

**объединенный
институт
ядерных
исследований
дубна**

18-85-101

Ю.С.Анисимов, Ю.В.Заневский, А.Б.Иванов,
С.А.Мовчан, В.Д.Пешехонов, Чан Дык Тхань,
Чан Хыу Дао, Г.А.Черемухина, С.П.Черненко

**АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ
РЕНТГЕНОВСКИЙ ДЕТЕКТОР
С ВЫСОКОЙ ОДНОРОДНОСТЬЮ
ШИРИНЫ КАНАЛА
И УЛУЧШЕННЫМ УГЛОВЫМ РАЗРЕШЕНИЕМ
ДЛЯ ДИФРАКЦИОННЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ**

Направлено в журнал "Приборы
и техника эксперимента"

1985

ВВЕДЕНИЕ

В ЛВЭ ОИЯИ был создан двумерный автоматизированный рентгеновский детектор АРД-1^{1,2/}, предназначенный для регистрации дифракционной картины от монокристаллов белков. Детектор вошел в основу рентгеновского дифрактометра^{3,4/}, созданного в ИК АН СССР; он позволил сократить время проведения дифракционных экспериментов в 50 раз при соответствующем уменьшении дозы облучения образца по сравнению с наклонным одноканальным дифрактометром^{5/}. Прибор дает возможность получать всю информацию о структуре белка при исследовании только одного его образца. К настоящему времени завершена съемка 30 белков /с молекулярным весом до 200 тысяч/, в том числе и радиационно-нестойких.

Для исследования структуры макромолекулярных монокристаллов, исследований фазовых превращений в монокристаллах, диффузного фона, текстур, жидких кристаллов, где требуется цифровая регистрация двумерной дифракционной картины с высокими пространственным и временным разрешениями и хорошей однородностью, разработан рентгеновский детектор с чувствительной площадью 460x460 мм². Новый детектор обеспечивает высокое угловое разрешение, хорошую однородность, имеет более совершенное устройство визуализации дифракционной картины и может функционировать на линии с ЭВМ^{3/}.

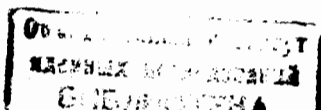
1. ДЕТЕКТОР РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Детектором мягкого рентгеновского излучения является плоская пропорциональная камера с двумя дрейфовыми промежутками, имеющая чувствительную площадь 460x460 мм² при эффективной толщине 10 мм. Съем координатной информации осуществляется с помощью электромагнитных линий задержки /ЛЗ/ с погонной задержкой ~1 нс/мм. Анодный сигнал используется для амплитудного анализа.

В остальном конструкция данного детектора подобна конструкции детектора АРД-1^{1,2/}. Пропорциональная камера продувается газовой смесью $\text{Xe} + 20\% \text{CH}_4 + 3\% \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ со скоростью $2 \div 4 \text{ см}^3/\text{мин}$.

2. ЭЛЕКТРОННАЯ АППАРАТУРА

Электронная аппаратура включает в себя следующие функциональные узлы: электронику съема информации, аппаратуру регистрации



и обработки данных, память с инкрементным каналом, блок связи с ЭВМ, блоки представления данных. Блок-схема электронной аппаратуры приведена на рис.1. Вся электронная аппаратура, за исключением предусилителей и усилителей^{8/}, расположенных непосредственно в боксе детектора, выполнена в стандарте КАМАК и размещена в двух кейтах. Для повышения координатной точности применяются разработанные дискриминаторы со следящим порогом. Временной процессор осуществляет отбор событий параллельно с кодированием^{7/}. Он обеспечивает регистрацию одного и только одного импульса в каждом из регистрирующих трактов за время разрешения детектора и производит переключение сигналов с линии задержки при больших нагрузках на один из двух свободных времяцифровых преобразователей. Использование двух переключаемых времяцифровых преобразователей и разравнивающей памяти большой емкости позволило уменьшить мертвое время детектора до 0,6 мкс. Высокопроизводительное арифметическо-логическое устройство^{8/} позволяет эффективно осуществлять различные режимы набора информации. Двумерная дифракционная картина накапливается в многофункциональном блоке памяти, который имеет инкрементный канал с быстрым действием 3 мкс. Накопление данных в памяти производится по быстрой внешней асинхронной магистрали через блок синхронизации, который, кроме того, осуществляет установку режимов набора информации и тестирования электронной аппаратуры. Содержимое памяти передается в ОЗУ ЭВМ способом блочной передачи по каналу прямого доступа. Применение цветного телевизионного графического дисплея для отображения дифракционной картины повышает качество воспроизводимой информации и облегчает процедуру юстировки кристалла.

