

УДК 94 (100) / 53.06

Становление полупроводниковой промышленности в СССР

Кизилов О.М., студент

*Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Проектирование и технология электронных средств»*

Научный руководитель: Манухин А.А., к.и.н., доцент

*Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «История»*

dekan.fsgn@bmstu.ru

В настоящее время большинство электронных устройств изготавливают с применением именно полупроводниковых электронных компонентов ввиду их почти абсолютного превосходства над радиолампами по множеству параметров - это размер, энергопотребление, тепловыделение и многие другие характеристики. Полупроводник занимает промежуточное место между проводниками и диэлектриками, причем его удельная проводимость сильно зависит от воздействия различных видов излучения, концентрации примесей, температуры. Почти все неорганические вещества в окружающем нас мире, к слову, являются полупроводниками. Подразделяются они на полупроводники р-типа и n-типа, получаемые введением донорной либо акцепторной примеси. Особо интересен в полупроводниковых приборах р-n-переход, имеющий одностороннюю проводимость, и являющийся, собственно, их основой.

Рождение твердотельной электроники относят к 1833 г. Когда Майкл Фарадей, экспериментируя с сульфидом серебра, отметил, что проводимость данного вещества растет с повышением температуры, хотя у металлов проводимость наоборот падает. Фарадей это явление объяснить не смог. В 1874 г. немецкий физик К.Ф. Браун выявил явление выпрямления тока в месте контакта свинца и пирита и создал первый кристаллический детектор. Электронные лампы начали вытесняться твердотельными элементами в 1940-х гг. В радиолокации стали применять точечный диод. Однако подлинная эра полупроводников началась уже после Второй мировой войны, когда был изобретен точечный транзистор. Его создали после многих опытов в 1948 г. сотрудники "Bell Laboratories". Расположив на германиевом кристалле, на небольшом расстоянии друг от друга, два точечных контакта и подав на один из них прямое смещение, а на другой —

обратное, они получили возможность с помощью тока, проходившего через первый контакт, управлять током через второй. В 1956 сотрудники компании “Bell” Джон Бардину, Уолтер Браттейн и Уильям Шокли получили Нобелевскую премию за изобретение транзистора.

Карл Фердинанд Браун — немецкий физик, стал Нобелевским лауреатом в 1909 г. в области физики (совместно с Г. Маркони). Принимал активное участие в разработке технического применения электромагнитных волн. Изобрёл кинескоп (катодно-лучевую трубку). В немецкоговорящих странах кинескоп до сих пор называют трубкой Брауна. В 1897 г. Браун изобрел осциллоскоп – прибор, в котором переменное напряжение перемещало пучок электронов внутри вакуумной трубки с катодными лучами. Трубка Брауна легла в основу телевизионной техники, т.к. работа кинескопа основана на том же принципе. Браун также открывает свойство минеральных кристаллов сульфидов металлов, подобных галениту и пириту, проводить электрический ток лишь в одном направлении. Законы, открытые Брауном, через пять десятилетий были применены в детекторных приемниках.

14 июля 1899 г. русский инженер Александр Степанович Попов подал в Комитет по техническим делам при Департаменте торговли и мануфактур России прошение о выдаче ему патента на разработанный детекторный радиоприемник с наушниками. Английский патент 2797 от 7 апреля 1900 г. был издан на "усовершенствование когерера для телефонной сигнализации". Интересно, что английское патентное бюро рассмотрело заявку в рекордно короткий срок, менее чем за 2 месяца. Патентование за границей принесло ученому определенный доход, а после его кончины, семья получала дивиденды от этого изобретения. Только 30 ноября 1901 г. ученый получил, наконец, российский патент - "привилегию 6066 на приемник депеш, ссылающиеся посредством электромагнитных волн". Открытие слухового приема позволило России занять ведущие позиции в мировой радиотехнике, а день выдачи российского патента можно считать днем рождения детекторного приемника.

Попов не остановился на достигнутых результатах и продолжал совершенствовать конструкцию слухового детекторного радиоприемника. Все в том же, 1900 году, ему удалось создать первый твердотельный детектор, пригодный для практических целей. Его конструкция представляла собой эбонитовый цилиндрический корпус с навинчивающимися на его основания двумя крышками, внутри которых находились угольные диски. Между шайбами, параллельно большей оси корпуса, располагались поджатые крышками стальные иголки, заостренные с обоих концов. Кристаллический

диод был успешно применен ученым в детекторном телефонном радиоприемнике. В 1920 г. получило распространение упрощенного варианта кристаллического детектора конструкции А.С. Попова, в виде контактной пары: металлическая монета - кусочек угля.

