

14
П 29



ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
Лаборатория ядерных проблем

Г. Петер, А.Ф. Писарев, К.М. Фальбрух

Р - 1063

ГАЗОРАЗРЯДНЫЙ ИСКРОВОЙ
ЭЛЕКТРОННО-ОПТИЧЕСКИЙ
ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ СВЕТА

Дубна 1962 год

Г. Петер, А.Ф. Писарев, К.М. Фальбрух^{x/}

ГАЗОРАЗРЯДНЫЙ ИСКРОВОЙ
ЭЛЕКТРОННО-ОПТИЧЕСКИЙ
ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ СВЕТА

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

^{x/} К.М. Фальбрух - научный сотрудник ЦЕРН'а

А н н о т а ц и я

В работе рассматривается новый тип электронно-оптического преобразователя – газоразрядный искровой электронно-оптический преобразователь света /ГИЭОП/. Приводятся экспериментальные характеристики прибора и обсуждаются возможности его применения.

G.Peter, A.F.Pisarev, K.M.Vahlbruch *

AN PHOTOELECTRONIC IMAGE INTENSIFIER SPARK TUBE

Abstract

A new type of a photoelectronic image intensifier using gas – discharges for application in high – energy physics is considered. The operating characteristics of the device are described .

* On leave from CERN .

1. Введение

Области использования электронно-оптических преобразователей /ЭОПов/ и задачи, решаемые с их помощью, весьма разнообразны. Одной из таких областей применения ЭОПов является экспериментальная физика частиц. С этой точки зрения мы и подойдем к рассмотрению возможностей использования оптических преобразователей для регистрации заряженных частиц. Самой ранней работой, опубликованной в печати, посвященной вопросу использования ЭОПа в физическом эксперименте, была работа Завойского^{/1/}. В ней были приведены краткая характеристика ЭОПа и фотография следа заряженной частицы, полученная с его помощью. Однако в своем начальном варианте ЭОП не мог быть эффективно использован для целей экспериментальной физики, так как он был неуправляем, имел недостаточный коэффициент усиления по току и требовал высоко стабилизированных источников питания. Несмотря на большое число работ, выполненных позже, вакуумный ЭОП так и не стал рабочим инструментом в практике физиков - экспериментаторов. Причиной тому являются некоторые недостатки новых образцов ЭОПов, которые отмечались у преобразователя Завойского. В сложившейся ситуации, по-видимому, будет небезынтересным рассмотрение любой рационализации в разработке вакуумного ЭОПа /например, как в^{/2/}/ или выход на принципиально иной путь создания оптического преобразователя.

В настоящей работе рассматривается новый тип электронно-оптического преобразователя - газоразрядный искровой электронно-оптический преобразователь /ГИЭОП/, предложенный авторами^{/3/}. Его принципиальное отличие от вакуумного ЭОПа заключается в том, что для усиления светового потока в ГИЭОПе используется разряд в газе. Такой прибор, как будет показано ниже, обладает определенными преимуществами по сравнению с вакуумным ЭОПом.

2. Устройство ГИЭОПа и принцип его работы

Принципиальная схема прибора изображена на рис. 1. ГИЭОП состоит из стеклянной колбы с плоскими торцами. Колба наполнена одним из благородных газов He , Ne , Ar , Xe или их смесью. На передний торец колбы нанесен чувствительный фотокатод. В пространстве между фотокатодом и задним торцом колбы размещены два электрода, выполненные из тонкой сетки. Первый электрод является управляющей сеткой, второй - анодом. В нормальном режиме фотокатод заземлен, а на управляющую сетку подано положительное смещение. Анод также заземлен через высокоомное сопротивление.

Принцип действия ГИЭОПа легче всего проследить на его работе с одним фотоэлектроном. Электрон, вышедший с фотокатода, под действием положительного смещения движется к управляющей сетке. Если к моменту его подхода к этой сетке на анод не будет подан импульс положительного напряжения, то электрон осядет на управляющей сетке и процесс его движения в газе закончится. В противном случае электрон будет втянут в промежуток между сетками и, если амплитуда импульса велика, образует между ними искро -

вой разряд. При определенных соотношениях между давлением газа в приборе и длительностью импульса искровой канал разряда будет тонким и со стороны анодной сетки он будет наблюдаться в виде точечной вспышки.

В этом приборе обратная оптическая связь по фотокатоду отсутствует благодаря такому подбору длительности импульса напряжения r_u , при котором время дрейфа r_d фотоэлектронов от катода до управляющей сетки превышает время действия импульса на аноде. Другими словами, при выполнении условия $r_u < r_d$ вторичные фотоэлектроны с катода не успевают попасть в межсеточное пространство во время действия импульса.

