катода и подогревного элемента.

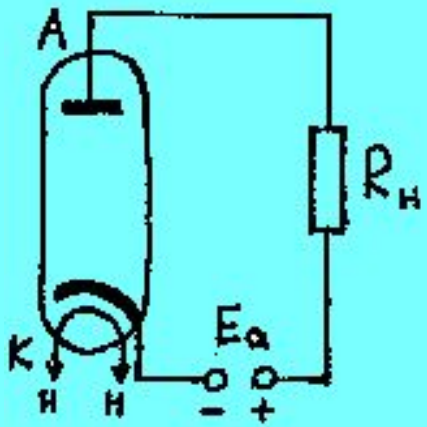

Рис. 13.3.

Подогревной элемент изготавливается из тугоплавких материалов для увеличения срока работы. Катод покрыт слоем окислов щелочноземельных элементов (например BaO).

Основное свойство диода – односторонняя проводимость, как правило используется для процесса выпрямления переменного тока (рис. 13.4).

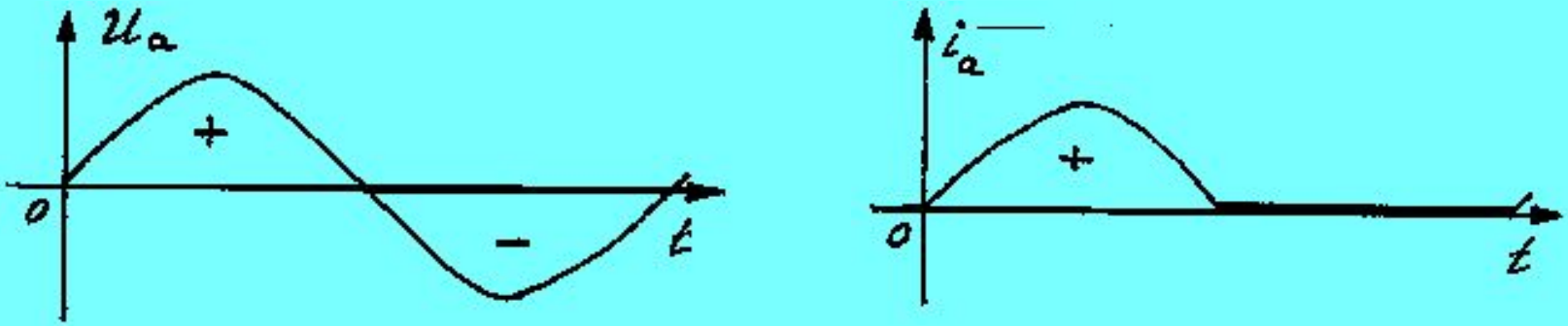

Рис. 13.4.

Если между анодом и катодом создается напряжение, изменяющееся по гармоническому закону, ток в анодной цепи будет идти только в те отрезки времени, когда это напряжение положительно. Когда же оно отрицательно, ток в анодной цепи равен нулю.

Триод отличается от диода наличием в нем третьего электрода, называемого управляющей сеткой, так как изменяя потенциал сетки можно управлять анодным током. Триод используется для усиления сигнала.

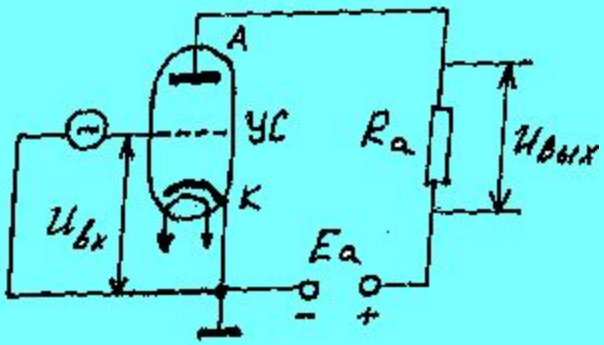

Рис. 13.5.

