

A-182

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

13-95-85

На правах рукописи
УДК 539.1.07.073

АВАРЗАД
Онолтын

МЕТОДЫ И АППАРАТУРА
ПРИЕМА И ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ
В НЕЙТРОННОЙ РАДИОГРАФИИ ПО ВРЕМЕНИ
ПРОЛЕТА НА ИМПУЛЬСНОМ РЕАКТОРЕ ИБР-2

Специальность: 01.04.01 — техника физического
эксперимента, физика приборов,
автоматизация физических исследований

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Дубна 1995

Работа выполнена в Лаборатории нейтронной физики им. И.М.Франка Объединенного института ядерных исследований.

Научный руководитель:

кандидат технических наук,
старший научный сотрудник

Тишин В.Г.

Официальные оппоненты:

доктор технических наук,
профессор

Цупко-Ситников В.М.

кандидат физико-математических наук,
старший научный сотрудник

Григорьев Ю.В.

Ведущая организация:

Физический институт им. П.Н.Лебедева Российской Академии наук, г. Москва.

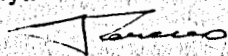
Защита диссертации состоится "_____" _____ 1995 года на заседании Специализированного совета Д 047. 01. 05. при Лаборатории нейтронной физики им. И.М.Франка и Лаборатории ядерных реакций им. Г.Н.Флерова Объединенного института ядерных исследований, г. Дубна, Московская область.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ОИЯИ.

Автореферат разослан "_____" _____ 1995 года.

Ученый секретарь специализированного совета,
кандидат физико-математических наук

Полеко А.Г.



ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Актуальность темы. Системы регистрации и визуализации видеоданных совместно с цифровой обработкой изображений приобретают большую актуальность при решении широкого класса задач, связанных с изучением динамики, геометрии объектов и т. п..

Благодаря существенному прогрессу в освоении цифрового телевидения, позиционно-чувствительных фотоприемников (супервидиконны, приборы с зарядовой связью) в 80-е годы начали бурно развиваться телевизионные методы измерений в различных областях науки и техники, в частности, в физике высоких энергий, для определения параметров пучков заряженных частиц, калориметрических измерений, регистрации треков частиц и обработки экспериментальных результатов.

Регистрация информации в виде "изображения", содержащего важную информацию об исследуемом объекте, явлении или процессе все чаще применяется в ядернофизических экспериментах, наряду с традиционной многоканальной регистрацией экспериментальных данных.

В системе автоматизации физического эксперимента регистрация изображений в динамической нейтронной радиографии занимает особое место. Это связано, с одной стороны, с актуальностью задачи, а с другой стороны, с трудностью создания таких устройств на основе современной элементной базы.

Хотя и известен ряд систем обработки изображений, они не приспособлены для решения специфических задач, в частности, для приема и анализа изображений в динамической нейтронной радиографии на пучках тепловых нейтронов импульсного реактора ИБР-2.

Это заставляет искать оригинальные схемные решения, позволяющие на основе существующей элементной базы создавать приборы и аппаратуру для регистрации изображений однократных и быстропотекающих процессов в образцах под действием тепловых нейтронов импульсного реактора.

Успехи экспериментальной ядерной физики неразрывно связаны

с развитием техники эксперимента и методов регистрации частиц. Как правило, это развитие происходит по двум направлениям: первое - усовершенствование традиционных методов регистрации частиц и второе - поиск новых принципов и методов регистрации частиц. С точки зрения второго направления практический интерес представляет разработанный в последние годы метод съема изображений с помощью фотоприемной камеры.

Поэтому изучается возможность передачи информации от ТВ-датчика изображений (камеры) непосредственно в память ПЭВМ с помощью видеоинтерфейса, позволяющего произвести запись полученной от датчика информации в оперативную или внешнюю память. Кроме того, не менее актуальной задачей является разработка и создание интерфейсов, на базе которых можно создавать сравнительно простые и дешевые измерительные системы для ряда экспериментов без применения модулей КАМАК. В диссертации представлено оригинальное решение этой задачи.

