

*Визн. Intern. Conf. on Instrument.
Stanford, 1967, p. 68-70*

Б-649

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

P - 2594



В.А. Бирюков, И.И. Громова, А.Ф. Писарев

ЭЛЕКТРОФОТОГРАФИЧЕСКАЯ УСТАНОВКА
ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КООРДИНАТ ТРЕКОВ ЧАСТИЦ
В ИСКРОВОЙ КАМЕРЕ

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

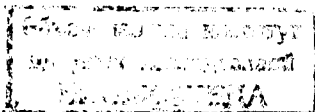
1966

P - 2594

В.А. Бирюков, И.И. Громова, А.Ф. Писарев

ЭЛЕКТРОФОТОГРАФИЧЕСКАЯ УСТАНОВКА
ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КООРДИНАТ ТРЕКОВ ЧАСТИЦ
В ИСКРОВОЙ КАМЕРЕ

Направлено в ПТЭ



4110/2 нр.

В настоящее время в экспериментальную физику высоких энергий широко внедряются способы автоматического съема информации с различных детекторов заряженных частиц. Особенно интенсивно развиваются методы автоматического определения координат траектории частиц в таких приборах, как искровые камеры. Для этих целей уже используются или предложены системы, содержащие в качестве основных элементов видиконны,^{1/} звуковые датчики^{2/}, световые датчики^{3/} и токораспределительные шины^{4/}. Обладая рядом достоинств, эти методы имеют и определенные недостатки. Так, видиконные системы сложны в техническом отношении, а системы со звуковыми датчиками значительно усложняют конструкцию искровых камер. В системе со световыми элементами требуются полупроводниковые датчики с идентичными и высокостабильными во времени характеристиками. Метод использования токораспределительных шин отличается простотой идеи, однако такие системы весьма чувствительны к электромагнитным помехам и накладывают ряд особых требований на конструкцию электродов камер.

Отмеченные недостатки предложенных систем побудили авторов настоящей работы исследовать принципиальные основы нового способа автоматического съема информации с искровых камер, основанного на использовании электрофотографического материала. Конечно, предлагаемый здесь способ не решает всех трудностей, рассмотренных выше, однако во многих случаях использование этой системы может оказаться предпочтительным.

Устройство и принцип действия установки

Возможность создания установки для определения координат искр в искровой камере на основе использования электрофотографического материала базируется на следующем известном эффекте. Тонкие слои электрофотографического материала, заряженные до некоторого потенциала, способны сохранять его продолжительное время в темноте и быстро терять при освещении^{5/}. Очевидно, что если на такую заряженную поверхность тонкого слоя спроектировать искры, образующие трек частицы в камере, то проекция каждой искры оставит на этой поверхности свой автограф в виде потенциальной ямы. Степень спада потенциала в месте освещения зависит от длительности экспозиции и интенсивности светового потока. Последующим зондированием потенциала поверхности тем

или иным способом можно установить координаты потенциальных ям и, в конечном счете, восстановить пространственную картину трека частицы в искровой камере.

Конкретные способы реализации этой идеи могут быть различными, однако наиболее простым и надежным представляется следующий. Полый металлический цилиндр с тонким слоем электрофотографического материала на наружной поверхности располагается на некотором расстоянии от искровой камеры и приводится во вращение синхронным мотором. Вдоль образующих цилиндра над поверхностью натянута несколько тонких проволочек, составляющих неподвижное зарядное устройство. На это устройство от внешнего источника подается постоянное напряжение, под действием которого вблизи проволочек образуется коронный разряд. Этот разряд равномерно заряжает всю поверхность электрофотографического слоя до некоторого потенциала и поддерживает его на постоянном уровне благодаря непрерывной подзарядке при вращении цилиндра. Вблизи поверхности цилиндра вдоль одной из его образующих располагаются также зонды, которые регистрируют изменение потенциала заряженной поверхности. Общее количество зондов берется равным числу промежутков в искровой камере. Принципиальная схема описанного устройства показана на рис. 1. Если на заряженную поверхность цилиндра спроектировать искру из искровой камеры, как показано на этом рисунке, то на этой поверхности в месте формирования изображения искры появится локальная потенциальная яма. Эта яма при вращении цилиндра пройдет под зондом и индуцирует в нем электрический сигнал, который после соответствующего усиления может быть зарегистрирован. Время вращения цилиндра между моментами появления потенциальной ямы (или искры в камере, что практически равноценно) и ее прохождением под зондом однозначно связано с координатой Y искры в камере. Вторая координата искры X может быть определена аналогичным способом с помощью второго цилиндра или того же самого цилиндра, если на его поверхность спроектировать и вторую проекцию камеры. Z -координата искры в камере определяется номером зонда, если последние пронумерованы в определенном порядке и каждый из них зондирует потенциал участка цилиндрической поверхности, соответствующей проекции отдельного искрового промежутка камеры.

