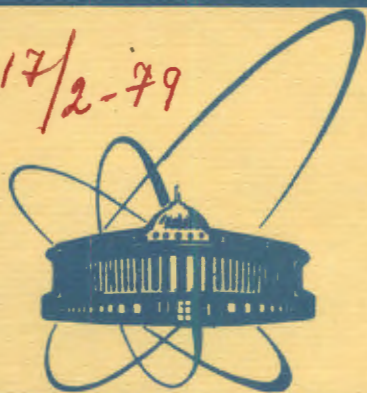


2217/2-79



сообщения
Объединенного
института
ядерных
исследований
Дубна

СЗ44.14

У-51

11/61-79

P13 - 12260

П.Ульман, Х.Ульман, Ю.А.Щербаков, К.Зелигер

РЕГИСТРАЦИЯ ТРЕКОВ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ
В СТРИМЕРНОЙ КАМЕРЕ ПРИ ПОМОЩИ
ТЕХНИКИ ИМПУЛЬСНОГО ЛАЗЕРА

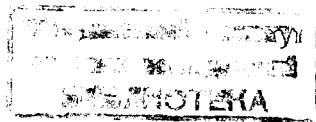
1979

P13 - 12260

П.Ульман, Х.Ульман, Ю.А.Щербаков, К.Зелигер*

РЕГИСТРАЦИЯ ТРЕКОВ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ
В СТРИМЕРНОЙ КАМЕРЕ ПРИ ПОМОЩИ
ТЕХНИКИ ИМПУЛЬСНОГО ЛАЗЕРА

* Центральный институт электронной физики Академии наук
ГДР, Берлин



Ульман П. и др.

P13 - 12260

Регистрация треков заряженных частиц в стримерной камере при помощи техники импульсного лазера

Целью данной работы является испытание возможности применения импульсного азотного лазера с продольным возбуждением и лазера на красителях, который возбуждается с помощью такого импульсного азотного лазера, для регистрации треков заряженных частиц в стримерной камере. Регистрация треков проводилась при помощи двух разных теневых методов. Показано, что можно получать тенеграммы треков электронов в гелиевой стримерной камере с добавкой всего 10% CH_4 при атмосферном давлении и при напряженности электрического поля около 10 кВ/см. Точность локализации и чувствительность определения элементов треков частиц на лазерных тенеграммах выше, чем на обычных фотоснимках.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1979

Ullmann P. et al.

P13 - 12260

Registration of Charged Particle Tracks
in a Streamer Chamber by Means of Pulsed Laser

Laser shadowgrams of charged particle tracks in a helium streamer chamber have been obtained by means of a longitudinal electric excited nitrogen laser. By the aid of a dye laser pumped by the nitrogen laser it has been possible to obtain the registration of tracks with demagnification.

The investigation has been performed at the Laboratory of Nuclear Problems, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1979

1. ВВЕДЕНИЕ

Развитие импульсных лазеров высокой мощности излучения, короткой длительности импульса и малого времени накачки стимулировало исследования быстротекающих процессов. Малое время возбуждения лазера /в наносекундном диапазоне/ позволяет простым способом осуществить синхронизацию его импульса с исследуемым процессом. Короткая длительность импульса дает также возможность наблюдать за временным ходом развития процессов, и, в частности, таких быстротекающих, как, например, развитие стримеров в стримерной камере^{1/}. В работах А.Г.Калимова и сотрудников^{2,3/} показано, что для этих целей можно хорошо использовать импульсный азотный лазер, благодаря его особенно короткому времени накачки, и в этом смысле он гораздо лучше рубинового лазера^{4/}, однако недостатком его является малая длина волны излучения $\lambda = 337,1$ нм, которая ограничивает использование стеклянных оптических элементов. В работах^{2,3/} было показано, что можно получать хорошие треки электронов или протонов в стримерной камере, наполненной смесью 70% He + 30% CH_4 при давлении 1 атм.

Целью нашей работы являлось:

1. Испытание возможности применения импульсного азотного лазера с продольным возбуждением для регистрации треков заряженных частиц в стримерной камере.

2. Исследование возможности применения лазера на красителях, который возбуждается с помощью импульсного азотного лазера. Это необходимо для трансформации частоты излучения в видимый диапазон спектра, где можно использовать стеклянные оптические элементы.

