

60 лет создания транзистора. Начало применения полупроводников

В. МЕРКУЛОВ, г. Москва

Полупроводниковое начало радио

Исследованиями порошков и смесей материалов, изменяющих сопротивление под воздействием на них напряжения, ученые и изобретатели начали заниматься еще в середине XVIII века [10]. В 1833 г. шведский физик М. С. Мунк (1804—1860) сконструировал стеклянную трубку с двумя выводами, в которую помещал порошок угля, олова, сульфида ртути. Заряженную лейденскую банку Мунк разряжал через эту трубку на собственное тело и так физиологически "на себе" проверял электропроводимость порошков. Мунк определил, что после встряхивания сопротивление порошка в колбе восстанавливалось. В 1866 г. трубку, заполненную угольным порошком в смеси с изолирующим веществом, применили братья Варлей в Англии для молниезащиты телеграфных линий.

Начиная с 1890 г. французский физик Э. Бранли (1844—1940) стал экспериментировать с эбонитовой и стеклянной трубками, заполняя их опилками меди, железа, цинка, алюминия и др. На слегка удлиненные выводы проводов из трубки и включенного последовательно с ней чувствительного стрелочного индикатора Бранли принимал искровые разряды от электризационной машины или вырабатывающей ЭДС самоиндукции катушки немца Г. Румкорфа (1803—1877). В 1894 г. английский физик О. Лодж (1851—1940) назвал "трубку Бранли" когерером (от лат. *cohaerere* — сцепляться). Открытый учеными механизм сцепления опилок, улучшения их электропроводимости под воздействием электромагнитных колебаний (ЭМК) не нашел удовлетворительного объяснения до сих пор.

В изобретенном в конце XIX века радиоприемном устройстве когерер обнаруживал слабые импульсно-модулированные сигналы ВЧ. Альтернативы ему не было. Имевшие отношение к радиотелеграфии европейские и американские ученые и инженеры вынужденно мирились с недостатками когерера (необходимостью "трясти" его после прохождения каждого импульса). Никому из "светлых умов" физики и электротехники в то время не приходило в голову предложить что-нибудь лучшее.

А. С. Попов — трижды изобретатель радио

Помогло открытие, сделанное 20 мая 1899 г. (исторический день!) ассистен-

тами Попова — П. Н. Рыбкиным (1864—1948) и Д. С. Троицким (1857—1918). Они первыми услышали телеграфные посылки, приходящие по эфиру. К воз-

Решено было самостоятельно провести лабораторные работы по отбору материалов в полупроводниковые пары, заменяющие когерер и обеспечивающие к тому же выделение сигналов без существенного падения их уровня. Путем изучения физических свойств веществ и экспериментирования было установлено, что в наибольшей степени способность к детектированию проявляют отдельные кристаллы в соединении с металлами. Конструктивно сочетание ингредиентов приобрело форму контактно-точечной пары в виде заостренной металлической иголки,

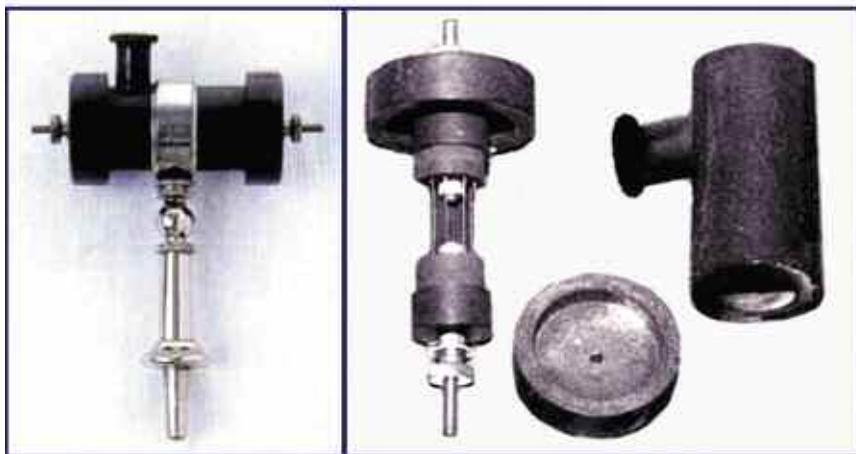


Рис. 7

можности приема "на слух" модулированных ЭМК Попов отнесся очень серьезно. Ему были понятны перспективы, открывающиеся перед радиоприемной аппаратурой. У разработанного на основе открытия нового сконструированного им "приемника депеш" упростилась схема, одновременно возросла чувствительность, сократились габариты и масса, уменьшилось энергопотребление [11].

