

С 3444  
Г-874

ИТЭ, 1966, № 4, с. 157-190  
31/001-65

ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

P-2256



ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

И.И.Громова, Г.Петер, А.Ф.Писарев

ИСПЫТАНИЕ МОДЕЛЕЙ ГАЗОРАЗРЯДНОГО  
ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ИЗОБРАЖЕНИЯ

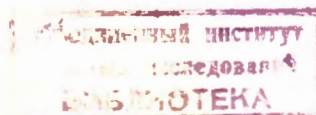
1965

P-2256

И.И.Громова, Г.Петер, А.Ф.Писарев

ИСПЫТАНИЕ МОДЕЛЕЙ ГАЗОРАЗРЯДНОГО  
ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ИЗОБРАЖЕНИЯ

Направлено в ПТЭ



3516/1 m-

В 1982 году в работе <sup>/1/</sup> была описана модель нового типа электронно-оптического преобразователя - газоразрядного искрового электронно-оптического преобразователя света (ГИЗОП). Экспериментальная модель содержала три плоских электрода: фотокатод, управляющую сетку и анод. Первый промежуток - катод-сетка - служил для "управления" временем памяти прибора и для защиты катода от разрушения газовым разрядом. Второй промежуток - сетка-анод - для усиления изображения путем электрического пробоя газа в местах появления первичных фотоэлектронов. Было показано, что в таком приборе в принципе возможна передача и усиление светового изображения. Для выяснения возможности создания рабочего прибора требовались дополнительные исследования чувствительности и сохраняемости фотокатода в присутствии газа, проицаемости электронов через металлическую сетку в газе и четкости воспроизведения изображения. Решению этих вопросов и посвящена настоящая работа.

#### Чувствительность фотокатода

Для проведения опытов был выбран сурьмяно-цезевый фотокатод, имеющий большую интегральную чувствительность. Изготавливался он по технологии, описанной в <sup>/2,3/</sup>.

Результаты измерения чувствительности одного из таких фотокатодов в вакууме и газе представлены на рис. 1. Сбор фотоэлектронов осуществлялся на управляющую сетку. Проведенное сравнение данного фотокатода и фотокатода промышленного изготовления показало, что интегральная чувствительность первого фотокатода всего лишь в два-три раза меньше, чем у заводского прибора.

Из рис. 1 видно, что фототок в вакууме достигает насыщения. При наполнении же прибора инертным газом увеличение напряжения на сетке приводит к неограниченному возрастанию тока за счет газового усиления. Особенно большой рост фототока наблюдается при достижении отношения  $E/p \geq 0,7$  в.м/и, где  $E$  - напряженность электрического поля и  $p$  - давление газа.

На рис. 2 представлена зависимость фототока от давления неона в приборе. Эти результаты находятся в хорошем согласии с данными работы <sup>/4/</sup>, выполненной со

счетчиками фотонов. Резкое падение тока с увеличением давления вызвано эффектом возврата начальных фотоэлектронов на катод после первых же соударений с атомами газа. Вероятность этого процесса, как видно из рисунка, велика.

С точки зрения использования фотокатода в ГИЭОП проведенные эксперименты показывают, что преобразователь изображения может иметь удовлетворительную чувствительность лишь при давлениях газа, меньших  $1,3 \text{ кг/м}^2$ .

#### Проницаемость электронов через сетку

Как было сказано выше, усиливаемое световое изображение в ГИЭОП должно формироваться во втором промежутке - сетка-анод. Это обстоятельство накладывает определенные требования на параметры управляющей сетки. Во-первых, она должна быть максимально проницаема для первичных электронов, поступающих с фотокатода и, во-вторых, ее конструкция должна обеспечивать возможно большую однородность электрического поля в промежутках прибора. Очевидно, первому условию могут удовлетворять сетки с крупными ячейками, второму - с мелкими, т.е. эти требования в определенной степени оказались взаимоисключающими. Поэтому компромиссное решение следовало искать экспериментально.