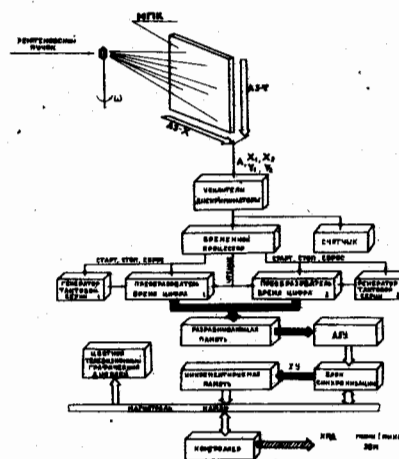


Рис.1. Блок-схема электронной аппаратуры.

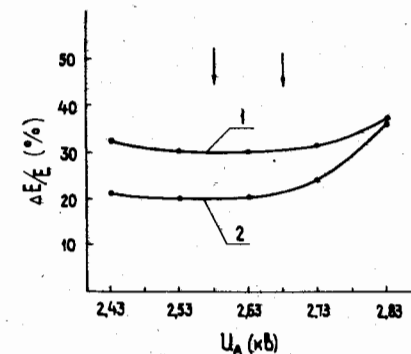


Рис.2. Зависимость энергетического разрешения детектора от анодного напряжения. 1 - при засветке всей площади детектора, 2 - коллимированный источник / ϕ 1 см/. Стрелками отмечена область рабочих напряжений.

3. ПАРАМЕТРЫ ДЕТЕКТОРА

Характеристики детектора исследовались с помощью источника ^{55}Fe /5,9 кэВ/ на линии с ЭВМ МЕРА-60. На рис.2 представлена зависимость энергетического разрешения от анодного напряжения. Информация снималась с анодной плоскости, все проволочки которой объединены. Кривая 2 получена при помощи коллимированного источника и имеет место для любой точки чувствительной площади детектора. При засветке всей площади удаленным неколлимированным источником /кривая 1/ энергетическое разрешение ухудшается из-за разброса коэффициента газового усиления по его площади.

Счетные характеристики детектора в зависимости от величины анодного напряжения при засветке всей его чувствительной площади удаленным источником представлены кривыми 1 на рис.3. Показан максимальный сдвиг счетных характеристик при съеме информации с анода и катодов детектора. Кривая 2 характеризует собственные шумы детектора.

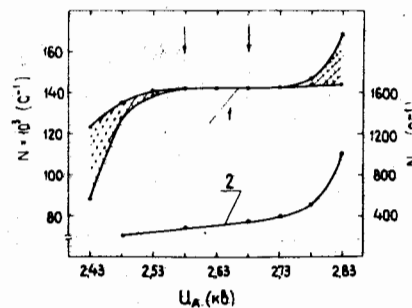


Рис.3. Счетные характеристики /кривая 1/ и собственные шумы детектора - /кривая 2/ в зависимости от величины анодного напряжения.

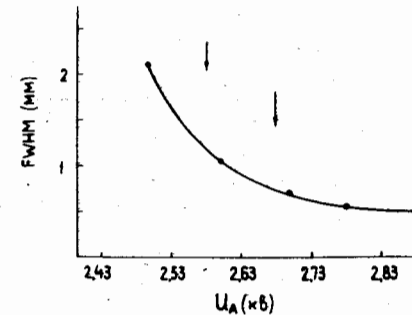


Рис.4. Зависимость пространственного разрешения детектора от анодного напряжения.

Таблица

№ п/п	Параметр	Величина
1	Эффективный объем, мм ³	440x440x10
2	Пространственное разрешение, мм	X - 1,8 Y - 2,0
3	Число каналов дискретизации	256x220
4	Эффективность регистрации CuK_{α} /8 кэВ/, %	70
5	Неоднородность эффективности относительная, %	3
6	Энергетическое разрешение $\Delta E/E$, %	30
7	Неоднородность ширины каналов, %	X - 2 Y - 4
8	Шумы детектора, имп./мм ² мин. а/ усредненные по всей площади б/ усредненные по шумовому пятну в/ максимальная интенсивность шумов	0,1 0,6 6
9	Мертвое время, мкс	0,6
10	Погонные задержки ЛЗ, нс/мм	X - 1,14 Y - 1,01
11	Газовая смесь	He + 20% CH ₄ + 3% C ₂ H ₅ OH

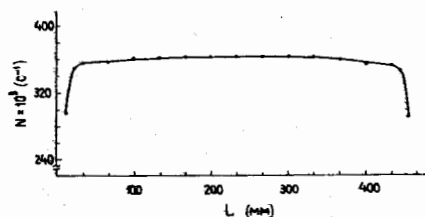


Рис.5. Зависимость эффективности детектора по X(Y)-координате.

