

ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

96-400

P13-96-400

А.С.Коренченко, Н.П.Кравчук, В.К.Ляпидевский\*,  
А.И.Филиппов

ТРЕКОВЫЙ ДЕТЕКТОР —  
КОНВЕКЦИОННАЯ КАМЕРА,  
ОХЛАЖДАЕМАЯ АТМОСФЕРНЫМ ВОЗДУХОМ

Направлено в журнал «Приборы и техника эксперимента»

---

\*Московский инженерно-физический институт

1996

Конвекционная камера — прибор для регистрации треков заряженных частиц [1] — имеет ряд особенностей, позволяющих расширить область применения трековых детекторов. В отличие от камеры Вильсона и диффузионной камеры она не чувствительна к загрязнениям и может регистрировать треки заряженных частиц при заполнении ее объема неочищенным атмосферным воздухом, что важно для экспрессного определения радиоактивности проб [2].

Конвекционная и диффузионная камеры находят применение при исследовании рентгеновского излучения микропинчового разряда [3,4], получении изображений импульсных источников излучения [5] диагностики излучения плазменного фокуса [6], при регистрации нейтронов, выходящих из плазменного фокуса, а также протонов, дейтронов и  $\alpha$ -частиц [7].

Недостатком обычных конденсационных (диффузионной и конвекционной) камер является необходимость охлаждения дна до температуры — 60°C и ниже.

В работах [8,9] описана диффузионная камера, работающая при температуре дна выше комнатной. Однако величина ионной нагрузки составляла всего несколько треков  $\alpha$ -частиц в секунду на площади 100 см<sup>2</sup>, что недостаточно для ряда случаев ее применения. Переход к явно выраженному конвекционному режиму работы позволяет увеличить ионную нагрузку в камере с охлаждением атмосферным воздухом в сотни раз. Основным условием устойчивой работы конвекционной камеры является установление вдоль стенок камеры возрастающего сверху вниз градиента температуры [10,11]. При этом в каждом горизонтальном сечении камеры температура вблизи стенок будет превышать температуру смеси газа и пара в объеме камеры. Это приводит к тому, что вблизи стенок камеры смесь газа и пара движется снизу вверх, а в основном объеме — сверху вниз. В таком режиме работы вблизи дна устанавливается устойчивый чувствительный слой, в котором происходит регистрация заряженных частиц и образование треков благодаря конденсации капель на ионах.

Скорость движения газа в камере регулируют путем изменения величины градиента температуры вблизи дна и путем увеличения разности температур в горизонтальном сечении камеры между центральной частью дна и ее стенками. При увеличении скорости движения газа возрастает устойчивость режима работы камеры, увеличивается ионная нагрузка (число треков, регистрируемых в единицу времени), уменьшается высота чувствительного слоя и время нахождения треков в объеме камеры.

В качестве источника пара используется пористый материал, в котором благодаря капиллярному эффекту рабочая жидкость со дна камеры поднимается в верхние сечения, где испаряется [13]. Пары жидкости перемещаются ко дну камеры, где происходит конденсация. Такой непрерывно действующий источник пара позволяет поддерживать постоянство рабочей смеси в течение длительного промежутка времени, пока поддерживается неизменный тепловой режим камеры. Если камера негерметична (имеет отверстия для ввода радиоактивных препаратов в объем камеры), то состав рабочей смеси устанавливается сам в соответствии с парциальными давлениями паров. Пересыщение, необходимое для образования капель на ионах, выражается формулой

$$\ln S = \frac{M}{R \rho T} \left[ \frac{2\alpha}{r} - \frac{e^2}{8\pi r^4} \right],$$

где  $r$  — радиус капли,  $\alpha$  — коэффициент поверхностного натяжения,  $\rho$  — плотность жидкости,  $T$  — температура пара,  $M$  — молекулярный вес пара,  $R$  — газовая постоянная,  $e$  — заряд электрона.

Видно, что никаких ограничений на природу жидкости, природу газа и пара, которые могут быть применены для получения необходимого для регистрации треков пересыщения, не существует. Выбор рабочей жидкости определяется только удобством ее применения для решения конкретных задач. Основными факторами, влияющими на выбор рабочей смеси, является ее безопасность в применении, химическая инертность и температура кипения. Температура кипения жидкости в значительной мере определяет рабочие температуры дна и крышки камеры. Так, например, применение в качестве рабочих жидкостей метилового спирта, этилового спирта и их смесей с водой требует охлаждения дна камеры до температуры — (50+80)°C.

Для работы при более высоких температурах требуются жидкости с большей температурой кипения. Наиболее удобной в применении оказалась рабочая смесь, состоящая из глицерина или его смесей с небольшим количеством воды. Благодаря высокой температуре кипения (290°C) в камере можно создать устойчивый чувствительный слой при температуре дна до 60°C. Нагревая крышку камеры и ее стенки, можно получить необходимое для работы камеры температурное распределение за счет охлаждения дна камеры атмосферным воздухом.