Потенциальная яма после прохождения зонда попадает в пространство действия зарядного устройства и "заполняется" его зарядом до первоначального значения. Таким образом, потенциал всей поверхности цилиндра восстанавливается и заряженный слой способен регистрировать следующие световые изображения. Здесь уместно отметить, что металлические цилиндры с тонкими слоями из электрофотографического материала в настоящее время хорошо освоены^{/6/} и широко используются в фототелеграфии.

Ниже описываются результаты моделирования и испытания основных узлов предлагаемой системы.

Моделирование установки на плоских электрофотографических слоях

Экспериментальная установка состояла из многослойной искровой камеры, объектива плоских электрофотографических слоев, зарядного устройства, электродинамического зонда, низкочастотного усилителя сигналов, лампового вольтметра и осциллографа. Камера имела 10 односантиметровых искровых промежутков и наполнялась до атмосферного давления как неон с примесью 0,4% аргона, так и смесью из 80% неона и 20% гелия. Система управления камерой запускалась частицами космического излучения. Импульсный генератор, питавший камеру, был собран на вакуумном реле ВИР-5 с RC-цепью ($R = 500$ ом, $C = 0,25$ мкф). Камера проектировалась на электрофотографический слой с уменьшением в три раза с помощью объектива И-51, имевшего фокусное расстояние 21 см и светосилу 1:4,5.

Электрофотографические слои изготавливались на кафедре телеграфии в Ленинградском электротехническом институте связи (ЛЭИС)^{/7/}. Подложкой для слоев служили полированные латунные пластинки. В опыте испытывались три слоя: два селеновых - толщиной 10^{-3} см и $2 \cdot 10^{-3}$ см и из сплава селена с 10% теллура - толщиной $2 \cdot 10^{-3}$ см. Максимум спектральной чувствительности первых слоев лежал в области 3700 \AA , а для последнего - 5500 \AA . Время темнового полуспада потенциала для всех слоев составляло несколько минут.

Зарядное устройство состояло из пяти параллельно натянутых вольфрамовых проволочек диаметром $5 \cdot 10^{-3}$ см. Расстояние между проволочками и электрофотографическим слоем устанавливалось равным 0,5-0,7 см. Устройство питалось постоянным напряжением около 4 кв. Время зарядки электрофотографического слоя до потенциала 400-450 в составляло около 0,1 сек.

Зонд был выполнен из медной проволоки диаметром $2 \cdot 10^{-2}$ см. Кончик зонда, располагаемый параллельно пластине, имел длину около 0,4 см и отстоял от поверхности слоя на расстоянии $(3-5) \cdot 10^{-2}$ см. Вторым концом зонд механически крепился к звуковой катушке динамика со срезанным диффузором и электрически соединялся с усилителем. Динамик питался от генератора и осуществлял колебания зонда нормально к поверхности электрофотографического слоя с частотой 360-380 гц. Это устройство представляло собой динамический датчик потенциала, при колебании которого на зонде индуцировался сигнал, пропорциональный абсолютной величине потенциала электрофотографического слоя.

Усилитель собирался на транзисторах по типовой схеме и содержал эмиттерный повторитель, обеспечивавший высокое входное сопротивление и два каскада усиления. Коэффициент усиления по напряжению составлял от $1,5 \cdot 10^3$ до $7 \cdot 10^3$ в зависимости от подбора транзисторов.

Выходным измерительным элементом в схеме служил ламповый вольтметр. Перед началом каждого измерения датчик, усилитель и вольтметр калибровались от источника стандартного потенциала.

Эксперимент проводился по следующей схеме. Электрофотографический слой заряжался до некоторого потенциала (обычно до 450 в), подводился под объектив, и на него проектировался трек космической частицы, возникавший в искровой камере. Затем пластина перемещалась под зонд для измерения потенциала. Небольшие перемещения пластины под зондом в окрестности потенциальной ямы осуществлялись микрометрическим винтом.

