



Гений без диплома



Николай ГРИГОРЬЕВ

Nickolay D. GRIGORIEV

К 70-летию со дня смерти Олега Лосева – человека необыкновенной судьбы и выдающегося научного таланта. Он предвосхитил создание современной теории полупроводников, исследовал и предложил практике кристаллический детектор, возможность получить полупроводниковый аналог лампового триода, генерировать электромагнитные излучения в световом диапазоне волн. Он начал путь в науке в 18 лет, а завершил – в 38 лет.

Ключевые слова: радиосвязь, полупроводники, кристадин, свечение Лосева, теория запорного слоя в полупроводниках.

Григорьев Николай Дмитриевич – кандидат технических наук, доцент Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ).

Русский ученый, один из первых исследователей свойств полупроводников, изобретатель, основоположник полупроводниковых приборов и устройств Олег Владимирович Лосев родился в городе Твери 10 мая (27 апреля по старому стилю) 1903 года в семье конторского служащего вагоностроительного завода. Технически передовая железнодорожная среда, к которой он тогда оказался причастен, определенным образом повлияла на формирование у него интереса к технике, радиосвязи, исследовательской практике.

КРИСТАДИН «ПРОФЕССОРА»

В 1912 году мальчик поступил в Тверское реальное училище, где по сравнению с классической гимназией давали больший объем знаний по математике, физике, биологии и учебный план, кроме того, включал химию, черчение, немецкий и французский языки. То есть обучение предполагало достаточно прочную образовательную базу.

В 13 лет после публичной лекции начальника Тверской военной радиоприемной станции внешних сношений штабс-капитана В. М. Лещинского о беспроволочной телеграфии он увлекся радиотехникой. Под руководством помощника начальника радиостанции

поручика М.А. Бонч-Бруевича (с 1931 года — член-корреспондент АН СССР) школьник в местной мастерской вплоть до 1918 года принимал участие в разработке усилительных вакуумных электронных радиоламп. Здесь же он познакомился с профессором В.К. Лебединским, который часто приезжал из Москвы в Тверь для научных консультаций.

Став вскоре заядлым радиолюбителем, Олег устроил дома лабораторию, где вместе с К.Н. Евсеевым испытывал когереры (стеклянные трубки с металлическими опилками), изготавливал кристаллические детекторы (преобразователи) и другие приборы для изучения электрических колебаний.

Лосев окончил школу II ступени № 3 (к тому времени бывшее реальное училище стало общеобразовательной средней школой) в 1920 году, но поступить на факультет радиоинженеров в Москве ему не удалось. В сентябре, впрочем, в столице проходил первый Всероссийский радиотехнический съезд, где он встретил Бонч-Бруевича и Лебединского. Они его пригласили на работу в радиолaborаторию Нижнего Новгорода (НРЛ), куда была переведена радиостанция из Твери со многими ее бывшими сотрудниками.

По окончании испытательного срока, взятого рассылным, Олега перевели на должность младшего лаборанта в отдел приемников Лебединского. Ему было поручено исследовать возможность радиоприема без электронных ламп, дорогих в изготовлении и капризных в эксплуатации. С этой целью он изучил использование магнитных усилителей и пришел к выводу, что они неперспективны. Соответственно полученным результатам в июне 1921 года им в возрасте 18 лет опубликована первая научная статья «О магнитных усилителях».

Жизнь того времени не баловала никого. Кроме пальто, служащего одеялом, и сменного белья у Лосева не было другого личного имущества, а тем более своего жилья, быта, семьи. Казенную железную койку он пристроил на верхней площадке лестничной клетки у входной двери на чердак трехэтажного здания НРЛ. Пропитанием его занималась уборщица, которой он отдавал свой продовольственный паек и платил за обслуживание. Через 10 месяцев у него появилась язва желудка и, получив отпуск по состоянию здоровья, в августе 1921 года юноша вернулся в Тверь. Там он пробыл 15 месяцев, работая электриком

на вагонном заводе и не забывая вместе с тем своих радиотехнических интересов.

Кристаллические детекторы, принцип действия которых был неизвестен, в радиоприемниках заменили тогда когереры А.С. Попова. Эти устройства (в основном кристаллы искусственного свинцового блеска или галенита PbS) с дрожащими угольными иголочками являлись главными элементами входных цепей радиоприемников. Они были просты в изготовлении, обеспечивали прием, используя энергию высокочастотных колебаний из антенны, но работали неустойчиво. Поэтому сигнал на выходе оставался слаб и его можно было слышать лишь с помощью чувствительных наушников, причем из-за непостоянства рабочей точки избирательность не отличалась стабильностью.