В России производством детекторных радиоприемников с высокой избирательностью занимались различные организации. Наиболее известные конструкции принадлежали РОБТИТ (Российское общество беспроводной телеграфии и телефонов) и радиотелеграфной завода Морского ведомства (РЗМВ) . В их конструкциях радиоприемников, в зависимости от условий радиоприема, с помощью переключателя, выбиралась простая схема (один входной колебательный контур) или сложная (несколько связанных входных контуров). В приемниках РОБТИТ использовались детекторы, имеющие рабочий контакт образованный парой цинкит-халкопирит, а также пары различных кристаллов со стальной иглой. Детекторный радиоприемник конструкции РЗМВ входил в комплект радиостанции, установленной на знаменитом крейсере "Аврора" феврале-марте 1917 г..

Несмотря на то, что Россия была родиной радио, а А.С. Попов не только создал первый радиоприемник (1895 г.), но и реализовал первую в мире радиолинию, положив начало радиофикации военно-морского флота, в начале XX в. в нашей стране не существовало собственной радиопромышленности, не было и мощной радиостанции для связи с европейскими государствами. Вся электропромышленность была в основном в руках немецких фирм. Вслед за этим Михаил Александрович Бонч-Бруевич решил создать собственную конструкцию радиолампы и в 1916 г. организовал производство электронных усилительных ламп, использовавшихся на флотских радиостанциях. По его инициативе в июне 1918 г. при Тверской радиостанции была создана радиолaborатория. В связи с усилением блокады Антанты импорт радиооборудования прекратился, и необходимо было срочно начать собственное производство. Нижегородская лаборатория должна была стать организационным центром всех научно-технических работ в области радиотехнической науки и радиопромышленности.

Уже в начальный период работы Нижегородской радиолaborатории параллельно с разработкой приемно-усилительных электронных ламп проводились исследования с целью создания надежных методов радиотелефонии. В январе 1920 г. Бонч-Бруевич изготавливает генераторную лампу с массивным алюминиевым анодом, позволявшим рассеивать большую мощность. Первый удачный процесс радиотелефонной передачи был осуществлен им из Нижегородской радиолaborатории на расстояние 4 км. Комиссией на приемной станции было сказано: «...прекрасное воспроизведение речи, качество которой

было лучше, чем передача по проводам». 15 января 1920 г. была осуществлена радиотелефонная передача на расстояние 370 км из Нижегородской лаборатории в Москву. Бонч-Бруевич, имея ряд трудностей в дальнейшем усовершенствовании передающей аппаратуры, обращается к В.И. Ленину. В 1920 году были получены положительный ответ и благодарность за «газету без бумаги».

Невозможно поверить, но в условиях невиданных трудностей, испытываемых страной, Бонч-Бруевичу удалось найти удивительно смелое и оригинальное техническое решение. После многочисленных экспериментов он создает макет радиолампы, аналогов которой не было в мире. Ученый предложил изготавливать анод из меди, но охлаждать водой из водопровода. Вместо танталового анода — никелированная трубка из красной меди, вводившаяся внутрь лампы и припаянная к платиновому колпачку, который спаивался со стеклом баллона. Колпачок и анод соединялись со шлангом и охлаждались циркулирующей проточной водой. Анод, охлаждаемый водой, позволял рассеивать мощность до 950 Вт, что вполне соответствовало требованиям радиотелефонной передачи.

Для увеличения поверхности анода Бонч-Бруевич делает его четырехкамерным и в каждую камеру помещает катод и сетку. Доселе ничего подобного мировая вакуумная техника не знала, на Западе такую задачу считали неразрешимой очень долго.

К концу декабря 1920 г. было закончено изготовление новой генераторной лампы для Ходынской радиостанции. Мощность радиотелефонного передатчика составляла 5 кВт. В первый же день передачи пришли восторженные отзывы из отдаленных от Москвы городов — Ташкента, Иркутска, Обдорска. В них отмечались громкий звук и хорошая артикуляция. Состоялась передача и за границу, в Берлин, но там еще не было такой мощной установки, и ответить по радиотелефону немецкие радисты не смогли. Позднее, в феврале 1921 г. радиоспециалист фирмы подтвердил получение в Берлине передачи, которая «удивила руководство фирмы».