Выполненные измерения показали, что селено-теллуровый слой оказался в 1,5 - 2 раза чувствительнее, чем чисто селеновые слои. Последнее объясняется, по-видимому, близостью максимума спектра излучения использованных газовых смесей и максимума спектральной чувствительности первого слоя. Однако абсолютная чувствительность селеновых слоев была также высокой и достаточной для уверенной регистрации потенциальных ям, образующихся от засветки искрами.

На рис. 2а изображена типичная картинка потенциальной ямы, полученной при следующих условиях опыта: использовался селеновый слой толщиной $2 \cdot 10^{-3}$ см, коэффициент уменьшения оптического изображения равнялся 3, энергия, выделяемая в искре, не превышала 1,3 дж, напряжение в импульсе поддерживалось равным 10 кв, диафрагма на объективе устанавливалась 1:8 и среднее расстояние датчика от поверхности слоя составляло около $3 \cdot 10^{-2}$ см. Как видно из рис. 2а, относительное изменение потенциала от засветки искрой, возникающей в искровой камере, велико, и оно легко регистрировалось выше описанной аппаратурой. При указанных условиях опыта полезный сигнал на выходе усилителя составлял около 250 мкв для потенциала пластины 400 в, а сигнал на выходе около 400 мв при уровне шумов не более 20 мв. Ширина измеренной потенциальной ямы на электрофотографическом слое на полувисоте составляет около 0,18 см, что оказалось примерно в 2 раза больше ожидаемой величины. Это увеличение вызвано конечными размерами датчика и геометрией его расположения над слоем. В этом опыте моделировалась также расфокусировка изображения, которая должна возникать в предлагаемой установке за счет цилиндрической поверхности барабана. Результаты такого испытания показали, что ожидаемая расфокусировка для барабана с диаметром 20 см существенно не влияет на глубину и ширину потенциальных ям.

Моделирование устройства с помощью заряженного вращающегося цилиндра

Полученное в опытах с электрофотографическими слоями значение глубины потенциальной ямы позволило промоделировать работу основных элементов предлагаемого устройства - заряженного цилиндра и статического датчика. Важно было выяснить практические возможности использования вращающегося заряженного цилиндра и неподвижного

зонда. Для опыта был взят проводящий цилиндр с прорезью, в которую вставлялась изолированная от стенки цилиндра металлическая фольга толщиной, соответствующей ширине изображения искры. На цилиндр подавалось постоянное напряжение 300 в, а на фольгу - 100 в. То есть в месте прорези цилиндра искусственно создавалась потенциальная яма глубиной 200 в, что соответствовало глубине ямы, полученной при работе с электрофотографическими слоями. Размеры и геометрия зонда были теми же, что и в первом опыте, однако расстояние между ним и поверхностью цилиндра устанавливалось равным $2 \cdot 10^{-2}$ см. Цилиндр приводился во вращение синхронным мотором. Сигнал от потенциальной ямы, получаемый с выхода усилителя, имел форму, близкую к синусоидальной (рис. 2б). Его амплитуда равнялась 2-2,5 в. Средняя нулевая точка кривой сигнала соответствовала центру потенциальной ямы. Для того, чтобы регистрировать данную точку, усилитель был дополнен эмиттерным повторителем и триггером Шмидта. Триггер, запускавшийся отрицательной ветвью полезного сигнала, вырабатывал прямоугольный импульс. Задний фронт этого импульса отклонялся от точки, соответствующей положению центра потенциальной ямы, менее чем на 5% ее ширины (рис. 2в). Это отклонение приведет к систематической ошибке измерения положения искры в камере предлагаемым устройством не более чем на $3 \cdot 10^{-2}$ см. Данную ошибку можно, естественно, учесть при обработке результатов измерения. В проведенном эксперименте не ставилась задача дальнейшего преобразования импульса с целью использования его заднего фронта для регистрации, так как подобная проблема легко решается многими способами.

