

4. И. С. Шапиро, УФН **40**, 189 (1950).
5. С. Девонс, Энергетические уровни ядер, 1950 г.
6. А. Д. Сахаров, Диссертация, Физ. инст. АН СССР, 1947 г.
- И. С. Шапиро, ДАН **72**, 1045 (1950); **76**, 45 (1951).
7. J. Teillac, Comptes Rendus **227**, 1227 (1948).
8. G. Alboy, H. Faraggi, M. Riou et J. Teillac, Comptes Rendus **229**, 435 (1949).
9. G. Alboy et J. Teillac, Comptes Rendus **230**, 945 (1950).
10. J. Curie, Journ. phys. et rad. **10**, 381 (1949).
11. M. Riou, Comptes Rendus **228**, 679 (1949).
12. M. Riou, Journ. phys. et rad. **11**, 185 (1950).
13. Fowler, Proc. Roy. Soc. **129**, 1 (1930).

ОСЦИЛЛОГРАФ С БЕГУЩЕЙ ВОЛНОЙ

Вопрос осциллографирования электрических колебаний при частотах в области 10^8 — 10^{11} гц в наше время, когда микрорадиоволны всё чаще применяются в физических исследованиях, радиолокации и других областях радиотехники, очень существен. Детекторные методы регистрации позволяют измерять энергию колебаний, но не судить о форме кривой тока или напряжения. Трудности, встречаемые при применении электронного осциллографа в этой области частот, в основном сводятся к следующим явлениям:

а) Изменению отклоняющего электронный луч напряжения за время пролёта электрона между отклоняющими пластинками.

б) В случае, когда исследуемое напряжение подводится к обоим парам пластин — изменение напряжения за время пролёта от первой пары пластин до второй приводит к дополнительному сдвигу фазы, искажающему наблюдаемую на экране фигуру (в терминологии Стекольников — θ -явление).

в) Применять повторяющуюся линейную временную развёртку при записи очень высоких частот не удаётся. С другой стороны, использовать фотографическую запись при однократном прохождении луча по экрану или наблюдать осциллограмму на экране в случае обычных электронных осциллографов нельзя, так как при скорости луча по экрану порядка тысяч километров в секунду интенсивность свечения фосфора очень мала.

Ввиду указанных трудностей в области осциллографирования весьма быстрых процессов намечилось несколько определённых путей их преодоления. Первым следует упомянуть увеличение ускоряющего напряжения, т. е. конструирование высоковольтных осциллографов. Совершенно очевидно, что благодаря тому, что уже при энергиях порядка десятков киловольт скорость электронов сравнима со скоростью света, эффекты, связанные со временем пролёта, не могут быть устранены таким путём. Кроме того, высоковольтные осциллографы обычно представляют собой разборные металлические конструкции, громоздкие, сложные и неудобные в эксплуатации.

Как было показано в последние годы Стекольниковым^{1, 2, 3}, разработанная им методика импульсного кратковременного перенапряжения обычных отпаянных осциллографических трубок позволяет получить скорости записи на экране, достигающие до $10\,000$ км/сек, и записывать колебание с частотой до 10^8 гц при однократном прохождении луча по экрану.

Естественным, хотя и очень трудным с технической стороны, был способ уменьшения влияния времени пролёта, осуществлённый в так называемых микроосциллографах^{4, 5}. Применение весьма узкого пучка электронов, формируемого электронно-оптической системой, аналогичной обращённому электронному микроскопу с несколькими ступенями уменьшения, даёт возможность уменьшить геометрические размеры отклоняющих пластин и экрана и получать осциллограммы микроскопических размеров, по которым, однако, вполне возможно судить об исследуемых колебаниях благодаря соответственно уменьшённому пишущему пятну на экране. В этом случае также обычно используется однократный ход луча по экрану (фотопленке). Весьма неприятным явлением, сказывающимся на размерах пишущего пятна, а следовательно, и на точности всей осциллограммы, оказывается в этом случае взаимное расталкивание электронов в луче большой интенсивности (плотности тока) и малого диаметра. Применяя трёхступенчатую систему уменьшения с магнитными линзами, Ли⁶ имел возможность записывать колебания при частотах до 10^{10} гц.

