

сообщения
Объединенного
института
ядерных
исследований
Дубна

5836/83

9/11-83

P13-83-473

Г.Карраш, Г.Щорнак, Р.Баудиш, В.Б.Дунин,
Г.Музиоль, Г.Мюллер, Н.А.Невская, В.Шульце

ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ ЭЛЕКТРОНИКА
И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
КРИСТАЛЛ-ДИФРАКЦИОННОГО СПЕКТРОМЕТРА,
РАБОТАЮЩЕГО НА ЛИНИИ С МИНИ-ЭВМ

1983

1. ВВЕДЕНИЕ

В ОНМУ ОИЯИ разработан кристалл-дифракционный спектрометр /КДС/, предназначенный для проведения экспериментов по диагностике зарядового спектра ионов и их числа в электронно-ионных кольцах коллективного ускорителя тяжелых ионов. При этом измеряется характеристическое рентгеновское излучение ионов, находящихся в этих кольцах. Описание принципа работы КДС и его электроники управления и контроля имеется в работе^{1/}.

В данной статье описаны структура и принцип действия спектроскопической электроники, подробно рассматриваются некоторые блоки, разработанные в дополнение к стандартной электронике. В структуре спектроскопической электроники находит отражение то, что спектрометр может измерять как амплитудные, так и временные спектры поступления событий.

Применение энергодисперсионного детектора позволяет вести измерение одновременно для нескольких порядков отражения. При этом трехканальный анализатор разделяет спектры трех заранее установленных порядков отражения друг от друга. Далее представлена система программного обеспечения MASTERBRAGG для всей измерительной и управляющей электроники спектрометра.

2. СПЕКТРОСКОПИЧЕСКАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

2.1. Общий принцип работы

Выбор состава спектроскопической электроники произведен таким образом, чтобы выполнялись специфические требования, необходимые для измерений структурных процессов и процессов взаимодействий в оболочках высокоионизированных атомов электронно-ионных колец ускорителя тяжелых ионов ОИЯИ. Кроме того, выбранный состав электроники позволяет использовать спектрометр в экспериментах по флуоресцентному возбуждению проб для анализа других источников излучения и для экспериментов с пучками ускоренных тяжелых ионов.

Блок-схема регистрирующей электроники показана на рис.1. Для измерения отраженного кристаллом квантового излучения используется энергодисперсионный детектор излучения /выбор которого обсуждается в работе^{2/}/. Сигналы с детектора поступают на

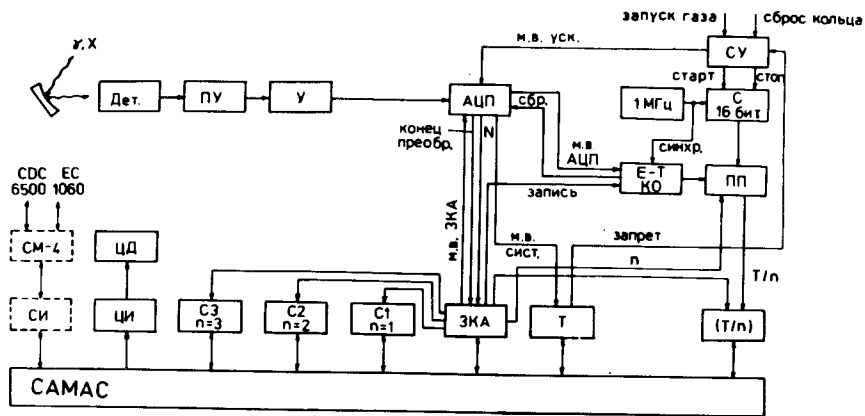


Рис.1. Блок-схема регистрирующей электроники.

предусилитель ПУ, выходной сигнал которого усиливается спектроскопическим усилителем /У/. Усиленный и сформированный сигнал преобразуется спектроскопическим АЦП. Работа АЦП запрещается сигналом мертвого времени ускорителя и разрешается только в период ускорения электронно-ионного кольца. АЦП выдает сигнал мертвого времени, складывающийся из мертвого времени ускорителя, времени преобразования в АЦП, времени работы трехканального цифрового анализатора /ЭКА/ и времени записи результата преобразования и анализа в буфер /Т/п/. Этот сигнал мертвого времени поступает на вход таймера /Т/ и прерывает счет времени для цикла измерения, который производится при данном угловом положении спектрометра.

