

Ф.С.ЗАВЕЛЬСКИЙ

# ВРЕМЯ

И ЕГО ИЗМЕРЕНИЕ



угол, а световой зайчик смещается по фотографической бумаге на соответствующее расстояние. Благодаря легкости подвижного устройства шлейфный осциллограф позволяет записывать изменения различных величин, происходящие в течение тысячных и десятитысячных долей секунды. Для записи более быстрых изменений его подвижная часть оказывается все-таки слишком тяжелой.

Если под напором выпустить через очень узкое отверстие стеклянной трубки тонкую струйку воды, то вследствие трения о трубку струйка оказывается наэлектризованной. Пропустим эту струйку между двумя пластинами электрического конденсатора. Если зарядить одну пластину конденсатора положительно, а другую отрицательно, то струйка воды, будучи сама заряженной, отклоняется в электрическом поле конденсатора. Угол отклонения струйки оказывается тем больше, чем больше разность потенциалов между обкладками конденсатора. При изменении знака заряда пластин конденсатора струйка отклоняется в другую сторону. Эта система может быть использована для записи различных процессов, но не очень быстрых, так как даже самая тонкая струйка, состоящая из маленьких капелек воды, обладает все еще слишком большой массой и инерцией.

Можно ли создать струйку, частицы которой были бы настолько легкими, чтобы их инерция не сказывалась при записи даже весьма быстрых процессов?

Оказывается, что это сделать можно. Для этого нужно воспользоваться пучком электронов — мельчайших отрицательно заряженных частичек, вес каждой из которых всего  $9 \cdot 10^{-28}$  грамма. Устройство, в котором запись различных процессов осуществляется с помощью пучка электронов, называется электронно-лучевым осциллографом.

Электронно-лучевой осциллограф состоит из двух основных частей: электронно-лучевой трубки и электрической схемы. В электронно-лучевой трубке имеется устройство для получения узкого пучка быстрых электронов и экран, который светится в тех местах, куда ударяют электроны. Электрическая схема управляет движением электронного пучка таким образом, что в зависимости от характера записываемого процесса на экране электронно-лучевой трубки получается то или иное изображение.

Устройство электронно-лучевой трубки (рис. 35) следующее: в одном конце трубки, в узком ее горле, помещается катод  $K$ , испускающий электроны. Катод осциллографной трубки представляет собой маленький никелевый стаканчик, на доньшко которого, обращенное к экрану трубки, нанесен оксидный слой. Внутри стаканчика расположена металлическая нить-подогреватель. При включении тока накала эта нить раскаляется и разогревает никелевый стаканчик. При этом оксидный слой интенсивно испускает электроны.

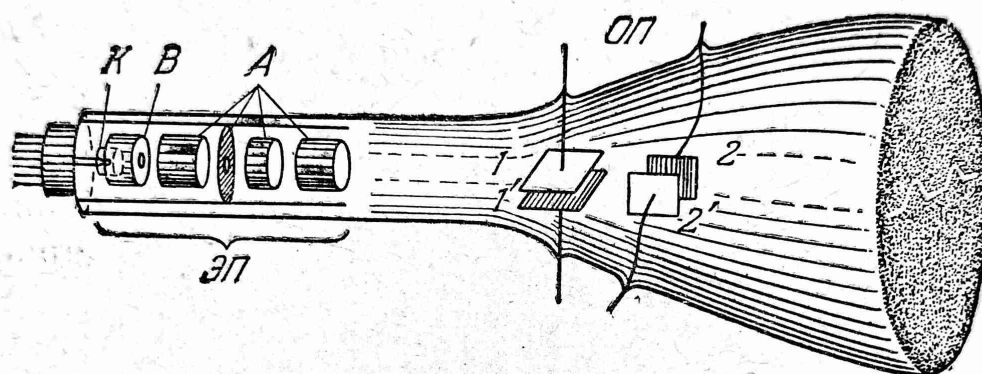


Рис. 35. Электронно-лучевая трубка.

Теперь электроны, испускаемые катодом, нужно свести в узкий пучок, направить их на экран и сообщить им скорость, достаточную для получения яркого изображения. Для этого на катод  $K$  надевается еще один никелевый стаканчик  $B$  с небольшим круглым отверстием в доньшке. Этот стаканчик называют управляющим электродом, или цилиндром Венельта.