Вскоре началось сооружение Центральной радиотелефонной станции в Москве. Возглавить это сложное строительство было поручено специалисту НРЛ П. А. Острякову. Из рук Ленина он получил мандат, в котором все государственные учреждения обязывались оказывать ему всяческую помощь. В то время было немало специалистов, считавших, что в условиях хозяйственной разрухи и полной изоляции «от заграничной культуры» в области радиотехники, постройка столь мощной радиотелефонной станции была пустой фантазией.

Осенью 1922 г. на Гороховской улице (ныне улице Радио) строительство радиотелефонной станции было закончено. Но перед учеными встала еще одна сложная

техническая проблема: для питания анода электронной лампы нужен был постоянный ток высокого напряжения. Обычно для этого использовались специальные высоковольтные динамо-машины. Но изготовить такую машину в короткий срок было весьма сложно. Выход был найден сотрудником НРЛ, талантливым инженером и ученым, позднее известным специалистом в области высокочастотной техники, членом-корреспондентом АН СССР В.П. Вологдиным, предложившим создать ртутный выпрямитель, хотя в зарубежной литературе утверждалось, что надежные ртутные выпрямители на высокое напряжение изготовить невозможно. В марте 1922 г. Вологдин после многочисленных расчетов и экспериментов закончил испытания оригинального трехфазного ртутного выпрямителя, позволявшего получить постоянный ток напряжением 10 кВ.

15 сентября 1922 г. состоялся первый радиоконцерт, переданный Центральной радиотелефонной станцией. Русскую музыку слушали во многих городах, жители были в восторге. Через день, 17 сентября 1922 г. Нижегородская радиолaborатория была награждена орденом Трудового Красного Знамени. 7 ноября 1922 г. был передан праздничный радиоконцерт с участием известных артистов. Он был воспроизведен «громкоговорящими телефонами» (громкоговорителями) на Театральной, Елоховской и Серпуховской площадях. С таким же телефоном по улицам Москвы разъезжал специальной грузовик. За Полярным кругом, вдали от столицы, концерт звучал особенно празднично.

Бонч-Бруевич продолжал совершенствовать лампу, добиваясь увеличения ее мощности. Если первые генераторные лампы имели мощность 1,25 кВт, то последующие достигали двух, пяти, а потом и 25 кВт. Таких ламп на Западе еще не было. Радиостанция была самой мощной в Европе, она поддерживала связь с Сибирью и Европой.

Вскоре конструкция ламп Бонч-Бруевича с охлажденным анодом стала использоваться в Европе и Америке. Но, как это часто бывало в истории отечественной науки и техники, зарубежные фирмы (например, английская «Метровиккерс») даже не упоминала автора идеи и конструкции. Известный специалист в области электронных ламп А. Мейсснер, приехав в Нижний Новгород, подробно ознакомился с работами Бонч-Бруевича. Несколько лет назад никто бы не поверил, что немецкая фирма «Телефункен», которая была основным поставщиком радиоаппаратуры в дореволюционной России, закажет в НРЛ несколько мощных (25 кВт) генераторных ламп для одной из крупнейших немецких радиостанций.

К 1924 г. НРЛ превращается в крупный научно-исследовательский институт в области радиотехники, который получил широкое признание за рубежом. К этому времени

Бонч-Бруевич создал макет невиданной по размерам и мощности лампы: вместе с бачком для анода она превышала рост среднего человека. Ее мощность составила 100 кВт.

Грандиозный успех ожидал лампы Бонч-Бруевича в 1925 г. на Скандинавско-Балтийской выставке в Стокгольме. В одном из шведских журналов писали: «...среди иностранных экспонатов прежде всего следует отметить изготовленные в Советской России приборы и лампы, между прочим большую 25 кВт лампу с водяным охлаждением — никто не подозревал о существовании в России столь большого и серьезного производства подобных внушительных радиоприборов». Немецкий радиотехнический журнал отмечал, «...что русские экспонаты показывают высокое развитие радиоиндустрии в России по сравнению с остальными европейскими странами».