Принцип действия прибора остается неизменным и для случая многих электронов, одновременно выходящих из фотокатода. Электроны также будут втянуты в промежутки между сетками и каждый из них /или почти каждый/ даст искру.

Для регистрации заряженных частиц прибор должен использоваться вместе со сцинтиллятором, также как и обычный вакуумный ЭОП.

Изображение трека в ГИЭОПе будет состоять из совокупности светящихся точек /искр/.

В ГИЭОПе сочетается гибкое управление фотоэлектронами с возможностью получения большого коэффициента усиления фототока. Однако практическая реализация такого прибора сопряжена с некоторыми трудностями физического характера. Прежде всего в приборе необходимо создать определенные условия преобразования кванта света в искру, обеспечивающие усиление слабосветящегося объекта без искажения. Этого можно достичь лишь при хорошей локализации искры и ее минимальном боковом разбросе по отношению к точке выхода фотоэлектрона из катода. Если такие условия обычно легко выполняются в искровых камерах с малыми междуэлектродными промежутками и при давлении газа, близкому к атмосферному, то в ГИЭОПе, напротив, большое давление газа неприемлемо, так как чувствительность фотокатода, работающего в газе, резко падает с увеличением его давления ^{/4,5/}. Отсюда возникает задача о нахождении компромиссного решения между точностью локализации искры и чувствительностью фотокатода.

Кроме того, существуют и технические сложности в изготовлении прибора. Одна из них связана с получением фотокатода. Зазор между катодом и первой сеткой в ГИЭОПе должен быть небольшим / $\lesssim 10$ мм / и пользоваться этим промежутком для напыления сурьмы и цезия на торец колбы весьма затруднительно.

3. Испытание модели ГИЭОПа

Проверка принципа управления электронами и образования искр между сетками была проведена на модели ГИЭОПа /рис. 2/. Модель была выполнена из плексигласа и имела две тонкие /0,1 мм/ латунные сетки с числом отверстий $30 \times 30^1 / \text{см}^2$ и алюминиевую пластинку вместо фотокатода. Зазоры между электродами были равны и составляли 10 мм. Модель наполнялась смесью из неона и 0,5% аргона до давления 760 мм рт.ст.

Эксперимент проводился на космических частицах по следующей схеме. В момент прохождения частицы через зазор катод-сетка на вторую сетку подавался управляемый

положительный импульс напряжения с амплитудой 10 кв и длительностью $1,2 \cdot 10^{-7}$ сек. К управляющей сетке было приложено постоянное напряжение 100 в. В случае положительного смещения на сетке прохождение заряженной частицы через ГИЭОП сопровождалось образованием светящегося трека в промежутке между сетками. Если управляющая сетка получала отрицательное смещение, то в приборе никаких разрядов не наблюдалось. На рис. 3 представлена фотография следов космических частиц, прошедших через ГИЭОП. Фотографирование осуществлялось фотоаппаратом "ФЭД" с открытым затвором.

Аналогичный эксперимент был выполнен также с фотоэлектронами, полученными с поверхности алюминиевой пластинки с помощью ультрафиолетовых лучей от блиц-лампы. Работа блиц-лампы и импульсной установки была соответствующим образом синхронизована. Подсветка поверхности алюминиевой пластинки осуществлялась со стороны анода через ультрафиолетовый фильтр. Луч света диафрагмировался щелью шириной 1 мм и длиной 30 мм. В этом эксперименте, как и с космическими частицами, изображение щели появлялось только в том случае, если на управляющую сетку подавалось положительное смещение.

Оба проведенных эксперимента подтвердили правильность идеи об управляемом преобразовании светового изображения в ГИЭОПе.

Следующий эксперимент был выполнен на модели ГИЭОПа, сделанной из стекла. Электроды использовались такие же, как в первом варианте прибора. Эксперимент ставился с целью выбора типа газа-наполнителя и нахождения его оптимального давления. Опыт проводился в следующей последовательности: модель откачивалась до вакуума $5 \cdot 10^{-6}$ мм рт.ст. и тренировалась в течение 8 часов. Затем модель наполнялась исследуемым газом до давления 760 мм рт. ст. Управляющая сетка прибора заземлялась, а на вторую сетку подавался от генератора высоковольтный импульс с частотой 1 гц и длительностью $2 \cdot 10^{-7}$ сек. Амплитуда импульса подбиралась такой, при которой в зазоре между сетками возникали пробой в виде тонких искр. В дальнейшем давление газа постепенно понижалось путем частичной откачки и для каждого значения давления устанавливалась амплитуда импульса, соответствующая искровому пробую газа между сетками.