Для опытов были взяты две сетки: "мелкая" с ячейками  $5,7 \times 5,7 \times 10^{-10} \text{ м}^2$ , имеющая оптическую прозрачность 0,3, и "крупная" с ячейками  $2,5 \times 2,5 \times 10^{-8} \text{ м}^2$  и прозрачностью 0,7. Проницаемость сеток изучалась в вакууме и в газах неоне и ксенона. Потенциалы катода, сетки и анода устанавливались из условия обеспечения эквипотенциальности поля в плоскости сетки. Результаты измерения прохождения электронов через сетки представлены кривыми рис. 3. Видно, что проницаемость сеток в вакууме близка к их оптической прозрачности, однако в газе она резко падает с давлением. Последнее легко объясняется рассеянием электронов на атомах газа и малыми их скоростями, что приводит к эффективному перехвату электронов сеткой.

Увеличения абсолютного числа электронов, поступающих в промежуток сетка-анод, можно было бы добиться за счет газового усиления фототока в первом промежутке. Однако это приводит к плохой управляемости прибора, порче фотокатода положительными ионами и к дефокусировке передаваемого изображения из-за обратной оптической связи. Такой способ поднятия чувствительности ГИЭОП оказался неприемлемым.

Удовлетворительную проницаемость фотоэлектронов в газе из первого во второй промежуток прибора можно получить, как видно из рис. 3, используя сетку с крупными ячейками и газ неон при давлениях не более  $0,7 \text{ кг/м}^2$ .

### Испытание модели с одним промежутком

Низкая проникаемость электронов через сетку в газе побудила авторов выполнить опыт на макете ГИЭОП, содержащем лишь один промежуток - фотокатод-сетка. Предполагалось совместить в этом промежутке функции управления фотоэлектронами и формирование пространственно-локализованного разряда, свечение которого имитировало бы картину передаваемого изображения.

До нанесения фотокатода модель наполнялась неоном до давления  $91,3 \text{ ки/м}^2$  и испытывалась на космических частицах в режиме управляемой разрядной трековой камеры. Было установлено, что при напряженности поля в импульсе, равном  $4,8 \cdot 10^2 \text{ кв/м}$ , в приборе возникали видимые треки частиц. Затем в этой модели был изготовлен сурьмяно-цезиевый фотокатод. Прибор вновь наполнялся неоном до прежнего давления и испытывался на слабой световой щели. Схема электрического включения прибора в опыте варьировалась. На положительное (относительно катода) "очищающее" поле накладывались как отрицательные, так и положительные импульсы с длительностью 84 нсек. Величина очищающего поля регулировалась от нуля до 200 в, а амплитуда импульсов — от 0 до 18 кв. В этом приборе получить изображение световой щели не удалось. В объеме модели возникал электрический разряд в газе при напряженности поля в импульсе, равном  $2,7 \cdot 10^2 \text{ кв/м}$ . Это поле, как следует из данных контрольного опыта на космических частицах, оказалось значительно ниже необходимого для нормальной передачи изображения.

Возникновение неконтролируемого разряда в приборе объясняется, по-видимому, обратной оптической связью и холодной эмиссией электронов с фотокатода и со стенок, оказавшихся загрязненными цезием, под действием импульсного поля большой напряженности. Эти эффекты приводили к снижению потенциала зажигания газа.

Проведенный опыт с моделью показывает, что осуществление рабочего варианта однокаскадного газоразрядного усилителя изображения наталкивается на ряд трудностей. Их решение, по-видимому, следует искать на пути уменьшения длительности электрических импульсов с 84 нсек (величина, используемая в опыте) до среднего времени жизни возбужденных атомов неона.

### Испытание модели двухкаскадного ГЭОП

Испытывались две модели двухкаскадного усилителя изображения. Обе они наполнялись неоном до давления  $0,7 \text{ ки/м}^2$  и имели управляющие электроды, выполненные из сеток с ячейками  $2,5 \times 2,5 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$ . Низкое давление газа позволяло получить удовлетворительную чувствительность фотокатода, а крупная сетка — хорошую проникаемость фотоэлектронов из промежутка катод-сетка в промежуток сетка-анод. В первой моде-

ли оба междуэлектродных промежутка были свободными, а во второй - в зазоре сетка-анод размещался блок фарфоровых капилляров, имеющих внутренний диаметр 1 мм и длину 10 мм. Аналогичная конструкция ГЭОП с капиллярами предлагалась ранее в работе <sup>15/</sup>.

