

внутри узкого керамического цилиндра и служит только для нагрева этого цилиндра; термоэлектронная эмиссия осуществляется внешней металлизированной поверхностью цилиндра (цилиндрик катода поверх слоя металла покрыт тонким слоем окиси кальция с прибавкой редких земель).

Термоэлектронная эмиссия получила наиболее широкую область применения в электронных лампах, которые имеют разнообразное радиотехническое назначение и различное устройство, но вместе с тем имеют одну общую черту. А именно, в электронных лампах в отличие от других термоэлектронных приборов так размещают электроды, чтобы создаваемое ими поле, налагаясь на поле пространственного заряда (облака электронов у поверхности накаливаемого катода),

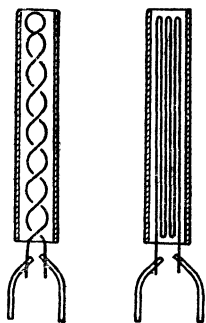


Рис. 187. Катоды косвенного накала (подогревные).

позволяло бы при небольших изменениях напряжения, подводимого к вспомогательным электродам, получать резкие и возможно большие изменения величины термоэлектронного тока, проходящего через лампу. С этой целью аноды и дополнительные сетчатые электроды электронных ламп устраивают обычно в виде коаксиальных цилиндров строго рассчитанных размеров и помещают накаливаемый катод по оси цилиндра. Действие электронных ламп разобрано в §§ 52 и 53.

Об одном из важных применений термоэлектронной эмиссии — об «электронной пушке», служащей для получения электронного луча в катодных осциллографах, — рассказано в § 68. В электронной пушке электроны, испускаемые накаливаемым катодом, получают значительное ускорение в электрическом поле между катодом и кольцевыми анодами. Этот метод ускорения электронного потока применяется во многих электронных приборах и, в частности, в высоковольтных (на миллионы вольт) электронных трубках, предназначенных для атомно-ядерных исследований.

Устройство этих трубок и других мощных ускорительных приборов атомно-ядерной физики, в которых также используется термоэлектронный ток (бетатронов), и методы расчета ускорительных и фокусирующих полей пояснены в разделах физики атома и электронной оптики в третьем томе курса.

§ 51. Торможение электронного потока. Рентгеновые трубки

Среди разнообразных применений электронного потока, испускаемого накаливаемым катодом и ускоряемого действием электрического поля, особое место занимает использование явлений, возникающих при *внезапном торможении* быстро двигавшихся электронов.

Эти явления были открыты в 1895 г. Рентгеном, который, экспериментируя с катодными лучами, заметил, что из тех мест вакуум-трубки, на которые падают катодные лучи, исходят лучи иной природы (некорпускулярные «X-лучи»), невидимые глазом, но действующие на фотографическую пластинку и вызывающие флуоресценцию некоторых веществ (например, сернистого цинка, платино-синеродистого бария и т. п.). Лучи эти проходят через стекло и через многие вещества, непрозрачные для лучей видимого света (например, через картон, дерево, через органические ткани). Различными веществами эти лучи поглощаются тем сильнее, чем больше атомный номер элементов, из которых состоит вещество.

Лучи эти (называемые ныне лучами Рентгена) ионизируют газы, делая их электропроводящими. В магнитном и электрическом полях лучи Рентгена не отклоняются.

Наиболее интенсивное рентгеновское излучение можно получить, поставив на пути катодного пучка пластинку, изготовленную из тяжелого металла, например из вольфрама или платины,— так называемый *антикатод*.

Рентгеновы лучи, подобно лучам видимого света, представляют собой электромагнитные волны, но с очень малой длиной волны. Самые короткие волны видимого спектра имеют длину $4 \cdot 10^{-5}$ см. Длина волны самых длинных («мягких») рентгеновых лучей измеряется несколькими ангстремами, а самых коротких («жестких») — долями ангстрема (1 ангстрем равен 10^{-8} см).

Рентгеново излучение возникает при внезапной остановке электронов у поверхности анода (антикатада). Каждый движущийся электрон, подобно электрическому току, несет за собой магнитное поле. Резкая остановка электрона приводит к быстрому уничтожению сопровождающего его магнитного поля; при этом в соседних точках индуцируется по законам электродинамики электрическое поле, которое, исчезая, возбуждает вновь магнитное поле, и т. д.; таким образом, возникает и распространяется короткий электромагнитный импульс. Чем быстрее электрон, тем резче его остановка у анода, тем меньше длина волн образующегося при этом рентгенового излучения торможения, тем излучение это, как говорят, «жестче».

Следует, однако, отметить, что такая трактовка возникновения сплошного рентгенова спектра недостаточна для объяснения особенностей распределения в нем энергии по длинам волн. В частности, с точки зрения классических представлений необъяснимо существование *границы сплошного спектра со стороны малых длин волн*, определяемой формулой

$$\lambda_{\text{мин}} = \frac{12\,300}{V} \text{ ангстрем,}$$

где V — разность потенциалов между электродами трубки, выраженная в вольтах.

