

Изобретение инженера Лосева

Виктор Жирнов, «Эксперт»

Благодаря забытому ныне физику Олегу Лосеву у СССР был шанс создать полупроводниковые технологии намного раньше, чем США

В списке государств — лидеров в области полупроводниковых технологий Россия не значится. Направив основные финансовые и человеческие ресурсы на создание космической техники и разработку атомного оружия, руководители советского государства не сумели своевременно «откорректировать» научный бюджет таким образом, чтобы он пришел в соответствие с быстро менявшимися реалиями НТР.

Между тем анализ истории науки однозначно свидетельствует в пользу того, что при более удачном стечении обстоятельств у Советского Союза были отличные шансы опередить остальной мир в этой технологической гонке. В этом году исполнилось восемьдесят лет со дня создания первого в мире полупроводникового прибора, усиливавшего и генерировавшего электромагнитные колебания. Автором этого важнейшего изобретения был наш соотечественник, девятнадцатилетний сотрудник Нижегородской радиолaborатории **Олег Владимирович Лосев**. Его многочисленные открытия намного опередили время и, как это, к сожалению, часто случалось в истории науки, были практически забыты к моменту начала бурного развития полупроводниковой электроники.

Пересмотр приоритетов

Летом 2001 года два менеджера американской компании Intel попросили одного из авторов этой статьи составить неформальный список российских ученых, внесших значительный вклад в развитие физики и технологии полупроводников. Составляя список, мы включили в него и Олега Лосева, упомянув, что «О. В. Лосев был одним из пионеров применения полупроводников в практических радиоэлектронных устройствах в начале 20-х годов XX века».

К стыду своему, все, что мы знали тогда о О. В. Лосеве, было подчерпнуто из кратких упоминаний в предисловиях к некоторым отечественным техническим изданиям, преимущественно 50-х годов. Эти упоминания касались в основном демонстрации Лосевым усиления и генерации радиочастотных колебаний с помощью разновидности кристаллического детектора — кристадина. При этом физический принцип действия прибора не описывался. В ответ на запрос Intel мы написали буквально следующее: «Лосев О. В. продемонстрировал первый полупроводниковый трехконтактный усилитель». Реакция коллег из Intel была неожиданной. Кроме обычной в таких случаях благодарности они задали вопрос,



в котором содержался неподдельный интерес: если О. Лосев создал первый трехтерминальный полупроводниковый прибор в 20-х годах, то получается, что он создатель первого в мире транзистора, за который **Джон Бардин**, **Уолтер Брэттэн** и **Уильям Шокли** получили Нобелевскую премию в 1956 году.

Просмотрев еще раз информацию о Лосеве в американском учебнике, мы нашли, что его прибор был двухконтактным, а ошибочное утверждение о трехконтактном приборе возникло из-за того, что стандартные электронные усилительные приборы (такие как транзисторы) имеют три контакта, поэтому мы отождествили усилительный прибор с трехконтактным. Тогда как же работал на самом деле усилитель Лосева? Один из авторов статьи вспомнил о двухконтактном приборе, который может усиливать электрический сигнал. Это — туннельный диод, имеющий так называемую N-образную вольт-амперную характеристику (ВАХ). В своем новом письме Intel мы так и написали: «Прибор О. В. Лосева был двухконтактным с N-образной ВАХ, напоминающей туннельный диод». Ответ из Intel последовал незамедлительно: если О. Лосев создал первый туннельный диод в 20-х годах, то как быть с **Лео Есаки**, который получил Нобелевскую премию (1973 год) за открытие туннельного диода в 1958 году?

Так рутинная историческая справка превратилась в загадку. Впрочем, не меньше удивляли неподдельный интерес американцев — сотрудников Intel и их желание докопаться до сути. Они провели самостоятельные изыскания и установили, что Олег Лосев был к тому же пионером оптоэлектроники и что на эту тему была обширная статья в американском журнале еще в 70-х годах. В таком контексте вполне естественным было поставить вопрос о «пересмотре приоритетов» в нобелевских работах, да и любопытство американских специалистов серьезно стимулировало к дальнейшим поискам.