2.1. Проверка установки с помощью искровых разрядов

Вначале мы проверили работу установки, особенно ее электронику, вместе с генератором импульсного напряжения /ГИН/ и с импульсным азотным лазером. Для этого был использован простой, но сильный фазовый объект - искровой разряд. Источником питания искры служил ГИН. Длина межэлектродного промежутка - около 7 мм, диаметры электродов $d_1=1,4$ мм, $d_2=0,5$ мм. Для синхронизации лазерного импульса с искрой мы использовали запускаящий высоковольтный импульс с первой секции ГИНа /13±15 кВ/. Лазерный импульс мог задерживаться по отношению к моменту появления искры. Информация снималась путем просвечивания искры расширенным, немного расходящимся лучом азотного лазера /или лазера на красителе/ и регистрации тенеграмм на фотопленке. Применяемая пленка "Изопанхром 22" шириной 35 мм имела светочувствительность $S_{0,85}=1300$ ед. ГОСТ, размер кадра 16 x 30 мм². Расстояние между искрой и плоскостью фотопленки составило 2,3 м. На рис. 1 показаны тенеграммы искр при разных задержках лазерного импульса по отношению к моменту разряда. Видно, что оба типа лазеров можно успешно применять для этой цели. Аналогичные фотографии ранее были получены методом вращающегося зеркала группой И.С.Абрамсона и сотрудников^{/5/}.

2.2. Регистрация треков электронов в стримерной камере

Треки электронов были получены с помощью источника ⁹⁰Sr в смеси 89%He+10%CH₄+1%H₂O при атмосферном давлении. Размеры разрядной камеры: 250 x 240 x 100 мм³. Высоковольтными электродами служили стеклянные пластинки 150 x 130 x 2 мм³ с покрытием SnO₂, которые были изготовлены в научно-исследовательском центре народного предприятия "Карл Цейсс Йена". Пластинки из стекла BK7, на которых находится проводящее покрытие, обладают при длине волны $\lambda=340$ нм и толщине стекла 10 мм пропусканием 76%. Прозрачные электроды вставлялись в алюминиевые диски диаметром 420 мм. Напряженность электрического поля составляла 9-11 кВ/см. Просвечивание камеры в направлении электрического поля проводилось одновременно с разрядом

3. Реализация лазерной регистрации треков заряженных частиц с уменьшением изображения объема стримерной камеры на малоформатную пленку шириной 35 мм /размер кадра 24 x 36 мм²/.

4. Регистрация треков заряженных частиц в гелиевой камере с уменьшенной добавкой CH₄/меньшей, чем использовалось в работе^{/2,3/}.

5. Повышение точности локализации траекторий заряженных частиц.

Было осуществлено три этапа работы:

1. Проверка действия установки с помощью фазового объекта /искрового разряда/ с временными и пространственными свойствами, подобными стримерным.

2. Регистрация треков электронов в стримерной камере с помощью теневого метода Дворжака.

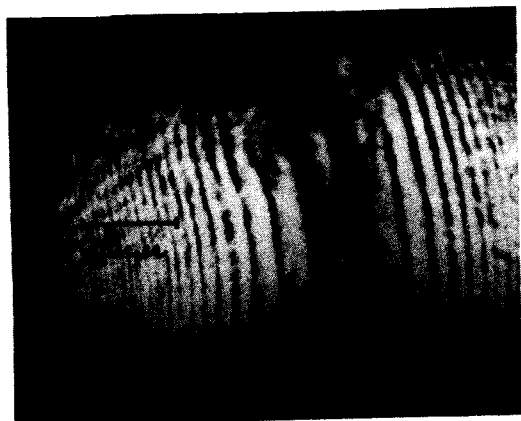
3. Получение треков электронов в стримерной камере на малоформатной пленке.

