

**Объединенный
институт
ядерных
исследований
Дубна**

13-85-933

И.В.Александров*, Ю.В.Заневский, А.Н.Зисман*,
С.А.Мовчан, В.Д.Пешехонов, С.М.Стишов*,
Чан Дык Тхань

**ОДНОМЕРНЫЙ
ПОЗИЦИОННО-ЧУВСТВИТЕЛЬНЫЙ ДЕТЕКТОР
ДЛЯ РЕНТГЕНОВСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ
ПРИ СВЕРХВЫСОКИХ ДАВЛЕНИЯХ**

Направлено в журнал "Приборы и техника эксперимента"

* Институт кристаллографии АН СССР, Москва

1985

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время значительная часть исследований при сверхвысоких давлениях проводится с помощью миниатюрных прессов с алмазными наковальнями^{1/}. Использование алмазных наковален позволяет получать давления до 400 ГПа в микроскопически малых объемах порядка $10^{-3} + 10^{-4}$ мм³. Рентгеновские исследования столь малых количеств вещества традиционными методами требуют огромных времен экспозиции. Так, например, при исследовании уравнения состояния натрия, для получения дебаеграммы фотометодом требовалась экспозиция порядка 150 часов при мощности источника 6 кВА^{2/}. Поскольку рентгеновская съемка проводится через алмазные наковальни, толщина которых составляет 6-8 мм, необходимо использовать сравнительно коротковолновое MoK_{α} излучение, что приводит, в связи с низкой чувствительностью рентгеновской пленки в этой области энергии, к значительному увеличению времени экспозиции. Использование еще более коротковолнового AgK_{α} излучения по этой же причине вообще практически невозможно.

Значительный выигрыш во времени экспозиции дает применение энергодисперсионных германиевых и кремний-литиевых детекторов в сочетании с многоканальным амплитудным анализатором^{3/}. Однако энергетическое разрешение этих детекторов не превосходит 200 эВ, что дает возможность достичь разрешение 0,5-1% для излучения с энергией 20-40 кэВ. Такое разрешение часто оказывается недостаточным^{4/}. В этой связи представляется заманчивым использование в практике рентгеновских исследований при высоких давлениях линейных позиционно-чувствительных детекторов, обладающих высоким пространственным разрешением 0,1-0,3 мм^{5-7/} и достаточно высокой квантовой эффективностью, достигающей 65% для излучения MoK_{α} . Это открывает новые перспективные возможности исследований с алмазными наковальнями.

ДЕТЕКТОР

Детектором, предназначенным для цифровой регистрации одномерного сечения дифракционной картины, является однокоординатная многопроволочная пропорциональная камера (МПК), расположенная в герметичном боксе (рис. 1). Анод камеры выполнен из проволоки ϕ 15 мкм, расположенных с шагом 3 мм. Катодом, удаленным от анодной плоскости на 5 мм, служит входное окно бокса, выполненное из вакуумно-плотного бериллия толщиной 1 мм, и проволочная линия задержки (ЛЗ), служащая для съема координатной информации. Рабочим газом является смесь ксенона с 10% метана, находящаяся в боксе при избыточном давлении до 5 атмосфер. Чувствительный объем детектора $10 \times 10 \times 10$ мм³.

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

Координатная информация снимается с двух концов ЛЗ, имеющей погонную задержку $\tau = 5 \text{ нс} \cdot \text{мм}^{-1}$. Усиленные сигналы через дискриминаторы со следящим порогом (ДСП) поступают на времяамплитудный преобразователь (ВАК), сигналы с которого передаются в амплитудный анализатор (АА). Анодные сигналы используются для амплитудного отбора регистрируемых событий с помощью амплитудного дифференциального дискриминатора (Д). Блок-схема установки показана на рис.1.

Характеристики детектора исследовались с помощью источников δ - квантов ^{55}Fe (5,9 кэВ) и ^{109}Cd (22 кэВ), а также рентгеновского излучения MoK_α (17,5 кэВ). Избыточное давление газовой смеси составляло 4,2 атмосферы. На рис.2 показаны счетная характеристика (кривая 1) и зависимость энергетического разрешения МПК (кривая 2) от напряжения на аноде камеры (средней величине анодных сигналов - верхняя шкала). Видно, что детектор обладает достаточно большим плато по эффективности при энергетическом разрешении $\Delta E/E = 20\%$. Собственные шумы детектора не превышают 5 Ц.