Лосев еще в НРЛ заинтересовался по собственной инициативе механизмом действия кристаллов, проверял чистоту поверхности и внешнее их строение, в различных режимах изучал вольтамперные характеристики (ВАХ) детекторов, обнаруживал и оценивал факторы, влияющие на нелинейные падающие участки ВАХ, искал пути их усовершенствования.

В домашней лаборатории в Твери им было испробовано множество материалов в качестве рабочего кристалла и иглы. В процессе исследований он в январе 1922 года обнаружил в детекторе из цинкита (минеральная окись цинка ZnO) с угольным острием активные точки, в которых в определенных условиях усиливались радиосигналы (осуществлялся усилительный или, как теперь говорят, гетеродинный, а не детекторный прием передач далеких радиостанций на разных высоких частотах за счет полупроводникового прибора), а в радиотехнических контурах при напряжениях менее 10 В генерировались устойчивые незатухающие высокочастотные колебания с длиной волны до 68 м.

Это открытие, принесшее ему мировую известность и славу, легло в основу созданного им в том же 1922 году радиоприемника без электронных ламп, который состоял из генерирующего полупроводникового кристалла и двух электродов. В 1924 году в журнале «Radio News» Х. Гернсбеком впервые ему дается название «Кристадин» (кристаллический гетеродин). Он принимал слабые сигналы далеких передающих станций и усиливал их в головных телефонах (наушниках) в 15 раз по сравнению с обычным детекторным при-



емником, повышал избирательность приема, ослаблял уровень помех, а кроме того, и сам передавал радиосигналы. Девятнадцатилетний молодой человек изобрел принципиально новый и полезный прибор, и не ведавшие о его возрасте и регалиях зарубежные научные журналы называли его «профессором».

Появлению термина «кристадин» предшествовала в июне 1922 года в четырнадцатом номере журнала «Телеграфия и телефония без проводов» статья Лосева «Детектор-генератор и детектор-усилитель». В ней автор подробно, качественно и аналитически разъяснил, что усиление или генерация при помощи двухполосника (полупроводника, лампы и др.) возможны только при наличии падающего участка ВАХ. Отрицательное сопротивление уменьшает активное сопротивление колебательного контура за счет энергии батареи питания. Режим усиления или генерации детектора определяется выбором тока и напряжения на участке отрицательного сопротивления. При последовательном включении детектора с отрицательным сопротивлением и нагрузки он служит усилителем напряжения, при параллельном — усилителем тока. В регенеративном приемнике отрицательное сопротивление детектора меньше активного сопротивления колебательного контура и, сбивая генерацию, можно реализовать усилительный режим. Если вносимое детектором в контур отрицательное сопротивление превышает активное сопротивление контура, то система самовозбуждается и способна действовать как генератор колебаний на частоте, близкой к собственной частоте контура.

В следующем, пятнадцатом, номере того же журнала в статье «Генерирующие точки кристаллов» Лосев описал методику быстрого отыскивания активных точек на поверхности цинкита для касания острия, обеспечивающих возбуждение колебаний. Он заменил угольное острие металлической иглой от старой лампы, включаемой к минусу батареи, и предложил способы искусственного получения чистой окиси цинка переплавкой в электрической дуге естественных кристаллов цинкита с примесями. Цинкит было трудно достать. Исследователь пробовал разные пары контактов кристаллов (галенит, пирит FeS_2 , халькопирит CuFeS_2 , молибденовый блеск MoS , оловянный камень SnO_2) с угольными, цинковыми, медными, алюминиевыми, стальными и прочими металлическими проволочками. Галенит

со стальной иглой неплохо работал, и его было достаточно просто приобрести.

Олег разработал несколько схем для регенеративных и гетеродинных радиоприемных устройств с генерирующими кристаллами, получил на свои технические решения семь патентов и написал для радиолюбителей популярную брошюру «Кристадин (самодельный радиоприемник с кристаллическим детектором)» со всеми необходимыми пояснениями и рекомендациями по изготовлению кристаллов. Брошюра расходилась массовыми тиражами. Сначала было продано 2000 экземпляров, а потом, в 1925 году — еще 15 тысяч. Ее перевели на английский и немецкий языки и издали в США и Германии. Волна радиолюбительства охватила тогда страну. По брошюре создавали устройства тысячи энтузиастов радиосвязи. Электронных ламп не хватало и они были дороги, им требовался специальный источник электропитания. Схема Лосева могла работать от трех или четырех батареек для карманного фонарика. Кристадин имел доступную цену, его можно было купить в стране и за рубежом.