Существование этой границы сплошного спектра объясняется тем, что при торможении наиболее быстрых электронов, получивших в электрическом поле энергию eV , излучаются фотоны $h\nu = eV$.

Кроме излучения торможения, вещество антикатада испускает (при достаточно больших скоростях электронов) еще так называемое *характеристическое излучение*, вся энергия которого падает на определенные характерные для данного вещества антикатада длины волн (линейчатый рентгеновский спектр). Полная теория рентгеновского спектра создана на основе квантовых представлений о природе рентгеновых лучей (т. III, § 61).

Рентгеновы лучи нашли широкое применение в медицине и в технике. В связи с этим чрезвычайно развилась техника получения рентгеновых лучей и их использования — рентгентехника. В то же время изучение свойств рентгеновых лучей дало ценнейший материал для теоретической физики.

Установка для получения рентгеновых лучей состоит из аппарата, дающего постоянный по направлению «выпрямленный» ток высокого напряжения, и рентгеновой трубки (рис. 188). Рентгенова трубка имеет накаляемый катод. В стеклянном баллоне, из которого выкачан воздух до вакуума 10^{-6} — 10^{-7} мм ртутного столба, находится заключенная в металлический цилиндр плоская вольфрамовая спираль K , являющаяся катодом; эта спираль накаливается током от специального трансформатора накала. Анодом (или, иначе, «антикатодом») служит вольфрамовая или платиновая пластинка A (в некоторых специальных трубках пластинка из молибдена, серебра, меди или железа), впаянная в основание пустотелого медного цилиндра. Анод нагревается падающим на него потоком электронов; его охлаждают водой.

Рис. 188. Рентгенова трубка

Если повышать температуру накала нити катода, увеличивая ток накала, то электронная эмиссия спирали возрастает и соответственно увеличивает интенсивность рентгенова излучения при неизменном «качестве» лучей.

При увеличении напряжения, приложенного к трубке, также увеличивается интенсивность рентгенова излучения, но при этом возрастает «жесткость» лучей, т. е. способность их проходить сквозь вещество — «проникающая способность».

Как было упомянуто, питание рентгеновых трубок производится выпрямленным током высокого напряжения. Для выпрямления

тока, получаемого от трансформатора, чаще всего служат электровакуумные трубки особого устройства — *кенотроны*. Кенотрон представляет собой откачанную до крайних пределов разрежения трубку с накаливаемым катодом. Катодом кенотрона служит накаливаемая посторонним током вольфрамовая спираль, анодом служит танталовый кружок или шарик. Прохождение тока через такую трубку обусловлено эмиссией электронов от раскаленного катода к аноду; если анод не нагреет, то в обратном направлении ток проходить не может. Ток не проходит в обратном направлении даже при напряжении в сотни тысяч вольт. (Подробнее о кенотронах сказано в следующем параграфе.)

На рис. 189 показана простейшая схема питания рентгеновой трубки током. На схеме: 1 — трансформатор высокого напряжения, 2 и 3 — трансформаторы накала рентгеновой трубки и кенотронов, *R* — рентгенова трубка.

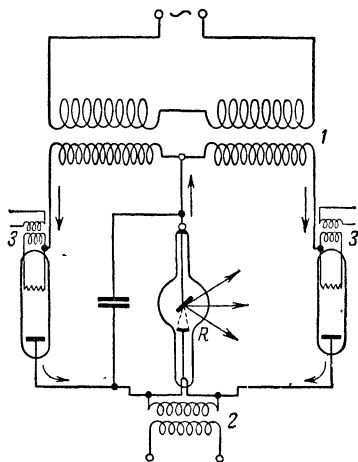


Рис. 189. Схема рентгеновой установки.

В медицине применяют для диагностики рентгеновы трубки на напряжения около 60 000 в при величине тока от 10 до 400 ма (величину тока соразмеряют со временем просвечивания; когда пользуются током 200—400 ма, то производят включения только на 5—10 сек.). В технике пользуются установками и трубками двух типов: на большие напряжения до 250 000 в и на сравнительно малые напряжения 30 000—80 000 в.

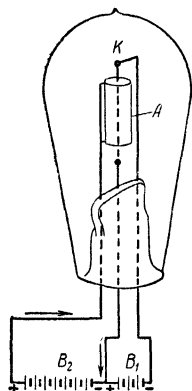


Рис. 190. Схема диода.

§ 52. Пустотные выпрямители тока (диоды, кенотроны)

Как уже упоминалось, на использовании термоэлектронной эмиссии основано устройство важнейшей части радиотехнической аппаратуры — *электронной лампы*. Схема простой *двухэлектродной* электронной лампы — пустотного выпрямителя тока — показана на рис. 190. Внутри стеклянного баллона, из которого воздух тщательно удален, находятся два электрода. Один из этих электродов (нить *K*) выполнен в виде металлической проволоочки, накаливаемой