Труды и дни Олега Лосева

Лосев стал знаменитостью, когда ему едва исполнилось двадцать лет. Например, в редакторском предисловии к статье Лосева «Осциллирующие кристаллы» в американском журнале *The Wireless World and Radio Review* (октябрь 1924 года) говорится: «Автор этой статьи, Мр. О. Лосев из России за сравнительно короткий промежуток времени приобрел мировую известность в связи с его открытием осциллирующих свойств у некоторых кристаллов...». Другой американский журнал — *Radio News* — публикует примерно в то же время статью под заголовком «Сенсационное изобретение». В ней говорилось: «Нет надобности доказывать, что это — революционное радио-изобретение. 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».

Работы Лосева по исследованию полупроводников печатались в таких журналах, как «ЖЭТФ», «Доклады АН СССР», *Radio Revue*, *Philosophical Magazine*, *Physikalische Zeitschrift* и др. Он выступал с докладами на многих всесоюзных конференциях, был премирован Комиссией Наркомпроса.

Один только перечень научных и инженерных достижений Олега Лосева составляет несколько страниц. Из него мы выделим два наиболее ярких результата. Первое — Лосев создал первые в мире полупроводниковые усилитель и генератор электрических сигналов. Он разработал и изготовил практические приемно-передающие устройства на полупроводниках.

Второе достижение Лосева — это пионерские работы в области оптоэлектроники: создание и всестороннее исследование первого в мире светодиода. Поразительно, что для объяснения наблюдаемых эффектов Лосев пользовался понятиями квантовой физики (за несколько лет до формального рождения квантовой механики твердого тела). Отметим также, что для исследования области полупроводника, из которой идет свечение, Лосев использовал трехэлектродные схемы, то есть он фактически продемонстрировал транзисторную структуру (правда, без усиления).

Волшебный кристадин

В 20-е годы было известно, что если к некоторым кристаллам прижать металлическую проволоку, то у них возникает способность принимать (детектировать) радиосигналы. Для демонстрации этого эффекта чаще всего использовались кристаллы галенита (PbS). Однако сам принцип действия детекторов в то время не был известен. К тому же детекторы работали неустойчиво, сигнал на выходе кристаллического детектора был очень слаб и его можно было услышать только с помощью чувствительных наушников.

Олег Лосев стал искать пути усовершенствования детекторов. В процессе исследований в Нижегородской радиолaborатории он обнаружил в детекторе из цинкита (минеральный оксид цинка — ZnO) со стальным острием способность усиливать слабые радиосигналы и возбуждать в радиотехнических контурах незатухающие колебания. Лосев установил фундаментальную закономерность — генерацию или усиление сигнала с помощью двухэлектродного прибора можно получить только в том случае, если он при определенных условиях обладает «отрицательным сопротивлением» (возрастание напряжения на приборе приводит к падению тока). Это открытие и легло в основу радиоприемника, который Лосев создал в 1922 году и назвал кристадином. Свои результаты изобретатель впервые опубликовал в нижегородском журнале «Телеграфия и телефония без проводов» («ТиТбп»).

Устройство Лосева позволило не только принимать радиосигналы на больших расстояниях, но и передавать их. Молодому исследователю удалось получить пятнадцатикратное усиление сигнала в головных телефонах (наушниках) по сравнению с обычным детекторным приемником. Радиолюбители, высоко оценившие изобретение Лосева, писали в различные журналы, что «при помощи цинкитного детектора в Томске, например, можно слышать Москву, Нижний и даже заграничные станции». По лосевской брошюре «Кристадин» создавали свои первые приемники тысячи энтузиастов радиосвязи. Более того, кристадины можно было просто купить как в России (по цене 1 руб. 20 коп.), так и за рубежом.

Превратности судьбы

Казалось бы, Лосева ожидало блестящее будущее. Но хотя он и получил мировое признание в возрасте двадцати лет, самой высокой научной должностью, которую он когда-либо занимал, была должность старшего лаборанта.