Работа АЦП запрещается также тогда, когда параметры систем позиционирования, контроля вакуума, стабилизации температуры находятся вне допустимых отклонений. Это время прибавляется к мертвому времени системы. Для того, чтобы при работе спектрометра с ускорителем каждому регистрируемому событию можно было присвоить временную метку, которая дает информацию о моменте регистрации анализируемого кванта излучения по отношению к началу накопления ионов в электронном кольце, в момент напуска газа в компрессорную камеру начинает работать счетчик времени с тактовой частотой 1 мГц. В начале преобразования в АЦП, т.е. в момент поступления события, состояние счетчика переписывается в промежуточную память /ПП/ и отсюда переносится после окончания преобразования и анализа в буферную память с прибавлением в старших разрядах номера канала, совпадающего с амплитудой события. Если номер события не совпадает с номером одного из трех записанных в анализаторе каналов /для 3 различных порядков отражения/, то оно отбрасывается. Когда буфер /емкостью 256 слов по 16 бит/ заполнен, его содержимое переписывается в оперативную

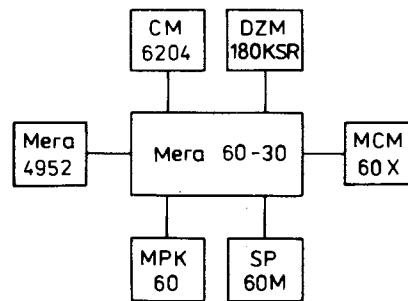
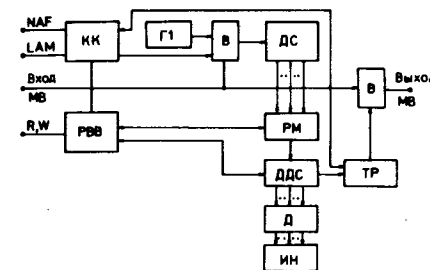


Рис.3. Блок-схема таймера.

Рис.2. Периферийные устройства ЭВМ МЕРА-60/30.



память ЭВМ МЕРА-60/30. Отсюда информация переносится на магнитную кассету или гибкий диск. Помимо регистрации информации об энергии и времени поступления события возможно также производить счет событий, попадающих в установленные диапазоны амплитуд. Для этого имеется по одному счетчику для каждого порядка отражения /СЧ/, что дает возможность получить простой амплитудный спектр по прошедшим угловым положениям /каналам/ спектрометра.

Для экспериментов флуоресцентного возбуждения и опытов на пучке тяжелых ионов такой спектр без временных распределений событий, как правило, достаточен. Выдача оператору полученных актуальных значений измерений производится на цветной дисплей /ЦД/, изображающий в зависимости от выбранного режима весь измеряемый спектр или часть его, а также текущие значения амплитуд по трем порядкам отражения.

В будущем планируется осуществить связь мини-ЭВМ МЕРА-60/30 с ЭВМ СМ-4, которая уже имеет прямую связь с ЭВМ типа CDC-6500, а в будущем будет связана и с ЭВМ ЕС-1060.

Таким образом становится возможным передавать результаты измерений к большой ЭВМ для вторичной обработки и вызывать данные обработки к месту проведения эксперимента на периферийные устройства ЭВМ МЕРА-60/30 /см. рис.2/. Далее описываются электронные блоки, разработанные с учетом специальных требований для данного спектрометра. Остальные серийно производимые блоки лишь упоминаются по мере необходимости.

2.2. Таймер

В таймер, изображенный на рис.1 и 3, по команде КАМАК делается запись времени, в течение которого детектором производятся измерения для каждого канала /угол θ /. Время можно установить в пределах от 1 мкс до 99 с. Блок выдает сигнал разрешения измерения. По окончании счета времени этот сигнал останавливает

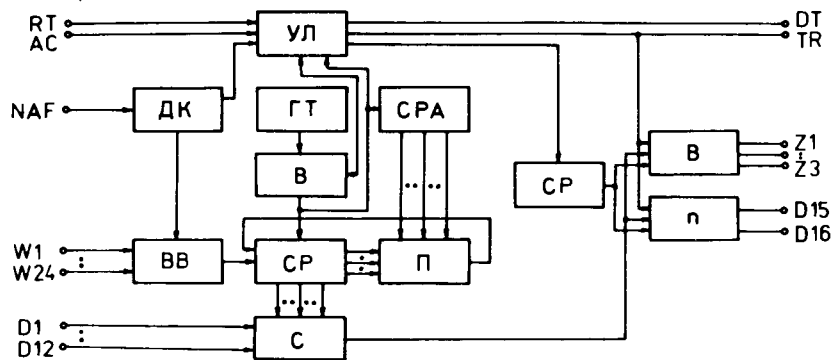


Рис.4. Блок-схема трехканального цифрового анализатора.

