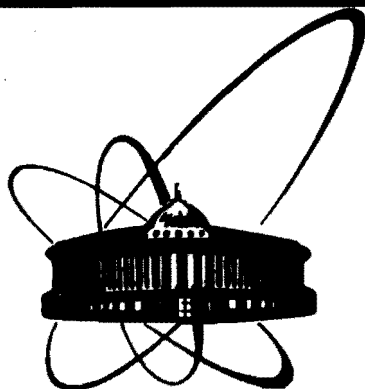


87-632



**СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА**

13-87-632

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

**ДВУМЕРНЫЙ АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ
РЕНТГЕНОВСКИЙ ДЕТЕКТОР АРД-3
НА ЛИНИИ С МИКРОЗВМ**

1987

1. ВВЕДЕНИЕ

В Лаборатории высоких энергий Объединенного института ядерных исследований на основе плоских пропорциональных камер создан ряд двумерных автоматизированных рентгеновских детекторов, предназначенных для регистрации дифракционной картины от монокристаллов макромолекул^{/1-3/}. Параллельное измерение интенсивности одновременно возникающих дифрагированных лучей в случае монокристаллов с большими периодами решетки приводит к значительному ускорению эксперимента по сравнению с одноканальными дифрактометрами и к уменьшению дозы облучения образца. Это позволяет исследовать с высоким разрешением атомную структуру белков с большими молекулярными массами, нестабильных белковых комплексов, а также уменьшать число необходимых для исследования образцов и их величину. На основе автоматизированного рентгеновского детектора АРД-1 в Институте кристаллографии АН СССР создан рентгеновский дифрактометр, позволивший сократить время проведения дифракционных экспериментов в 50 раз по сравнению с одноканальным дифрактометром^{/4-6/}. К настоящему времени завершена съемка 40 монокристаллов белков /с молекулярным весом до 200 тыс./, в том числе радиационно-нестойких^{/7/}.

Ускорение съемки и соответствующее снижение дозы пропорционально эффективности регистрации и числу одновременно измеряемых отражений. Заметим, что максимальное число измеряемых отражений равно квадрату отношения количества каналов на диаметре детектора к размерам области, занимаемой регистрируемым дифрагированным пучком. Основным недостатком в дифрактометре с плоской пропорциональной камерой является ухудшение углового разрешения при косом падении дифрагированных лучей. Влияние этого отрицательного фактора можно ослабить увеличением поперечных размеров детектора при сохранении эффективной толщины. С этой целью в ранее созданном рентгеновском детекторе АРД-2 использована пропорциональная камера с чувствительной площадью $460 \times 460 \text{ мм}^2$ при эффективной толщине 10 мм. Такое решение позволило поднять производительность созданного на его основе дифрактометра в $\sim 1,2$ раза^{/3/} по сравнению с дифрактометром на основе АРД-1. Основной особенностью детектора АРД-3 является достигнутая высокая однородность каналов регистрации

дифракционной картины, что расширяет область его применения. Детектор АРД-3 работает на линии с микроЭВМ ДВК и включает комплекс программ, обеспечивающих его полное тестирование.

2. МНОГОВОЛОЧНАЯ ПРОПОРЦИОНАЛЬНАЯ КАМЕРА

Детектором мягкого рентгеновского излучения является плоская многопроволочная пропорциональная камера /м.п.к./ с двумя дрейфовыми промежутками, имеющая чувствительную область $360 \times 360 \text{ мм}^2$ при эффективной толщине 10 мм. Координатная информация снимается с помощью ЛЗ с погонной задержкой $\sim 1,5 \text{ нс/мм}$. При этом число электронных регистрирующих трактов для одной координаты минимально и равно двум: X_1, X_2 и Y_1, Y_2 соответственно. Использование ЛЗ приводит к увеличению разрешающего времени детектора до величины $\approx T_{ЛЗ} / T_{ЛЗ}$ - максимальное время прохождения сигнала через ЛЗ/. Величиной $T_{ЛЗ}$ определяется число теряемых событий $/\Delta n/$, оцениваемых как $\Delta n = 2T_{ЛЗ} \cdot n_0$, и задается верхняя граница скорости счета n_0 . Анодный сигнал используется для амплитудного анализа. Камера продувается газовой смесью $\text{Xe} + 20\% \text{CH}_4 + 3\% \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ со скоростью $2 \div 4 \text{ см}^3/\text{мин}$.