Пришедшее в приемную аппаратуру звуковоспроизведения стало вторым вкладом Попова в изобретение радио. Вместе с тем обнаруживающий входные сигналы когерер остался. Хотя "трясти" его уже было не нужно. Однако внутреннее "песочное" заполнение трубки, требующее бережного отношения к прибору, не способствовало его высокой надежности. Попова такой детектор не удовлетворял.

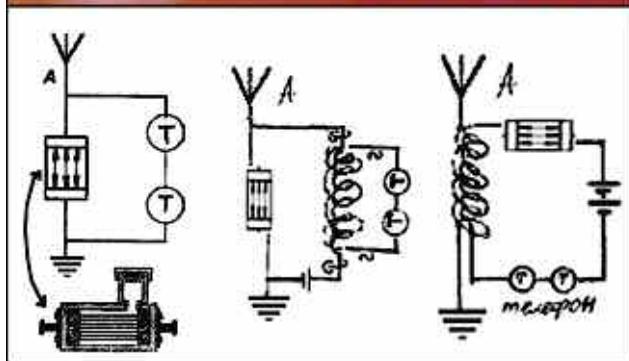


Рис. 8

соприкасающейся с малой частью поверхности кристалла.

Разработанный в 1900 г. Поповым детектор показан на **рис. 7** (из фон-

Окончание.

Начало см. в "Радио", 2007, № 12

дов Центрального музея связи имени А. С. Попова). Он представляет собой эбонитовый цилиндр со стальными иглоками внутри, упирающимися в навинчивающиеся угольные шайбы, закрывающие отверстия трубки. Перпендикулярный, тоже цилиндрический, выступ на его корпусе служит для отвода конденсата, выпадающего при понижении температуры. На **рис. 8** (тоже из музея им. А. С. Попова) изображены спроектированный изобретателем детекторный "телефонный приемник депеш" и три варианта его эскизных схем. Приемники с когерером и кристаллическим детектором с выходом на головные телефоны запатентованы были Поповым в России и нескольких европейских странах [11]. Внедрение полупроводникового контактно-точечного диода в аппаратуру эфирного приема стало третьим большим вкладом Попова в изобретение радио.

Попову также было очевидно, что новые приемники смогут воспроизводить и речь. И поэтому в 1903 г. вместе с приехавшим из Москвы к нему в аспиранты С. Я. Лившицем на основе созданной приемно-передающей системы он провел пробные трансляции голосовых сообщений [12]. В радиотелефонной станции сигнал ВЧ искрового генератора модулировали составляющей ЗЧ от микрофона.

В январе 1904 г. беспроводную передачу речи на расстоянии 2 км демонстрировали на третьем Всероссийском электротехническом съезде. Можно указать, что в фирме MARCONI COMPANY необходимость в передачах амплитудно-модулированных речью и музыкой ЭМК осознали лишь в 1915 г., а к работам приступили на основе ламповой техники.

Последователи Попова

Успешные работы русского ученого подвигли причастных к радиотелеграфии и телефонии инженеров в других странах к реализации собственных идей по созданию детекторов, отличающихся от когерера. Первым откликнулся Маркони. В 1902 г. в его компании был предложен довольно сложный "струнный" магнитный детектор, функционирующий благодаря проволоке, протягиваемой, как в магнитофоне, между полюсами двух магнитов со скоростью 12,1 см/с. Энергичному предпринимателю удалось разместить несколько таких детекторов на итальянских морских судах и на печально известном британском лайнере "Титаник". Вследствие больших габаритов и массы уникальное по курьезности устройство не получило распространения.