Целью работы являлась разработка электронной аппаратуры для решения экспериментальных физических задач методами преобразования видимого изображения в цифровые массивы с последующей обработкой их на ПЭВМ для съема изображений в нейтронной радиографии, для изучения динамики быстрого изменения оптического изображения радиографии с использованием время-пролетной методики, для автоматизации процесса измерения и обработки изображений диэлектрических трековых детекторов.

Научная новизна работы заключается в следующем:

-разработана с определяющим участием автора система "Технического зрения" на базе ПЭВМ IBM PC и аппаратуры КАМАК;

-разработан видеокодер, позволяющий:

а) кодировать видеосигнал на 8 равномерных градаций между двумя управляемыми уровнями от ПЭВМ с помощью внешних ЦАП-ов с целью уменьшения общего объема цифровой информации;

б) дистанционно управлять механизмами приводов ТВ-камеры, в том числе аппаратно-программной автофокусировкой;

в) непрерывно наблюдать упрощенное динамическое изображение, восстанавливаемое с помощью быстродействующего цифроаналогового преобразователя.

-впервые разработан многофункциональный универсальный

видеомодуль FRAMEGRABBER на элементной базе, выпускаемой в России, также разработан высокоскоростной интерфейс пакетного ввода и вывода, в котором имеется оригинальный способ синхронизации с внешним синхросигналом, в частности, с реакторным стартовым сигналом.

-разработан видеопреобразователь на основе фотоприемной матрицы K1200CM7 и интерфейс связи видеопреобразователя с ПЭВМ IBM PC XT/AT.

Практическая ценность работы состоит в том, что на основе разработанных автором специализированных видеомодулей созданы измерительные системы для съема и анализа статистических и динамических данных нейтронной радиографии на пучке импульсного реактора ИБР-2. Разработана методика проведения радиографических измерений и алгоритм синхронной работы комплексов и последующего цифрового анализа исследуемого процесса. Сравнивая разработанную методику с наиболее часто используемым методом получения радиограмм с помощью конвертора в сочетании с фотопленкой, можно сделать вывод, что оба метода дают близкий результат. Цифровые способы обработки изображений позволяют повышать качество и информативность метода. В настоящее время разработаны несколько типов интерфейсов для ПЭВМ IBM PC XT/AT, отличающиеся друг от друга способом организации и характеристиками: модуль FRAME GRABBER и высокоскоростной модуль пакетного ввода и вывода изображений, интерфейс ввода и обработки изображений с помощью видеопреобразователя на основе ПЗС-матрицы.

Апробация. Основные результаты диссертационной работы опубликованы в виде сообщений ОИЯИ, докладывались на семинарах ЛНФ, докладывались и обсуждались на XIII (Варна, 1988г., Болгария), XIV (Варшава, 1990г., Польша), XVI (Варна, 1994г., Болгария) Международных симпозиумах по ядерной электронике и на 17th International Conference on Nuclear tracks in Solids (Дубна, 1994г., Российская федерация).

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы. Работа изложена на 93 страницах, включает 30 рисунков и 5 таблиц. Список литературы насчитывает 88 наименований.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы, сформулированы ее цели и научная новизна работы и обоснована ее практическая ценность. Дано краткое изложение содержания диссертации по главам.

В первой главе рассматриваются аппаратные возможности технических средств, примененные в разработке системы на основе ПЭВМ IBM PC XT/AT, позволяющей осуществить оперативный ввод полутоновых изображений в режиме реального времени: основные возможности и некоторые характеристики ПЭВМ фирмы IBM, особенности ПЭВМ с микропроцессором I80386, 486 и системными шинами XT, AT, EISA, и MSA; организация видеосистем и обмен данными по магистрали; разные виды видеодатчиков и радиационные эффекты, влияющие на работу этих датчиков.