С 1924 по 1928 год изобретатель получил от радиолюбителей более 700 писем и ни одно из них не оставил без ответа. Его корреспонденты писали, что при помощи детектора из цинкита в Томске можно слышать Москву, Нижний Новгород и заграничные станции. Кристадины на длине волны 24 м работали на нескольких радиостанциях Наркомата почт и телеграфов (НКПТ), предшественника министерства связи. Их автор был дважды в 1922 и 1925 годах удостоен премии НКПТ. Полупроводниковые приемники (с кристаллическим гетеродином) в середине 1920-х годов демонстрировались на основных европейских радиотехнических выставках. Молодой изобретатель получил широкое европейское признание. Даже в 1959 году, спустя столько лет, радиоприемник-кристадин был заметной деталью, ярким артефактом советской экспозиции в Нью-Йорке.

ПРИЗНАНИЕ ПРИОРИТЕТА

В октябре 1924 года в американском журнале «The Wireless World and Radio Review» Лосев опубликовал статью «Осциллирующие кристаллы», в редакционном предисловии которого было написано, что автор за сравнительно короткий промежуток времени приобрел мировую известность в связи с открыти-

ем осциллирующих свойств у некоторых кристаллов. Другой американский журнал «Radio News» почти одновременно напечатал статью «Сенсационное изобретение». В ней однозначно и более чем лестно констатировалось: «Это революционное радиоизобретение, делающее эпоху. В скором времени мы будем говорить о схеме с тремя или шестью кристаллами, как мы говорим теперь о схеме с тремя или шестью усилительными лампами. Потребуется несколько лет для того, чтобы генерирующий кристалл усовершенствовался настолько, чтобы стать лучше вакуумной лампы, но мы предсказываем, что такое время наступит».

Увы, не все оказалось так просто. Бонч-Бруевич (научный руководитель НРЛ) и Лебединский (председатель совета НРЛ и редактор радиожурналов научного — «Телеграфия и телефония без проводов» и популярного — «Радиотехник») обратили внимание, что, немного поработав, детекторы-генераторы из-за невосстанавливаемости эффекта перестают функционировать, поэтому, по мнению этих авторитетов, они не могут конкурировать с ламповыми радиоприемниками как с генеральным направлением.

Исследование полупроводников и усовершенствование кристадина не были включены в план работ НРЛ, а без этого какие-либо продолжения начатого для Лосева резко сузились. Был упущен шанс создания ключевых полупроводниковых технологий в нашей стране в XX веке раньше, чем за границей. Кристадин обладал многими преимуществами по сравнению с вакуумными радиолампами, но являлся двухэлектродным устройством, что исключало с его участием построение многокаскадных усилительных схем приемников. К 1930-м годам ламповая радиотехника вытеснила почти полностью кристаллические детекторы. Однако в связи с освоением диапазона сантиметровых волн, в котором стали ясны существенные недостатки электронных ламп, перспективы у кристаллов вновь возродились. Современный германиевый детектор на основе полупроводникового транзистора с постоянным контактом характеризуется высокой устойчивостью, содержит участок с отрицательным сопротивлением, ему хватает невысокого напряжения питания малой емкости батареи. Очевидными преимуществами полупроводниковых приборов по сравнению с электронными лампами признаны

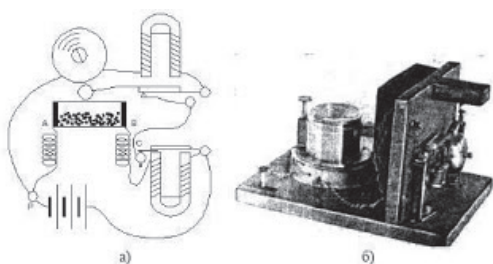


малые габариты, экономичность, отсутствие накала, большая механическая прочность.

Ко времени изобретения кристадина почти отсутствовали какие-либо теоретические постулаты, объясняющие природу действия звена металлическое острие — контакт полупроводника. Для обоснования протекающих в нем процессов потребовалось создание физических теорий, о которых в начале 20-х годах прошлого века никто не имел представления. Туннельный эффект был открыт лишь в конце минувшего столетия. Теория зонной структуры твердого тела разработана в 30-х годах. Роль примесей в полупроводниках удалось понять еще спустя десятилетие. О причинах возникновения отрицательного сопротивления в полупроводниковых диодах ученым довелось узнать через 30 лет после лосевских открытий. По современным представлениям имело место сочетание лавинного пробоя с тиристорным эффектом.

В 1939 году Олег Лосев в автобиографии написал, что с открытием усилительных свойств кристаллов появилась реальная возможность создания полупроводникового аналога лампового триода. Ее реализовал в 1947 году американский ученый русского происхождения профессор Иллинойского университета Джон (Иван) Бардин. Ему (сов-





Кристалдин (фактически радиоприемник без усилительного каскада).

местно с У. Браттейном и У. Б. Шокли) в 1956 году была присуждена Нобелевская премия, и при вручении научных регалий он публично признал приоритет Лосева в этой области.