Газета «ПрагерПресс» в статье «Радиолaborатория в Нижнем Новгороде» (29 ноября 1925 г.) сообщала: «...эта лаборатория уже вошла в историю радиотехники за ее исследовательские работы. Недавно здесь были проведены опыты с короткими волнами. При помощи передатчика, построенного руководителем этой лаборатории профессором Бонч-Бруевичем (от 15 до 20 кВт), передачи были хорошо приняты в Чили и Порто-Рико, ... была достигнута дальность радиопередачи до Индонезийского архипелага».

Нижегородской лаборатории принадлежит заслуга в издании первых периодических радиотехнических журналов: «Телеграфия и телефония без проводов» («ТиТбп», как его называли) и «Радиотехник», которые начали издаваться в Москве с 1918 г. В журналах публиковались содержательные статьи по актуальным теоретическим и производственным проблемам в области радиотехники. Бессменным редактором этих журналов был видный ученый-радиофизик, энциклопедически образованный педагог — профессор В.К. Лебединский(1868–1937), воспитавший несколько поколений крупнейших специалистов в области радиотехники. Журналы были широко известны в стране, в иностранной печати часто публиковались рефераты статей «ТиТбп», его также выписывала Нью-Йоркская публичная библиотека.

Заслуги НРЛ снова были отмечены Правительством: в 1928 г. лаборатория была награждена вторым орденом Трудового Красного Знамени. С 1928 по 1940 гг. Михаил Александрович получил 60 патентов на изобретения, внедренные в радиопромышленность. Имя М.А. Бонч-Бруевича посмертно было присвоено Ленинградскому электротехническому институту связи.

В наше время трудно поверить в то, что сравнительно недавно передача по радио человеческого голоса или музыки казалась несбыточной мечтой. Сначала слова передавались в зашифрованном виде (азбука Морзе), после появилась возможность

передавать в приемлемом качестве и звуковые сигналы. Тогда начали передавать по радио человеческую речь и музыку. Далее быстрейшие электронные компоненты стало достаточно для телевидения. И вот уже совсем недавно, с широким внедрением логических микросхем высокой интеграции, вычислительных машин, светлые головы решили «замкнуть кольцо» - пользоваться двоичным кодом для передачи и хранения практически любой информации - будь то звук, изображение, текст или что-либо ещё. Но не всё так печально, про аналоговое радио никто не забыл, вытеснить его полностью не удалось и по сей день по очень весомым и широко известным причинам.

В декабре 1920 г. Бонч-Бруевич создал первый радиотелефонный передатчик, установленный на Ходынской радиостанции в Москве. Первые пробные передачи вызвали восторг и удивление во многих городах далеко от столицы. Так, связисты из Иркутска, услышав человеческую речь в приемном устройстве, рассчитанном на запись телеграфных сигналов, сочли это настолько невероятным, что пытались объяснить необычный феномен «индукцией от городского телефона». А дежурный телеграфист одной из радиостанций за Полярным кругом, «услышав человеческий голос вместо привычных знаков азбуки Морзе, в ужасе сбросил наушники и убежал».

Тогда же начинается история открытий в области полупроводников Олега Владимировича Лосева. Приехав в 1920 г. в Москву, чтобы поступить в Московский институт связи, после встречи со своими знакомыми из Тверской радиостанции на проходившем в сентябре в Москве первом Российском радиотехническом съезде, молодой человек решает оставить учёбу в институте и уехать работать в Нижегородскую лабораторию имени В. И. Ленина, куда перевели работать в середине августа 1918 г. коллектив радиолaborатории при Тверской радиостанции.

Используя кристалл цинкита (ZnO) и угольную нить в качестве электрода, Лосев собирает детекторный приёмник. Отличительной особенностью приёмника являлась возможность подачи смещения на кристалл с помощью трёх батареек от карманного фонаря (12 вольт). Сконструированный приёмник по чувствительности был на уровне имевшегося у него и регенеративного радиоприёмника.

Исследуя характеристики детекторов на основе цинкита при генерации незатухающих колебаний, Лосев изучил условия, при которых детектор усиливал сигнал. Результаты своей работы были изложены им 9 марта 1922 г. на лабораторной беседе в докладе на тему «Детектор-генератор».

Используя кристалл цинкита (ZnO) и угольную нить в качестве электрода, Лосев собирает детекторный приёмник. Отличительной особенностью приёмника являлась

возможность подачи смещения на кристалл с помощью трёх батареек от карманного фонаря (12 вольт). Сконструированный приёмник по чувствительности был на уровне имевшегося у него и регенеративного радиоприёмника.