Испытание первой модели на световой щели не дало положительных результатов. Вместо ожидаемого усиления изображения щели наблюдался разряд, занимавший почти весь объем второго промежутка. Разряд не удалось локализовать ни подбором величины очищающего поля, ни подбором амплитуды и длительности импульсов, подаваемых на анод, ни помещением прибора в магнитное поле. Возникновение этого разряда можно объяснить фотоэффектом в газе под действием ультрафиолетового излучения, идущего из начальных каналов разряда. Чтобы ограничить в пространстве распространение ультрафиолетовой радиации, была изготовлена модель прибора (см. рис. 4), во второй промежуток которой помещался вышеупомянутый блок диэлектрических капилляров. Первый промежуток в этом приборе по-прежнему служил для управления фотоэлектронами путем наложения небольшого постоянного поля на сетку, второй - для образования светящегося изображения за счет разряда в газе под действием высоковольтного импульса. Разряд должен возникать только в тех капиллярах, в которые проникают фотоэлектроны из первого промежутка.

Первые же опыты с новой моделью дали положительный результат. Световая щель, спроектированная на фотокатод, воспроизводилась во втором промежутке прибора в виде светящихся точек. Видимый разряд возникал в тех капиллярах, торцы которых находились напротив участка фотокатода, занятого проекцией световой щели. Одна из фотографий усиленного изображения световой щели показана на рис. 5. Фокусировка электронов в первом промежутке осуществлялась соленоидальным магнитным полем напряженностью 0,15 тл. На второй промежуток подавался импульс с амплитудой, равной 3,5 кв/м, и длительностью 180 нсек.

Модель испытывалась также на космических частицах, которые проходили через блок тонких сцинтиллирующих нитей, торцы которых плотно примыкали к фотокатоду. Схема запуска, состоящая из счетчиков Гейгера и электронной аппаратуры, управляла подачей импульсов напряжения на анод в момент прохождения частиц через сцинтиллирующие нити. В приборе каждый раз возникало изображение следа частицы, которое легко наблюдалось визуально, однако интенсивность его свечения оказалась недостаточной для фотографирования.

Был выполнен и второй опыт на космических частицах, в котором вместо сцинтиллирующих нитей использовался кристалл иодистого натрия. Свет от проходящих частиц с помощью световода специальной формы собирался на фотокатоду на площади

$1 \times 50 \cdot 10^{-8} \text{ м}^2$ . Эта "щель" так же удовлетворительно наблюдалась визуально, однако сфотографировать изображение на пленку (1200 ед ГОСТ) не удалось.

Опыты, выполненные с моделями двухкаскадных ГЭОП, показывают, что прибор с капиллярами может быть доведен до практической реализации. Однако в дальнейших исследованиях потребуется, по-видимому, применять капилляры не диэлектрические, а полупроводниковые, чтобы избежать статической зарядки. Улучшения геометрического разрешения можно добиться путем дальнейшего снижения давления газа, применения мелкой сетки и тонкостенных капилляров меньших диаметров. Возможно, что потребуется несколько увеличить магнитное поле для улучшения фокусировки электронов в первом промежутке прибора. Проблему слабой светимости изображения можно решить, по-видимому, применяя комбинированное электрическое питание второго промежутка прибора (например, коротким высоковольтным импульсом осуществлять начальный поджиг газа в соответствующих капиллярах, а последующим длинным прямоугольным импульсом небольшой амплитуды или дугом высокочастотных колебаний поддерживать этот разряд в течение времени, необходимого для фотографирования изображения). Световые характеристики прибора можно улучшить также путем подбора соответствующего инертного газа или смеси с подходящим спектром излучения.

В заключение авторы считают своим приятным долгом поблагодарить А.Г.Николаева за помощь в изготовлении моделей прибора.