Для успешного проектирования систем технического зрения первостепенное значение имеет подробное знание многих характеристик применяемых фотоприемников. Фотоприемники подвергаются специальным исследованиям с целью выбора наиболее подходящих для решения конкретных, например, ядернофизических задач. Важными оказываются не только спектральные и временные характеристики, но характеристики чувствительности по строкам и кадрам. В зависимости от важности той или иной снимаемой информации фотоприемник должен быть соответствующим образом ориентирован. Даны относительная спектральная характеристика для видикона ЛИ-441 и фотоприемной матрицы K1200ЦМ2, и характеристика разрешающей способности ПЗС по строке и для столбца. Изучение возможности технических средств имеет практическое значение при оптимизации их выбора с учетом требований к разрабатываемым системам.

Во второй главе описывается система технического зрения (СТЗ) для решения экспериментальных физических задач методами преобразования видимого изображения в цифровые массивы с последующей обработкой их на ПЭВМ, совместимого с IBM PC XT, и представлена архитектура аппаратных и программных средств данной системы, реализованных на блоках КАМАК (рис. 1).

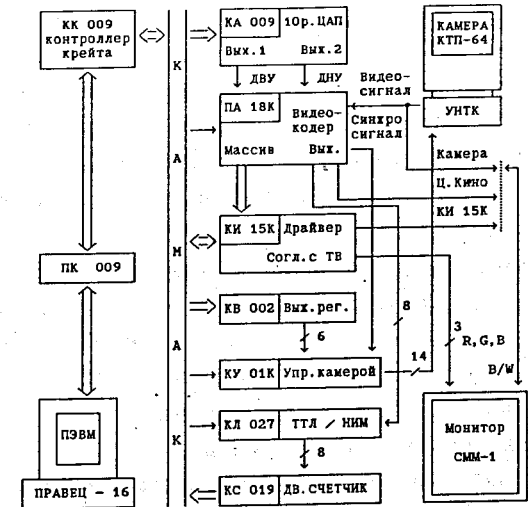


Рис. 1. Блок-схема СТЗ.

В системе предусмотрены ручной и автоматический режимы работы. При автоматическом управлении, после того как по команд была произведена запись кадра в буферную память КИ-15К, программа считывает показания с 8 счетчиков КС-019, содержимое которых распределяется следующим образом: число всех черных точек в кадре на первом счетчике, белых - на втором, число разных, кроме нулевых и максимальных, величин перепадов яркостей соседних в строке точек изображения кадра на счетчиках с третьего по восьмой, а потом производится программный экспресс анализ этих данных для оценки правильности выбора верхнего и нижнего уровней квантования и фокусируемости камеры соответственно с требованием конкретного применения.

К наиболее важным и оригинальным техническим решениям можно отнести следующие:

а) Схема для синхронизации и дистанционного управления механизмами приводов ТВ - камеры прикладного назначения КТП-64 в ручном и автоматическом режимах; позволяет выполнить следующие действия: поворот камеры "влево", "вправо", наклон зеркала "вверх", "вниз", фокус объектива "ближе" и "дальше".

б) Разработка видеокодера ПА-18К, в котором, в отличие от традиционного кодирования всего видеосигнала амплитудой приблизительно 1В на сколько-то уровней, например, 256(8 разрядов), применяется другой способ преобразования аналогового ТВ-сигнала в цифровой код, заключающийся в том, что кодирование производится только на 8 равномерных градаций(3 разряда), между двумя управляемыми опорными уровнями, условно принимаемыми за уровень "белого" и уровень "черного". Такой способ кодирования позволяет системе технического зрения иметь существенно меньший общий объем цифровой информации без потери ее полезной части. Малое число градаций позволяет создать не чисто программное, а компактное аппаратно-программное средство скоростного автоматического выбора параметров кодирования, т. е. уровней "белого" и "черного", а также автофокусировки объектива ТВ -камеры.

в) Другая часть аппаратно-программных средств может обеспечить распределение перепадов яркостей между соседними точками изображения, которое отражает расфокусированность или сфокусированность объектива ТВ-камеры. При расфокусированности число больших перепадов уменьшается, так как уменьшается контрастность изображения. Указанные особенности примененной аппаратуры позволяют создавать высокоскоростные автоматические СТЗ.

