

СЪЕЗДЫ И КОНФЕРЕНЦИИ

КОНФЕРЕНЦИЯ ПО КАТОДНЫМ ЯВЛЕНИЯМ В ВАКУУМЕ И РАЗРЕЖЕННЫХ ГАЗАХ

I. С 4 по 8 июля с. г. в Киеве происходили заседания Конференции по катодным явлениям в вакууме и разреженных газах, созванной Институтом физики Академии Наук УССР. Хотя тематика этой конференции была расширена по сравнению с тематикой Совещания по вопросам вторичной эмиссии и фотоэффекта¹ (имевшего место в 1939 г. в Ленинграде) введением ряда сообщений по катодным явлениям в газовом разряде, в основном эта конференция являлась преемником упомянутого совещания, как это видно из дальнейшего.

Программа конференции включала в себя следующие разделы:

1. Фотоэлектронная, вторично-электронная и термоэлектронная эмиссии разных катодов (сообщения об экспериментальных исследованиях — 12 докладов).

2. Сурьмяно-цезиевые катоды (физические свойства, технология, эксплуатационные свойства — 8 докладов).

3. Дискуссия о природе вторичной эмиссии сложных катодов (4 доклада и ряд выступлений).

4. Электронные приборы и их применения (технология и свойства фотоэлементов с внешним фотоэффектом и электронных умножителей, измерение параметров фотоэлементов, использование фотоэлементов в звуковом кино, фототелеграфии, некоторые свойства иконоскопов — 8 докладов).

5. Катоды в газовом разряде (режимы работы катодов в газоразрядных приборах, явления в ртутных выпрямителях — 9 докладов).

Таким образом, всего в программе был намечен 41 доклад, а за вычетом докладов по катодным явлениям в газовом разряде — 32 доклада, что более чем в полтора раза превышает число сообщений на Совещании 1939 г. Это показывает, что исследовательская работа в данной области продолжает быстро развиваться. Другой особенностью этой конференции явилось то, что в программу были включены наряду с принципиальными также и практические вопросы, связанные с использованием электровакуумных приборов (раздел 4). Это обстоятельство является весьма характерным в силу целого ряда причин. Оно отражает, во-первых, стремление к установлению более тесного контакта между исследовательскими лабораториями и организациями, непосредственно заинтересованными в практическом применении новых электровакуумных приборов. Во-вторых, оно показывает, что в настоящее время некоторые разработки (сурьмяно-цезиевые фотоэлементы) уже вышли из лабораторной стадии и нашли себе важные применения в технике. К этому надо добавить, что, как это с особой ясностью выявилося в дискуссии по вопросу о фотоэлементах для звукового кино, для сурьмяно-цезиевых фотоэлементов имеются все основания быть использованными гораздо шире, чем до сих пор.

Другим показателем прогресса на этой конференции явилось то, что среди докладов имелось три представленных лабораторией Московского электролампового завода — крупнейшего в СССР производителя фотоэлементов.

Таким образом, оценивая конференцию в общем как показатель развития работы со времени последнего совещания, можно констатировать количественный рост исследований, установление более тесной связи между исследовательскими организациями, промышленностью и непосредственными потребителями, более широкий охват научно-исследовательских организаций и нужно особо подчеркнуть, что одно из направлений работы дало уже совершенно конкретные и весьма ценные результаты.