Краткие выводы

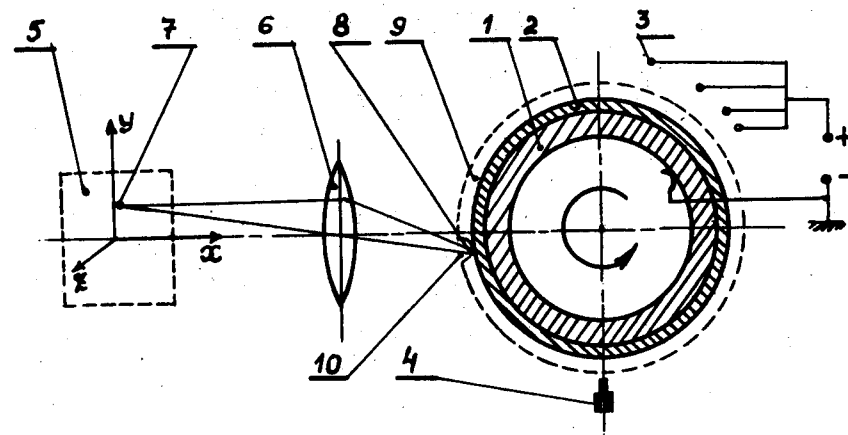
Экспериментальная проверка возможности создания установки для бесфильмового съема информации с многослойных искровых камер на основе использования электрофотографических слоев дала положительные результаты. Установлено, что селеновые и селено-теллуровые слои могут с успехом использоваться для этих целей. Показана возможность четкой и уверенной регистрации электрических сигналов от потенциальных ям с помощью как динамических, так и статических зондов и типовых схем усиления на транзисторах. В техническом отношении основные узлы рассматриваемой установки - вращающийся заряженный цилиндр и статический измерительный зонд - отличаются исключительной простотой.

В заключение авторы считают своим приятным долгом поблагодарить Ю.П. Прокофьева за консультации по транзисторным схемам и сотрудников кафедры телеграфии ЛЭИС за изготовление для данной работы электрофотографических слоев.

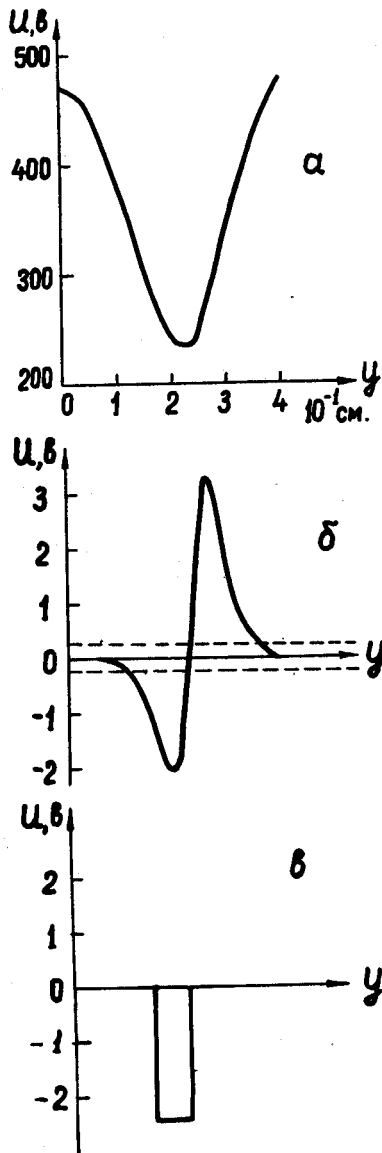
Л и т е р а т у р а

1. W. Verhon, Proc. Int. Meet on Film-less Spark Chamber Techn. CERN, p.57, 1964.
2. M. Bardon et al. Proc Int. Meet on Film-less Spark Chamber Techn. CERN p. 41,
3. Ю.К. Акимов, А.И. Калинин, А.И. Сидоров. Препринт ОИЯИ, Р-1526, Дубна, 1964.
4. G. Charpak et al. Proc Int. Meet on Film-less Spark Chamber Techn. CERN, p.333, 1964.
5. И.И. Жилевич, Е.Л. Немировский. Электрофотография, "Искусство", М., 1961.
6. Вопросы электрофотографии. Под редакцией А.Н. Чернышева, ИЛ, М., 1961.
7. Х.Х. Закина, С.М. Нейман. Электрофотография и магнитография. Вильнюс, 1959.

Рукопись поступила в издательский отдел
24 февраля 1966 г.



Р и с. 1. Принципиальная схема установки. 1-металлический цилиндр; 2-электрофотографический слой; 3- зарядное устройство; 4-измерительный зонд; 5-искровая камера; 6- оптическая линза; 7-искра в камере; 8-изображение искры на поверхности цилиндра; 9-поверхностный заряд; 10-потенциальная яма.



Р и с. 2. Основные параметры, характеризующие работу установки. а) - форма потенциальной ямы, регистрируемая динамическим датчиком; y - линейный размер потенциальной ямы в плоскости изображения искры. б) - сигнал от статического датчика, соответствующий потенциальной яме. Пунктирными линиями указан уровень шумов. в) - импульс, вырабатываемый триггером.