г) Кодирование видеосигнала осуществляется между двумя управляемыми уровнями: уровнем "черного"(ДНУ) и уровнем "белого"(ДВУ). Управление этими уровнями от ЭВМ с использованием внешних ЦАП-ов является основным, в то время как ручное управление применяется в процессе контроля аппаратуры. Причем, следует заметить, что разрядность ЦАП-ов должна быть не менее 10-12 разрядов. Такая высокая точность задания пороговых уровней оправдана опытом практического использования видеокодера для оцифровки реальных изображений.

д) Видеокодер после оцифровки АЦП обеспечивает возможность непрерывного наблюдения упрощенного динамического изображения сигнала телекамеры, восстановленного с помощью быстродействующего цифроаналогового преобразователя. Это изображение содержит меньшее число градации яркости, только три: белую,

серую и черную. Белая градация соответствует сигналам, превышающим ДВУ, черная - сигналам, не достигающим уровня ДНУ, и серая-сигналам, большим ДНУ и меньшим ДВУ(это динамическое изображение названо "цифровым кино"). Такой вид обедненной информации оказывается наиболее удобным для настройки уровней ДВУ и ДНУ с тем, чтобы лучше выделить полезную часть видеoinформации, поступающей с телекамеры.

В третьей главе описаны устройство динамической памяти и его режимы работы, особенности организации кадровой памяти для видеointерфейса связи с шиной ПЭВМ типа IBM PC XT/AT.

Представлены разработанные автором интерфейс FRAME GRABBER FG-PC и интерфейсная плата пакетного ввода и вывода FFG-PC на базе ПЭВМ IBM PC XT/AT для автоматической регистрации и анализа статических и динамических данных, снимающихся с помощью видеокамеры на пучке реактора.

Функциональная схема видеомодуля FG-PC приведена на рис.2, а выполняемые видеомодулем функции приведены в таблице 1.

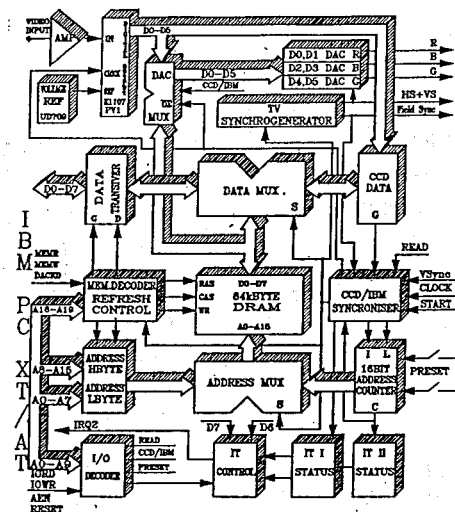


Рис. 2. Функциональная схема видеомодуля FG-PC

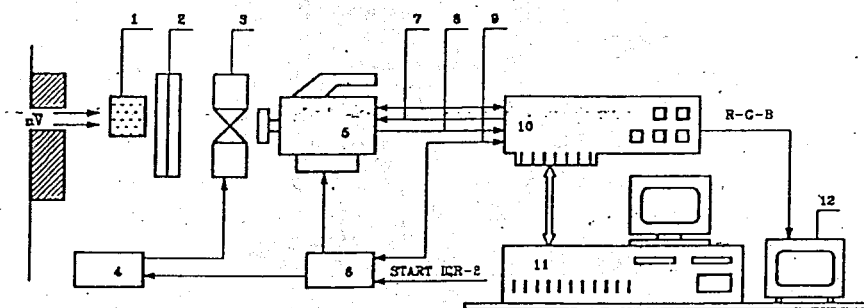
Аппаратура разработана для использования в статической и динамической радиографии на пучках тепловых и резонансных нейтронов с использованием время-пролетной методики. В ка-

честве детекторов изображения используются конверторы из ZnS(Ag) с добавкой до 10% от его массы ^6LiF . Световое изобра-