После изобретения транзистора начался период развития полупроводниковой электроники. Новые детали отличались от электронных ламп более высоким коэффициентом полезного действия, надежностью и долговечностью действия, возможностью регулирования тока и напряжения в широких пределах, малыми габаритами и экономным потреблением энергии. Например, средний размер приемно-усилительных ламп и мощность, потребляемая ими, были в несколько тысяч раз больше, чем у транзисторов.

За открытие туннельного диода, имеющего падающий участок вольтамперной характеристики, японский физик Л. Эсако в 1973 году получил Нобелевскую премию. В основе достижений нобелевских лауреатов 1964 года советских академиков Н. Г. Басова и А. М. Прохорова лежат исследования все того же их предшественника.

«СВЕЧЕНИЕ ЛОСЕВА»

В 1923 году Лосев, экспериментируя после выполнения обязательных работ с контактом карборунд (карбид кремния SiC) и стальная проволока, зафиксировал на стыке этих материалов холодное безынерционное интенсивное зеленоватое свечение при обратном направлении напряжения в 2–6 В. Обнаруженное явление он, лаборант отдела приборостроения НРЛ, возглавляемого Б. А. Остроумовым (в конце 30-х годов — профессор), не отнес в разряд случайных помех, а угадал, что оно базируется на еще не известном экспериментальной физике принципе. То было открытие способности полупроводников генерировать электромагнитные излучения в световом ди-

апазоне волн, одного из перспективнейших направлений электроники. В 1940-е годы, то есть значительно позднее, повторно явление возникновения свечения при протекании тока в кристаллах фосфора вновь было открыто в Америке французским ученым Г. Дестрио, которое им названо электролюминесценцией полупроводникового перехода, а свечению при прохождении тока в карборунде за океаном дали название «Losev light» (свечение Лосева), что все-таки разводит приоритеты.

В целях выявления физической сущности свечения Лосевым изучались влияние сильного магнитного поля, ультрафиолетового излучения и рентгеновских лучей, ионизации воздуха, окружающего свечение, термоэмиссии различных минералов. Для качественного объяснения наблюдаемых эффектов молодой ученый пользовался понятиями квантовой физики (за несколько лет до формального рождения квантовой механики твердого тела), максимально приближаясь к современным представлениям. Он при определении граничной длины световой волны генерировал в схемах, аналоговых кристалдину, короткие волны. Оказалось, что граница свечения в спектре имеет пределы, причем граничная длина световой волны соответствует закону Эйнштейна: $\lambda \leq hc/W$, где λ — граничная длина волны; h — постоянная Планка; c — скорость света; W — энергия.

Исследуя различные пары кристаллов и контактных проволок, экспериментатор приходит к двум важным выводам. Свечение сильно зависит от полярности приложенного напряжения и происходит внутри кристалла без выделения тепла, то есть является холодным, не связанным с нагреванием кристалла или металлического электрода, и инерция возникновения и потухания люминесценции чрезвычайно мала, практически не инерционна. Заметим: это ведь лишь сейчас окончательно установлено, что кратковременная люминесценция возникает при спонтанных квантовых переходах молекул или атомов из возбужденного состояния в нормальное в течение 10^{-8} – 10^{-9} секунд.

В № 5 журнала «Телеграфия и телефония без проводов» за 1927 год была напечатана большая статья Лосева «Светящийся карборундовый детектор и детектирование с кристаллами», где им описаны исследования свечения полупроводника. Он различает два типа: свечение I и свечение II. Свечение I в виде яркой

зеленовато-голубой маленькой точки теперь называется предпробойным, а свечение II значительной поверхности кристалла сопряжено с инжекционной люминесценцией полупроводника. Исследователь обнаружил, что второй тип возникает в кристаллах, имеющих на поверхности зеленого карборунда слои серого цвета, причем свечение локализуется вблизи границы этих слоев. Оно идентично свечению, возникающему при бомбардировке карборунда электронами при разряде газов и возникновении катодных лучей в трубке Крукса. В настоящее время при исследовании физической природы электролюминесценции стандартным приемом является сопоставление спектров фотолюминесценции, возбуждаемой светом, и катодной люминесценции, возбуждаемой в веществе при бомбардировке его быстрыми электронами, со спектрами инжекционной люминесценции.

Под микроскопом Лосев выяснил, что свечение возникает на кристаллических дефектах, когда контактная проволочка касается острых ребер или изломов кристалла. В процессе изучения карборундового детектора им было выявлено свечение и выпрямление на границе электролита и полупроводника. В другом случае он в трехэлектродной схеме, исследуя в ходе возбуждения свечение II изменение сопротивления активного карборундового детектора при приложении напряжения в прямом направлении, обнаружил, что в момент пропускания тока между острием и кристаллом меняется сопротивление между двумя другими остриями, расположенными поблизости от первого. У полупроводникового транзистора аналогичное изменение сопротивления, вызванное пропуском тока через два контакта, приводит к изменению сопротивления между другой парой контактов. Но сущность транзисторного действия состоит в усилении сигнала, а в проводимых опытах усиление не было получено из-за материала полупроводника. Наиболее подходящим материалом тут был бы кремний, из-за продолжения экспериментов с которым Лосев, собственно, и не эвакуировался во время Великой Отечественной войны из блокадного Ленинграда.