Немного подробнее о связи при крушении "Титаника". Днем 14 апреля 1912 г. приемная радиоаппаратура на "Титанике" вышла из строя. За несколько часов до столкновения с айсбергом (в 23 ч 40 мин) технические неурядицы в радиорубке корабля были устранены. В процессе приема и передачи телеграмм-обращений по оказанию помощи пассажирам электромеха-

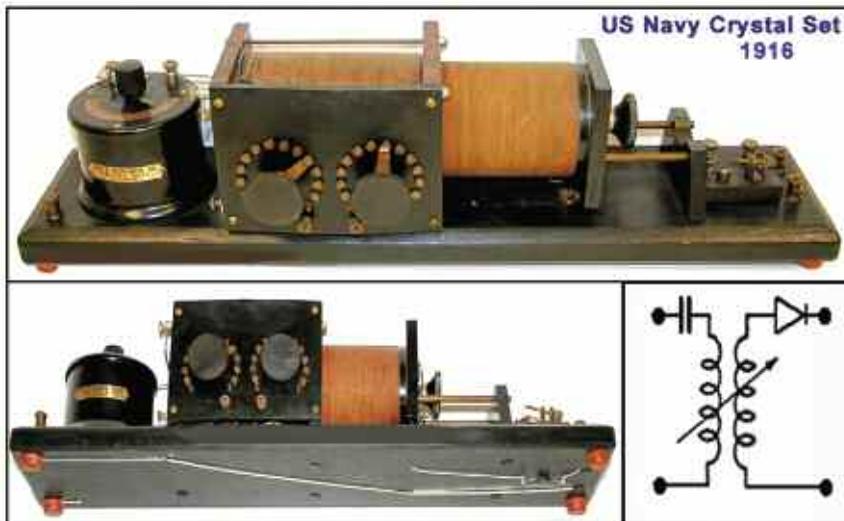


Рис. 9

нический детектор работал нормально. Но помешало тщеславию Маркони. Начиная с 1904 г. Маркони настаивал на введении в международную практику разработанного им сигнала бедствия CQD. В 1906 г. Морская конференция в Берлине (Германия) предложила более простой и понятный морским радистам (и не только им) сигнал SOS. Однако на всех плавсредствах, оснащенных приемно-передающей техникой MARCONI COMPANY, радистов обязывали ориентироваться на CQD.

Когда "Титаник" начал тонуть, в эфир передавали сигнал CQD. Находящиеся в Атлантическом океане суда не поняли его главного смысла. Разъяснение они получили от радиостанции, расположенной на американском берегу [13]. После чего с промедлением находившийся ближе всего к "Титанику" (93 км) лайнер "Карпатия" повернул к месту катастрофы. Спасти удалось менее половины (705) из сошедших или выпрыгнувших за борт людей. Через полчаса после начала передачи тревожных сигналов в эфир стали передавать сигналы SOS и CQD поочередно. В июне 1912 г. Маркони пришлось оправдываться перед следствием за неудовлетворительную подачу сигналов бедствия. Больше Маркони не претендовал на авторство в сигнализации на море.

В начале 1903 г. американский инженер Р. Фессенден (1866—1932) придумал электролитический детектор [11]. Некоторые историки науки считают, что дорогу ему проложил другой американский инженер-физик сербского происхождения М. Пулин (1858—1935), приступивший к изучению жидкостного детектора в 1899 г. Схожие по принципу действия электролитические детекторы, а также термодетектор разработаны были в германских научных центрах. Несколько лет жидкостные детекторы находили применение в радиосвязи, но потом из-за невысокой надежности их перестали использовать.

В 1906 г. американский инженер Г. Пикард (1877—1956) и генерал



Рис. 10

Г. Данвуди (1842—1933) предложили устанавливать в приемную аппаратуру кристаллические детекторы на основе кремния и карборунда соответственно. В последующие годы во всех разработках серийной радиоаппаратуры предпочтение отдавали контактно-точечным диодам. Интересные описания разных выпрямительных приборов, разработанных для техники связи в начале прошлого столетия, можно найти в [14]. Внешний вид и схему американского (США) армейского радиоприемника образца 1916 г. с детектором Данвуди можно видеть на **рис. 9** (из фондов Музея радио и радиолобительства имени Э. Т. Кренкеля).



Рис. 11

К началу 1920-х годов контактно-точечный кристаллический детектор приобрел конфигурацию унифицированной штепсельной вставки (рис. 10) и в таком виде получил повсеместное признание в среде производителей серийной аппаратуры и радиолюбителей. С такой именно вставкой или похожей на нее в России серийно выпускали детекторный приемник П-2 (рис. 11) и другие модели.



Рис. 12

В 1924 г. журнал "Радиолюбитель" выступил с интересной схемой самодельного детекторного приемника без переменного конденсатора, привел описание его конструкции. Тысячи энтузиастов в кружках и на дому повторили адаптированную в Нижегородской радиолaborатории (НРЛ) модель [15].