Таблица 1

Функция	Порт	Разряды		Прерывание	Разряды	
		D0	D1		D6	D7
Запись: 1. По кадровому синхросигналу 2. По внешнему сигналу	300		0			
	300		1			
Начало записи Конец записи				IRQ-2	1	0
				IRQ-2	0	1
Индикация: 1. Динамическое изображение 2. Статическое изображение	301	0				
	301	1				

жение конвертора просматривается видеокамерой с супервидикомом ЛИ-702. Полученное световое изображение детектора формируется на мишени супервидикона видеокамеры, перед которой стоит электрофотозатвор, управляющий прохождением света в нужное для эксперимента время. Видеосигнал данного кадра, преобразованный на АЦП K1107ПВ1 в шестиразрядный цифровой код, записывается в буфер кадра на 256x 256 точек, который



- | | |
|---------------------------|----------------------------|
| 1-образец | 7-синхросигналы |
| 2-люминофор | 8-видеосигнал |
| 3-электрофотозатвор | 9-старт реактора |
| 4-управления фотозатвором | 10-расширенный видеомодуль |
| 5-видеокамера | 11-IBM PC-XT/AT |
| 6-формирователь окон | 12-цветной ТВ монитор |

Рис. 3. Структурная схема радиографической аппаратуры

является расширением на 64 кбайт стандартной динамической

памяти ПЭВМ IBM PC XT/AT, также поступает на формирователь цветного видеосигнала, с которого идет на монитор.

Видеокамера, монитор, АЦП и буфер кадра синхронизированы между собой и со стартом реактора, это необходимо для того чтобы начало оцифровки совпадало с началом открытия фотозатвора. Между стартами нейтронов реактора содержимое буфера переносится на магнитный накопитель ПЭВМ. Цикл повторяется с частотой работы реактора ИБР-2. В дальнейшем обработка видеоданных производится с накопителя ПЭВМ.

Вопрос быстрого запоминания нескольких последовательных кадров представляет экспериментальный интерес для изучения динамики быстрого изменения оптического изображения радиографии после некоторого физического старта быстрого импульсного реактора ИБР-2, когда нужно использовать весь скоростной ресурс аппаратуры и программу, её обслуживающую, с последующей сравнительно медленной ее передачей и обработкой.

Для автоматической скоростной регистрации экспериментальных данных синхронно с циклом источника нейтронов ИБР-2 и хранение их как в однократном, так и многократном режимах архивирования на магнитный накопитель ПЭВМ была разработана интерфейсная плата FFG-PC на основе трехпортовой памяти.

Одной из проблем разработки видеointерфейсных модулей для ПЭВМ является надежная синхронизация всех компонентов системы, что порождает большое число различных способов организации. Синхронизация обмена делится на 2 группы:

- 1) Синхронизация обмена внутреннего цикла;
- 2) Синхронизация обмена внешнего цикла; т. е. настройка цепей обмена для внешних, в данном случае, реакторных циклов.

Синхронизация обмена внутреннего цикла видеомодуля обеспечивается с помощью формирователя управляющих и синхронизирующих сигналов, который имеет два счетчика: адресный и длины записи. Счетчик длины записи доступен для записи в режиме ADC, при переполнении которого происходит автоматическое переключение в режим IBM.

При разработке интерфейса был впервые реализован способ синхронизации видеомодуля с источником нейтронов периодического действия ИБР-2 путем сопряжения ПЭВМ IBM PC с видеока-

мерой, где используется метод стробирования, позволяющий осуществлять оперативный и синхронный с выходом вспышки ввод полутонных изображений.

Принцип метода заключается в том, что оцифровка кадра начинается сразу по приходу сигнала СТАРТ, синхронного с событием. Оцифровка происходит произвольно по отношению к началу кадра телевизионной развертки, начиная с той строки, на которую пришёл сигнал СТАРТ. Строки вводятся до тех пор, пока не будут считаны последовательно все строки в объеме одного целого кадра.