2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

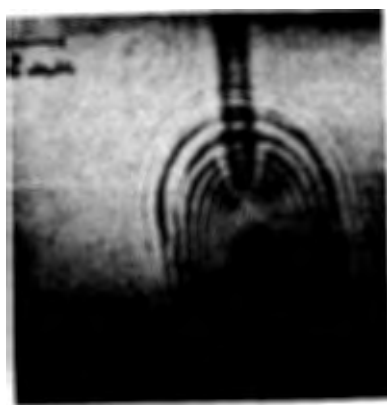
Для исследований мы использовали азотный импульсный лазер, разработанный и изготовленный в Центральном институте электронной физики АН ГДР. Это продольно возбужденный лазер с отпаянной трубкой. Длина трубки 30 см, частоту следования импульсов можно выбирать между одиночными импульсами и импульсами до 100 Гц. Длительность импульса - 2,5 нс; мощность излучения в импульсе составляет, в зависимости от рабочего напряжения, 300±500 кВт. Лазерный луч имеет диаметр 4±5 мм, расходимость 15 мрад. Точность повторяемости по мощности составляет 10%. Продолжительность жизни лазера больше, чем 10⁶ импульсов. Для трансформации частоты излучения в видимый диапазон спектра мы использовали лазер на красителе /родамин 6Ж/, возбужденный азотным импульсным лазером. При этом лазер на красителе возбуждался продольно. Длина волны составила приблизительно 573 нм, длительность импульса - примерно 1 нс.



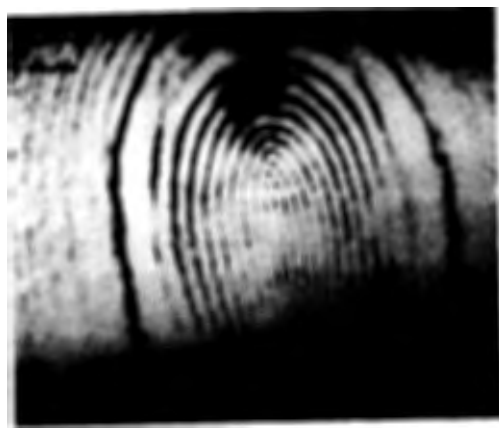
а



б



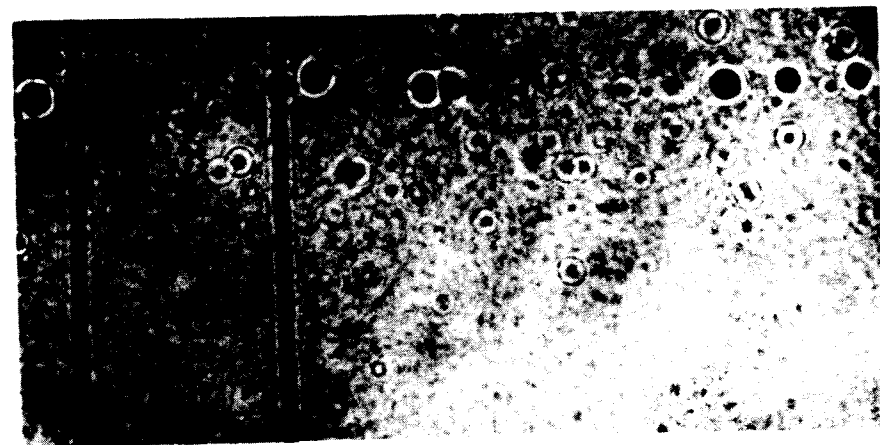
в



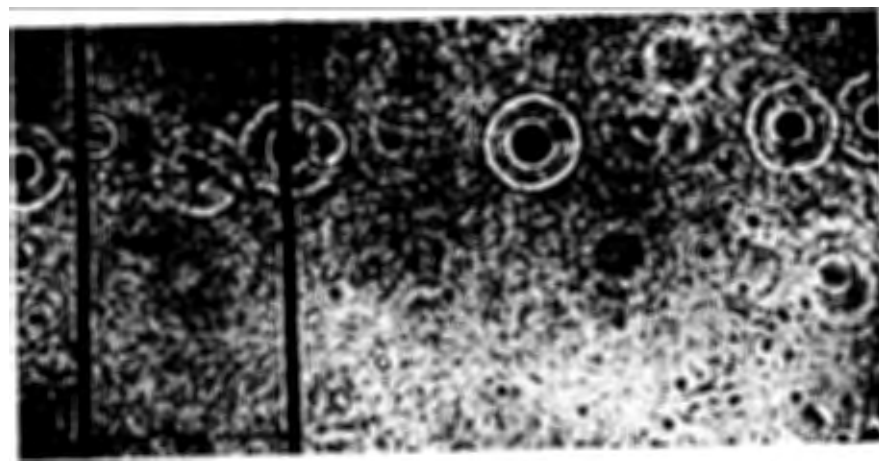
г

Рис.1. Тенеграммы искровых разрядов в воздухе при давлении 1 атм. Показаны разные стадии развития искр. Межеlectродный промежуток 7 мм, масштаб указан на каждой фотографии. а и в - регистрация с помощью азотного лазера. б и г - регистрация с помощью лазера на красителе.