На рис.4 дана зависимость пространственного разрешения детектора от анодного напряжения. В рабочей области напряжений пространственное разрешение детектора 1 мм /вклад регистрирующей электроники пренебрежимо мал/.

Зависимость эффективности детектора по X(Y)-координате показана на рис.5. Изменение эффективности детектора на 3% связано с увеличением толщины детектора в центре относительно краев из-за небольшого прогиба входного окна, выполненного из алюминизированного майлара. Прогиб обусловлен небольшим избыточным давлением газа внутри детектора.

Большое внимание было уделено однородности ширины каналов по обеим координатам. По Y-координате шаг квантования должен совпадать с шагом анодных проволочек, который равен 2 мм. На рис. 6а и б представлены зависимости, полученные путем измерения интенсивности счета в фиксированном канале памяти ЭВМ при смещении узкоколлимированного пучка с шагом 0,25 мм вдоль соответствующей координаты. Эти характеристики указывают на высокую однородность детектора.

На рис.7а и б показаны распределения счета по каналам для X- и Y-координат, полученные при облучении детектора удаленным на расстояние 60 см источником и характеризующие его однородность. Увеличение счета в центре относительно краев обусловлено недостаточным удалением источника от детектора. Максимальная неоднородность составляет величину +3%.

На рис. 8 и 9 приведены аналогичные распределения по X- и Y-координатам, измеренные с помощью ЭВМ.

Увеличение чувствительной площади детектора позволило улучшить угловое разрешение прибора при сохранении телесного угла установки.

Основные параметры детектора даны в таблице.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Создан автоматизированный рентгеновский двумерный детектор, обеспечивающий высокую угловую точность по обеим координатам. Детектор имеет высокую однородность ширины канала по всей площади. Суммарное мертвое время детектора ~0,6 мкс позволяет проводить исследования с загрузкой до $4 \cdot 10^5$ соб./с.

Автономная инкрементируемая память емкостью 64 К 16-разрядных слов в электронике регистрации и обработки данных дает возможность ускорить процесс накопления информации и существенно снижает требования к ЭВМ.

Авторы благодарят доктора физико-математических наук Д.М.Хейкера за полезные обсуждения и интерес к работе.

Авторы выражают признательность Р.М.Базловой, В.А.Белякову, Н.П.Волкову, М.Н.Михайловой, А.Е.Московскому, Н.Н.Тиханчеву, Ю.Г.Федулову за помощь в работе.

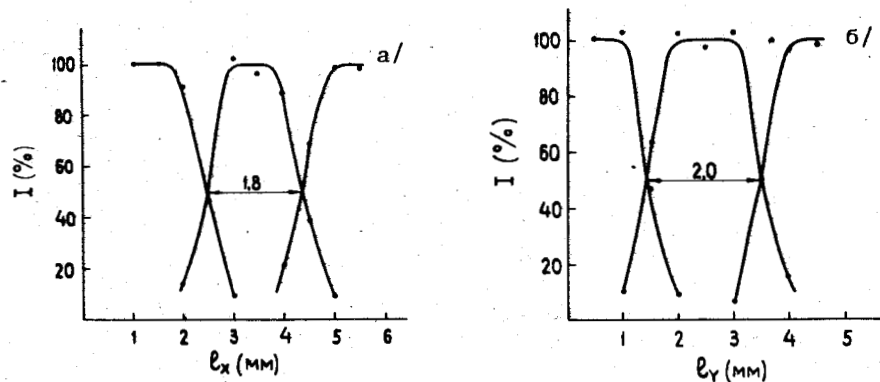


Рис.6. Зависимость скорости счета в фиксированном канале памяти ЭВМ от смещения узкоколлимированного пучка вдоль X /а/- и Y /б/-координаты.

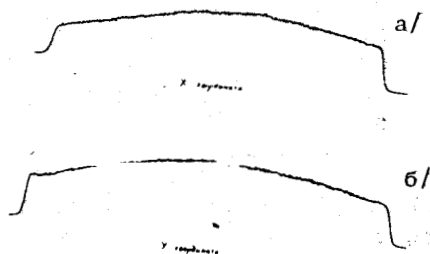


Рис.7. Распределение счета по каналам для X /а/- и Y /б/- координат, полученное с помощью анализатора при облучении детектора удаленным на расстояние 60 см источником.

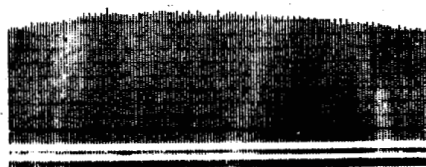


Рис.8. Гистограмма по X-координате, полученная с помощью ЭВМ.