Кроме того, модуль пакетного ввода и вывода изображений по сравнению с другими подобными интерфейсами имеет следующие отличительные черты:

1. Большое разнообразие режимов работы: оцифровка и запись на кадровую память; воспроизведение на монитор; обмен данными (Зп/Чт) с ПЭВМ IBM PC;

2. Высокое быстродействие набора информации: до 10 Мбайт/с;

3. Универсальность: - в отношении режимов работы (однократный и пакетный); - в отношении синхронизации (внешняя и внутренняя); - в отношении типов ПЭВМ (XT/AT и совместимые им) за счет использования быстрых байтовых шин ПЭВМ IBM PC;

4. Оригинальное схемное решение трехпортовой буферной кадровой памяти, позволяющее более эффективно использовать мощности ПЭВМ:

5. Оригинальное схемное решение формирователя управляющих и синхронизирующих импульсов, перестраиваемого с опорной тактовой частотой IBM PC XT/AT, благодаря которого исключаются импульсные высокочастотные помехи и нежелательное влияние вносимой счетчиками задержки, все это особенно важно при разработке АЦП и ЦАП вместе с интерфейсом на одной стандартной плате PC;

6. Схемное решение по разработке простых аналого-цифровых и цифроаналоговых преобразователей.

Данный интерфейс позволяет использование ТВ-камеры для ввода в ПЭВМ необычной информации: изображений на экране осциллографа, например, сложного наносекундного импульса; люминесцирующих поверхностей, нагретых деталей, фрагментов и т.

д.; в других областях, где требуется регистрация светового излучения в однократных быстропротекающих процессах периодическим или случайным внешним синхронизирующим сигналом на любой из семейств ПЭВМ типа IBM PC и им подобных.

В четвертой главе описаны аппаратура и программа, обеспечивающие синхронность обмена внешнего цикла для съема изображений в статической и динамической радиографии в пучках тепловых и резонансных нейтронов с использованием время-пролетной методики.

Описывается программное обеспечение, которое реализует возможности, необходимые для регистрации видеоданных в экспериментах по радиографии на реакторе ИБР-2.

Подробно описанный в этой главе видеопреобразователь на основе фотоприемной матрицы с зарядовой связью построен из трех модулей:

- модуль управления и синхронизации фотоприемной матрицы;
- модуль усиления и обработки выходных сигналов;
- модуль аналого-цифрового преобразователя.

Функциональная схема видеопреобразователя представлена на рис. 4.

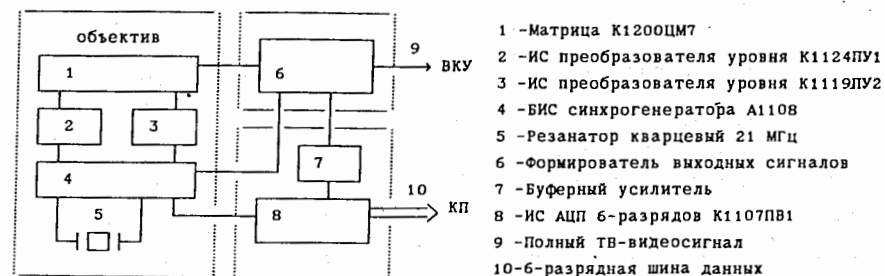


Рис. 4. Функциональная схема видеопреобразователя

Рассматривается видеointерфейс FS-PC для приема и запоминания кодов оцифрованных на видеопреобразователе изображений. Видеointерфейс FS-PC осуществляет связь между видеопреоб-

разователем и шиной IBM PC XT/AT и может служить блоком записи данных в двухпортовую память емкостью 256 кбайт.

На рис. 5. приведена функциональная схема данного интерфейса. Видеоинтерфейс, после включения питания и установки его исходного состояния по команде <reset>, работает как оперативная память в предварительно заданном сегменте памяти ПЭВМ. Команда управляющей программы <read CCD> переключает мультиплексоры данных и адресов двухходовой памяти, видеоинтерфейс начинает принимать внешние данные. Цифровые сигналы преобразователя записываются в память через буфер <CCD data buffer> с помощью счетчика адреса. После записи всех элементов (360x288=103680 точек) ПЗС матрицы счетчик адреса выдает сигнал переполнения <carry> для установки памяти в исходное состояние.