Конструкция исследуемой камеры изображена на рис.1. Основанием камеры служит массивный металлический сердечник (алюминий) 1, снабженный в нижней части радиатором 2. На нем закрепляется основание камеры 7, на котором установлена стеклянная оболочка камеры 3. Дно камеры покрыто черным бархатом 4, который создает темный фон и является своеобразным носителем рабочей жидкости. Внутренняя часть стеклянной оболочки камеры на высоту 10—12 мм покрыта фитилем (фильтровальная бумага), по которому

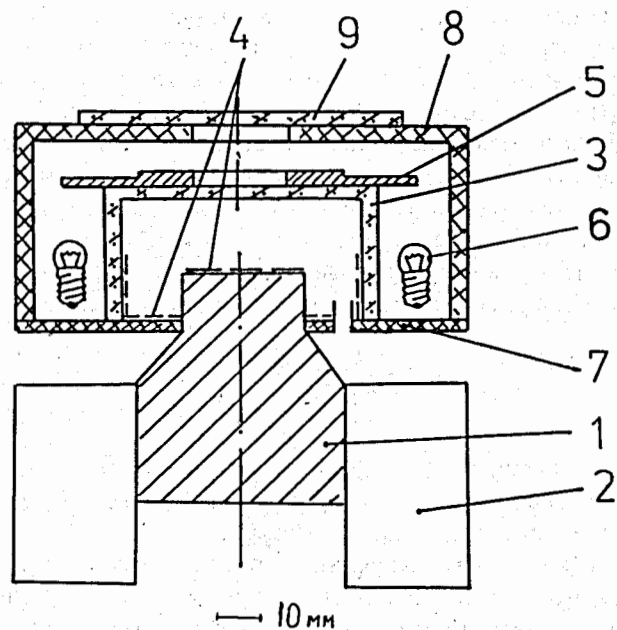


Рис.1. Общий вид камеры. 1 — сердечник камеры, 2 — радиатор, 3 — оболочка камеры, 4 — бархат, 5 — медный диск, 6 — лампочки, 7 — основание камеры, 8 — теплоизоляционный кожух, 9 — окно для наблюдения

подается рабочая жидкость и, испаряясь из него, пополняет поток пара в конвектирующем в камере газе. Вокруг оболочки камеры, снаружи, располагается кольцо, в котором смонтировано 12 лампочек 6 (соединенных последовательно). Они выполняют две функции — обеспечивают необходимый тепловой поток и освещение рабочей зоны камеры. Нормальная работа камеры обеспечивается при мощности 20 Вт. Для создания необходимого температурного распределения по стенке камеры сверху на стеклянную оболочку камеры наложен медный диск 5 (с отверстием в центре для наблюдения). Между диском и сердечником прикладывается электрическое поле  $\sim 400$  В. Снаружи камера закрывается теплоизоляционным кожухом 8 с окном для наблюдения 9. Для контроля за температурным распределением по стенке камеры внутри камеры были размещены медь-константановые термомпары.

Вертикальное распределение температуры по стенкам работающей камеры приведено на рис.2.

Малая толщина чувствительного слоя (3 мм) позволяет использовать его в качестве плоского экрана, на который проектируются с помощью электрического поля треки заряженных частиц, образовавшиеся в объеме камеры. Электрическое поле перемещает образовавшиеся ионы одного знака в чувст-

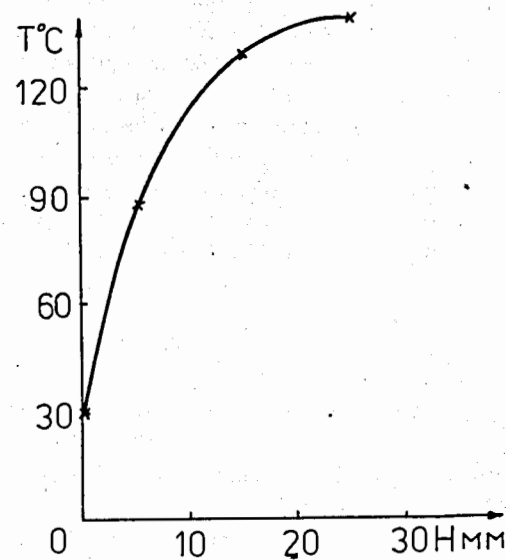


Рис.2. Вертикальное распределение температуры по внутренней стенке камеры

равно  $T_A$ , а среднее время нахождения атома RaA в объеме камеры равно  $\tau_A$ , то вероятность наблюдения  $\alpha$ -частиц от распада в этом объеме при условии  $\tau_A \ll T_A$  будет пренебрежимо мала, так как она равна вероятности того, что за время  $\tau_A$  атом RaA распадается, т.е. она составит  $1 - e^{-\tau_A/T_A} = 0,015$ .