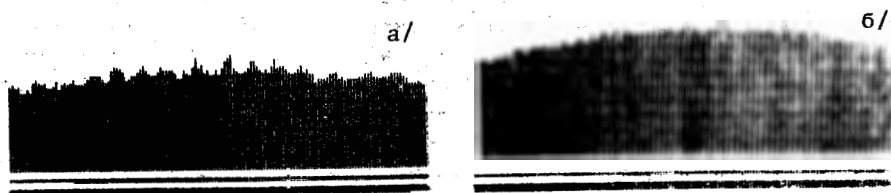


Рис.9. Гистограммы по Y - координате, полученные с помощью ЭВМ, при шаге квантования 2,2 мм /кан./ /а/ и 2,0 мм /кан./ /б/.

ЛИТЕРАТУРА

1. Anisimov Yu.S. et al. Nucl. Instr. and Meth., 1981, 179, p. 503.
2. Анисимов Ю.С., и др. Кристаллография, 1981, 26, №6, с.1305.
3. Andrianova M.E. et al. J.Appl.Cryst., 1982, 15, p. 626.
4. Заневский Ю.В. и др. АМРА, 1983, №31, с. 37.
5. Заневский Ю.В. и др. ОИЯИ, Р13-83-121, Дубна, 1983.
6. Иванов А.Б., Чан Хью Дао. ОИЯИ, 13-84-584, Дубна, 1984.
7. Иванов А.Б., Черненко С.П. ОИЯИ, Р10-83-370, Дубна, 1983.
8. Иванов А.Б., Черненко С.П., Шкваржил Я. ОИЯИ, Р10-83-383, Дубна, 1983.

Рукопись поступила в издательский отдел
14 февраля 1985 года.

СООБЩЕНИЯ, КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ, ПРЕПРИНТЫ И СБОРНИКИ ТРУДОВ КОНФЕРЕНЦИЙ, ИЗДАВАЕМЫЕ ОБЪЕДИНЕННЫМ ИНСТИТУТОМ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ, ЯВЛЯЮТСЯ ОФИЦИАЛЬНЫМИ ПУБЛИКАЦИЯМИ.

Ссылки на СООБЩЕНИЯ и ПРЕПРИНТЫ ОИЯИ должны содержать следующие элементы:

- фамилии и инициалы авторов,
- сокращенное название Института /ОИЯИ/ и индекс публикации,
- место издания /Дубна/,
- год издания,
- номер страницы /при необходимости/.

Пример:

1. Первушин В.Н. и др. ОИЯИ, P2-84-649, Дубна, 1984.

Ссылки на конкретную СТАТЬЮ, помещенную в сборнике, должны содержать:

- фамилии и инициалы авторов,
- заглавие сборника, перед которым приводятся сокращенные слова: "В кн."
- сокращенное название Института /ОИЯИ/ и индекс издания,
- место издания /Дубна/,
- год издания,
- номер страницы.

Пример:

Колпаков И.Ф. В кн. XI Международный симпозиум по ядерной электронике, ОИЯИ, Д13-84-53, Дубна, 1984, с.26.

Савин И.А., Смирнов Г.И. В сб. "Краткие сообщения ОИЯИ", № 2-84, Дубна, 1984, с.3.

Анисимов Ю.С. и др.

18-85-101

Автоматизированный рентгеновский детектор с высокой однородностью ширины канала и улучшенным угловым разрешением для дифракционных экспериментов

Приведены основные параметры двумерного рентгеновского детектора, созданного на базе плоской многопроволочной пропорциональной камеры размером $460 \times 460 \text{ мм}^2$. Съем координатной информации осуществляется с помощью быстрых линий задержки. Детектор предназначен для исследований структуры макромолекулярных монокристаллов, фазовых превращений в монокристаллах, текстур, жидких кристаллов и т.п., где требуется цифровая регистрация двумерной дифракционной картины с высоким пространственным разрешением и большой производительностью. Новый детектор обеспечивает хорошую однородность параметров по чувствительной площади, имеет более совершенное устройство визуализации дифракционной картины и может функционировать на линии с микро-ЭВМ.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1985.

Перевод авторов.

Anisimov Yu.S.

18-85-101

Automatic X-Ray Detector with High Uniformity of Channel Width and High Angular Resolution for Diffraction Experiments

Basic parameters of the two-dimensional X ray detector constructed using a flat $460 \times 460 \text{ mm}^2$ MWPC are presented. Coordinate information is read out by means of fast delay lines. The detector is used to study the structure of macromolecular single crystals phase transformations in single crystals, textures, liquid crystals and so on where the digital detection of a two-dimensional diffraction picture is required with high spatial resolution and large efficiency. The new detector provides good uniformity of the parameters over the sensitive area. It has a more advanced device of visualization of the diffraction picture and can operate on-line with a micro-computer.

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

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1985.