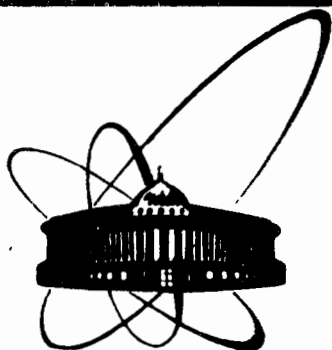


82-374.



ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА

3852/82

16/8-82

P13-82-374

ДРЕЙФОВАЯ КАМЕРА НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ  
В ЭКСПЕРИМЕНТЕ ПО ИССЛЕДОВАНИЮ  
ИЗЛУЧЕНИЯ РЕЛЯТИВИСТСКИХ ЧАСТИЦ  
В МОНОКРИСТАЛЛАХ

Направлено в журнал "Nuclear Instruments  
and Methods"

1982

И.Войтковска, В.М.Головатюк, Э.Гузик, Р.Б.Кадыров,  
Т.С.Нигманов, В.Д.Рябцов, И.А.Тяпкин, Д.В.Уральский,  
Н.А.Филатова, А.Форуцки, Э.Н.Цыганов, М.Д.Шафранов  
Объединенный институт ядерных исследований, Дубна

М.Д.Бавижев, Н.К.Булгаков  
Томский политехнический институт

А.Н.Искаков  
Казахский государственный университет, Алма-Ата

## ВВЕДЕНИЕ

Экспериментальная установка "Кристалл" <sup>1/1</sup> была создана для изучения эффектов, возникающих при каналировании частиц высоких энергий. В 1979 году установка проработала на пучке синхрофазотрона ОИЯИ около 1500 часов <sup>2/2</sup>. В настоящее время в ИФВЭ /Серпухов/ для исследования излучения, возникающего при каналировании электронов и позитронов в монокристаллах различных элементов, размещена модификация установки "Кристалл". Она дополнена элементами, предназначенными для исследования характеристик  $\gamma$ -излучения, магнитом и рядом других элементов, обусловленных спецификой опытов с электронами и позитронами высоких энергий.

Уже в первых экспериментах на установке "Кристалл" выяснилось, что точность измерения углов рассеяния частиц в кристалле может быть улучшена. Ограничение на точность измерения этой величины накладывается многократным рассеянием пучковых частиц, происходящим во втором блоке дрейфовых камер. Если точность измерения выходных углов в экспериментах на синхрофазотроне ОИЯИ составляла около 10 мкрад и определялась расстоянием между вторым и третьим блоками дрейфовых камер и их пространственным разрешением, то точность измерения углов входа составляла около 100 мкрад и определялась многократным рассеянием в веществе дрейфовой камеры, расположенной перед кристаллом. Количество вещества в этой камере составляло около  $0,5 \cdot 10^{-2}$  радиационных длин. Уменьшение количества вещества в экспериментах в ИФВЭ диктовалось также необходимостью минимизации фона тормозных  $\gamma$ -квантов, возникающих при прохождении позитронов и электронов через вещество установки. Этот фон затрудняет исследование излучения, возникающего при каналировании в тонких /толщиной около 50 мкм/ кристаллах.

Многократное рассеяние и фон тормозного излучения в установке "Кристалл" были уменьшены с помощью дрейфовой камеры низкого давления, описываемой в данной работе.

## 2. КОНСТРУКЦИЯ КАМЕРЫ

Уменьшение количества вещества в камере произведено за счет уменьшения толщины входных майларовых окон, вынесения с пути частиц всех сигнальных и формирующих поле проволочек, снижения рабочего давления в камере.

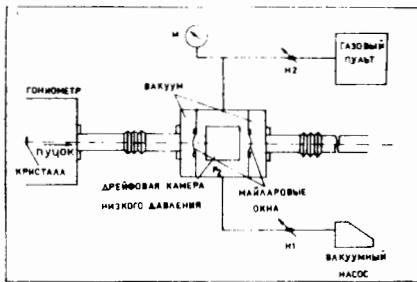


Рис.1. Схема размещения ДК2 в установке и схема газового продува. Н1, Н2 - натекатели, Р2 - газовый объем камеры, М - манометр.

