

Анодные лучи можно получить не только состоящими из частиц газа, находящегося в трубке, но и из частиц самих электродов. Для этого изготавливают один из электродов — анод — из иодистых соединений металлов, а для увеличения его электропроводности прибавляют к ним угольный порошок. При пропускании постоянного электрического тока с напряжением около 4000 в из анода исходят лучи, представляющие собой поток положительных ионов металла (например, ионов натрия, лития, стронция и т. д. в зависимости от того, какой металл в соединении с иодом был взят в качестве материала для изготовления анода).

### § 47. Тлеющий разряд

Явления, происходящие в вакуум-трубке при тлеющем разряде, уже были описаны выше (§ 46). Там же пояснены термины, определяющие основные зоны тлеющего разряда: первый катодный слой, темное катодное (круиково) пространство, второй катодный слой, темное анодное (фарадеево) пространство, анодное свечение.

Когда мы соединяем электроды эвакуированной трубки с полюсами источника высокого напряжения, то свободные положительные ионы, всегда имеющиеся в газе, устремляются к катоду. При небольших разрежениях скорости их недостаточны для того, чтобы при соударении с поверхностью катода вызвать вырывание из вещества катода электронов, однако если разрежение и, следовательно, средний свободный путь значительны, то скорость положительных ионов достигает «критической величины», и *катод под влиянием бомбардировки ионами становится источником электронов, выбрасываемых* в окружающее катод пространство и устремляющихся к аноду.

Удары электронов о нейтральные молекулы газа возбуждают свечение газа и частично ионизацию газа. В *темном круиковом пространстве* (которое в действительности тоже светится, но кажется темным по контрасту с яркими катодными слоями) *с к о р о с т ь* электронов быстро возрастает. *Второй катодный слой* является областью наиболее интенсивных *с о у д а р е н и й* электронов с нейтральными молекулами. Эти соударения тормозят движение электронов. В темном фарадеевом пространстве электроны движутся к аноду с меньшей скоростью, чем в круиковом пространстве.

Движение электронов и ионов с неравномерной скоростью создает неравномерное распределение их зарядов в пространстве между электродами; это существенно деформирует поле между электродами; падение потенциала вдоль вакуум-трубки делается неравномерным, что в свою очередь усугубляет неравномерность распределения зарядов по пространству.

В итоге устанавливается то характерное для тлеющего разряда изменение потенциала вдоль трубки, которое представлено на рис. 162 (измерение потенциала производят, смещая электроды относительно зонда, рис. 163). При удалении от анода потенциал медленно падает в области положительного свечения, почти не изменяется в области тлеющего свечения (второй катодный слой) и резко

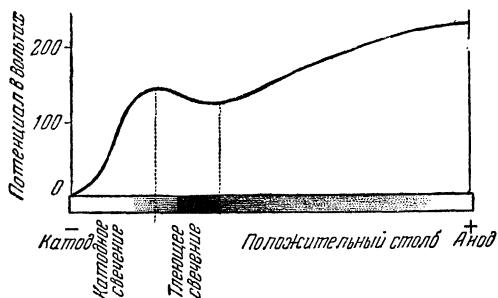


Рис. 162. Распределение потенциала при тлеющем разряде.

падает близ катода в области кружка темного пространства. Это резкое падение потенциала близ катода, так называемое *катодное падение потенциала*, имеет ту или иную величину (порядка 100—300 в) в зависимости от природы газа и вещества катода.

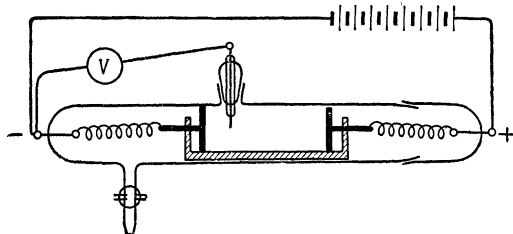


Рис. 163. Схема опытов по измерению потенциала в различных точках газоразрядной трубки.

Длина  $l$  кружка темного пространства, где имеет место катодное падение потенциала, определяется свободным пробегом ионов и поэтому возрастает при уменьшении плотности газа; произведение длины  $l$  на давление газа остается постоянным:

$$lp = \text{const.}$$

Кинетическая энергия, накапливаемая электронами при пробеге кружка пространства, является достаточной для ионизации газа в области тлеющего свечения (второго катодного слоя); здесь образуются положительные ионы, необходимые для поддержания разряда. Если анод приближать к катоду, то располо-

жение катодных слоев не изменяется и только укорачивается область положительного свечения (рис. 164). Но если анод приблизить до тлеющего свечения, то приостанавливается нормальное образование положительных ионов, необходимых для поддержания разряда, и разряд прекращается.