Таким образом, конвекционная камера, заполненная воздухом, будет измерять непосредственно число распадов в ее объеме. Это обусловлено и тем, что  $\alpha$ -частицы, вылетающие из стенок камеры и с других поверхностей (на которых осаждаются дочерние продукты распада радона), дают треки, отличающиеся визуально от треков  $\alpha$ -частиц, образовавшихся в объеме камеры. Заметим, что широко используемая для измерения концентрации радона аппаратура одновременно измеряет и концентрацию его дочерних продуктов, что в ряде случаев приводит к существенным (более чем на 300%) ошибкам в определении концентрации радона.

Конвекционная камера позволяет измерять концентрацию любых радиоактивных газов. В частности, возможно определение концентрации торона в присутствии радона [13]. Для этого определяют число одиночных  $\alpha$ -частиц и число «вилок», состоящих из двух треков  $\alpha$ -частиц, выходящих из одной точки.

В заключение отметим, что новый тип камеры, в отличие от ранее известных, не требует специального охлаждения с помощью хладагентов. После включения в осветительную сеть камера входит в режим в течение ~ 30 минут и может работать непрерывно. Поскольку полость камеры сообщается с атмосферным воздухом, она может применяться для непрерывного наблюдения за содержанием в нем радиоактивных веществ. Камера является также идеальным учебным прибором, позволяющим визуально наблюдать треки заряженных частиц. Описанная камера проста в изготовлении и эксплуатации.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант 96-02-18650).

### ЛИТЕРАТУРА

1. Ляпидевский В.К. — ПТЭ, № 4, 1959, с.49.
2. Ляпидевский В.К., Павлова Т.Г. — Медицинская радиология, 1961, № 11, с.66.
3. Клячин Н.А., Крохин О.Н., Ляпидевский В.К., Семенов О.Г. — Краткие сообщения по физике. М., ФИАН 1084 № 0 21
4. Веретенников В.А., Клячин Н. нов О.Г. — Физика плазмы, 19
5. Клячин Н.А., Ляпидевский В.К. и теоретические исследования издат, 1991, с.11.
6. Волобуев И.В., Горбунов Д.И. Краткие сообщения по физике
7. Клячин Н.А., Кушин В.В., Ляпидевский В.К. — Методы в плазменных исследова
8. Клячин Н.А., Ляпидевский В.К. — Методы в задачах прикладной радиоатомиздат, 1991, с.23.
10. Ляпидевский В.К. — Патент «Изобретения», 1993, № 28
11. Ляпидевский В.К. — Патент 1991. «Изобретения», 1993,
12. Ляпидевский В.К. — Изобретения в воздухе. Сборник «Проблемы эксперимента». М.: Энергоатомиздат, 1991, с.11.
13. Ляпидевский В.К. — Автор «Бюллетень изобретений», 1991, № 28

35174  
Коренченко А.С. и др.  
Трековый детектор- конвекционная камера...  
P13-96-400.

Индекс страны	_____	Коды	Инициалы и адрес учёного (расчётный счёт и отделение банка)	Код
Количество	_____			
Автор	_____			
Наименование	_____			
В/О «Международный»	« _____ » _____	_____	_____	_____
Просим прислать по адресу:	_____	_____	_____	_____
Кому	_____	_____	_____	_____
Куда	_____	_____	_____	_____

Рукопись поступила 23.01

Коренченко А.С. и др. P13-96-400  
Трековый детектор — конвекционная камера, охлаждаемая атмосферным воздухом

Описан трековый детектор, простой в изготовлении и эксплуатации. В котором чувствительная область формируется за счет конвекционного переноса паров рабочей жидкости в область с более низкой температурой. Освещение, а также поддержание необходимого температурного градиента в конвекционной камере осуществляется за счет последовательно включенных ламп накаливания. Основание камеры охлаждается атмосферным воздухом. Она может использоваться для детектирования треков заряженных частиц в воздухе. Такая камера — идеальный учебный прибор, позволяющий визуально наблюдать треки заряженных частиц.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1996

Перевод авторов

Korenchenko A.S. et al. P13-96-400  
Track Registration Detector: Convection Chamber with Atmospheric Air Cooling

A track registration detector with a sensitive volume formed by a convection transfer of working liquid vapor to the region with lower temperature is described. The chamber is of a simple design and is easy to operate. Lighting and a necessary temperature gradient in the convection chamber are provided by the consecutively connected glow lamps. The chamber base is cooled by the atmospheric air. The chamber can be used in detection of charged particle tracks in the air and it is ideal for educational purposes: it allows one to visualize charged particle tracks.

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

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1996