Сделанные с помощью микротермомозонда измерения показали, что серый карборунд имеет проводимость дырочного типа, а зеленый — электронного. Следовательно, созданное им в 1926 году устройство было первым

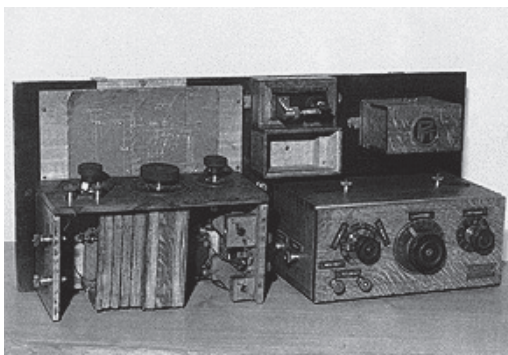
полупроводниковым светодиодом с малой инерционностью и довольно большой яркостью. Современные светодиоды из карбида кремния при токе 0,1 А имеют коэффициент полезного действия в 10 раз больше. По мнению академика Ж. И. Алферова, они в перспективе должны стать экономичными источниками света с регулируемым освещением в широких пределах. Лосеву были выданы два авторских свидетельства на устройство «Световое реле», формально закрепивших приоритет за нашей страной в области светодиодов. Характеристики, введенные в обиход автором патентов, остаются до сих пор важнейшими не только для светодиодов, но и индикаторов, оптронов, инфракрасных излучателей.

Ныне хорошо известно, что излучение полупроводниковых диодов является результатом переходов электронов между зоной проводимости и валентной зоной или переходов между одной из зон и примесными центрами в запрещенной зоне. В кристаллической решетке карборунда в процессе случайного внедрения атомов других элементов создавались активные центры, в которых происходила интенсивная рекомбинация носителей тока, вследствие чего наружу выбрасывались кванты электромагнитной энергии в световом диапазоне волн. Наблюдавшаяся экспериментально зависимость положения голубой границы спектра объясняется тем, что кристаллы карборунда, которыми пользовался Лосев, брались из отходов абразивного производства. Они содержали большое количество примесей, и излучение было обусловлено оптическими переходами зона — примесь.

ПО ПРЕДСТАВЛЕНИЮ ИОФФЕ

В 1925—1926 годах Лосев исследовал генерирование электрических колебаний в релаксационных схемах (затухающие колебания в схемах с активным сопротивлением) и нашел для них практическое применение. Им было открыто и изучено явление преобразования в нелинейных двухполюсниках сигнала одной частоты в сигнал другой частоты с любым их отношением. Это стало новым решением задачи деления и умножения частоты в области нелинейной радиотехники как с помощью полупроводниковых кристаллов, так и электронных ламп. На схемы ламповых и кристаллических устройств для изменения частоты (повышение и понижение) ему тогда выдано несколько авторских свидетельств.





**Радиоприемник детекторный «Кристалдин»
О.Лосева.**

В 1927–1928 годах последовало открытие обратного вентильного емкостного фотоэффекта в полупроводниках (принцип действия солнечных батарей), то есть способность кристаллов преобразовывать световую энергию в электрическую. Лосев исследовал этот эффект и предложил свой способ изготовления фотоэлементов. Им были исследованы 92 вида полупроводниковых материалов, в том числе и кремний.

Работы академика АН СССР А. Ф. Иоффе и его учеников по фотоэффекту привели к выводу, что полупроводники способны обеспечить эффективное преобразование энергии светового излучения в электрическую энергию. Это послужило предпосылкой к развитию новых областей полупроводниковой техники (фоторезисторов, фотодиодов, фототранзисторов, фототиристоры, оптронов) и созданию кремниевых преобразователей солнечной энергии (фотоэлектрических генераторов). В наше время солнечные батареи как альтернативный источник электрической энергии применяются на Земле и в космосе.

В 1928 году по решению правительства тематика НРЛ была расформирована и вместе с сотрудниками передана в ленинградскую центральную радиолaborаторию (ЦРЛ) Треста заводов слаботочной электропромышленности. Лосев после переезда в должности лаборанта продолжал заниматься полупроводниками в группе фотодетекторов, а с 1931 года — в должности лаборанта 1-го разряда (самая высокая его научная должность) в вакуумно-физической лаборатории, возглавляемой Остроумовым. Тогда же исследователь получил премию за «свечение Лосева» и фотоэффект. С 1931 по 1934 год он трижды выступал с докладами на Всесоюзных конференциях

в Ленинграде (ныне Санкт-Петербург), Киеве и Одессе.