Было опробовано два газа: неон и ксенон. Оказалось, что минимальное давление, при котором можно еще получить тонкие искры / ≈ 1 мм/и ниже которого образуются размытые электрические пробой, для неона составляло 60 мм рт.ст. и ксенона - 5 мм рт.ст. Амплитуда импульса при этих значениях давлений получилась равной 3 кв. Если учесть результаты экспериментов с фотокатодами ^{4,5/}, то наилучшим из двух опробованных газов следует считать ксенон, так как при давлении газа 5 мм рт.ст. чувствительность цезиевого фотокатода должна составлять 50% от его чувствительности в вакууме.

Дальнейшие экспериментальные усилия по реализации оптического преобразователя были направлены на получение чувствительного фотокатода. Материалом для него был взят металлический цезий, а для подложки сурьма. Первый образец фотокатода в ГИЭОПе получен на подвижной стеклянной пластинке, но чувствительность его оказалась незначительной. Последнее обстоятельство, по-видимому, можно объяснить несовершенством колбы прибора, которая имела несколько склеек эпоксидной смолой. Для удаления

адсорбированного газа с внутренней поверхности колбы последнюю следовало бы нагревать до температуры $\sim 400^{\circ}\text{C}$, но из-за наличия эпоксидных склеек температура нагрева была ограничена 100°C . Чувствительность фотокатода была недостаточна для проведения экспериментов с частицами. Однако с этим фотокатодом был проверен принцип усиления фототока. Эксперимент показал, что коэффициент усиления тока в таком приборе легко варьируется в широких пределах путем изменения амплитуды импульса, подаваемого на анодную сетку. В настоящее время проводятся эксперименты по получению в ГИЭОПе фотокатода с хорошей чувствительностью.

4. Заключение

Эксперименты, проведенные с моделью газоразрядного искрового электронно-оптического преобразователя, показали, что сочетание в одном приборе фотокатода и разряда в газе позволяет с большой гибкостью управлять коэффициентом усиления света.

ГИЭОП отличается от обычных вакуумных ЭОПов возможностью импульсного управления, он не сложен по конструкции и прост в работе. Однако в ГИЭОПе невозможно передать световые полтона объекта в силу неодинаковости искр, образующих изображение.

ГИЭОП найдет применение при регистрации заряженных частиц и при решении задач, не требующих тонкой передачи изображения.

Следует отметить, однако, возможность получения нормальной передачи изображения в ГИЭОПе. Эта возможность может быть реализована, например, следующим образом. Если на вторую сетку со стороны фотокатода нанести слой электролюминофора, то работая на пропорциональном участке кривой разряда газа, можно получить на слое люминофора такое распределение потенциала, которое будет пропорционально плотности светового потока, падающего на фотокатод. И, наконец, если люминофор будет иметь на кривой свечения линейный участок /например, электролюминофор $\text{ZnS} : \text{Cu}$ в оптическом клее/, то интенсивность свечения каждого участка слоя электролюминофора будет пропорционально его потенциалу. Таким путем, по-видимому, можно будет получить линейную передачу изображения.

Литература

1. Е.К.Завойский, ДАН, 2, 241 /1955/.
2. G.Groctre, H.Kanter, Nucl. Instr. and Methods, 10, N3, 224 (1961).
3. А.Ф.Писарев, Г.Петер, Описание, приложенное к авторской заявке на изобретение от 24 марта 1962 года.
4. К.М.Vahlbruch, Vakuu - Technik, 9, 229 (1960) .
5. К.М.Vahlbruch, Vakuu - Technik, 10, 225 (1961).

Рукопись поступила в издательский отдел
9 августа 1962 года.

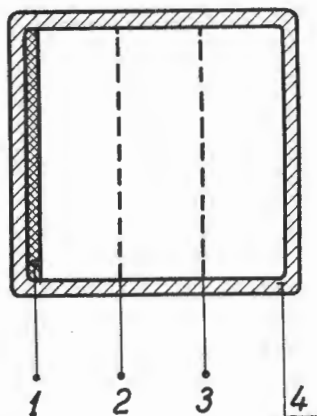


Рис.1. Принципиальная схема ГИЭОПа.