в камере расширенным расходящимся лучом импульсного азотного лазера. Тенеграммы регистрировались на пленку МЗ-3М светочувствительностью $S=5\div 7$ ед. ГОСТ. Размер кадра составлял $55 \times 70 \text{ мм}^2$. Расстояние между камерой и пленкой было 700 мм. Результаты показаны на рис.2. На фотографии четко видны тене-



а



б

Рис.2. Тенеграммы треков электронов в стримерной камере. а - задержка импульса азотного лазера по отношению к моменту начала разряда в камере около 200 нс. б - задержка лазерного импульса около 700 нс.

граммы, которые располагаются в местах, где проходил через камеру электрон, и удельное число которых $/2,4 \text{ см}^{-1}/$ соответствует среднему удельному числу стримеров на следе. Размеры тенеграмм приблизительно одинаковы. Кроме того, на фотографиях видны стримеры /меньшие по размерам/, располагающиеся

вблизи следа электрона. Вероятной причиной появления этих стримеров является, по-видимому, фотоионизация, а также прохождение через камеру электронов в момент времени, непосредственно предшествующий прохождению основного регистрируемого электрона.

2.3. Треки электронов в стримерной камере с уменьшением изображения

Целью следующих исследований было:

1. Повышение точности локализации траектории электрона.
2. Уменьшение изображения объема камеры на малоформатную фотопленку.

Стримерная камера просвечивалась расширенным, параллельным лучом лазера на красителе, диаметром 100 мм. Траектория электрона проектировалась объективом "Tessar" 4,5/300 мм на фотопленку "Изопанхром 22". С помощью этого объектива можно фотографировать только трек длиной 6 см. Камера была наполнена так, как это уже сообщалось в пункте 2.2. Результаты показаны на рис. 3. Для сравнения с рис. 3а на рис. 3б зарегистрированы треки с помощью нормального фотографирования. На рис. 3а можно видеть тень стримеров и ударных волн. Сравнение этих рисунков показывает более высокую точность локализации траекторий по новому методу. Расстояние между метками в реальном масштабе составляет 1 см. Регистрация просвечиваемого объема камеры на пленке производилась с коэффициентом уменьшения 1,6. Определение размеров элементов трека в плоскости, перпендикулярной направлению электрического поля, проводилось по лазерным снимкам с помощью микроскопа. На рис. 3а были получены значения диаметров тенеграмм 140-360 мкм, что соответствует в реальном масштабе диаметрам рассеивающих объектов ~ 230-580 мкм. При фоторегистрации излучаемого стримерами света /рис. 3б/ определяются диаметры размерами около 1 мм.

3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Первые результаты, полученные с помощью техники азотного лазера, могут быть сформулированы следующим образом:

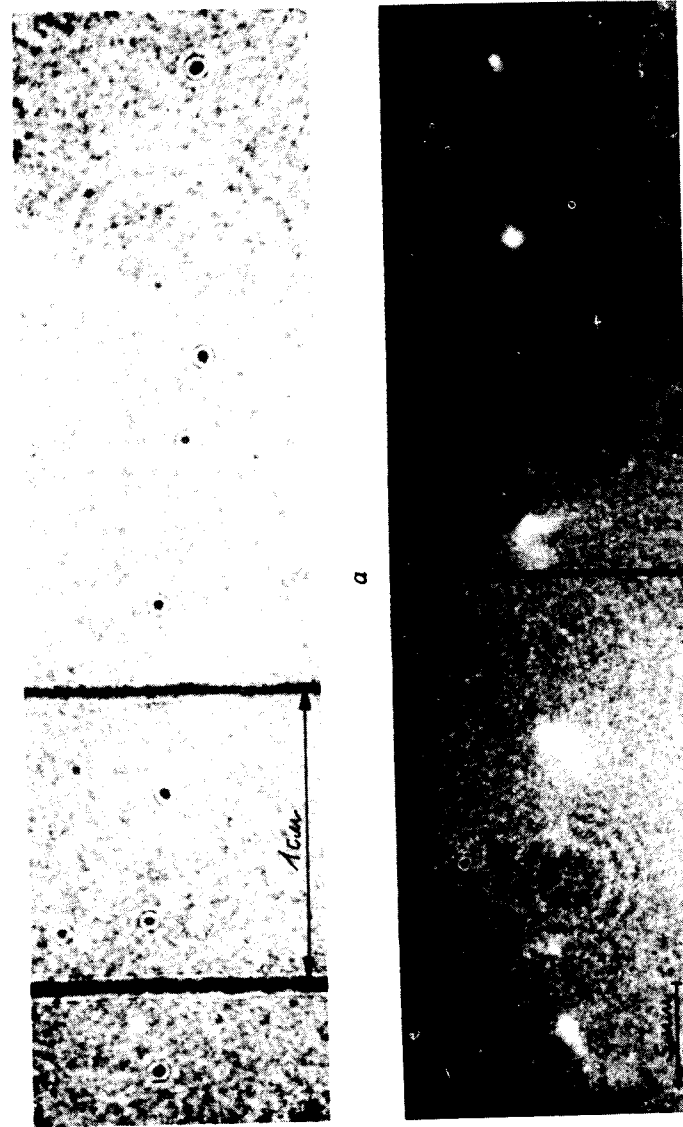


Рис. 3. Тенеграмма следа электрона, зарегистрированного с помощью лазера на красителе. Задержка лазерного импульса по отношению к моменту срабатывания камеры около 300 нс. б - фоторегистрация следа электрона. Число стримеров на одном сантиметре следа на обоих снимках примерно 1,3.

1. Импульсный азотный лазер с продольным возбуждением хорошо пригоден для описанных исследований.

2. Лазер на красителе /на основе родамина 6Ж/, возбужденный азотным импульсным лазером, можно применять для регистрации треков заряженных частиц в стримерной камере. Это позволяет использовать стеклянные оптические элементы.

3. Применение лазера на красителе дает возможность получать треки электронов с уменьшением изображения объема стримерной камеры. Этот метод позволяет использовать малоформатную пленку $24 \times 36 \text{ мм}^2$.

4. Показано, что можно получать тенеграммы треков электронов в гелиевой стримерной камере с добавкой всего $10\% \text{CH}_4$ /В работе ¹²/ $30\% \text{CH}_4$ / при напряженности электрического поля около 10 кВ/см .

5. Снимки искровых разрядов и треков электронов показывают, что при помощи лазерной регистрации можно детектировать как плазму стримера, так и ударную волну.

6. Точность локализации и чувствительность определения элементов треков частиц на лазерных тенеграммах выше, чем на обычных фотоснимках.

7. Высоковольтные электроды с покрытием SnO_2 оказались хорошо пригодными для получения тенеграмм и для работы в высоковольтном поле.

Авторы благодарны Н.В.Лебедеву, В.И.Ляшенко, В.А.Панюшину, В.Ф.Поенко, А.Г.Потехину и В.З.Сердюку за подготовку генератора импульсного напряжения, электроники и за помощь при проведении работы. Мы благодарны научно-исследовательскому центру н/п "Карл Цейсс Йена" за предоставление некоторой аппаратуры. Авторы весьма признательны проф. В.П.Джелепову за интерес к работе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кулюкин М.М. и др. Препринт ЛИЯФ, Л., 1973, №3.
2. Калимов А.Г. и др. Письма в ЖТФ, 1977, т. 3, вып. 20, с. 1057.
3. Калимов А.Г. и др. Препринт ЛИЯФ, Л., 1978, № 407.
4. Koslov V.S. et al. Nuclear Instruments and Methods, 1977, 140, p. 125.
5. Абрамсон И.С. и др. ЖЭТФ, 1947, т. 17, вып.10, с. 862.

Рукопись поступила в издательский отдел
21 февраля 1979 года.