#### Л и т е р а т у р а

1. Г.Петер, А.Ф.Писарев, К.М.Фальбрух. ПТЭ, 4, 128 (1963).
2. С.Ю.Лукьянов. Фотоэлементы, Госэнергоиздат, М-Л (1948).
3. Ф.Эккарт. Электронно-оптические преобразователи изображений и усилители рентгеновского изображения. Госэнергоиздат, М-Л, 1961.
4. К. М. Vahlbuch, Vacuum Technik, 9, 229 (1960); 10, 205 (1961).
5. В.И.Никаноров, А.Ф.Писарев, О.В.Савченко. Два проекта люминесцентной камеры. Отчет ОИЯИ, Б1-1756, Дубна, 1957.

Рукопись поступила в издательский отдел  
3 июля 1965 г.

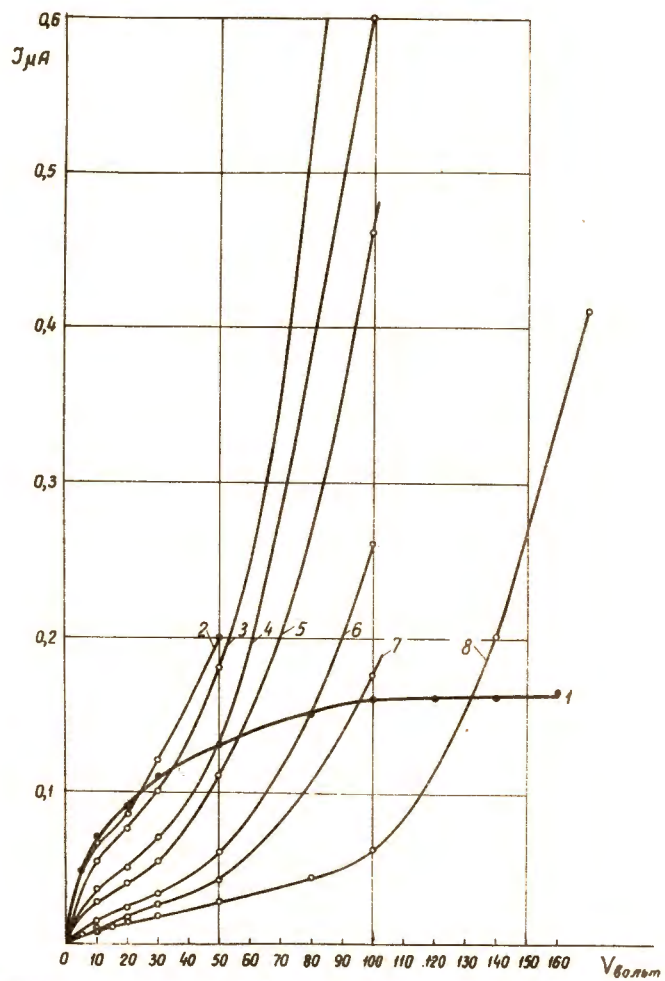


Рис. 1. Зависимость фототока от напряжения при различных давлениях неона.

- |                                  |                              |
|----------------------------------|------------------------------|
| 1 - $10^{-3}$ н/м <sup>2</sup> , | 5 - 2,8 кн/м <sup>2</sup> ,  |
| 2 - 0,28 кн/м <sup>2</sup> ,     | 6 - 8,0 кн/м <sup>2</sup> ,  |
| 3 - 0,8 кн/м <sup>2</sup> ,      | 7 - 13,0 кн/м <sup>2</sup> , |
| 4 - 1,6 кн/м <sup>2</sup> ,      | 8 - 26,8 кн/м <sup>2</sup> . |