Характеристики детектора исследовались с помощью источника γ -квантов ^{55}Fe /5,9 кэВ/. При регистрации узкого пучка γ -квантов энергетическое разрешение м.п.к. равно 20% в любом месте чувствительной площади. При облучении всей площади детектора энергетическое разрешение ухудшается до 30% из-за разброса коэффициентов газового усиления. Собственное пространственное разрешение детектора в области рабочих напряжений $\sim 1 \text{ мм}$ /полуширина на полувысоте/. Шумы м.п.к. составляют 300 с^{-1} со всей ее чувствительной площади. Эффективность регистрации излучения CuK_α детектором 70%.

3. ЭЛЕКТРОННАЯ АППАРАТУРА

Электронная аппаратура /рис.1/ включает блоки съема информации, систему регистрации и обработки данных, запоминающее устройство, блок связи с микроЭВМ и цветной телевизионный дисплей. Электронная аппаратура размещена в двух кейтах КАМАК, предусилители^{/8/} расположены непосредственно в боксе детектора. Сигналы с усилителей поступают на дискриминаторы, осуществляющие их временную привязку. Поскольку съем сигналов производится с двух концов ЛЗ, для правильной работы в канал "стоп" включен радиочастотный кабель, обеспечивающий задержку, равную $T_{ЛЗ}$. При этом спектр кодируемых временных ин-

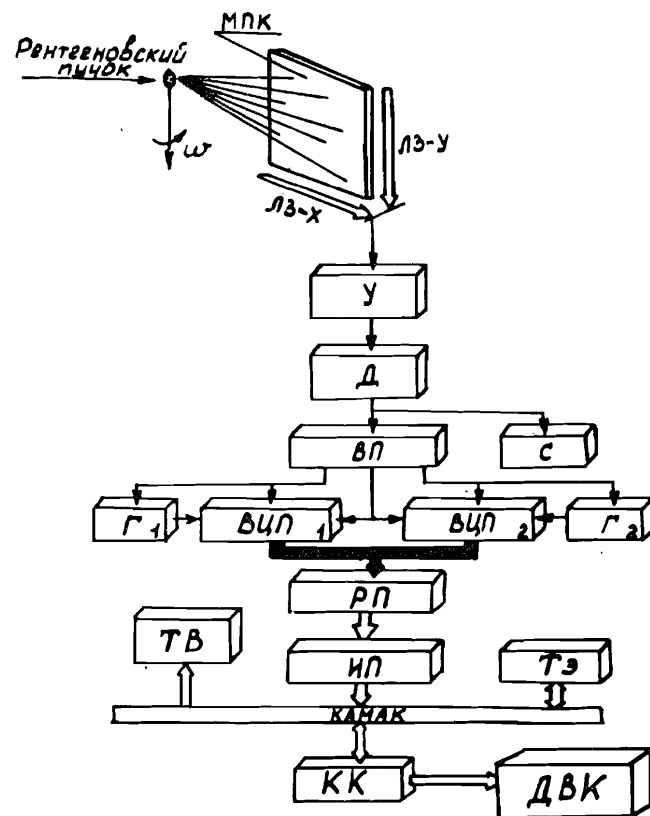


Рис.1. Блок-схема электронной аппаратуры. У - усилители, Д - дискриминаторы, ВП - временной процессор, С - счетчик импульсов, Г - запускаемый генератор, ВЦП - времяцифровой преобразователь, РП - разравнивающая память, ТВ - телевизионный дисплей, ИП - инкрементуемая память, Тэ - блок задания времени экспозиции, КК - контроллер кейта КАМАК.