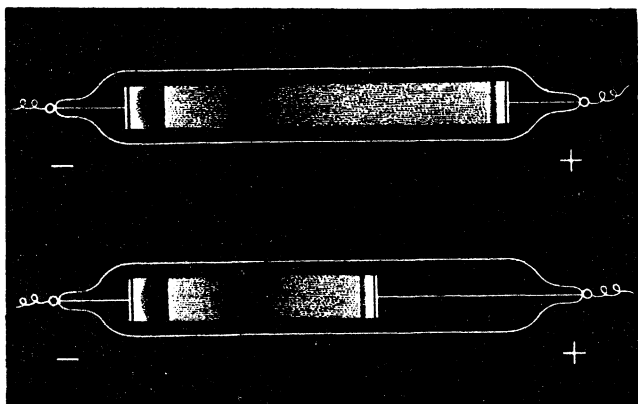


Рис. 164. Положение анода не влияет на расположение катодных слоев при тлеющем разряде.

Форма и расположение *столба положительного свечения* зависят от внутренних очертаний трубки (рис. 165). Когда расстояние между электродами меньше того, которое нужно, чтобы на нем поме-

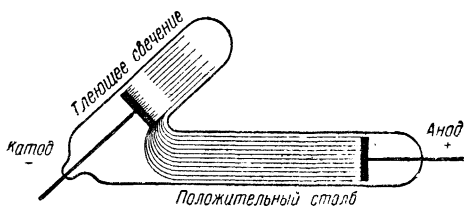


Рис. 165. Влияние расположения электродов и формы трубки на вид тлеющего разряда.

стились темное катодное пространство и светящиеся катодные слои, то тлеющий разряд может избрать себе более длинный путь (рис. 166).

Положительный столб нередко распадается на отдельные чередующиеся светлые и темные полосы — *страты*. В этом случае тлеющий разряд называют *слоистым* (рис. 167).

Если сопоставлять тлеющий разряд в одном и том же газе, но при катодах, изготовленных из разных металлов, то обнаруживается,

что *катодное падение потенциала пропорционально работе выхода электрона из металла* (о работах выхода сказано в § 33). Коэффициент пропорциональности в этой линейной зависимости между катодным падением потенциала и работой выхода неодинаков для газов различной химической природы (рис. 168).

Температура газа у самого катода выше, чем в соседних зонах тлеющего разряда. Положительные ионы, бомбардирующие катод, вырывают из катода не только электроны, но и нейтральные атомы металла: происходит *распыление металла*, из которого изготовлен катод. Чем больше масса ионов, ударяющихся о катод, тем сильнее происходит катодное распыление металла. Поэтому в тяжелых га-

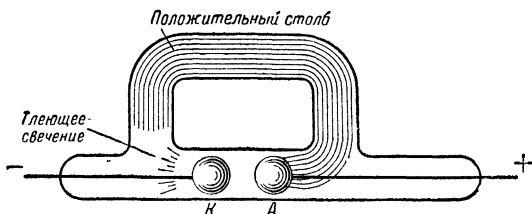


Рис. 166. В случае слишком малого расстояния между электродами тлеющий разряд осуществляется по более длинному пути.

зах распыление больше, чем в легких. Понятно, что катодное распыление тем более велико, чем больше плотность тока. Наиболее легко распыляются висмут, сурьма, свинец, кадмий, серебро. Катодное распыление применяют для получения тонких металлических слоев на стекле, слюде и (когда желают получить тонкую металлическую пленку) на веществах, которые легко удалить растворением.

Положительное свечение тлеющего разряда используют в качестве источника света (в так называемых *газосветных трубках*, содержащих инертные газы). Яркость свечения положительного столба зависит от плотности тока, от давления и химической природы газа и от влияния стенок разрядной трубки. При малых давлениях газа положительное свечение заполняет все сечение цилиндрической разрядной трубки. При давлениях порядка нескольких десятков миллиметров ртутного столба, а также при увеличении тока положительный столб суживается, отделяясь от стенок трубки. При давлениях порядка одной или нескольких атмосфер положительное свечение приобретает вид ярко светящегося шнура, расположенного по оси трубки. Такое *отщипывание* положительного столба происходит потому, что температура газа у стенок трубки меньше, чем в осевой области. В связи с этим плотность газа около оси меньше, чем у стенок; стало быть, свободный пробег электронов около оси больше, и поэтому здесь устанавливается более высокая степень ионизации газа; это приводит к тому, что плотность разрядного тока по оси