После преобразования в 1935 году ЦРЛ в Институт радиовещательного приема и акустики тематика исследований резко сузилась. Лосеву работы по полупроводникам не нашлось, и ему пришлось уволиться. За 1935–1940 годы у него не было ни одной научной публикации (в 1921–1935 годах им опубликовано 49 научных работ, в 1940–1943).

В Ленинградском физико-техническом институте (ЛФТИ) и целевом институте № 9 (в дальнейшем «Позитрон») он под руководством Иоффе проводил исследования полупроводников из карбида кремния, связанные с квантовой теорией электромагнитных излучений в световом спектре диапазона волн. Занимался также созданием малогабаритных безвакуумных холодных источников света с низким напряжением питания (менее 10 В) и высоким быстродействием. Его экспериментальные приемы использовались в дальнейшем другими учеными. Американский физик, исследователь электролюминесценции в полупроводниках профессор Стэнфордского университета И. Лобнер свидетельствовал: «Экспериментальная методология была в основном той же, что мы использовали в лаборатории фирмы RCA, работая с выращенными из расплава монокристаллами фосфида галлия».

Своими пионерскими исследованиями в области светодиодов и фотодетекторов Лосев внес вклад в будущий прогресс оптической связи. Его исследования были так точны, публикации так ясны, что без труда завоевывали себе сторонников, а интуитивный выбор и искусство экспериментатора многих сведущих людей просто изумляли.

С учетом сделанных им открытий лаборанту Лосеву в 1938 году по представлению академика Иоффе Ученым советом Ленинградского индустриального института (ныне Санкт-Петербургский государственный политехнический университет) была присуждена ученая степень кандидата физико-математических наук по совокупности выполненных научно-исследовательских работ без защиты диссертации и наличия диплома о высшем образовании. Соискатель, будучи студентом-заочником Нижегородского технического университета (ныне Нижегородский государственный технический университет), сдал все экзамены, но язва желудка и формальности,

устранению которых не помогли работавшие по совместительству заведующими кафедрами физики и электротехники профессора Лебединский и Бонч-Бруевич, помешали получить ему диплом.

ВЛФТИ у Лосева было собственное рабочее место, но закрепиться в штате ему не удалось. Он оставался независимым исследователем, ярко выраженным индивидуалистом, все научные темы выполнены им самостоятельно, ни в одной из них нет соавторов. С получением кандидатского свидетельства ученый мог преподавать в высшем учебном заведении, и он в 1938 году перешел на должность ассистента кафедры физики в Ленинградский первый медицинский институт, продолжая при этом заниматься и научно-исследовательской работой.

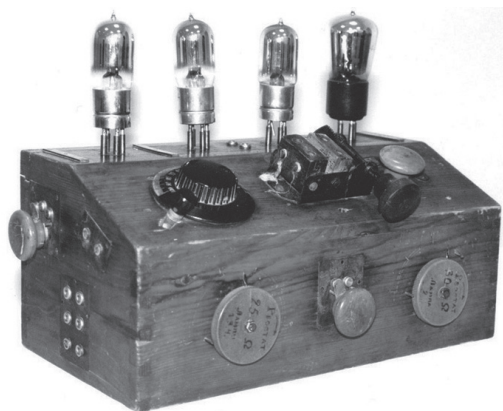
В 1938–1939 годах Лосев прославился исследованием электропроводимости тончайших, следующих друг за другом, начиная с поверхности, слоев кристаллов карборунда с противоположным механизмом проводимости. Результаты проведенных им экспериментов послужили обоснованием теории запорного слоя в современном учении о полупроводниках. Следовательно, приоритет в изучении и оценке значения $p - n$ переходов в полупроводниках принадлежит ему. Пропуская ток сквозь образующиеся запорные слои, ученый наблюдал видимое свечение и смог установить правильное квантовое соотношение между частотой испускаемого света и энергией электрона при прохождении им разности потенциалов.

Им были разработаны система противопожарной сигнализации, электрический стимулятор сердечной деятельности, а после начала войны — портативный обнаружитель металлических предметов (пуль и осколков) в ранах.

В 1941 году экспериментатор начал работать над темой «Метод электролитных фотосопротивлений, фоточувствительность некоторых сплавов кремния».

КОНЧИНА В БЛОКАДНОМ ЛЕНИНГРАДЕ

22 января 1942 года Лосев в возрасте 38 лет скончался в блокадном Ленинграде в госпитале мединститута от дистрофии, вызванной голодом и неоднократной сдачей крови. Могилы и место захоронения общественности неизвестны. Его последняя законченная исследовательская работа по фотопроводимости



Установка демонстрирующая кристадинный эффект.