Наконец, в 1949—1950 гг.^{7, 8} появилась идея использования в осциллографе принципа «бегущей волны» (см., например, обзор В. М. Лопухина⁹). Как известно, основным явлением, используемым в «лампах

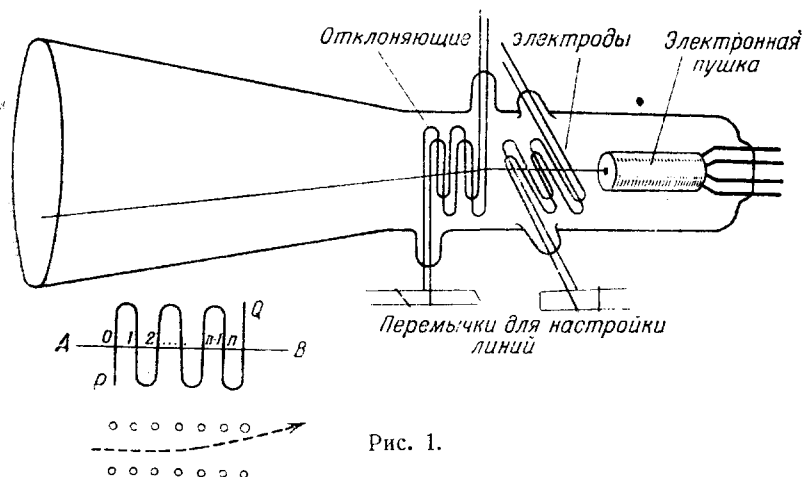


Рис. 1.

с бегущей волной», служит взаимодействие пучка электронов с электромагнитной волной, распространяющейся вдоль замедляющего устройства (спирали), понижающего фазовую скорость волны в направлении оси прибора в несколько раз по сравнению со скоростью распространения электромагнитных волн в пустоте.

В осциллографе, построенном Оваки и др.⁸, этот принцип использован для отклонения электронного пучка, перпендикулярного оси трубки.

Конструкция электронно-лучевой трубки в этом случае, за исключением отклоняющих пластин, ни в чём не отличается от обычной. Вместо отклоняющих пластин применены многократно изогнутые в одной плоскости проволоочные электроды (рис. 1); как и в обычном осциллографе, одна пара электродов перпендикулярна к другой. Электромагнитная волна $U_m \sin \omega T$ распространяется от P к Q вдоль параллельных про-

водников. Электрон пролетает по линии AB между ними. Фазовая скорость электромагнитной волны вдоль оси AB равна

$$U = \frac{a}{l} \cdot c,$$

где a — расстояние между соседними проводниками, l — длина проволоки между соседними точками у оси (0—1, 1—2 и т. д.) и c — скорость света.

Предположим, что скорость электронов в луче вдоль оси AB постоянна и равна v_0 , причём $v_0 = u$. При соблюдении этого условия элек-

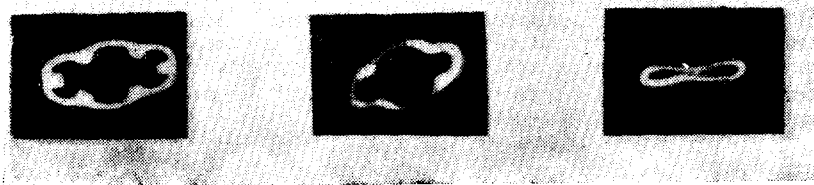


Рис. 2.

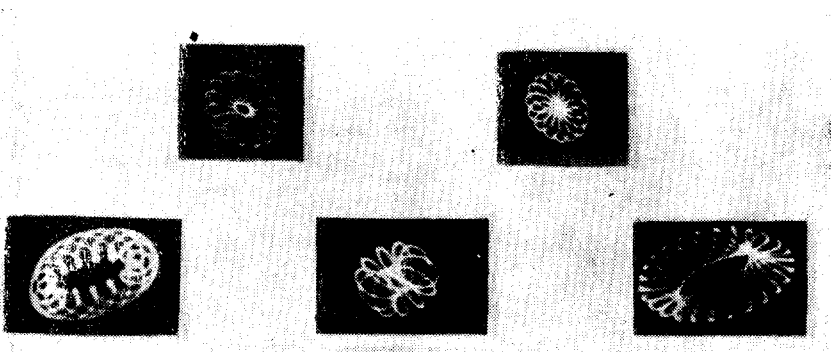


Рис. 3.