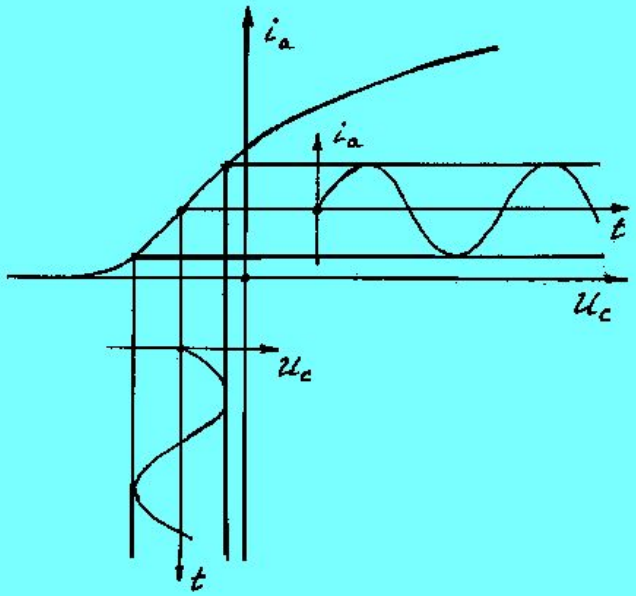

Рис.13.6.

На рис.13.6. изображена вольтамперная характеристика триода, описывающая зависимость анодного тока i_a от сеточного напряжения u_c, задана и зависит от физических характеристик конкретной лампы. Мы будем предполагать, что f — гладкая функция с положительной производной, имеющая в нуле точку перегиба.

Рассмотрим устройство и принцип действия электронно-лучевой трубки.

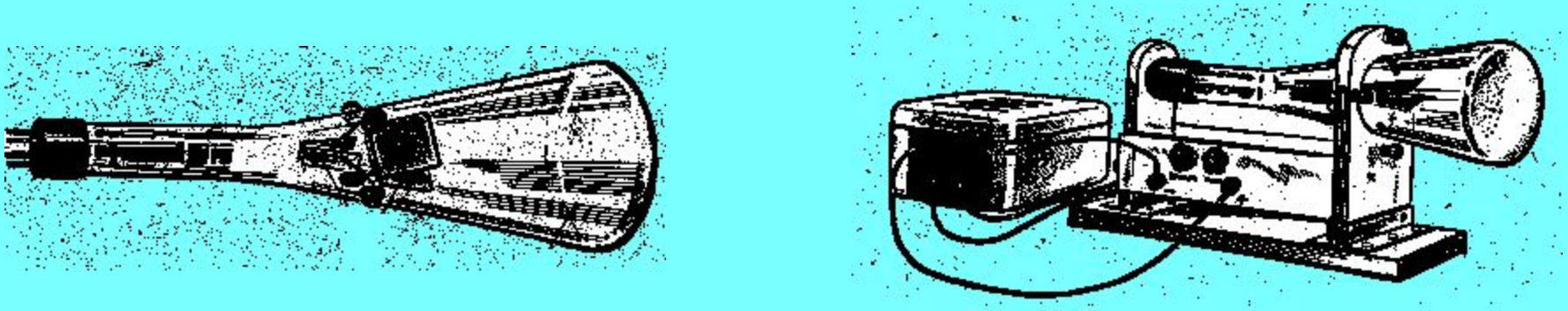

Рис.13.7.

Как и всякий электровакуумный прибор, электронно-лучевая трубка имеет стеклянный баллон, вытянутый в направлении луча. Воздух из баллона выкачан до высокого вакуума.

Внутри стеклянного баллона, в его узкой части, помещается электронно-оптическая система (электронный прожектор), где получается и формируется узкий электронный пучок. Электронный пучок направляется на флюоресцирующий экран в широкой части трубки, представляющий собой тонкий слой люминофора, нанесенного на внутреннюю поверхность баллона. В качестве люминофоров применяют различные вещества, например, ортосиликат цинка, дающий зеленое свечение, сульфид цинка в соединении с некоторыми другими элементами, дающий белое свечение, и др.

Электронный пучок на пути к экрану проходит между двумя парами взаимно перпендикулярных отклоняющих пластин. При подаче на пластины разности потенциалов электронный пучок отклоняется в сторону положительно заряженной пластины (электростатическое отклонение).

В осциллографе на одну пару пластин подается исследуемое, а на другую – меняющееся по времени напряжение. Т. к. электрон обладает маленькой массой, то осциллограф обладает высоким быстродействием и позволяет следить за малейшими изменениями тока.

В цветных телевизорах используется три электронные пушки, ответственных за три цвета, т. к. на экране нанесены три типа гранул, которые расположены близко друг к другу и мы их воспринимаем как слитные.

К оглавлению