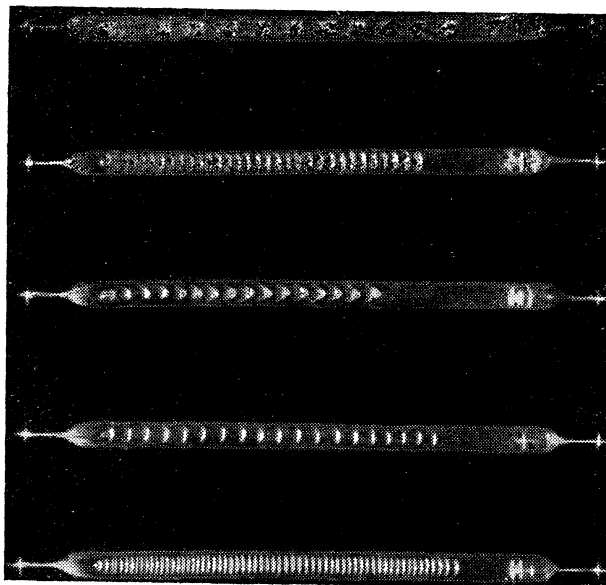


Рис. 167. Некоторые формы страт в слоистом положительном столбе.

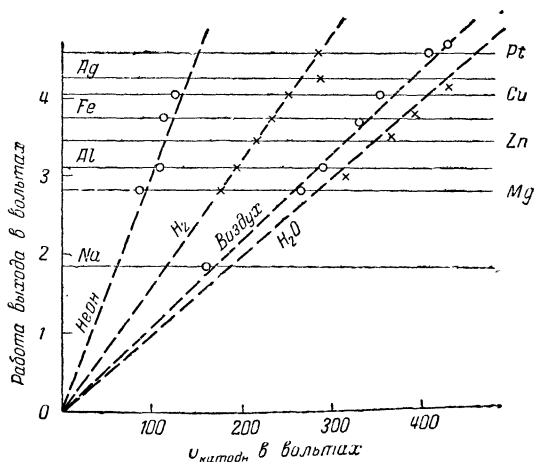


Рис. 168. Катодное падение потенциала пропорционально работе выхода электрона из металла.

оказывается больше, что в свою очередь вызывает еще большее нагревание газа. В парах ртути при давлении в 1 атмосферу температура газа в отштурованном положительном столбе равна 5000—6000°K, а при давлении 200—300 атмосфер она достигает 8000—10 000°.

### § 48. Дуговой разряд

Электрическая дуга образуется при большой плотности разрядного тока и при катодном падении потенциала всего в два-три десятка вольт. В обычных условиях дуговой разряд поддерживается эмиссией электронов с поверхности накаливаемого ударами ионов катода (это было установлено в 1905 г. акад. В. Ф. Миткевичем). Наряду с термоэлектронной эмиссией электропроводность дуги вследствие высокой температуры поддерживается *термической ионизацией*. Во мно-

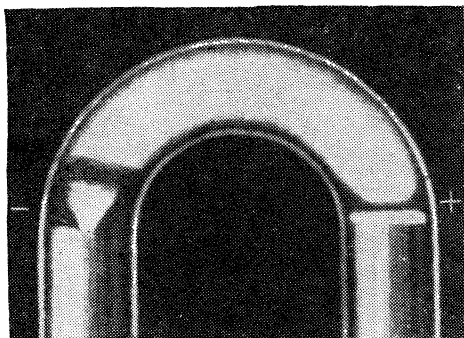


Рис. 169. Дуговой разряд при пониженном давлении.



Рис. 170. Дуга при нормальном давлении.

гих других отношениях дуговой разряд имеет много общего с тлеющим разрядом, в особенности если дуга зажжена при относительно низком давлении (и, как свойственно дуге, при большой плотности тока). Вид дуги при низком давлении показан на рис. 169. При больших давлениях положительный столб дуги имеет вид более или менее тонкого ярко светящегося шнура. На рис. 170 показаны характерный вид дуги и зоны разряда при нормальном давлении.

В случае дуги разряд на катоде сосредоточен в небольшом светлом *катодном пятне*. При атмосферном давлении плотность разрядного тока у катодного пятна для угольного катода равна 470 а/см<sup>2</sup>,