Попытаемся реконструировать обстановку, в которой работал молодой ученый. Пик творческой активности Лосева приходится на 1921–1928 годы, когда он работал в Нижегородской радиолaborатории (НРЛ). И это не случайно — НРЛ была уникальной организацией, подобной с тех пор в России не было. НРЛ была организована в 1918 году по прямому указанию Ленина, и в дальнейшем он лично ее курировал.

По творческой атмосфере, царившей в Нижегородской радиолaborатории в 1918–1924 годах, по широте и результативности исследований ее в пору сопоставлять разве что со знаменитой Bell Laboratories в США, которую принято считать самой результативной научно-производственной организацией в мире. НРЛ по структуре и задачам кардинально отличалась как от отраслевых институтов, обслуживающих уже сформировавшиеся узкие технические направления, так и от академических институтов, призванных проводить фундаментальные исследования. В НРЛ, как позднее и в Bell Laboratories, задача ставилась и решалась комплексно: в первую очередь формулировалась широкая практическая задача, и по ходу ее решения ставились фундаментальные научные вопросы. Не было разделения на прикладную и фундаментальную науку — исследователи были и учеными, и инженерами одновременно.

После смерти Ленина статус лаборатории меняется. В 1925 году ее переводят из подчинения Наркомата почт и телеграфа в систему Научно-технического отдела ВСНХ СССР, который подчиняет ее Тресту заводов слаботочной электропромышленности. В 1928 году Нижегородская радиолaborатория прекращает свое существование — ее поглощает Центральная радиолaborатория в Ленинграде (ЦРЛ). Разумеется, в новой организации были свои программы работ. Лаборант Лосев был назначен в группу фотодетекторов. В 1935 году в результате реорганизации ЦРЛ Лосев остался без работы. При помощи друзей ему удается устроиться ассистентом на кафедру физики 1-го медицинского института. На этом его научная работа прервалась. В 1940 году он вновь попытался продолжить исследования, но помешала война.

Въедливый экспериментатор

Представим на мгновение, что работы Лосева получают поддержку, пусть даже очень скромную, — Лосев работает руководителем группы из нескольких человек (даже не лаборатории), у него самостоятельная тема, у него есть возможность участвовать в международных конференциях. Могли ли при таком сценарии работы Лосева приблизить эру твердотельной электроники? С одной стороны, в 1922 году Лосев не знал и не мог знать целого ряда явлений, необходимых для понимания работы кристадина, таких как зонная структура твердого тела (эта теория была разработана в 30-х годах), роль примесей в полупроводниках (понята только в 40-х) и туннельный эффект (открыт в конце 20-х годов).

Но, с другой стороны, были известны дискретная структура атома и концепция квантов. В принципе это уже достаточная база для работы экспериментатора. Существовала и теория газового разряда с лавинным размножением (в таком разряде наблюдается аналогичная ВАХ с отрицательным участком). Методология его экспериментов, выполненных в 1926–1927 годах, была столь удачна, что практически те же экспериментальные приемы используются современными исследователями. Вот что пишет об этих работах известный современный исследователь электролюминесценции в полупроводниках американец **Игон Лобнер** (к слову, автор лучшего исследования научных достижений Лосева): «Его экспериментальная методология была в основном той же, что мы использовали в лаборатории фирмы RCA, работая с выращенными из расплава монокристаллами фосфида галлия».

Поразительной была и интуиция Лосева. Например, когда он пытался объяснить свои результаты измерения положения границы в спектрах излучения, он пришел к выводу, что излучение, возникшее при пропускании тока, есть явление, обратное фотоэлектрическому эффекту, и предложил качественное объяснение этого эффекта, очень близкое к современным представлениям.