тервалов увеличивается вдвое. Для исключения дополнительных потерь событий в аппаратуре используется по два быстрых /типа хронотрон/ времяцифровых преобразователя на каждую координату^{/9/}. Временной процессор, обеспечивающий регистрацию одного и только одного импульса в каждом из регистрирующих трактов за время $T_{ЛЗ}$, производит также при больших нагрузках переключение данных с ЛЗ на один из двух свободных времяцифровых преобразователей^{/10/}.

Отобранная информация поступает по инкрементному каналу в блок гистограммируемой памяти емкостью 64К 16-разрядных слов. Каждой из $2^8 \times 2^8 = 64К$ ячеек памяти соответствует элемент площади детектора размером $\Delta x \cdot \Delta y$ мм², где Δx и Δy - шаги квантования по соответствующим координатам. Блок памяти выполнен на интегральных схемах динамического типа с организацией 16Кx1, время инкрементации $\langle \langle xy \rangle \rangle = \langle xy \rangle + 1$ составляет $\langle 3$ мкс. Между времяцифровыми преобразователями и блоком гистограммируемой памяти включена быстродействующая разравнивающая память типа LIFO емкостью 16 слов, которая позволяет сделать регулярным во времени поток данных с детектора и исключить тем самым возможные потери событий из-за конечного $\langle T_{ДЗ} \rangle$ времени цикла инкрементации^{/9/}. Время экспозиции, задаваемое электронным программируемым блоком, устанавливается микроЭВМ по команде оператора в диапазоне от долей секунды до нескольких суток. По окончании набора данные передаются в микроЭВМ для обработки в режиме блочного обмена по каналу прямого доступа; время передачи одного слова ~ 7 мкс.

3. ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС

В качестве микроЭВМ используется диалоговый вычислительный комплекс ДВК-2 с накопителем на гибких магнитных дисках и термомпечатью, объем оперативной памяти 32Кслов. Обработанная информация выводится на экран цветного телевизионного дисплея, позволяющего отображать 256x512 точек и 8 цветов. Анализируемая на дисплее информация содержит двумерное накопленное изображение размером 256x256 точек, гистограмму выбранного сечения и таблицы статистического обсчета выбранных по желанию трех зон сечения. Для удобства оператору предоставляются программно управляемые маркеры /рис.2/.

4. ОДНОРОДНОСТЬ ШИРИНЫ КАНАЛА ДЕТЕКТОРА

Несовпадение шага намотки анодной плоскости МПК с шагом электронного квантования временных интервалов по координате y , ортогональной направлению анодных проволок, приводит к неоднородности ширины каналов детектора^{/6/}. При съемке монокристаллов макромолекул это обстоятельство не сказывалось на результатах измерений^{/5/}, однако в ряде других задач требуется высокая однородность всех каналов регистрации по площади детектора. С этой целью в детекторе АРД-3 использован термокомпенсированный запускаемый генератор тактовых импуль-