Дата изобретения: 1929 г.

Разработчик: Лосев Олег Владимирович.

в сплавах кремния, отосланная в редакцию научного журнала АН СССР «Экспериментальная и теоретическая физика», эвакуированную в Казань, оказалась потерянной. Найти рукописи статьи не удалось. В том же году в США компании Sylvania и Western Electric начали промышленное производство кремниевых точечных диодов, которые использовались в качестве детекторов-смесителей в радиолокаторах.

Практическое применение эффекта электролюминесценции стало возможным лишь в конце 50-х годов XX века. Этому способствовало освоение полупроводниковых диодов, транзисторов, тиристоров. В развитых в научно-техническом отношении странах появились полупроводниковые светоизлучающие приборы. Первым из них стал серийно выпускаться фосфида-галлиевый (GaP) светодиод красного свечения. Вслед за ним — карбидокремниевый с излучением желтого цвета. В 60-е годы были созданы зеленый и оранжевый светодиоды. Затем на галлиевом антимониде (GaSb) получен синий.

Шел поиск новых технологических методов, полупроводниковых материалов и прозрачных пластмасс. Значительно увеличена яркость свечения, разработаны сегментные цифробуквенные и матричные индикаторы, приборы с изменяющимся цветом и светодиодные мнемонические излучатели, которые высвечивают геометрические фигуры (круг, треугольник, прямоугольник и т.д.). Возникли модули плоских жидкокристаллических экранов, из которых собираются огромные плазменные экраны и табло. За создание полупро-



водниковых светоизлучающих приборов академик РАН Ж. И. Алферов в 2001 году получил Нобелевскую премию.

Смерть Лосева совпала по времени с рождением кремниевой технологии. Он на десятилетия опередил современную ему электронику и радиотехнику. Не было достаточно чистых материалов, теории полупроводников, чтобы добиться воспроизводимого повторения, поэтому его преждевременные открытия не оценили в научном мире по достоинству сразу. Только в 1952 году профессор Остроумов на сессии ВНТОРЭС выступил с докладом «Советский приоритет в деле создания кристаллических электронных реле по работам О. В. Лосева», и сессия предложила издать труды уникального ученого, доработать его научное наследие и внедрять полупроводники в практику. В 1954 году был организован Институт полупроводников АН СССР, директором которого стал Иоффе.

В 1960-е годы полупроводниковые электронные приборы произвели революцию в науке, технике и экономике. Новым направлением микроминиатюризации явилось массовое внедрение интегральных схем, в которых элементы и соединительные проводники изготавливались в едином технологическом цикле на поверхности или в объеме полупроводникового материала. Переход к интегральным схемам наряду с повышением экономичности (потребляемые мощности уменьшились в десятки тысяч раз) и автоматизацией производства повысил эксплуатационные характеристики полупроводниковой аппаратуры.

Перспективными стали прежде всего стремительно развивавшиеся системные коммуникации на основе микропроцессоров и компьютеров, которые с конца 80-х годов XX века получили применение в управлении различными системами, сферах связи и транспорта, бытовых устройствах и т. п. Их исполь-

зование в электронике, автоматике, энергетике благодаря высокому коэффициенту полезного действия, долговечности, надежности, небольших габаритов и малой потребляемой мощности, возможности регулирования тока и напряжения в широких пределах приобрело поистине глобальный характер.

В настоящее время полупроводниковые приборы, являясь базой современной электроники, стали обязательной принадлежностью компьютеров, принтеров, сканеров, ксероксов, калькуляторов, телевизоров, радиоприемников, часов, фотокамер, автоматических устройств, телефонов, радио- и оптоэлектронной связи, систем видеонаблюдения и многого другого. Они работают на принципах, открытых Лосевым. Его заслуга в том, что своими открытиями в области полупроводников он так остро обозначил смысл исследований, продолжение которых оказалось абсолютно неизбежным.

ЛИТЕРАТУРА

1. Избранные труды О. В. Лосева. — Л.: Наука, 1972.
2. Пецко А. А. Лосев Олег Владимирович // Календарь русской славы и памяти. — М.: Слава, 2006.
3. Лбов Ф. Нижегородская радиолaborатория и радиолюбительство // Радио. — 1948. — № 12.
4. Сифоров В. Развитие радиотехники в СССР // Радио. — 1954. — № 5.
5. Шамшур В. И. Первые годы советской радиотехники и радиолюбительства. — М.: Госэнергоиздат, 1954.
6. Никитин Н. А. Нижегородская радиолaborатория имени Ленина. — М.: Связьиздат, 1954.
7. Остроумов Г. А. Олег Владимирович Лосев: 1903–1942. // Нижегородские пионеры советской радиотехники / Составитель Б. А. Остроумов — М., Л.: Наука, 1966.
8. Центральная радиолaborатория в Ленинграде / Под ред. И. В. Бренева. — М.: Советское радио, 1973.
9. Остроумов Б., Шляхтер И. Изобретатель кристаллина О. В. Лосев // Радио. — 1952. — № 5.
10. Шляхтер И. А. Выдающийся советский радиотехник (к 10-летию со дня смерти О. В. Лосева) // Вестник АН СССР. — 1952. — № 5.
11. Ершов Б. Свечение Лосева // Караван плюс. — 2001. — 7 февраля.
12. Левитин А. Т. Тверская наука на рубеже веков // Тверская жизнь. — 2001. — 8 февраля. ●