Достаточно высокая однородность детектора по его длине иллюстрируется на рис.3, где по оси абсцисс отложен номер каналов анализатора (пространственная координата), по оси ординат - интенсивность счета. Зависимость получена путем равномерной засветки детектора источником ^{109}Cd . Максимальная неоднородность не превышает $\pm 4\%$.

Рис.1

Блок-схема установки.

У - усилители. Ф - формирователи.

З - блок задержки.

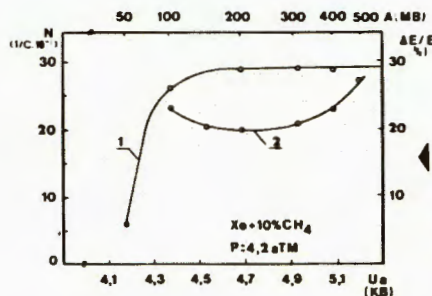
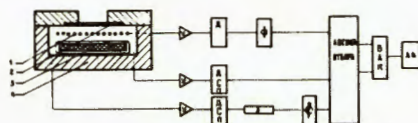


Рис.2

Счетная характеристика (кривая 1) и энергетическое разрешение (кривая 2) детектора в зависимости от анодного напряжения. Источник ^{55}Fe .

Рис.3

Счет детектора в различных точках по его длине при равномерной засветке источником ^{109}Cd .

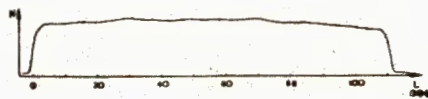


Рис.4

Пространственное разрешение детектора в случае регистрации излучения от точечных источников ^{55}Fe , расположенных на расстоянии 1 мм друг от друга.

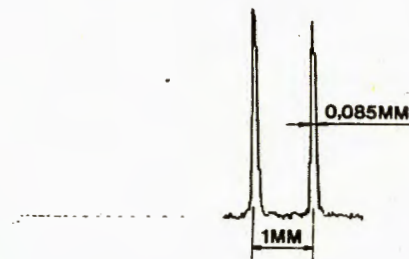


Рис.5

Рентгенограмма, полученная от образцов ксенона и иодида цезия при давлении около 400 Па. Излучение - MoK_α , Экспозиция - 16 часов.

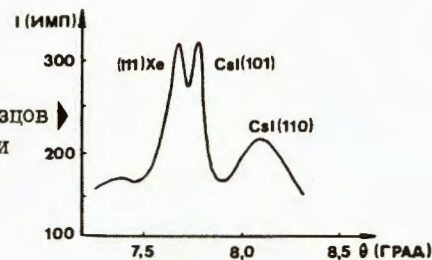
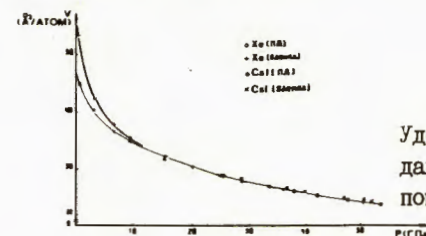


Рис.6

Удельный объем Xe и Cs I при различном давлении, измеренный фотометодом и с помощью линейного детектора.



Пространственное разрешение было измерено с помощью коллимированного источника ^{55}Fe , результаты показаны на рис.4. При коллиматоре со щелью 10 мкм полная ширина на полувысоте распределения составляет 85 мкм. Для излучения MoK_α было получено пространственное разрешение 170 мкм (полная ширина на полувысоте). Проверка эффективности показала, что квантовая эффективность детектора при давлении газа 4 атм составляет 50% для MoK_α и при давлении 5 атм - 25% для AgK_α .

