

## ФИЗИКА В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

### ФИЗИКА ИОННЫХ И ЭЛЕКТРОННЫХ ПРОЦЕССОВ И ТЕХНИКА

*Н. Капцов, Москва*

В физике едва ли найдется другая область, в которой задачи практического применения так тесно переплетались бы с задачами научного исследования, как область физики электронных и ионных процессов, или, как ее иногда называют, область электрических явлений в газах и вакууме.

В печатаемой в настоящем номере статье, написанной в 1937 г., американский инженер-физик Слепян указывает ряд полезных и вредных явлений газового разряда, с которыми техника имеет дело при генерации электрического тока и при распределении и преобразовании электрической энергии. Затронутые Слепяном вопросы охватывают лишь небольшую часть ионных и электронных процессов и их применений. Задача настоящей заметки — несколько восполнить этот пробел. Практические применения физики электронных и ионных процессов можно разбить на две больших группы. Первая: использование этих процессов в различного рода электровакуумных и газоразрядных приборах, обслуживающих не только область, на которой сосредоточил свое внимание Слепян, но и задачи выпрямления и преобразования как слабых, так и сильных токов, далее задачи, выдвигаемые всеми видами проволоочной и беспроволочной связи до телевидения включительно, техникой звукового кино, телемеханикой и, наконец, светотехникой (газоразрядные источники света). Давление газов или металлических паров, в которых происходит разряд, колеблется в подобного рода приборах от высокого вакуума (катодные лампы) до сотни атмосфер (ртутные лампы Бойля). Вторую группу представляют собой непосредственные применения различных видов газового разряда как мощного фактора для достижения определенных технических целей. Сюда относятся химические реакции в газовом разряде и процессы зарядки и осаждения взвешенных в газе частиц в коронном разряде. Во всех этих областях практическое использование ионных и электронных процессов переплетается с научным исследованием еще более тесно, чем в рассмотренных Слепяном случаях. Применяющиеся в области электровакуумной техники явления открыты не так уже давно, детальное исследование их продолжается до сих пор и постоянно дает много новых существенных частных результатов. Если в некоторых других областях техники в СССР приходится все еще внедрять уже готовые разработанные за границей приемы, то в данной области

переплетение практических разработок с научным исследованием в очень значительной степени имеет место и в нашем Союзе. Одним из ярких и наглядных примеров такого положения дел могут служить фотоэлементы, обширная область применений которых широко известна. Всего несколько лет назад чувствительность выпускаемых за границей и копируемых у нас калиевых фотоэлементов не превышала 3—4  $\mu\text{A}$  на 1  $\text{Lm}$ , что даже после усиления тока разрядом в в том же приборе было еще очень мало приемлемо, например, для использования в звуковых киноустановках. Появившиеся в научной литературе заметки подали повод к исследованию во Всесоюзном электротехническом институте новых, так называемых сложных кислородно-цезиевых катодов. Результатом явилось производство на Московском электроламповом заводе фотоэлементов, в десять раз более чувствительных, чем калиевые, с успехом обслуживающих теперь звуковое кино. В настоящее время в институтских и заводских лабораториях Союза идут параллельно исследование и разработка сурьмяно-цезиевых катодов, нашедшие отражение на страницах «Журнала технической физики». Эти катоды более совершенны для некоторых применений, чем кислородно-цезиевые. Но на фотоэлементах с усилением тока при помощи разряда техническая мысль ни за границей, ни у нас не остановилась. В настоящее время усиленно исследуется бывшее ранее в пренебрежении явление так называемой вторичной электронной эмиссии и исследуется не из любви к искусству, а с целью многокаскадного усиления фототока путем вторичной эмиссии со специальных помещенных внутри того же прибора электродов. Лабораторные образцы таких «электронных умножителей» (ВЭИ) уже испытывались с успехом в звуковых киноустановках. Те же явления фотоэффекта и вторичной эмиссии применяются в приборах телевидения. Инженер, работающий в этой новой и важной области, не только не может игнорировать сущность тех физических процессов, с которыми он имеет дело, но и необходимо должен в той или иной мере принимать участие в их исследовании. Переходя от ионных и электронных процессов на поверхности электродов какого-либо прибора, к процессам в объеме, совокупность которых во многих случаях можно охватить названием «разряд в газе», видим то же самое. Удачное построение таких приборов, как выпрямители тока всех мощностей, тиратроны и другие приборы для управления током, тесно связано с решением исследовательских задач о протекании явления первоначального зажигания разряда, повторного зажигания в каждый период переменного тока, вредного обратного зажигания в те полупериоды, когда ток имеет противоположное направление и т. д. Весьма существенен вопрос о влиянии различных, иногда даже очень малых примесей на протекание используемого разрядного явления, вопросы деионизации разрядного промежутка, влиянии магнитного поля на разряд и т. д. Здесь мы опять видим, как техника не может сколько-нибудь существенно продвигаться вперед без параллельного научного исследования, и опять имеем