GENIUS WITHOUT A DIPLOMA

Grigoriev, Nickolay D. — Ph. D. (Tech), associate professor of Moscow State University of Railway Engineering (MIIT).

To the 70th obit of Oleg Losev, a man of extraordinary destiny and of prominent research talent. He had anticipated the modern theory of semiconductors, studied and proposed for practical usage a crystal detector, a possibility to get semi conductive analogue of lamp triode, to generate electromagnetic emissions in the light wave range. He began his scientific itinerary at the age of 18 and terminated it at the age of 38.

Key words: radio communication, semiconductors, Losev's "crystalin", Losev's luminescence, theory of barrier layer in semiconductors.

Координаты автора (contact information): Григорьев Н. Д. — 8 (495) 684–21–19.



ВИБРАЦИИ В МЕТАЛЛИЧЕСКИХ МОСТАХ*

До сих пор при испытании металлических мостов обращали внимание только на тот максимальный груз, который могут выдержать этого рода сооружения; динамические пробы производились с большими или меньшими скоростями, причем не придавали особого значения мерности или ритму проистекающих отсюда дрожаний.

Но так как металлические пролеты мостов — тела вибрирующие, то вопрос о мерности вибраций, которым они могут быть подвергаемы, представляется, напротив того, вопросом громадной важности... Припомним здесь опыт с хрустальным стаканом. Обыкновенный удар вызывает в стакане известный дрожащий звук; если одновременно воспроизвести тот же звук внутри стакана, то в результате вибрации сделаются настолько сильными, что стакан может треснуть.

Это самое обуславливает серьезную опасность и для металлических пролетов от пробега по ним тяжелых грузов, мерность колебаний которых совпадала бы с мерностью дрожаний самих пролетов. Отсюда действительно может получиться такое осложнение вибраций, которое делает возможным разрыв даже при нагрузке гораздо меньшей той, которая принималась в расчет при испытании.

Вопрос этот в настоящее время озабочивает некоторых инженеров во Франции и вообще за границей; все они признают, что для каждого моста существует опасная скорость, с точки зрения вибраций. Так, г. Штейнер (Steiner de Prague) нашел, что 6,4 вибрации в секунду опасны для нагруженного моста пролетом в 10 метров и 15,3 вибрации — в том случае, если тот же мост без нагрузки. Для мостового отверстия в 20 метров соответственные цифры вибра-

ций были бы 4,3 и 8,9; для 40 метров — 3,1 и 5,4 и для 60 метров — 2,5 и 3,9. Таким образом, число опасных вибраций уменьшается по мере увеличения пролета моста и более значительно для мостов без нагрузки, чем с нагрузкой.

По отношению к железнодорожным поездам тот же автор нашел, что колесо диаметром в 1,20 м при скорости в 20 км в час производит 1,5 толчка (impulsion) в секунду, что оно же даст 3 толчка при скорости 40 км; 4,4 — при скорости 60 км и 5,9 — при скорости 80 км. Следовательно, нагруженный мост отверстием в 40 метров будет подвергаться опасным вибрациям, когда паровоз снабжен колесами в 1,20 м диаметром и проходит со скоростью 40 км.

Точно так же нужно принимать в соображение удары, происходящие от рельсовых стыков.

В конце концов понятно, что замедление хода поезда при проходе через мост может причинить как раз ту опасность, которую желательно было бы избежать. Это подтверждается до некоторой степени опытами г. Деландра (Deslandres). Он заставил лошадь идти именно таким шагом, чтобы повозка производила как раз ту мерность сотрясений, которая опасна для пролетов, и при этом было заметно, что нагрузка увеличивала стрелку прогиба пролета в тринадцать раз... Фатальное число для суеверных людей!..

Отсюда проистекает крайняя необходимость точно знать эту критическую скорость для металлических мостов и в особенности для мостов железнодорожных, а во избежание опасных вибраций следует издать несколько несложных инструкций о скоростях, обязательных к соблюдению при различных обстоятельствах.

А. Б.

*Железнодорожное дело. — 1900. —
№ 1. — С. 9.
(Из фондов библиотеки МИИТ)*



* L'Industrie, 1899, сентябрь, № 50, с. 590.