II. Среди докладов первого из указанных выше разделов прежде всего нужно отметить два сообщения, сделанные С. А. Векшинским: «О равновесных состояниях оксидно-серебряно-цезиевого фотокатода» и «Микроструктура сурьмяно-цезиевых фотокатодов». Они выделяются новой и оригинальной техникой эксперимента, которая, несмотря на свою принципиальную простоту, позволила с полной убедительностью обнаружить мельчайшие неоднородности эмиссионных свойств поверхности фотокатодов и установить связь этих неоднородностей с кристаллической структурой слоев. Сущность этого метода заключается в обследовании испытываемой поверхности световым пятном весьма малых размеров (около $0,05 \times 0,5 \text{ мм}^2$), получаемым при помощи микроскопического объектива и в непрерывной автоматической регистрации показаний гальванометра (фототок) на фотоластинке. Автоматичность и непрерывность регистрации достигаются путем сочетания движения источника света с микрообъективом и фотопластинки, механически связанных между собой. Малые размеры пятна и автоматическая регистрация обеспечили весьма подробное и быстрое обследование поверхности, неосуществимое иными способами. В применении к Cs—O—Ag-катадам был установлен характер распределения чувствительности по поверхности катода от степени разрыхления серебра, установлена зависимость чувствительности различным образом окисленных участков поверхности от времени их обработки парами цезия. Данные этого рода, согласуясь с результатами прежних работ², ведут к заключению о соответствии максимальной чувствительности катода определенному соотношению между количествами кислорода и цезия. Обследование тем же методом поверхности сурьмяно-цезиевых катодов также показало наличие значительных неоднородностей чувствительности. Это привело к исследованию структуры исходных сурьмяных слоев (получавшихся испарением в вакууме), показавшему, что эти неоднородности должны быть отнесены за счет кристаллизации слоя, наступающей тотчас после его образования. Далее было сообщено много интересных и практически важных данных о процессе кристаллизации и об образовании соединений сурьмы с различными металлическими подкладками (Cu, Ni). Одним из немногих металлов, не дающих с сурьмой соединений, оказывается вольфрам.

Другим сообщением, касавшимся фотоэмиссии, был доклад С. С. Прилежаева, озаглавленный «Вторичная эмиссия и фотоэффект с калия как функция покрытия калия водородом». Изучение изменения работы выхода калия при адсорбции атомного водорода (при низкой температуре), хода спектральной кривой, величины коэффициента вторичной эмиссии и тех изменений, которые имеют место в результате нагревания, заставляет считать, что высокий квантовый выход у КН-катодов и изменения σ должны быть отнесены за счет вкрапленных в КН частиц калия.

Вопрос о вторичной эмиссии в этом разделе был представлен четырьмя сообщениями.

В докладе П. В. Тимофеева и Р. М. Арановича «Барьерные и магнито-эмиссионные вторичные электроны» были описаны свойства этих эмиттеров и метод их изготовления³. Д. И. Аркадьев и Т. Я. Сюра (Одесский гос. университет) сообщили об исследовании вторичной эмиссии металлического кальция.

М. М. Вудынский доложил о своих новых исследованиях вторичной эмиссии KCl, TiCl, AgCl и CuJ, связанных преимущественно с вопросами устойчивости вторичной эмиссии диэлектрических слоев. Вудынский считает, что устойчивая вторичная эмиссия KCl возможна при условии, что между плотностью первичного пучка и концентрацией атомарно распределенного в слое щелочного металла существует определенное соотношение.

Другими словами, это означает, что (при заданной температуре) должно существовать определенное соотношение между плотностью пучка и электронной проводимостью слоя. Это находится в согласии с высказывавшимся ранее⁴ положением, что стабильным эмиттером вторичных электронов может быть только электронный полупроводник.

Некоторые положения Вудинского, касающиеся представлений о структуре слоев и изменений в ней в результате вторичной эмиссии, равно как и экспериментальная техника, использовавшаяся Аркадьевым и Сюра, были подвергнуты критике.

В докладе М. Е. Гуртового (Киевский гос. университет) «Вторичная эмиссия электронов при ударе ионов и атомов о поверхность торированного вольфрама» были изложены результаты работы с ионами и метастабильными ртуты, а также ионами калия и цезия. Выводы, которые делает автор, сводятся в основном к тому, что кинетическое вырывание носит ударно-ионизационный характер, а также, что вырывание электронов происходит не только из верхнего, непосредственно испытывающего удары слоя.

Остальные четыре доклада из этого раздела были посвящены термоэлектронной эмиссии и термической ионизации на накаливаемых катодах. Т. П. Козляковская (ВЭИ) сообщила об экспериментальном исследовании щелочноземельных оксидов, Н. Г. Сушкин (МЭИ) — об исследовании эмиссии оксидного катода с помощью электронного микроскопа.