тесное кооперирование научно-исследовательских и заводских лабораторий (МГУ, ВЭИ, МЭЛЗ, завод «Электросила», ряд лабораторий в Ленинграде). Вопросы построения новых экономических источников света (экономия электроэнергии в  $2\frac{1}{2}$  до 5 раз) и улучшения их цветности требуют не только овладения электрическими процессами разряда, но и оптической стороной этих явлений, а также изучения явлений флюоресценции и фосфоресценции. Здесь опять налицо кооперация научных учреждений и заводов (МЭЛЗ, ВЭИ, ФИАН). Говоря об источниках света, уместно упомянуть о лампе нового типа, предложенной голландским физиком Бойлем. Лампа эта отличается чрезвычайно большой яркостью — Бойль в лабораторных опытах с недолговечными трубками добился яркости большей, чем яркость солнца. Разряд в парах ртути в такой лампе сосредоточен в узкой (1-2 мм диаметром) кварцевой трубочке. При полном испарении помещенного в трубочку определенного количества ртути благодаря высокой температуре всей трубки давление ртутного пара здесь порядка от нескольких десятков до сотни атмосфер и выше. Разряд при такой большой плотности пара — новое, неисследованное до сих пор явление. Температура по оси трубки в шнуре разряда, измеренная оптическими методами, оказалась подходящей до 8 000—10 000°. Ионизация паров ртути происходит при этих условиях в основном уже не за счет ударов электронов, а за счет так называемой термической ионизации (явление, аналогичное химической диссоциации при повышении температуры). Мы имеем здесь таким образом еще случай, когда новая техника в области электрических явлений в газах идет рука об руку с новыми научными исследованиями и с расширением наших знаний о физических процессах. Возьмем еще один пример, отличающийся тем, что соответствующий электровакуумный прибор — катодная лампа — является не новым. Более десяти лет назад автору этой статьи приходилось слышать мнение, что катодная лампа представляет собой прибор не с большим числом нерешенных вопросов, чем, например, динамомашин, что катодная лампа не менее свободно, чем последняя, может быть рассчитана. Однако, как показала жизнь, катодная лампа со временем усложнилась. Вместо одной сетки (триод) появились три (пентод) и больше. Вследствие специального распределения потенциала между электродами такой лампы стало играть большую роль и притом существенно нарушать работу лампы явление вторичной эмиссии в некоторых из этих электродов. И вот перед инженерами, в руках которых, казалось, были полные теоретические данные для расчета и конструкции катодных ламп, встал новый вопрос, как уменьшить нежелательную в данном случае вторичную эмиссию, и они принуждены ставить физическое исследование в этом направлении или привлекать к совместной работе соответствующие физические лаборатории. Параллельно требует более детального и точного решения и вопрос о расчете полей для такой сложной системы электродов.

Перейдем к другой области. В настоящее время все более широко распространение получают электрофильтры — аппараты, устанавливаемые в дымоходах для улавливания частиц дыма в целях оздоровления воздуха в городах и фабричных поселках (в соответствующих комбинациях с механическими пылеуловителями — мультициклонами). Электрофильтры находят также все большее и большее применение в химической промышленности для улавливания на химических производствах распыленных в газе мелких твердых и жидких частиц различных, в том числе и ценных, материалов (серная кислота, цемент, апатитовая пыль и т. п.). Без такого улавливания эти материалы пропадают, вылетая вместе с газом в атмосферу и засоряя ее. Развитие и усовершенствование техники электрофильтрации опять-таки связано с необходимостью исследовательской работы в области электронных и ионных процессов. Дело в том, что основные процессы в электрофильтрах изучены до сих пор лишь в первом приближении, а многие частности имеющих здесь место явлений, весьма актуальные на практике, еще и совсем неясны. Перед практиками, работающими в области электрофильтрации, встает вопрос не только о том, как улучшить работу аппарата или как избежать того или иного вредного явления, но именно в целях получения ответа на вопрос «как» встает вопрос «почему» наблюдается то или иное явление. А для этого оказывается необходимым более детально изучить процессы зарядки частиц в связи с их физическими и даже геометрическими свойствами и с рядом дополнительных, имеющих место на практике условий (влажность, температура, тот или иной состав газа и т. д.). Необходимо изучить также и процессы осаждения заряженных частиц на так называемом осадительном электроде в связи с их свойствами и со свойствами уже ранее осажденного слоя частиц и т. д. Все это процессы физического характера, требующие и утонченной экспериментальной аппаратуры и серьезного развития теории зарядки, движения и осаждения частиц. В СССР работа в этом направлении начата и ведется при тесном контакте между соответствующими вузовскими, институтскими и трестовскими лабораториями.

Мы не будем подробно касаться вопроса о химических реакциях в разряде. Применение электрического разряда имеет здесь целью сделать возможным такие реакции, которые неосуществимы ни обычными приемами химии, ни при применении катализаторов. Пример: непосредственное получение азотной кислоты из воздуха путем реакции азота и кислорода. Разработка применимых на практике достаточно рентабельных приемов наталкивается здесь на необходимость изучения связи между элементарными актами в разряде и химическими реакциями и на необходимость изучения кинетики химических реакций в разряде, что представляет собой опять-таки область электронных и ионных процессов. Соответствующие работы ведутся в МГУ.

Таким образом нет ни одной области практических применений электрических явлений в газах, где для успеха дела работа инже-

нера не должна была бы тесно переплетаться с работой физика-исследователя и где такое переплетение действительно не имело бы места как за границей, так и в нашем Союзе.

Можно смело сказать, что физика ионных и электронных явлений стала идти вперед быстрыми шагами именно тогда, когда открылись обширные, практически важные области ее применения и когда техника, с одной стороны, поставила перед ней ряд новых и смелых задач, а с другой, вооружила ее новой аппаратурой, позволившей широко раздвинуть рамки исследования. Мы имеем здесь пример благотворного сочетания теории и практики и вытекающих из этого сочетания результатов. Такое сочетание необходимо во всех областях. Там, где его нет, не могут развиваться плодотворно и быстрыми темпами ни техника, ни наука.

---