Исследуя характеристики детекторов на основе цинкита при генерации незатухающих колебаний, Лосев изучил условия, при которых детектор усиливал сигнал. Результаты своей работы он изложил 9 марта 1922 г. на лабораторной беседе в докладе на тему «Детектор-генератор». Добиваясь устойчивости работы детекторов, он экспериментирует с различными материалами кристалла детектора и проволоочки. Лосевым также были проведены исследования электропроводности от формы и обработки отдельных кристаллов. Им были разработаны методы исследования поверхности кристаллов с помощью острых зондов для обнаружения мест р-п переходов.

В 1922 г. на страницах научного журнала «Телеграфия и телефония без проводов» появляется первая статья Лосева, посвященная усиливающему и генерирующему детектору. В ней он очень подробно описывает результаты своих экспериментов, причем особое внимание уделяет обязательному присутствию падающего участка ВАХ-контакта.

В те годы Лосев активно занимается самообразованием. Его непосредственный руководитель профессор В.К. Лебединский помогает ему в изучении радиофизики. Лебединский понимает, что его молодой сотрудник сделал настоящее открытие и тоже пытается дать объяснение наблюдаемому эффекту, но тщетно. Фундаментальная наука того времени еще не знает квантовой механики. Лосев, в свою очередь, выдвигает гипотезу: «При большом токе в зоне контакта возникает некий электрический разряд наподобие вольтовой дуги, но только без разогрева. Этот разряд закорачивает высокое сопротивление контакта, обеспечивая генерацию»

Лишь через тридцать лет сумели понять, что собственно было открыто. Сегодня мы бы сказали, что прибор Лосева — это двухполюсник с N-образной ВАХ, или туннельный диод, за который в 1973 г. японский физик Лео Исаки получил Нобелевскую премию.

Руководство нижегородской лаборатории понимало, что серийно воспроизвести эффект не удастся. Немного поработав, детекторы практически теряли свойства усиления и генерации. Об отказе от ламп не могло быть и речи. Тем не менее, практическая значимость открытия Лосева была огромной. Устройство позволяло не только принимать сигналы на больших расстояниях, но и передавать их. Радиолюбители в массовом порядке, на основе детекторов-генераторов, изготавливали радиопередатчики, поддерживающие связь в радиусе нескольких километров. Вскоре издается брошюра Лосева. Она расходится миллионными тиражами. Восторженные радиолюбители писали в различные научно-

популярные журналы, что «при помощи цинкитного детектора в Томске, например, можно услышать Москву, Нижний Новгород и даже заграничные станции».

На все свои технические решения Лосев получает патенты, начиная с «Детекторного приемника-гетеродина», заявленного в декабре 1923 г. Статьи Лосева печатаются во многих журналах. Он становится знаменитостью, а ведь ему еще не исполнилось и двадцати лет! Например, в редакторском предисловии к статье Лосева «Генерирующие кристаллы» в американском журнале “The Wireless World and Radio Review” за октябрь 1924 г. говорилось: «Автор этой статьи, господин Олег Лосев из России, за сравнительно короткий промежуток времени приобрел мировую известность в связи с его открытием генерирующих свойств у некоторых кристаллов».

Другой американский журнал — “Radio News” — примерно в то же время публикует статью под заголовком «Сенсационное изобретение», в которой отмечается: «Нет необходимости доказывать, что это — революционное радиоизобретение. В скором времени мы будем говорить о схеме с тремя или шестью кристаллами, как мы говорим сейчас о схеме с тремя или шестью усилительными лампами. Потребуется несколько лет, чтобы генерирующий кристалл усовершенствовался настолько, чтобы стать лучше вакуумной лампы, но мы предсказываем, что такое время наступит».

Автор этой статьи Хьюго Гернсбек называет твердотельный приемник Лосева — кристадином (кристалл + гетеродин). Причем не только называет, но и предусмотрительно регистрирует название, как торговую марку. Спрос на кристадины огромен. Интересно, что когда в нижегородскую лабораторию приезжают немецкие радиотехники, чтобы лично познакомиться с Лосевым, они не верят своим глазам. Они поражаются таланту и юному возрасту изобретателя. В письмах из-за границы Лосева величали не иначе, как профессором.