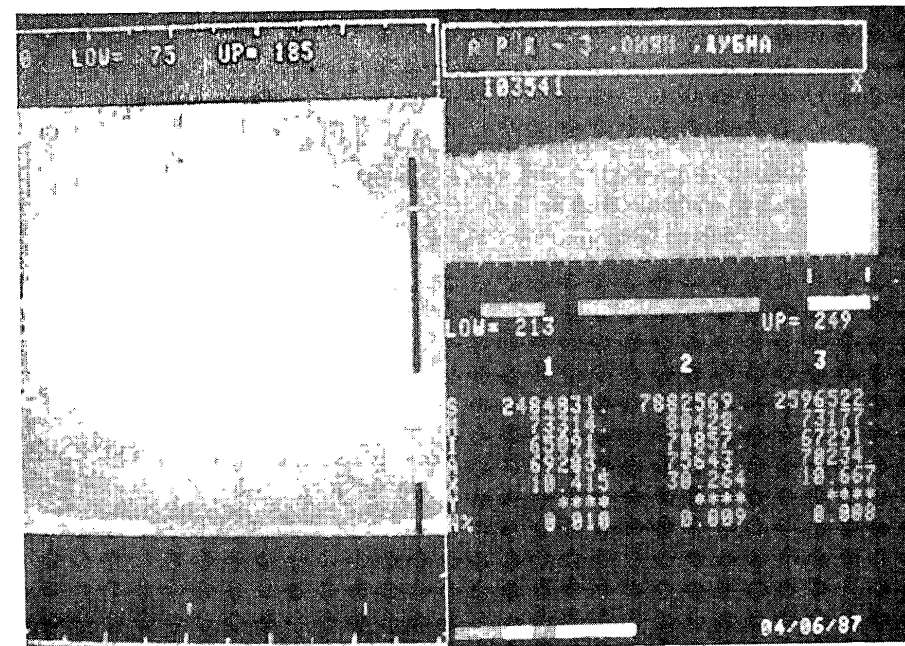


Рис.2. Снимок с экрана телевизионного дисплея. Обрабатывается картина, полученная при засветке пропорциональной камеры удаленным источником ⁵⁵Fe; бочкообразность гистограммы /справа/ обусловлена недостаточным удалением источника от плоскости детектора.

сов $\langle f \rangle \approx 100$ МГц/ с задержанной обратной связью. Частота генератора легко варьируется, чем добиваются равенства шага намотки анодной плоскости и шага квантования по координате y /по исчезновению "биений" на гистограмме/. Затем по установленной частоте регулируется интерполятор времяцифрового преобразователя. Таким образом, можно оперативно получить среднеквадратичную однородность каналов $\delta \leq 1\%$, где

$$\delta = \frac{1}{N} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^K (N_i - \bar{N})^2}{R - 1}}, \text{ а } N_i - \text{отсчет в } i\text{-м канале.}$$

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Создан автоматизированный рентгеновский детектор АРД-3, обеспечивающий высокую производительность дифрактометра при съемке монокристаллов белков. Высокая однородность ширины ка-

нала по всей площади позволяет улучшить точность измерений и расширить область применения детектора. Детектор работает на линии с микроЭВМ и имеет программное обеспечение, необходимое для полной отладки. Детектор имеет эффективность регистрации 70% для CuK_{α} , чувствительный объем $360 \times 340 \times 10 \text{ мм}^3$, предельную скорость счета 250 кГц при потерях < 30%, неоднородность ширины канала $\leq 1\%$. По совокупности характеристик детектор АРД-3 превосходит подобные разработки /11,12/, а по значению однородности ширины канала - ранее созданный детектор АРД-2/3/.

Авторы благодарят А.А.Евграфова, В.М.Шульмейстера, Б.А.Гальперина за полезные обсуждения и 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.

ЛИТЕРАТУРА

1. Anisimov Yu.S. et al. - Nucl.Instr.and Meth., 1981, v.179, p.503.
2. Анисимов Ю.С. и др. - Кристаллография, 1981, т.26, № 6, с.1305.
3. Анисимов Ю.С. и др. - ПТЭ, 1986, № 4, с.60.
4. Andrianova M.E. et al. - J.Appl.Cryst., 1982, v.15, p.626.
5. Занёвский Ю.В. и др. Препринт ОИЯИ, P13-83-121, Дубна, 1983.
6. Заневский Ю.В. и др. - Аппаратуры и методы рентгеновского анализа, 1983, № 31, с.37.
7. Андрианова М.Е., Заневский Ю.В., Иванов А.Б. - В сб.: Краткие сообщения ОИЯИ, № 13-85, Дубна, ОИЯИ, с.41.
8. Иванов А.Б., Чан Хью Дао. Сообщение ОИЯИ, 13-84-584, Дубна, 1984.
9. Иванов А.Б., Черненко С.П. Сообщение ОИЯИ, P10-83-370, Дубна, 1983.
10. Иванов А.Б., Черненко С.П., Шкваржил Я. Сообщение ОИЯИ, P10-83-383, Дубна, 1983.
11. Hamlin R. et al. - J.Appl.Cryst., 1982, v.15, p.626.
12. Мокульская Т.Д. и др. - Кристаллография, 1982, т.27, № 4, с.775.