В докладе Л. Н. Добрецова (Гос. университет в Алма-Ата) о теплоте испарения электронов из торированного вольфрама была описана интересная схема стабилизации напряжения, допускающая поддержание постоянства разности потенциалов с точностью до 10^{-7} В. Основным выводом из полученных экспериментальных результатов является заключение, что в области аномального Шоттки-эффекта влияние поля на эмиссию электронов состоит в изменении работы выхода и что изменения теплоты испарения электронов достаточны, чтобы объяснить аномальный Шоттки-эффект без допущения зависимости ричардсоновской постоянной A от поля.

Н. И. Ионов (Ленинградский гос. университет) в докладе «Образование отрицательных ионов галлоидов на поверхности накаливаемого вольфрама» сообщил о разработанной им методике обнаружения и измерения малых токов отрицательных ионов в присутствии больших электронных токов. С помощью этого метода было обнаружено возникновение отрицательных ионов галлоидов при взаимодействии молекул щелочно-галлоидных солей с поверхностью накаливаемого вольфрама и определены значения электронного сродства атомов фтора, хлора, брома и йода (4,11; 3,75; 3,64 и 3,31 eV соответственно).

III. В разделе, посвященном сурьмяно-цезиевым катодам, были затронуты принципиальные и теоретические вопросы, вопросы технологического характера, а также рассмотрены свойства, существенные в смысле использования этих катодов в фотоэлектрических приборах, и вторично-эмиссионные свойства сурьмяно-цезиевых слоев.

С. Ю. Лукьянов в докладе «О механизме действия сурьмяно-цезиевого катода» предложил энергетическую схему такого катода и обсудил применимость метода Фаулера к полупроводниковым катодам вообще. По его мнению этот метод более или менее применим к фотоэмиссии в области, близкой к длинноволновой границе.

Сообщение П. Г. Борзяка (Физический институт АН УССР) «Некоторые свойства катодов типа сурьмяно-цезиевых» содержало изложение исследований внутреннего фотоэффекта у $Sb-Cs$ -слоев.

Эти опыты, более непосредственно, чем прежние⁵, показали наличие внутреннего фотоэффекта в этом полупроводнике, а также дали новые доказательства электронной природы проводимости в них. Далее П. Г. Борзяком был предложен механизм проводимости $Sb-Cs$ -катодов, а также дано описание свойств соединений цезия с другими металлами IV основной группы периодической системы, которые, как правило, оказываются значительно менее эффективными эмиттерами электронов, нежели $Sb-Cs$ -слои.

Н. Д. Моргулис и Б. И. Дятловицкая («Эмиссионные свойства сурьмяно-цезиевых катодов») рассмотрели вторично-эмиссионные, фотоэлектрические свойства и связанные с ними явления в случае сурьмяно-цезиевых катодов, расположенных как на проводящей подкладке, так и непосредственно на стекле.

Н. С. Хлебников сообщил о новых измерениях вольтамперных и световых характеристик сурьмяно-цезиевых фотоэлементов (с катодами на подкладках и без подкладок), распространенных и на область больших световых потоков (до 100 lm), а также об исследовании утомления этих фотоэлементов за весьма длительный срок (до 5 000 час.) Как оказывается, у фотоэлементов с катодами на подкладке всегда наблюдается насыщение, и световая характеристика сохраняет линейность вплоть до световых потоков в 100 lm. В режиме световых потоков порядка 0,02—0,04 lm (близко к режиму звукового кино) даже при непрерывной работе сурьмяно-цезиевые фотоэлементы уменьшают свою чувствительность за 5 000 час. не более чем на 50%, во много раз превосходя по своему постоянству все другие фотоэлементы. Это особенно важно ввиду их высокой интегральной чувствительности.

Г. С. Рябинин (МЭИ) доложил о вторично-эмиссионных свойствах сурьмяно-цезиевых слоев, полученных различными способами. Как оказывается, наибольшее значение σ_{max} (до 13,6) дают слои сурьмы, обработанные парами цезия без нагревания сурьмяного слоя.

О весьма важной для понимания технологии сурьмяно-цезиевых катодов работе С. А. Векшинского мы уже говорили выше. Другой доклад, касающийся вопросов технологии, был сделан В. С. Пархоменко, сообщившим о новом способе равномерного нанесения сурьмяного слоя на плоские и цилиндрические поверхности и о некоторых свойствах сурьмяных слоев (этот способ был разработан с целью создания умножителей с распределенным по слою сопротивлением, впервые описанных П. Т. Фарнсвортом).