Никто и представить не мог, что профессор еще только постигает азы науки. Впрочем, очень скоро Лосев станет блестящим физиком-экспериментатором и еще раз заставит мир заговорить о себе. В лаборатории с должности рассыльного его переводят в лаборанты, предоставляют жилье. В Нижнем Новгороде Лосев женится (правда, неудачно, как оказалось впоследствии), устраивает свой быт и продолжает заниматься кристаллами.

В 1928 г., по решению правительства, тематика Нижегородской радиолaborатории вместе с сотрудниками передается в Центральную радиолaborаторию в Ленинграде, которая, в свою очередь, тоже постоянно реорганизуется. На новом месте Лосев продолжает заниматься полупроводниками, но вскоре Центральную радиолaborаторию

преобразовывают в Институт радиовещательного приема и акустик.

В новом институте своя программа исследований, тематика работ сужается. Лаборанту Лосеву удается устроиться по совместительству в Ленинградский физико-технический институт (ЛФТИ), где у него появляется возможность продолжить исследования новых физических эффектов в полупроводниках. В конце 1920-х гг. у Лосева появилась идея создать твердотельный аналог трехэлектродной вакуумной радиолампы.

В 1929-1933 гг., по предложению А.Ф. Иоффе, Лосев проводит исследования полупроводникового устройства, полностью повторяющего конструкцию точечного транзистора. Как известно, принцип действия этого прибора заключается в управлении током, текущим между двумя электродами, с помощью дополнительного электрода. Лосев действительно наблюдал данный эффект, но, к сожалению, общий коэффициент такого управления не позволял получить усиление сигнала. Для этой цели Лосев использовал только кристалл карборунда (SiC), а не кристалл цинкита (ZnO), имевшего значительно лучшие характеристики в кристаллическом усилителе (это действительно кажется странным, учитывая наличие у Лосева некоторых познаний о материалах). До недавнего времени считалось, что после вынужденного ухода из ЛФТИ Лосев не возвращался к идее полупроводниковых усилителей. Однако существует довольно любопытный документ, написанный самим Лосевым. Он датирован 12 июля 1939 г. и в настоящее время хранится в Политехническом музее. В этом документе, озаглавленном «Жизнеописание Олега Владимировича Лосева», кроме интересных фактов его жизни содержится и перечень научных результатов. Особый интерес вызывают следующие строки: «Установлено, что с полупроводниками может быть построена трехэлектродная система, аналогичная триоду, как и триод, дающая характеристики, показывающие отрицательное сопротивление».

Еще в 1923 году, экспериментируя с кристалинами, Лосев обратил внимание на свечение кристаллов при пропускании через них электрического тока. Особенно ярко светились карборундовые детекторы. В 1920-е гг. на Западе явление электролюминесценции одно время даже называли «свет Лосева» (Losev light, Lossew Licht). Лосев занялся изучением и объяснением полученной электролюминесценции. Он первым оценил огромные перспективы таких источников света, особо подчеркивая их высокую яркость и быстрдействие. Лосев стал обладателем первого патента на изобретение светового реле — прибора с электролюминесцентным источником света. В 1970-х гг., когда светодиоды стали широко применяться, в журнале "Electronic World" за 1907 г. была обнаружена статья англичанина Генри Роунда, в которой автор, будучи сотрудником лаборатории Маркони, сообщал, что видел свечение в контакте

карборундового детектора при подаче на него внешнего электрического поля. Данная заметка не оказала никакого влияния на последующие исследования в области электролюминесценции, тем не менее, автор статьи сегодня официально считается первооткрывателем светодиода.

Лосев независимо открыл явление электролюминесценции и провел ряд исследований на примере кристалла карборунда. Он выделил два физически различных явления, которые наблюдаются при разной полярности напряжения на контактах. Его несомненной заслугой является обнаружение эффекта предпробойной электролюминесценции, названной им «свечение номер один», и инжекционной электролюминесценции — «свечение номер два». В наши дни эффект предпробойной люминесценции широко применяется при создании электролюминесцентных дисплеев, а инжекционная электролюминесценция является основой светодиодов и полупроводниковых лазеров. Лосеву удалось существенно продвинуться в понимании физики этих явлений задолго до создания зонной теории полупроводников. В 1936 г. свечение номер один было заново обнаружено французским физиком Жоржем Дестрио. В научной литературе оно известно под названием «эффект Дестрио», хотя сам Дестрио приоритет в открытии этого явления отдавал Олегу Лосеву. Наверное, было бы несправедливо оспаривать приоритет Роунда в открытии светодиода. И все же нельзя забывать, что изобретателями радио по праву считаются Маркони и Попов, хотя всем известно, что радиоволны первым наблюдал Герц. И таких примеров в истории науки множество.