Рукопись поступила в издательский отдел
12 августа 1987 года.

НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

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

Д7-83-644	Труды Международной школы-семинара по физике тяжелых ионов. Алушта, 1983.	6 р.55 к.
Д2,13-83-689	Труды рабочего совещания по проблемам излучения и детектирования гравитационных волн. Дубна, 1983.	2 р.00 к.
Д13-84-63	Труды XI Международного симпозиума по ядерной электронике. Братислава, Чехословакия, 1983.	4 р.50 к.
Д2-84-366	Труды 7 Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1984.	4 р.30 к.
Д1,2-84-599	Труды VII Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1984.	5 р.50 к.
Д10,11-84-818	Труды V Международного совещания по проблемам математического моделирования, программирования и математическим методам решения физических задач. Дубна, 1983.	3 р.50 к.
Д17-84-850	Труды III Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1984. /2 тома/	7 р.75 к.
Д11-85-791	Труды Международного совещания по аналитическим вычислениям на ЭВМ и их применению в теоретической физике. Дубна, 1985.	4 р.00 к.
Д13-85-793	Труды XII Международного симпозиума по ядерной электронике. Дубна, 1985.	4 р.80 к.
Д4-85-851	Труды Международной школы по структуре ядра. Алушта, 1985.	3 р.75 к.
Д3,4,17-86-747	Труды V Международной школы по нейтронной физике. Алушта, 1986.	4 р.50 к.
	Труды IX Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1984. /2 тома/	13 р.50 к.
Д1,2-86-668	Труды VIII Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1986. /2 тома/	7 р.35 к.
Д9-87-105	Труды X Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1986. /2 тома/	13 р.45 к.
Д7-87-68	Труды Международной школы-семинара по физике тяжелых ионов. Дубна, 1986	7 р.10 к.
Д2-87-123	Труды Совещания "Репормгруппа-86". Дубна, 1986	4 р.45 к.

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

**ТЕМАТИЧЕСКИЕ КАТЕГОРИИ ПУБЛИКАЦИЙ
ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ**

Индекс	Тематика
1.	Экспериментальная физика высоких энергий
2.	Теоретическая физика высоких энергий
3.	Экспериментальная нейтронная физика
4.	Теоретическая физика низких энергий
5.	Математика
6.	Ядерная спектроскопия и радиохимия
7.	Физика тяжелых ионов
8.	Криогеника
9.	Ускорители
10.	Автоматизация обработки экспериментальных данных
11.	Вычислительная математика и техника
12.	Химия
13.	Техника физического эксперимента
14.	Исследования твердых тел и жидкостей ядерными методами
15.	Экспериментальная физика ядерных реакций при низких энергиях
16.	Дозиметрия и физика защиты
17.	Теория конденсированного состояния
18.	Использование результатов и методов фундаментальных физических исследований в смежных областях науки и техники
19.	Биофизика

Анисимов Ю.С. и др.

13-87-632

Двумерный автоматизированный рентгеновский детектор АРД-3 на линии с микроЭВМ

Для рентгеноструктурного исследования разработан двумерный автоматизированный рентгеновский детектор АРД-3, работающий на линии с микроЭВМ. Детектор создан на основе пропорциональной камеры размером 360x360 мм². В сравнении с аналогичными детекторами АРД-3 имеет высокую однородность каналов регистрации дифракционной картины /менее 1%/, что расширяет область его возможного применения.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1987

Перевод авторов

Anisimov Yu.S. et al.

13-87-632

Two-Dimensional Automation X-Ray Detector
ARD-3 on-Line with a Microcomputer

A two-dimensional automation X-ray detector ARD-3 operating on-line with a microcomputer has been developed for protein diffraction studies. The detector is based on a 360x360 mm² proportional chamber. In comparison with similar detectors, ARD-3 possesses high uniformity of the registration channels of a diffraction picture (< 1%) which allows the field of its possible applications to be widened.

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

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1987