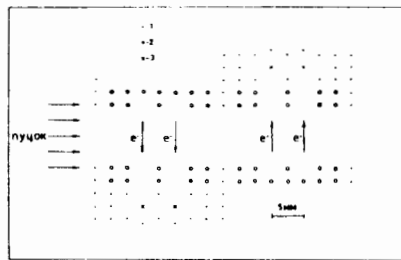


Рис.2. Схема расположения проволочек в камере. 1 - заземленные проволочки, 2 - потенциальные проволочки, формирующие дрейфовое поле, 3 - сигнальные проволочки.

Камера вмонтирована в вакуумпровод установки /рис.1/, и ее газовый объем ограничивается майларовыми окнами толщиной по 12 мкм. Камера состоит из двух X-плоскостей и двух Y-плоскостей. Схема расположения проволочек для двух плоскостей изображена на рис.2. Конфигурация размещения проволочек выбрана моделированием в электростатической ванне.

Для уменьшения временного разброса сигналов, определяющего пространственное разрешение камеры, необходимо, чтобы длины всех силовых линий, вдоль которых двигаются электроны первичной ионизации, были близки. Для этого толщина камеры должна быть минимальной. Чтобы это требование не вступало в противоречие с условием сбора достаточного количества электронов, каждая плоскость камеры разделена на два дрейфовых промежутка толщиной по 5 мм, заряд с которых суммировался на одном усилителе. Чтобы предотвратить искажения поля, между плоскостями камеры введен заземленный электрод.

Конструкция камеры, как видно из рис.2, устраняет левую-правую неоднозначность в определении координат частиц. Такое расположение сигнальных проволочек дает возможность по сумме времен дрейфа с двух плоскостей камеры исключать ложные треки.

Для намотки заземленных и формирующих электродов использовалась бериллиево-бронзовая проволока диаметром 64 мкм. Шаг намотки этих электродов равен 2 мм. На сигнальную проволоку /золоченый вольфрам диаметром 20 мкм/ у края рамки надета тефлоновая трубка длиной 5 мм, предотвращающая возникновение разряда в области неоднородного поля.

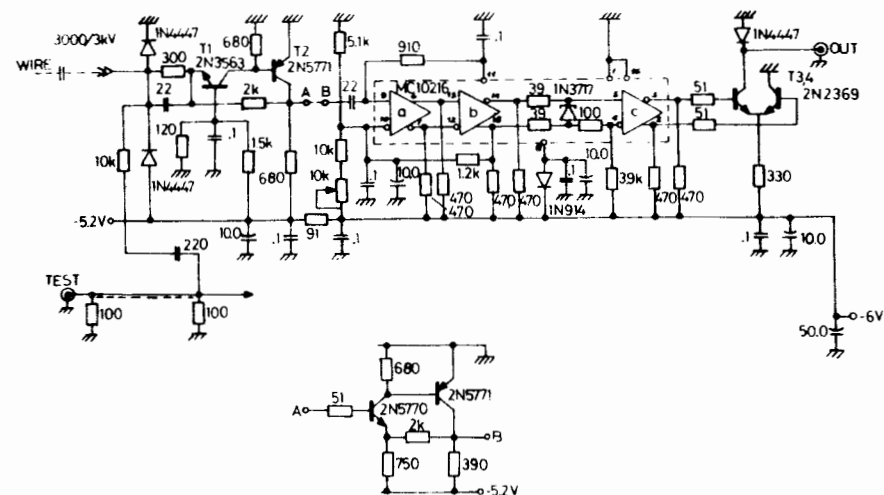


Рис.3. Принципиальная схема усилителя. Точки подсоединения дополнительного каскада усиления (А,В).

Рабочая область камеры имеет размеры  $10 \times 10 \text{ мм}^2$ , в соответствии с размерами исследуемых кристаллов. Все электроды выполнены на основе стеклотекстолитовых рамок, внутреннее окно которых равно  $80 \times 80 \text{ мм}^2$ . Размер окна увеличен по сравнению с размером рабочей области камеры для уменьшения фона тормозных у-квантов, возникающих в веществе рамок. На электродах с сигнальной проволокой расположены разделительная емкость  $C = 220 \text{ пФ}$  и ограничивающее сопротивление  $R = 1 \text{ МОм}$ .