Сегодня мы понимаем, что без квантовой теории строения полупроводников представить развитие твердотельной электроники невозможно. Поэтому талант Лосева поражает воображение. Он с самого начала видел единую физическую природу кристадина и явления инжекционной люминесценции и в этом значительно опередил свое время. Анализ результатов показывает, что на протяжении почти 20 лет после появления работ Лосева не было сделано ничего нового с точки зрения понимания физики этого явления.

В 1930-31 гг. Лосев выполнил на высоком экспериментальном уровне серию опытов с косыми шлифами, растягивающими исследуемую область, и системой электродов, включаемых в компенсационную измерительную схему, для измерения потенциалов в разных точках поперечного сечения слоистой структуры. Перемещая металлический «кошачий ус» поперек шлифа, он показал с точностью до микрона, что приповерхностная часть кристалла имеет сложное строение. Он выявил активный слой

толщиной приблизительно в десять микрон, в котором наблюдалось явление инжекционной люминесценции. По результатам проведенных экспериментов Лосев сделал предположение, что причиной униполярной проводимости является различие условий движения электрона по обе стороны активного слоя (или, как бы мы сказали сегодня, — разные типы проводимости). Впоследствии, экспериментируя с тремя и более зондами-электродами, расположенными в данных областях, он действительно подтвердил свое предположение.

В 1935 г., в результате очередной реорганизации радиовещательного института и непростых отношений с руководством, Лосев остается без работы. В ЛФТИ у Лосева долгое время было свое рабочее место, но в институт его не берут, слишком независимый он человек. Все работы выполнял самостоятельно — ни в одной из них нет соавторов. При помощи друзей Лосев устраивается ассистентом на кафедру физики Первого медицинского института. На новом месте ему намного сложнее заниматься научной работой, поскольку нет необходимого оборудования. Тем не менее, задавшись целью выбрать материал для изготовления фотоэлементов и фотосопротивлений, Лосев продолжает исследования фотоэлектрических свойств кристаллов. Он изучает более 90 веществ и особо выделяет кремний с его заметной фоточувствительностью.

В то время не было достаточно чистых материалов, чтобы добиться точного воспроизведения полученных результатов, но Лосев (в который раз!) чисто интуитивно понимает, что этому материалу принадлежит будущее. В начале 1941 г. он приступает к работе над новой темой — «Метод электролитных фотосопротивлений, фоточувствительность некоторых сплавов кремния». Когда началась Великая Отечественная война, Лосев не уезжает в эвакуацию, желая завершить статью, в которой излагал результаты своих исследований по кремнию. К сожалению, после войны не удалось найти следы этой статьи, и теперь можно лишь догадываться о ее содержании.

22 января 1942 г. Олег Владимирович Лосев умер от голода в блокадном Ленинграде. Ему было 38 лет. В том же году в США компании Sylvania и Western Electric начали промышленное производство кремниевых (а чуть позже и германиевых) точечных диодов, которые использовались в качестве детекторов-смесителей в радиолокаторах. Смерть Лосева совпала по времени с рождением кремниевых технологий.

Война — стимул для развития полупроводниковых технологий и электронного приборостроения. Одним из самых важных для вооруженных сил направлений электронной промышленности во время Великой Отечественной войны стала радиолокация. Решения по изготовлению единичных экземпляров радиолокационных

систем принимали во время войны. Так, в июле 1941 г. под Москвой развернули станцию контроля воздушного пространства РУС-2, разработанную в НИИ-20 (ВНИИРТ). Благодаря этому удалось вовремя принять меры по отражению атаки более чем двухсот вражеских самолётов на Москву в ночь на 22 июля 1941 г. 10 февраля 1942 г. заводу-институту №465(НИЭМИ) поручили разработать и пустить в серийное производство станции оружейной наводки(СОН) для войск ПВО. Задача была выполнена, и с 1943 г. начался массовый выпуск СОН-2а. Также на этом предприятии разработали и производили приборы опознавания «свой-чужой» для авиации. В дальнейшем эти приборы разрабатывали в НИИ-17(ОАО «Концерн радиостроения «Вега»»), а позднее — в Казанском радиотехническом НИИ.