При подаче на него отрицательного напряжения электроны отталкиваются от его боковых стенок и сплошной части доньшка и устремляются в его отверстие. Пучок электронов, вылетающих из катода, приобретает форму пламени свечи, острие которого проходит через отверстие в цилиндре Венельта. Увеличивая отрицательное напряжение на цилиндре Венельта, можно свести электроны в очень узкий пучок. При дальнейшем увеличении отрицательного напряжения на цилиндре Венельта интенсивность электронного пучка можно ослабить и даже запереть его совсем. Таким образом, цилиндр Венельта в осциллографной трубке выполняет две важные функции:

фокусирование луча и изменение его интенсивности, вплоть до полного запираания.

За цилиндром Венельта расположено несколько анодов  $A$ , на которые подается положительный относительно катода потенциал в несколько сотен или тысяч вольт. Аноды выполняются в виде цилиндрических стаканчиков с отверстием в доньшке и круглых диафрагм с отверстием в середине. Их роль заключается в дальнейшей фокусировке электронного пучка и ускорении электронов.

Вся эта система электродов из катода  $K$ , цилиндра Венельта  $B$  и анодов  $A$  образует так называемый электронный прожектор  $ЭП$  — устройство, дающее очень узкий пучок быстрых электронов, электронный луч.

В середине электронно-лучевой трубки расположены две пары отклоняющих пластин  $1, 1', 2, 2'$ . В широком конце трубки расположен флуоресцирующий экран, приготовленный из специального состава, который ярко светится в тех местах, куда ударяют электроны.

Пока на отклоняющих пластинах нет электрических зарядов, они не создают отклонения электронного луча, и он попадает на середину экрана, где и создает яркое светлое пятнышко.

Если какую-нибудь пару отклоняющих пластин, например  $2, 2'$ , зарядить, причем пластине  $2$  сообщить положительный, а пластине  $2'$  отрицательный заряд, то электронный луч, состоящий из отрицательно заряженных частичек, будет притягиваться к пластине  $2$  и отталкиваться от пластины  $2'$ . В результате луч отклоняется и светлое пятно на экране смещается по горизонтали вправо. При изменении полярности пластин луч смещается влево. Чем больше заряд на пластинах, т. е. чем больше разность потенциалов между ними, тем больше смещение луча. Если зарядить пластины  $1, 1'$ , то происходит смещение луча по вертикали.

В электронно-лучевом осциллографе экран неподвижен. Вместо движения ленты или экрана заставляют двигаться электронный луч. Для этого служит вторая пара отклоняющих пластин  $2, 2'$ , на которую подается постепенно нарастающее электрическое напряжение, заставляющее электронный луч смещаться по горизонтали вдоль экрана с постоянной скоростью. На первую пару откло-

няющих пластин (пластины явления)  $I$ ,  $I'$  подаются электрические сигналы от исследуемого процесса.

Когда с помощью электронно-лучевого осциллографа записывается быстрое однократное явление, например электрический разряд, то картина на экране осциллографа мелькает столь быстро, что ее трудно рассмотреть или сфотографировать. Это затруднение легко преодолевается, если изучаемое явление периодическое или его можно повторять много раз в течение секунды.

В этом случае горизонтальную развертку электронного луча так согласовывают с моментом начала явления, что на экране осциллографа ряд последовательных изображений одного и того же явления получается точно на одном и том же месте и накладывается друг на друга. Эту картину, фактически мелькающую много раз в секунду, наш глаз воспринимает как неподвижное слитное изображение, имеющее некоторую среднюю яркость. Средняя яркость тем больше, чем выше частота повторения. При достаточной частоте повторения изображение можно спокойно рассмотреть, измерить и без особого труда сфотографировать.

В тех случаях, когда нельзя добиться многократного повторения явления, для получения достаточной яркости изображения пользуются высоковольтным осциллографом.

В высоковольтном осциллографе между катодом и анодом электронно-лучевой трубки создается разность потенциалов в несколько десятков тысяч вольт. При этом электронам сообщается настолько большая энергия, что при ударе об экран они вызывают ослепительное свечение. Изображение на экране получается настолько ярким, что, несмотря на кратковременность, его легко можно сфотографировать.

В осциллографе скорость горизонтального движения электронного луча может быть задана заранее. Выбором этой скорости устанавливается масштаб времени развертки.

Электронно-лучевой осциллограф позволяет записывать самые различные процессы и при этом измерять их длительность, скорость течения, а также промежутки времени между отдельными фазами данного процесса.