Делитель напряжения для формирования задающих потенциалов расположен на внешней стенке вакуумного бокса камеры и высокое напряжение подводится внутрь газового объема по специальным разъемам. Рабочий импульс с сигнальных проволок подается на усилитель, расположенный на внешней стороне бокса. В качестве усилителя применялся усилитель-дискриминатор, описанный в работе /3/. Модификация усилителя заключалась в введении дополнительного каскада с усилением 12 дБ и повысила чувствительность до 0,5 мкА /рис.3/.

Газовая смесь, приготовленная в пульте обычной конструкции, через натекатель Н1 подается в объем камеры /рис.1/. Через натекатель Н2 происходит откачка газовой смеси из рабочего объема. Регулировка двумя натекателями Н1 и Н2 позволяет установить в боксе камеры любое желаемое давление  $P_1 < 1 \text{ атм}$  и любую скорость продува  $V < V_0$ , где  $V_0$  - скорость образования смеси в смесителе пульта. Давление в ДК2 контролируется с по-

мощью образцового манометра, помещенного в вакуум, что делает показания манометра независимыми от атмосферного давления.

### 3. ХАРАКТЕРИСТИКИ КАМЕРЫ

Стендовые испытания камеры проведены с помощью  $\beta^-$ -источника ( $Ru^{106}$ ). На рис.4 представлена зависимость эффективности регистрации электронов от анодного напряжения для газовой смеси:  $Ag/67,2\% + C_4H_{10}/30,3\% + (OCH_3)_2CH_2/2,5\%$  при атмосферном давлении. Обрыв плато связан с появлением токов утечки /около 10 мкА/ в анодной цепи камеры.

В качестве рабочей была выбрана смесь с концентрацией метилала 10%. На рис.5 показана зависимость эффективности регистрации частиц от анодного напряжения для различных давлений в камере. Напряжение на катодном делителе выбиралось как и для обычных камер из условия  $E/P \sim 2$  в/см·торр. При этом контролировалась величина скорости дрейфа, оценку которой можно получить из распределения суммы времен дрейфа электронов для двух плоскостей одной проекции камеры.

Было найдено, что для данной газовой смеси при давлении  $50 \pm 350$  торр скорость дрейфа увеличивается с увеличением напряжения в дрейфовом промежутке примерно на 0,06% при изменении напряженности на 1 В/см. Это накладывает особые требования на стабильность газовых компонент в смеси, температуры смеси, напряжений. Термостабилизация газового пучка и всех элементов камеры позволила получить стабильность скорости дрейфа на уровне около 0,5% в течение длительного времени.

На рис.6 представлены зависимости эффективности регистрации частиц от анодного напряжения, полученные на пучке позитронов с энергией 10 ГэВ, для всех 4 плоскостей камеры. Камера при этом была включена в состав установки "Кристалл". Зависимости характеризуют однородность коэффициентов газового усиления и каналов электроники для всей камеры.

Исследовалась зависимость времени дрейфа от координаты прохождения частицы через камеру низкого давления. Истинная траектория частицы восстанавливалась при этом с помощью первого и третьего блоков дрейфовых камер, входящих в установку "Кристалл". Эти камеры работают при атмосферном давлении и расположены по обе стороны от камеры низкого давления на расстоянии 16 м и 7 м. Применялись линейная и квадратичная аппроксимации координаты в ДК2 в зависимости от времени дрейфа. На рис.7 для одной из плоскостей ДК2 представлены отклонения восстановленных по линейной формуле (А) и по квадратичной формуле (В) координат от точки прохождения частицы через камеру для различных времен дрейфа. Из рис.7 видно, что можно применять оба

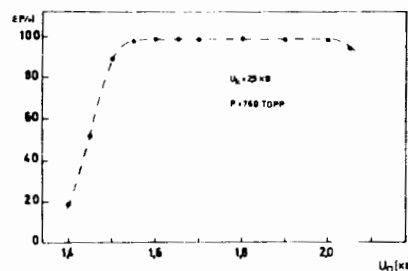


Рис.4. Кривая эффективности для стандартной  $Ag/67,2\% + C_4H_{10}/30,3\% + (OCH_3)_2CH_2/2,5\%$  газовой смеси. Давление в камере нормальное.