троны, проходящие между отклоняющими элементами, подвергаются воздействию поля, постоянного по направлению и амплитуде (если пренебречь затуханием волны в линии). Время пролёта электронов между отклоняющими элементами равно времени распространения волны вдоль них.

Мы не будем касаться в нашей заметке математического рассмотрения зависимости чувствительности осциллографа к напряжению сигнала от отношения v_0 к u влияния неизбежного затухания волны, приводимого авторами. Укажем на то, что эти вопросы были в значительной мере разобраны до появления их работы в монографии Стекольниковца¹¹ и обзорах Лопухина^{9,10}. Наиболее важно то обстоятельство, что при точном соблюдении равенства $u = v_0$ чувствительность не зависит от частоты сигнала.

Приведём некоторые из первых результатов применения осциллографа с бегущей волной. Ввиду яркости луча, недостаточной для применения однократной записи, для исследования микроволновых колебаний был применён хорошо известный метод фигур Лиссажу, с тем отличием от обычного случая, что разность фаз колебаний на горизонтальных и вертикальных отклоняющих элементах зависит от времени пролёта электронов между ними. Таким образом, осциллограф с бегущей волной в описываемом случае, устраняет один из эффектов времени пролёта электронов, не устраняет второго.

В случае, когда в колебании присутствует n -я гармоника, дополнительная разность фаз за счёт времени пролёта равна ωt для основной частоты и $n\omega t$ для n -й гармоники (τ — время пролёта электрона между 1-й и 2-й парами отклоняющих элементов). На рис. 2 приведены осциллограммы колебаний, включающих 3-ю, 5-ю и 7-ю гармоники при основной частоте $3 \cdot 10^8$ гц. При малой амплитуде колебания основной частоты интерпретация осциллограмм несколько затрудняется (рис. 3).

В заключение укажем, что с нашей точки зрения было бы особенно ценным объединение в одном осциллографе принципов импульсного перенапряжения, что дало бы возможность, повысив яркость, применить однократную запись и линейную развёртку, взамен метода фигур Лиссажу, с управлением лучом с помощью бегущей волны. Весьма важно было бы также добиться устранения Θ -явлений, т. е. эффекта времени пролёта между отклоняющими пластинками.

В. Вавилов

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. И. С. Стекольников, Электричество, № 11—12 (1944), стр. 27.
2. И. С. Стекольников, ДАН 56, № 6 (1946).
3. И. С. Стекольников, Импульсная осциллография и её применение, АН СССР, Москва, 1949 г.
4. Hollmann, Hoch. Frequenz. Technik 54, 188 (1939).
5. Hollmann, Proc. of the IRE 28, 213 (1940).
6. G. M. Lee, Proc. of the IRE 34, 121 (1946).
7. J. K. Pierce, Electronics 22, 97, November (1949).
8. Owaki и др., Proc. of the IRE 38, 1172 (1950).
9. В. М. Лопухин, УФН 36, 456 (1948).
10. В. М. Лопухин, УФН 40, 592 (1950).
11. И. С. Стекольников, Электронный осциллограф, Госэнергоиздат, 1949.

НОВЫЙ ИСТОЧНИК СВЕТА, ИСПОЛЬЗУЮЩИЙ ЯВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ

Изготавливающиеся в настоящее время люминесцентные лампы основаны на трансформации резонансного ультрафиолетового излучения ртутного разряда низкого давления в видимое излучение с помощью нанесённых на внутреннюю поверхность колбы лампы люминофоров.

Недавно описан принципиально новый люминесцентный источник света в котором электрическая энергия непосредственно превращается в световую^{1,2}.

Гудден и Поль ещё в 1921 г. обнаружили, что сильные электрические поля способны увеличивать яркость фосфоресценции люминофоров, которые были предварительно возбуждены ультрафиолетовым излучением. Этот эффект изучался с тех пор рядом исследователей^{3,4}.