IV. Дискуссии о природе вторичной эмиссии предшествовали четыре доклада: П. С. Тартаковского, резюмировавшего существующие взгляды на явление вторичной эмиссии, Н. Д. Моргулиса («Некоторые факторы, влияющие на вторичную эмиссию сложных катодов»), И. М. Дикмана («Теория вторичной эмиссии сложных эмиттеров») и А. Е. Кадышевича («Вторичная эмиссия с диэлектриков»).

Наиболее существенные новые данные содержались в последнем из перечисленных докладов. Кадышевич распространил свой метод рассмотрения⁶ вторичной эмиссии (примененный вначале к металлам) на случай диэлектрика и, уточнив подсчет (учтя вторичные электроны, вылетающие после нескольких упругих соударений), показал в согласии с опытом, что значения σ_{max} в случае диэлектриков могут превышать на порядок σ_{max} для металлов и что V_p , соответствующее максимуму кривой $\sigma = (V_p)$, должно быть для диэлектриков больше, чем для металлов.

К всеобщему удивлению сама дискуссия, в отличие от всех предыдущих случаев, прошла в высшей степени бледно. Этому, однако, имелись вполне основательные причины. Дело в том, что на конференции было представлено две точки зрения, основное различие между которыми состоит в том, что тогда как первая (Хлебников, Моргулис, Кадышевич) рассматривает явление как объемный эффект, вторая (Тимофеев) считает, что оно определяется явлениями на поверхности эмиттера (в случае сложных поверхностей). Но так как результаты, сообщенные Кадышевичем в его докладе, с большой убедительностью свидетельствовали в пользу первой точки зрения, то ни у кого (включая и самого автора) не обнаружилось большого желания отстаивать вторую. В общем, насколько можно было установить персональным опросом, общее мнение сводится к тому, что явления на поверхности (ионизация поверхностных атомов) можно предполагать лишь налагающимися на основное явление (имеющее объемный характер) как некая поправка высшего порядка малости.

V. Первым докладом из раздела об электронных приборах и их применениях был доклад Л. А. Кубецкого, сообщившего о разработанном им новом методе измерения слабейших световых потоков при помощи элект-

тронных умножителей, названном им «интегрально-балансной системой». Сущность метода, скрывающаяся за этим несколько сложным названием, заключается в зарядении некоторой емкости от исследуемого и затем от известного светового потока за определенный промежуток времени и в сравнении накопленных зарядов. Этот метод имеет, таким образом, непосредственного предшественника в «методе зарядения» при работе с электрометром.

Представители лаборатории Московского электролампового завода сделали три сообщения. Л. Г. Лейтейзен доложила о работах по электронным умножителям, ведшимся и ведущимся в этой лаборатории; Т. Н. Работнова—о большой работе, проделанной в лаборатории в направлении стандартизации методов и условий определения параметров фотоэлементов разных типов. Третье сообщение касалось сравнительной оценки газонаполненных фотоэлементов, работающих при высоких (240 В) и при низких (90 В) анодных напряжениях. Обширный статистический материал, собранный в лаборатории, показывает, что наполнение фотоэлементов газом для работы в «низковольтном» режиме дает реальные преимущества решительно по всем показателям.

Г. С. Вильдгруппе доложил о конструкции и свойствах разработанного им совместно с В. С. Пархоменко электростатического умножителя системы Фарнswortha с сурьмяным катодом и эмиттером.

Неожиданная и весьма оживленная дискуссия развернулась в связи с докладом К. А. Ламагина (Ленинградский институт киноинженеров) «К вопросу о применении фотоэлементов в звуковом кино». В этом докладе было показано, что чувствительность существующих вакуумных сурьмяно-цезиевых фотоэлементов более чем достаточна для использования их в звуковом кино вместо применяемых там в настоящее время газонаполненных кислородно-серебряно-цезиевых и что, таким образом, те возражения, которые делались против сурьмяно-цезиевых фотоэлементов по причине их якобы недостаточной чувствительности, не выдерживают никакой критики. Противоположную точку зрения отстаивали представители Научно-исследовательского института киностроительства (А. А. Хрущев, проф. П. В. Тимофеев).