- | | |
|-------------------------|------------------------|
| 1. Прозрачный фотокатод | 2. Управляющая сетка |
| 3. Анодная сетка | 4. Стеклоанодная колба |

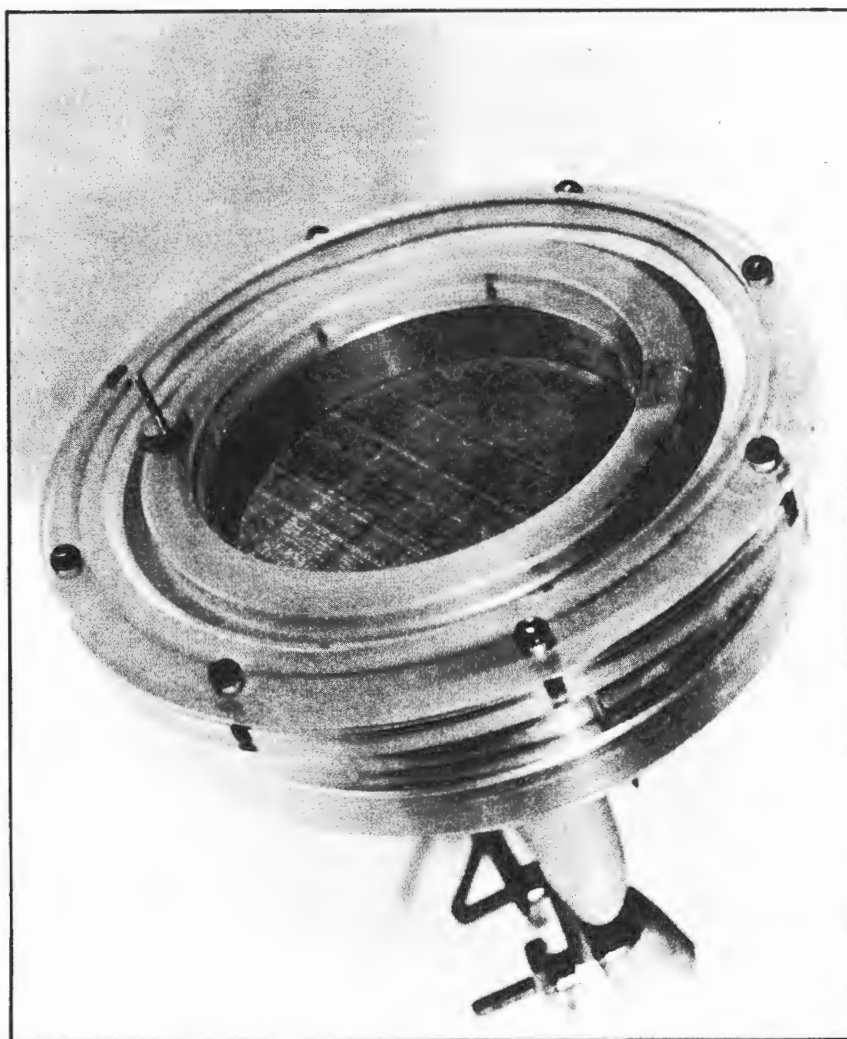


Рис.2. Фотография первой модели ГИЭОПа.

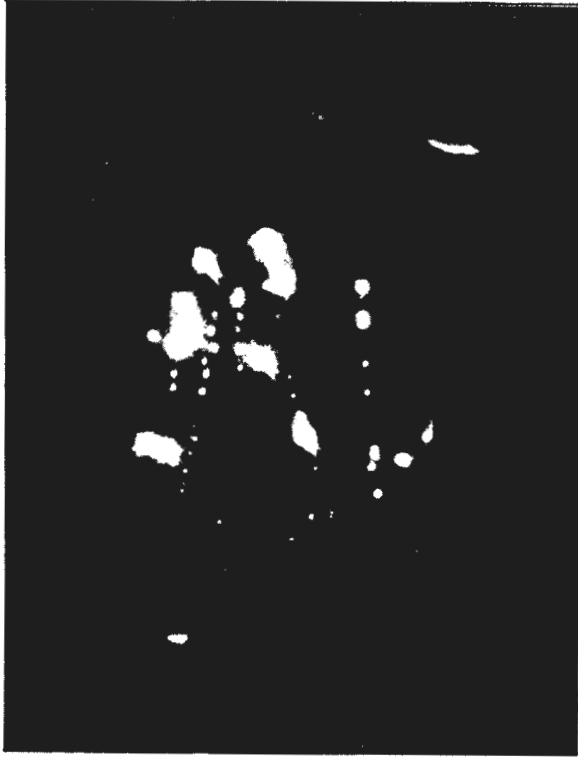


Рис.3. Фотография следов космических частиц.