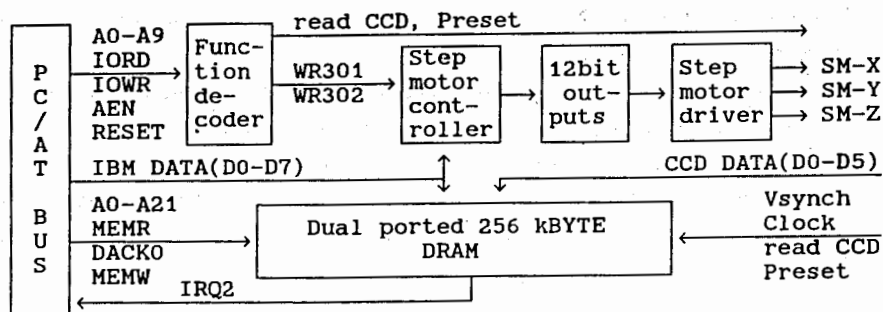


Рис. 5. Функциональная схема видеоинтерфейса ES-PC

Интерфейс имеет возможность управлять шаговыми двигателями. Логика управления основана на декодировании портовых адресов. Блок <function decoder> интерфейса дешифрирует команды записи выходных портов и формирует команды управления. Данные могут быть посланы на порты командой OUT.

Ниже приведены адреса используемых команд:

- <WRITE X> = out & H301, DATA(0-3);
- <WRITE Y> = out & H301, DATA(4-7);
- <WRITE Z> = out & H301, DATA(4-7);

Одним из функциональных блоков интерфейса является 12-раз-

рядный выход <outputs> для дистанционного управления приводами для автоматического перемещения детектора с помощью трех шаговых двигателей "x", "y", "z".

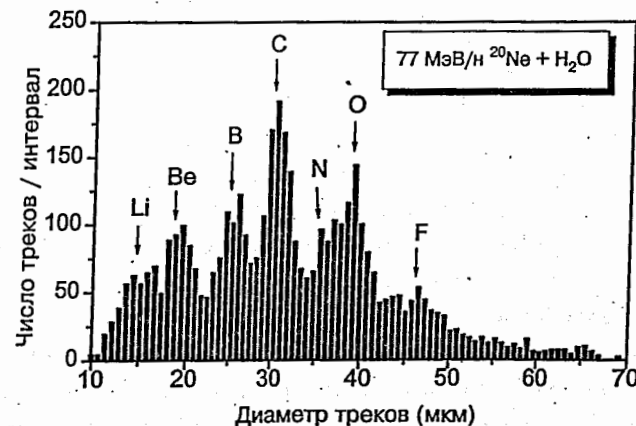


Рис. 6. Спектр диаметров треков, зарегистрированных диэлектрическим детектором CR-39 в реакциях фрагментации пучка ²⁰Ne (E=77 МэВ/н) в воде.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ДИССЕРТАЦИИ

Основные результаты представленной диссертации заключаются в создании аппаратно-программных средств телевизионных методов измерений применительно к динамической радиографии на пучке импульсного реактора ИБР-2 для изучения динамики быстрых процессов переноса легкой и тяжелой воды, водорода, органических жидкостей в различных материалах, в частности, по микротрещинам в цементах и бетонах. В результате были решены следующие задачи:

1. Разработана и создана система технического "зрения" на базе ПЭВМ IBM PC XT/AT и аппаратуры КАМАК для решения экспериментальных физических задач методами преобразования видимого изображения в цифровые массивы с последующей обработкой их на ПЭВМ. С помощью данной системы впервые проводились измерения на пучке биофизического канала реактора ИБР-2. Результаты измерений показали, что их дальнейшее

совершенствование и развитие будет способствовать успешному применению в ряде прикладных исследований.

2. Предложен и разработан видеointерфейс FG-PC для автоматической регистрации и анализа статической и динамической информации, поступающей с видиконной телевизионной камеры. На базе этого интерфейса создана и настроена аппаратура для съема изображений в нейтронной радиографии по времени пролета.