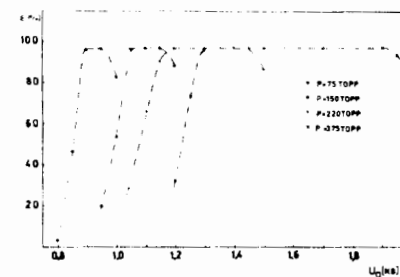


Рис.5. Зависимость эффективности от анодного напряжения для различных давлений в камере. Газовая смесь:  $Ag/62\% + C_4H_{10}/28\% + (OCH_3)_2CH_2/10\%$ .

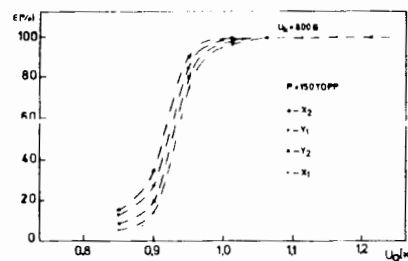


Рис.6. Зависимость эффективности от напряжения для всех проволочек камеры, полученная на пучке позитронов. Рабочее давление 150 торр.

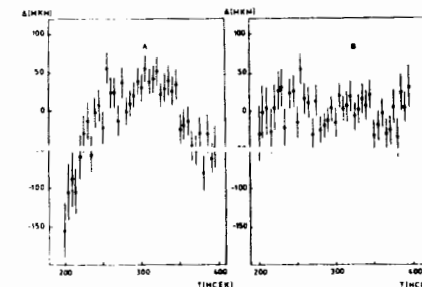


Рис.7. Отклонение координат, вычисленных по линейной (А) и квадратичной (В) формулам, от трека частицы для различного времени дрейфа.

способа аппроксимации, однако в случае квадратичной аппроксимации точность определения углов входа частицы в кристалл оказывается выше примерно на 10%. Точность определения угла рассеяния и угла выхода частицы из кристалла для обоих случаев аппроксимации одинакова, т.к. основной вклад в определение этих величин дает рассеяние в веществе ДК2. Линейная аппрок-

симуляция дает величину скорости дрейфа в камере:

$$V_{др.} = /0,00425 \pm 0,00009/ \text{ см/нс.}$$

На рис.8 приведены распределения отклонений координат одной из плоскостей ДК2 от трека, фитированного по измерениям ДК2 и ДК3. Восстановление координат трека в ДК2 производилось при этом с помощью линейной зависимости координаты от времени дрейфа. Измерения выполнены при давлении 150 и 250 торр. Стандартное отклонение распределений в этом случае совпадает с суммарным разрешением двух плоскостей камеры, если считать измерения обеих плоскостей равноточными. Стандартное отклонение для данных распределений составляет около 120 мкм для давления 150 торр и около 90 мкм для давления 250 торр, что соответствует стандартному отклонению для пространственного разрешения одной плоскости около 170 мкм и 130 мкм, соответственно. Ухудшение разрешения при уменьшении давления связано с увеличением диффузии электронов, уменьшением числа пар ионов, образуемых первичной частицей, и увеличением отношения порога срабатывания усилителя к средней амплитуде сигнала.

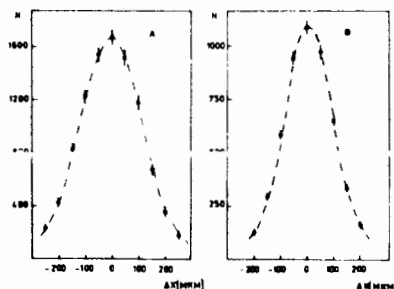


Рис.8. Пространственное разрешение камеры для давлений 150 и 250 торр. Пунктирная линия - результат фитирования распределением Гаусса. В случае А среднеквадратичное отклонение составляет 120 мкм, в случае В - 90 мкм.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Создание дрейфовой камеры низкого давления позволило уменьшить количество вещества на пути частиц до величины  $5 \cdot 10^{-4}$  радиационных длин. Это дало возможность выполнять исследования излучения при каналировании в тонких монокристаллах. В эксперименте на установке "Кристалл" камера при давлении 250 торр позволила проводить исследования с разрешением по входному углу  $\pm 5$  мкрад и с разрешением  $\pm 30$  мкрад по выходному углу. Измерение угловых характеристик исследуемого процесса с такой точностью и снижение фона тормозных  $\gamma$ -квантов, возникающих в веществе камеры, является существенным обстоятельством, позволяющим получать надежные результаты в экспериментах, изучающих излучение при каналировании.