ПРИМЕНЕНИЕ ДЕТЕКТОРА

Детектор был использован нами наряду с традиционным фотометодом для исследования уравнения состояния иодида цезия и ксенона. Детектор был закреплен неподвижно под углом около 75° к направлению прямого пучка рядом с гониометром ГУР-5, на котором была закреплена ячейка с образцом. Расстояние между образцом и детектором было 360 мм. Для калибровки детектора использовались рефлексы (101), (110), (102) кварца, (200) - InP и (111) кремния. Угловое положение этих рефлексов дополнительно контролировалось спцинтилляционным счетчиком с точностью $0,01^\circ$. Угловая точность эксперимента не хуже $0,01^\circ$ даже

при пространственном разрешении детектора 0,3 мм. Проверка пространственного разрешения детектора для MoK_α показала, что полная ширина на полувысоте распределения для узкого пучка, нормального к плоскости входного окна детектора, составляет 170 мкм.

На рис.5 показано распределение интенсивности дифрагированного от образца излучения, полученное с помощью линейного детектора. Время экспозиции было равно 16 часам при интенсивности источника 1,2 кВ. Для получения дебаеграммы на фотопленке требовалась экспозиция 20-70 часов при мощности источника 6 кВ. Таким образом, использование линейного детектора позволило получить выигрыш в светосиле примерно в 10 раз. Угловое разрешение $0,01^\circ$ позволяет получить относительную точность не хуже 0,1%, однако, как видно из рис.5, полуширина рефлексов составляет $0,1^\circ$ и $0,3^\circ$, что связано с неоднородностью давления в ячейке. Как видно из рис.6, на котором показаны данные по уравнению состояния CsI и Xe, полученные фотометодом и с помощью линейного детектора, результаты имеют одинаковую точность $\sim 1\%$ по объему, которая ниже потенциальной точности обоих этих методов, однако существенно превосходит точность энергодисперсионного метода, составляющую $1,5 \pm 3\%$ по объему.

Таким образом, применение линейного позиционно-чувствительного детектора для рентгеновских исследований при сверхвысоких давлениях позволяет добиться примерно десятикратного увеличения светосилы по сравнению с фотометодом при сохранении высокого разрешения, недостижимого при использовании полупроводниковых германиевых и кремний-литиевых детекторов.

Л и т е р а т у р а

1. Jayaraman A. Rev. Mod. Phys., v.55, p. 65, 1983.
2. Александров И.В., Качинский В.Н., Макаренко И.Н., Стишов С.М. Письма в ЖЭТФ, т.36, с. 336, 1982.
3. Skelton W.F., Lin C., Spain I.L. High Temp. High Pressures, v.9, p.19, 1977.
4. Зисман А.М., Александров И.В., Стишов С.М. Письма в ЖЭТФ, т.40, с. 253, 1984.
5. Fuzii Y., Shimomura C., Takemura K. et al. J. Appl. Cryst., v.13, p. 284, 1980.
6. Mao M.K., Bell P.M., Weng K. Carnegie Institution of Washington Year Book 82, p. 424, 1983.
7. Бару С.Е., Савинов Т.А., Хабахнашев А.Г. и др. ИЯФ СО АН СССР, 77-90, Новосибирск, 1977.

Рукопись поступила в издательский отдел
23 декабря 1985 года.

Александров И.В. и др.

13-85-933

Одномерный позиционно-чувствительный детектор для рентгеновских исследований при сверхвысоких давлениях

Для рентгеноструктурных исследований при сверхвысоких давлениях, проводимых с помощью миниатюрных прессов с алмазными наковальнями, разработан однокоординатный детектор на основе пропорциональной камеры, обладающий эффективностью регистрации $\sim 65\%$ для линии MoK_α и пространственным разрешением 170 мкм. Описана конструкция детектора, даны его характеристики. Приводятся результаты его применения для рентгеноструктурных исследований в сравнении с традиционными детекторами.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1985

Перевод авторов.

Aleksandrov I.V. et al.

13-85-933

A One-Dimensional Position-Sensitive Detector for X-Ray Studies at Superhigh Pressures

A one-dimensional position-sensitive detector with a high quantum efficiency of 65% for MoK_α and a high space resolution of 170 μm has been developed for X-ray studies at superhigh pressures by means of tiny diamond presses. Characteristics of the detector and results of its application for X-ray studies are considered in comparison with conventional detectors.

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

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1985