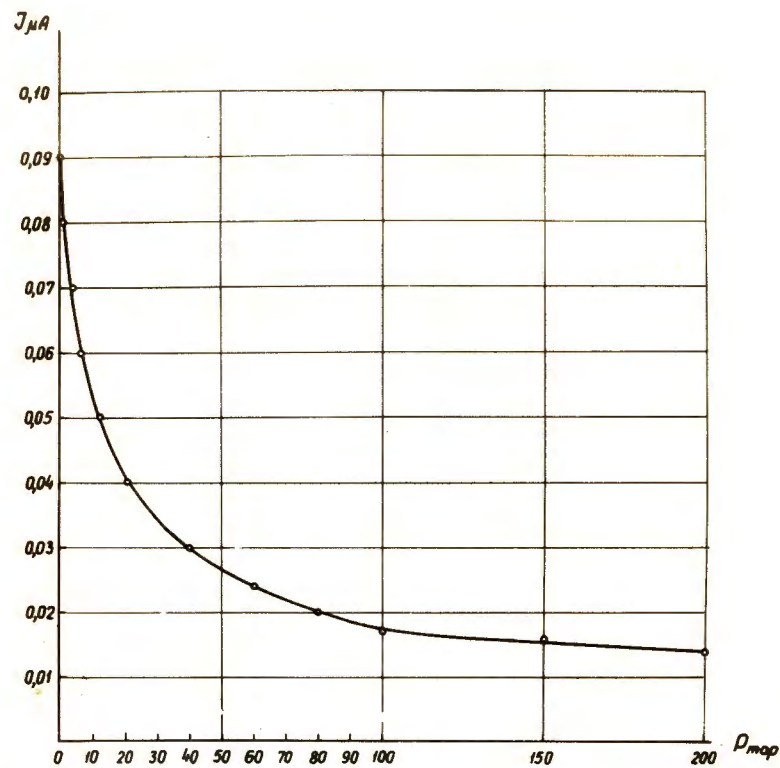


Рис. 2. Зависимость фототока от давления неона. Потенциал на сетке 20 в.



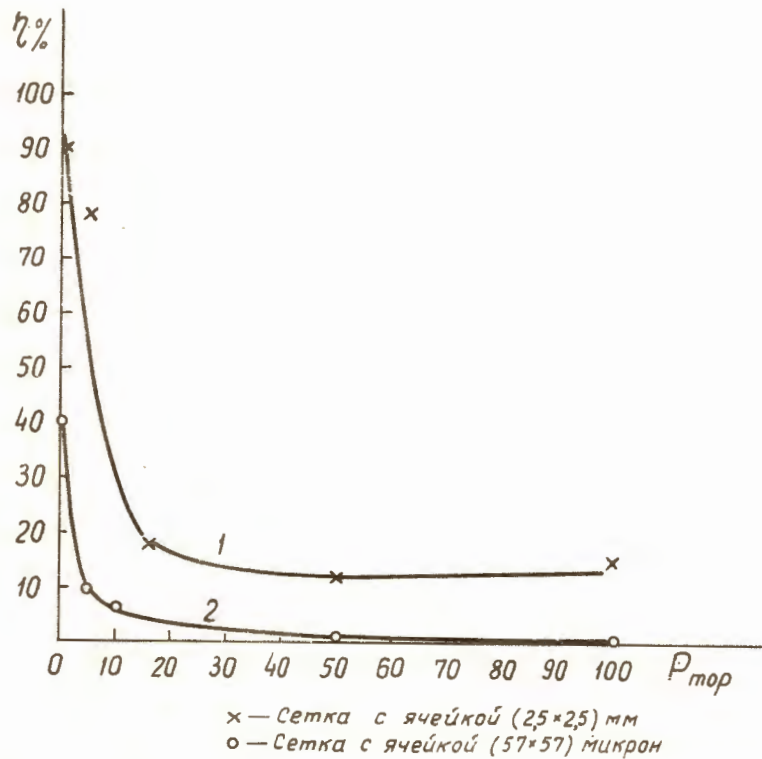


Рис. 3. Проницаемость электронов через сетку при различных давлениях неона.

1 - сетка с ячейками  $2,5 \cdot 10^{-3} \times 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$ ,  
 2 -  $5,7 \cdot 10^{-5} \times 5,7 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2$ .

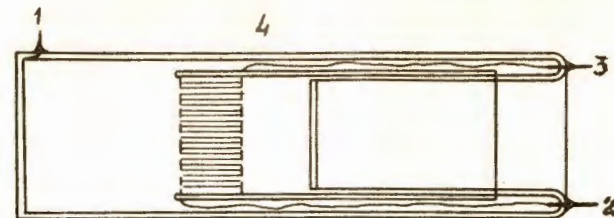


Рис. 4. Конструкция ГЭОП с капиллярами.

1 - фотокатод,            3 - анод,  
 2 - управляющая сетка,   4 - капилляры.



Рис. 5. Фотография световой щели, усиленной в приборе.