Ещё одна задача, которую успешно решил коллектив ВНИРТ к июлю 1942 г., - это разработка первой отечественной радиолокационной системы для самолётов «Гнейс-2». План по выпуску данного оборудования удалось перевыполнить. Далее последовали средства наведения истребительной авиации на вражеские самолёты в условиях отсутствия видимости, первой такой стала «Бирюса». Понимая перспективность радиолокации, ГКО постановил организовать управление радиолокационной промышленности в составе пяти заводов и трёх институтов. В МЭИ был создан специальный факультет радиолокации, созданы 15 ремесленных училищ. Из Министерства электропромышленности (15 марта 1946 г. наркоматы были переименованы в министерства) выделили по предложению Совета по радиолокации Министерство промышленности средств связи.

Важным шагом стала совместная работа над системой «Беркут» (С-25) КБ-1 (ОАО «ГСКБ «Алмаз-Антей»») с другими предприятиями. Главные конструкторы — П. Куксенко и С. Берия, идеологом направления стал А.А. Расплетин. Серийное производство происходило на Кунцевском электромеханическом заводе (МРТЗ).

Новый импульс для развития радиопромышленности и электроники дала война в Корею 1950–1953 гг. Она продемонстрировала, что радиосредства могут резко сократить потери в воздушном пространстве. Это заставило страну пойти по пути скорейшего создания оборудования данного направления. Советский Союз включился в гонку радиоэлектронного вооружения. 10 июля 1946 г. утверждается трехлетний план развития радиолокации, а вскоре совет реорганизован в Комитет по радиолокации при Совете министров СССР во главе с председателем Госплана СССР Максимом Сабуровым. Деятельность комитета сыграла большую роль в развитии всего комплекса радиоэлектронных систем.

В государстве не существовало единого органа управления военно-промышленными делами, но по мере роста международной напряженности его структура существенно меняется. Поиск рациональной организации по управлению ВПК был многоэтапным и противоречивым, что свидетельствовало о чрезвычайно сложных функциональных отношениях между входящими в него предприятиями и организациями. Постановлением ЦК ВКП(б) и Совета министров СССР в феврале 1947 г. организованы девять отраслевых бюро, которые занимались вопросами оборонных отраслей промышленности. Бюро стали прообразом будущей знаменитой «девятки» министерств оборонного комплекса. В 1960 – 1970-е гг. было создано несколько отраслевых институтов.

Однако радиопромышленность не состояла в приоритетных направлениях индустриализации. Развитие полупроводниковой промышленности в нашей стране и капиталистическом мире с самого начала проходило в неравных условиях. Как одна из наиболее наукоемких и, следовательно, уязвимых отраслей, полупроводниковая промышленность в числе тех, которые испытали серьезный кризис, когда общее состояние СССР стало ухудшаться. Главная причина заключалась в самом подходе к высоким технологиям: их почти исключительная связь с оборонными программами, в условиях командно-административной экономики, неизбежно тормозила поддержание интенсивных темпов производства. В 1991 г. наступило почти полное прекращение бюджетных ассигнований. С распада СССР и по настоящее время полупроводниковая промышленность преимущественно держится на созданном ранее арсенале.

Список литературы

1. Жирнов В.А., Суэтин Н.Н. Изобретение инженера Лосева // Эксперт. 2004. № 15. С. 25–38.
2. Новиков М. А. Олег Владимирович Лосев — пионер полупроводниковой электроники // Физика. Проблемы, история, люди. М.: «Наука», 1984. 381 с.
3. Носов Ю. Парадоксы транзистора // Квант. 2006. № 1. С. 60–74.
4. Остроумов Б., Шляхтер И. Изобретатель кристадина О. В. Лосев // Радио. 1952. № 5. С. 6–11.
5. Brinkman W.F., Haggan D.E., Troutman W.W. A History of the Invention of the Transistor and Where it will lead us // IEEE Journal of Solid-State Circuits. 1997. Vol. 32. No. 12. P. 114–131.
6. Gernsback H. A Sensational Radio Invention // Radio News. 1924. No 3. P. 44–57.
7. Lee T. H. A Nonlinear History of Radio // The Design of CMOS Radio-Frequency Integrated Circuits. Cambridge. 1998. 39 p.