3. Предложен и разработан высокоскоростной модуль пакетного ввода и вывода изображений FFG-PC на основе трехпортовой динамической памяти для изучения динамики быстрого изменения оптического изображения радиографии с использованием время-пролетной методики.

Данный интерфейс позволяет использования ТВ-камеры для ввода в ПЭВМ необычной информации: изображений на экране осциллографа, например, сложного наносекундного импульса; люминесцирующих поверхностей, нагретых деталей, фрагментов и т.д.; в других областях, где требуется регистрация светового излучения в однократных быстротекущих процессах периодическим или случайным внешним синхронизирующим сигналом на любой из семейств ПЭВМ типа IBM PC и им подобных.

4. Разработан видеопреобразователь на основе фотоприемной матрицы с зарядовой связью. Также предложен и создан видеointерфейс FRAME STORE FS-PC для приема и запоминания кодов, оцифрованных на видеопреобразователе изображений.

Видеointерфейс FS-PC осуществляет связь между видеопреобразователем и шиной IBM PC AT, может служить блоком записи данных в двухпортовую память емкостью 256 Кбайт, кроме того FS-PC имеет логику управления шаговыми двигателями и используется в автоматизированной системе анализа диэлектрических трековых детекторов в Лаборатории ядерных реакций.

Итак, в данной диссертационной работе автором исследованы проблемы, возникшие при реализации скоростных СТЗ, сформулированы основные требования к решению задач динамической нейтронной радиографии, предложены комбинированные программно-аппаратные методы для решения этих проблем, разработаны электронные блоки и интерфейсы, на основе которых создана ап-

паратура для сбора и анализа нейтронных радиографических данных на пучке импульсного реактора ИБР-2, создано программное обеспечение, проведены впервые в ОИЯИ измерения с использованием динамической радиографии на ИБР-2.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ДИССЕРТАЦИИ ОПУБЛИКОВАНЫ В РАБОТАХ:

1. Аварзад О., Горшков В. А., Гриднев Г. Ф., Семенов Ю. Б., Челноков Л. П. Видеокодер ПА-18К: Сообщение ОИЯИ Р10-90-502. Дубна, 1990.
2. Аварзад О. Система технического "зрения" на базе ПЭВМ "Правец-16" и аппаратуры КАМАК: Сообщение ОИЯИ Р10-93-230. Дубна, 1993.
3. Аварзад О., Молнар И. Видеомодуль FRAME-GRABBER для ПЭВМ IBM PC-XT/AT // XIV Международный симпозиум по ядерной электронике и международный семинар КАМАК-90, Варшава, 25-28 сентября 1990 г. / ОИЯИ Д13-90-600. Дубна, 1990. С. 215-220.
4. Аварзад О., Молнар И., Назаров В. М., Сысоев В. П. Аппаратура для получения и обработки изображений в нейтронной радиографии по времени пролета // XIV Международный симпозиум по ядерной электронике и международный семинар КАМАК-90, Варшава, 25-28 сентября 1990 г. / ОИЯИ Д13-90-600. Дубна, 1990. С. 220-222.
5. Аварзад О., Рихвицкий В. С. Применение изображений для нейтронной радиографии на базе ПЭВМ IBM PC XT/AT // XVI Международный симпозиум по ядерной электронике, Варна, Болгария, 12-18 сентября 1994 г. / ОИЯИ Д13-94-491. Дубна, 1994. С.150-155.
6. Аварзад О. Видеопреобразователь на основе фотоприемной матрицы с зарядовой связью типа K1200CM7. Сообщение ОИЯИ Р10-94-433. Дубна, 1994.
7. Avarzad O. The Film imaging system on the basis of an IBM PC XT/AT computer and CCD Videoconverter // 17th International conference on Nuclear tracks in Solids. Book of Abstracts. Dubna, August 24-28. 1994. P. 293.

Рукопись поступила в издательский отдел
28 февраля 1995 года.