Весьма интересный доклад, сопровождавшийся большим количеством прекрасно подобранного иллюстративного материала, был сделан А. М. Гуревичем (НИИС НКСвязи) на тему «Применение сурьмяно-цезиевых фотоэлементов в фототелеграфии». В докладе были ярко обрисованы те большие и уже успешно реализованные практические возможности, которые открыло перед фототелеграфией создание высокочувствительных вакуумных сурьмяно-цезиевых фотоэлементов и освоение их нашей промышленностью (Московский Электроламповый завод). Сюда относятся: передача (в двухцветном воспроизведении) цветных изображений, в том числе карт, цветных текстов и подлинных документов, большое увеличение надежности фототелеграфной связи и значительное снижение себестоимости эксплуатации. Столь же большие возможности открывают (благодаря своему постоянству и особенностям распределения чувствительности) эти фотоэлементы перед объективной фотоэлектрической пирометрией.

Интересный и глубокий анализ физических факторов, определяющих ход кривой распределения чувствительности мозаик иконоскопов, был дан И. Г. Кесаевым (НИИС НКСвязи) в докладе «Световые и спектральные характеристики иконоскопов».

VI. Катодным явлениям в газовом разряде были посвящены следующие доклады:

1. А. А. Шемаев (ВЭИ) «Катоды газосветных приборов».
2. Е. А. Якунинский (ЛИКИ) «Условия работы холодных катодов в газосветных приборах».
3. Н. Д. Моргулис и Я. Л. Любарский (Киевский гос. университет) «Порог распыления оксидных катодов».
4. А. В. Воробьев (ЛИИ) «Катоды газоразрядных приборов».
5. Э. Ю. Клейнер (МЭИ) «О температурном режиме оксидных катодов в газовом разряде низкого давления».

6. М. Е. Гуртовой и Г. И. Коваленко «Использование термической ионизации цезия на поверхности в электронных лампах».

7. И. А. Соколов (Ростовский институт инженеров жел.-дор. транспорта) «Явления разряда при большой поверхности катода».

8. Н. Н. Петухов (завод «Электросила») «Возникновение катодного пятна на аноде ртутного выпрямителя и исследование последнего при помощи импульсного генератора».

9. М. Д. Габович (Институт физики АН УССР) «Обратное зажигание и вторичная эмиссия на графитовом аноде при разряде в ртутных парах».

10. А. Е. Аскинази (ЛИИ) «Исследование вероятности обратных зажиганий».

VII. Подводя итоги конференции, необходимо отметить следующие важнейшие ее результаты.

1. Доложенные новейшие теоретические работы (особенно работа Кадышевича) подводят количественную базу под одну из точек зрения на явление вторичной эмиссии, что означает установление единства механизма явления во всех случаях, вне зависимости от рода эмитирующего материала, т. е. новый шаг в теоретическом обобщении.

2. Рядом докладов были исчерпывающим образом показаны подавляющие преимущества сурмяно-цезиевых (вакуумных) фотоэлементов перед применяемыми в настоящее время. Это обстоятельство будет стимулом к их дальнейшему еще более широкому использованию, в частности, в одном из наиболее массовых видов применения — в звуковом кино.

Таким образом, отражая рост научной работы в данной области по всем показателям, эта конференция свидетельствует также и об успешной реализации на практике новых разработок, еще год тому назад не выходивших за пределы лабораторий и являвшихся лишь предметом принципиального обсуждения.

Н. С. Хлебников. Москва

ЛИТЕРАТУРА

1. Успехи физич. наук, **22**, 105, 1939.
 2. Н. С. Зайцев и Н. С. Хлебников, Журнал технич. физики, **8**, 1023, 1938.
 3. П. В. Тимофеев и Р. М. Аранович, Журнал технич. физики, **10**, 32, 1940.
 4. Н. С. Хлебников, Успехи физич. наук, **21**, 333, 1939.
 5. Н. С. Хлебников и Н. С. Зайцев, Журнал технич. физики, **9**, 44, 1939.
 6. А. Е. Кадышевский, J. Phys. Acad. Sc. USSR, **2**, 115, 1940.
-