Основной экспериментальной трудностью для Лосева было отсутствие надежных материалов. Однако он был очень настойчивым и въедливым экспериментатором. Исследовал все доступные тогда полупроводники. Известно, что, изучая фотоэлектрические эффекты в полупроводниках, Лосев исследовал девяносто два различных материала, в том числе и кремний. Экспериментируя с синтезом полупроводниковых кристаллов, он неминуемо бы обнаружил влияние примесей на электрические свойства полупроводников. Он также неминуемо обнаружил бы, что кремний и германий являются наиболее подходящими полупроводниковыми материалами (последняя работа Лосева была посвящена именно кремнию). Наконец, развивая экспериментальную методику, он мог наблюдать эффект усиления в трехконтактных полупроводниковых структурах — то есть сделать первые транзисторы. Таким образом, продолжение и расширение работ Лосева, безусловно, могло бы приблизить полупроводниковую эру (со всеми ее как прикладными, так и фундаментальными научными проблемами), и Россия получила бы ключевую технологию XX века.

Академики и лаборанты

«Почему работы Лосева не включены в знаменитые исторические очерки по истории твердотельных усилителей — это очень интересный вопрос. Ведь кристадиновые радиоприемники и детекторы Лосева в середине 20-х годов демонстрировались на основных европейских радиотехнических выставках... Я сам видел кристадинный радиоприемник в советской экспозиции в Нью-Йорке в 1959 году», — вопрошает в одной из работ Игон Лобнер.

Есть такой биографический справочник — «Физики» (автор Ю. А. Храмов), он вышел в 1983 году в издательстве «Наука». Это самое полное собрание автобиографий отечественных и зарубежных ученых, изданное в нашей стране. Имени Олега Лосева в этом справочнике нет. Ну что ж, скажет читатель, справочник не может вместить всех, вошли только самые достойные. Но в той же самой книге содержится раздел «Хронология физики», где приведен перечень «основных физических фактов и открытий» и среди них: «1922 г. — О. В. Лосев открыл генерацию электромагнитных колебаний высокой частоты контактом металл-полупроводник».

Таким образом, в этой книге работа Лосева признана одной из самых важных в физике XX века, но места для его автобиографии не нашлось. В чем тут дело? Ответ очень прост: все советские физики послереволюционного периода заносились в справочник по рангу — включались только члены-корреспонденты и академики. Лаборанту же Лосеву позволялось делать открытия, но не греться в лучах славы. При этом имя Лосева и значение его работ было хорошо известно сильным мира сего. В подтверждение этих слов процитируем выдержку из письма академика **Абрама Иоффе Паулю Эренфесту** (16 мая 1930 г.): «В научном отношении у меня ряд успехов. Так, Лосев получил в карборунде и других кристаллах свечение под действием электронов в 2–6 вольт. Граница свечения в спектре ограничена».

А вот что пишут А. Г. Остроумов и А. А. Рогачев в своей статье, посвященной Лосеву: «А. Ф. Иоффе приглашает его провести ряд опытов в ЛФТИ. Некоторое время у О. В. Лосева в ЛФТИ было свое собственное рабочее место, однако закрепиться в штате ЛФТИ ему не удалось». Судя по всему, Лосев был «слишком независимым» человеком. Действительно, все работы он выполнил самостоятельно — ни в одной из них нет соавторов.

В 1947 году (к тридцатилетию Октябрьской революции) в нескольких выпусках журнала «Успехи физических наук» были опубликованы обзоры развития советской физики за тридцать лет, такие как: «Советские исследования по электронным полупроводникам», «Советская радиофизика за 30 лет», «Советская электроника за 30 лет». О Лосеве и его исследованиях кристадина упоминается лишь в одном обзоре (Б. И. Давыдова) — в части, посвященной фотоэффекту, отмечается: «В заключение нужно еще упомянуть работы О. В. Лосева по свечению кристаллического карборунда и по 'обратимому' вентильному фотоэффекту в нем (1931–1940)». И ничего сверх этого. (Отметим, к слову, что большинство результатов, которые в тех обзорах оценивались как «выдающиеся», сегодня никто и не вспоминает.)

Есть одно очень символическое совпадение: Лосев умер от голода в 1942 году в блокадном Ленинграде, а его работа по кремнию оказалась потерянной, и в том же 1942 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. Через несколько лет работы в этой области привели к созданию транзистора. Смерть Лосева совпала по времени с рождением кремниевой технологии.