В 1922—1925 гг. в НРЛ с полупроводниками экспериментировал талантливый самоучка О. В. Лосев (1903—1944). Помимо способности к детектированию, он раскрыл у кристаллов расположенность к усилению или генерированию сигналов. На основе вещества цинкита он создавал регенеративные приемники "кристадины" (сокр. от **кристаллический гетеродин**), генераторы ВЧ. Работали они так же успешно, как и аналогичные по назначению устройства на лампах (но менее продолжительно и стабильно). Позже у отдельных полупроводников, например, в точке соприкосновения металлической иголки с кристаллом карборунда, он обнаружил свечение, послужившее прообразом для будущих светодиодов.

Отличительные работы молодого физика-экспериментатора были замечены, в том числе за границей. Позже по результатам выполненных важных тем ему, не имевшему высшего образования, было присвоено звание кандидата технических наук (рис. 12). До сих пор не дано объяснений феноменальным способностям полупроводниковых контактных пар ("точек", "свечений" Лосева), открытым ученым. Предполагается, что, варьируя острием тонкой иголки по чувствительным зонам кристалла, ему удавалось находить отдельные микроплощадки, имитирующие транзистор [7].

Подведение итогов

Разработанные и впервые изготовленные в самом начале XX века в России переносные полупроводниковые радиоприемники, обходящиеся без батарей питания, стали судьбоносным подарком будущему радио вещанию. Притяжение радио широкие массы людей начали ощущать в конце 1910-х — начале 1920-х годов. Интерес к нему возрос еще более с появлением малогабаритных и карманных детекторных приемников, позволивших слушать радиопередачи "на ходу" и "в поле".

Более полувека детекторный приемник исполнял обязанности предельно облегченного средства воспроизведения вещательных программ, и не только близких, но и удаленных радиостанций. Прообразом ему послужил "телефонный приемник депеш" Попова. Лишь к концу 1950-х годов детекторные приемники стали заменяться на транзисторные, громкоговорящие, без головных телефонов, но с динамическими головками, более тяжелые и требующие батарейного питания.

В конце 2006 г. американский (США) журнал "Journal of Minerals, Metals and Materials Society", специализирующийся на материаловедении, опубликовал список 100 самых известных событий, повлиявших на становление науки о материалах и технический прогресс [16]. Обсудить список и высказать свое мнение было предложено всем желающим через Интернет. Тысячи полученных отзывов позволили "ужать" список до "10 изобретений, которые потрясли мир" [17]. На первом месте в списке значится "Периодическая система химических элементов" Д. И. Менделеева (1834—1907), на третьем (после выплавки железа) — "Транзисторы". Лауреат Нобелевской премии Ж. Алферов в интервью [3] сказал "про три крупнейших технологических открытия XX века" и "открытие транзистора" также поставил на третье место (после атомных бомбы и энергии). Но вот дважды Герой Социалистического Труда, лауреат Ленинской и двух Сталинских премий, кавалер шести орденов Ленина академик В. Котельников (1908—2005) считал, что "ничего важнее радио в технике за последние 100 лет не возникло" [18].

ЛИТЕРАТУРА

10. Крыжановский Л. История изобретения и исследования когерера. — <http://data.ufn.ru/ufn99_4/Russian/r924.pdf>.
11. Меркулов В. Когда радио заговорило. А. С. Попов — отец звукового радио. — Радио, 2007, № 10, с. 6—9; № 11, с. 7—9.
12. Пестриков В. Молния — мать искрового передатчика. — <<http://qrz.ru/articles/176.html>>.
13. <<http://www.titanic.infoall.info/txt/3.shtml>>.
14. Пестриков В. Привилегия № 6066 на приемник депеш. После чего на рубеже XIX и XX веков был изобретен кристаллический радиоприемник. — <<http://www.computer-museum.ru/connect/depush.htm>>.
15. Шапошников С. Самодельный приемник с диапазоном волн от 330 до 1500 м. — Радиолюбитель, 1924, № 7, с. 107, 108.
16. 100 наиболее важных событий и людей, оказавших значительное влияние на развитие науки. — <<http://www.college.ru/chemistry/articles/article431.html>>.
17. Биньями Л. 10 изобретений, которые потрясли мир. — <<http://inopressa.ru/print/republica/2007/03/12/14:29:28/scoperte>>.
18. Котельников В. Радио — главное открытие XX века. — <<http://n-t.ru/tp/in/rd.htm>>.

Редактор — А. Михайлов,
иллюстрации предоставлены автором