Применение различных модификаций данной камеры целесообразно в тех экспериментах при высоких энергиях, где требуется высокое разрешение по углу рассеяния или малый фон тормозного излучения.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Водопьянов А.С. и др. ОИЯИ, Р13-80-225, Дубна, 1980.
2. Elishev A.F., Filatova N.A., Golovatyuk V.M. Phys.Lett., 1979, 88B, p.387.
3. Guzik Z. FNAL Report, FN-301, Batavia, 1976.

Рукопись поступила в издательский отдел  
31 мая 1982 года.

## НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

Вы можете получить по почте перечисленные ниже книги,  
если они не были заказаны ранее.

D13-11182	Труды IX Международного симпозиума по ядерной электронике. Варна, 1977.	5 р. 00 к.
D17-11490	Труды Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1977.	6 р. 00 к.
D6-11574	Сборник аннотаций XV совещания по ядерной спектроскопии и теории ядра. Дубна, 1978.	2 р. 50 к.
D3-11787	Труды III Международной школы по нейтронной физике. Алушта, 1978.	3 р. 00 к.
D13-11807	Труды III Международного совещания по пропорциональным и дрейфовым камерам. Дубна, 1978.	6 р. 00 к.
	Труды VI Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1978 /2 тома/	7 р. 40 к.
D1,2-12036	Труды V Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1978	5 р. 00 к.
D1,2-12450	Труды XII Международной школы молодых ученых по физике высоких энергий. Приморско, НРБ, 1978.	3 р. 00 к.
	Труды VII Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц, Дубна, 1980 /2 тома/	8 р. 00 к.
D11-80-13	Труды рабочего совещания по системам и методам аналитических вычислений на ЭВМ и их применению в теоретической физике, Дубна, 1979	3 р. 50 к.
D4-80-271	Труды международной конференции по проблемам нескольких тел в ядерной физике. Дубна, 1979.	3 р. 00 к.
D4-80-385	Труды Международной школы по структуре ядра. Алушта, 1980.	5 р. 00 к.
D2-81-543	Труды VI Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1981	2 р. 50 к.
D10,11-81-622	Труды Международного совещания по проблемам математического моделирования в ядерно-физических исследованиях. Дубна, 1980	2 р. 50 к.
D1,2-81-728	Труды VI Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1981.	3 р. 60 к.
D17-81-758	Труды II Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1981.	5 р. 40 к.
D1,2-82-27	Труды Международного симпозиума по поляризационным явлениям в физике высоких энергий. Дубна, 1981.	3 р. 20 к.
P18-82-117	Труды IV совещания по использованию новых ядерно-физических методов для решения научно-технических и народнохозяйственных задач. Дубна, 1981.	3 р. 80 к.

Заказы на упомянутые книги могут быть направлены по адресу:  
101000 Москва, Главпочтамт, п/я 79  
Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований

Войтковска И. и др. P13-82-374  
Дрейфовая камера низкого давления в эксперименте по исследованию излучения релятивистских частиц в монокристаллах

Описана дрейфовая камера низкого давления, входящая в состав установки "Кристалл". Приведены результаты стендового испытания характеристик камеры и ее работы на пучке позитронов.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1982

Wojtkowska J. et al. P13-82-374  
Low Pressure Drift Chamber in an Experiment on Studies of the Radiation of Relativistic Particles in Single Crystals

A low pressure drift chamber is described. This chamber being a part of the setup "Crystal" is used to study the radiation of high energy electrons and positrons during channeling. The results of testing the chamber are presented. The chamber has been tested on beams of positrons and electrons with an energy of 10 GeV.

The investigation has been performed at the Laboratory of High Energies, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1982

Перевод авторов.