работу регистрирующей электроники. Импульс разрешения удлиняется на мертвое время системы регистрации событий, поступающих на вход таймера. По окончании счета времени блок выдает запись LAM, что служит сигналом для перехода к следующему положению /углу θ' / спектрометра.

2.3. Трехканальный цифровой анализатор

Блок разработан для случая, когда энергодисперсионный детектор измеряет отраженное квантовое излучение, относящееся к нескольким /до 3/ порядкам отражения и амплитуда сигналов которых преобразована АЦП. Он дает возможность точной установки верхних и нижних границ трех каналов программным путем и позволяет обойтись минимальными аппаратными затратами. Требование изменения положения границ каналов программным путем возникает потому, что каждой угловой позиции /угол θ / спектрометра соответствует своя энергия отраженных квантов. Каналы рассчитываются с помощью следующих отношений:

$$E = \frac{E_{\min}(d)}{\sin \theta} \left(n_i - \frac{1}{2} \right),$$

$$\Delta E = \frac{E_{\min}(d)}{\sin \theta},$$

где E - нижняя граница, а ΔE - ширина канала, n_i - порядок отражения, d - межплоскостное расстояние кристалла отражателя, $E_{\min}(d)$ - энергия первого порядка отражения для данного d и θ .

Блок-схема анализатора представлена рис.4. Три цикла записи вносятся данные $W1 \div W24$ о нижних границах каналов / $W1 \div W12$ / и их ширине / $W13 \div W24$ /. После окончания преобразования в АЦП последний выдает сигнал готовности /RT/ и в анализаторе

начинается цикл сравнения поступившего от АЦП слова / $D1 \div D12$ /. Одновременно анализатор выдает сигнал мертвого времени /DT/.

В блоке производится сравнение приложенного слова с каждым из записанных каналов. При совпадении выдается импульс на одном из трех выходов /Z1, Z2, Z3/, предназначенных для подключения счетчиков, кодируется номер этого канала /D15, D16/ и выдается сигнал готовности /TR/ передачи буферу. В буфер записывается номер канала /2 бит/ и временная метка /14 бит/ как одно 16-разрядное слово. Поступающий на анализатор от буфера сигнал "Запись окончена" /AC/ стирает сигнал мертвого времени и открывает вход для следующего сигнала /RT/. Подробное описание работы блока дано в /3/.

2.4. Блок управления

Этот блок вырабатывает временные метки, которые присваиваются каждому регистрируемому рентгеновскому кванту, и ставит эти метки в соответствие с импульсом, маркирующим момент запуска газа в компрессорную камеру, т.е. с началом сбора ионов в кольце коллективного ускорителя, а до этого выдает сигнал запрета преобразования АЦП. Далее он принимает от трехканального анализатора код канала, связывает его с временной меткой в одно слово и передает в буферную память. В нем содержатся следующие функциональные узлы: схема синхронизации с циклом ускорителя, генератор 1 МГц, синхронный счетчик, промежуточная память, формирователь строки записи в буферную память, счетчик событий и инжекция. Более подробное описание работы этого блока содержится в /4/.

3. СИСТЕМА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ MASTERBRAGG

Программное обеспечение электроники управления, измерения и контроля производится программной системой MASTERBRAGG, состоящей из программных модулей для различных блоков, задач обработки, выдачи данных, вызова и координации этих модулей между собой. Программы написаны в основном на языке фортран-IV. Для обращения к КАМАК используются программы на ассемблере.

Структура системы MASTERBRAGG изображена на рис.5. Программа INIT производит инициализацию электроники и восстановление начальных условий для программ. Программа READIN организует начальный диалог и требует задания всех переменных параметров, определяющих работу спектрометра.

К ним относятся:

- D - межплоскостное расстояние кристалл-анализатора,
- NZ - число одновременно измеряемых порядков отражения,

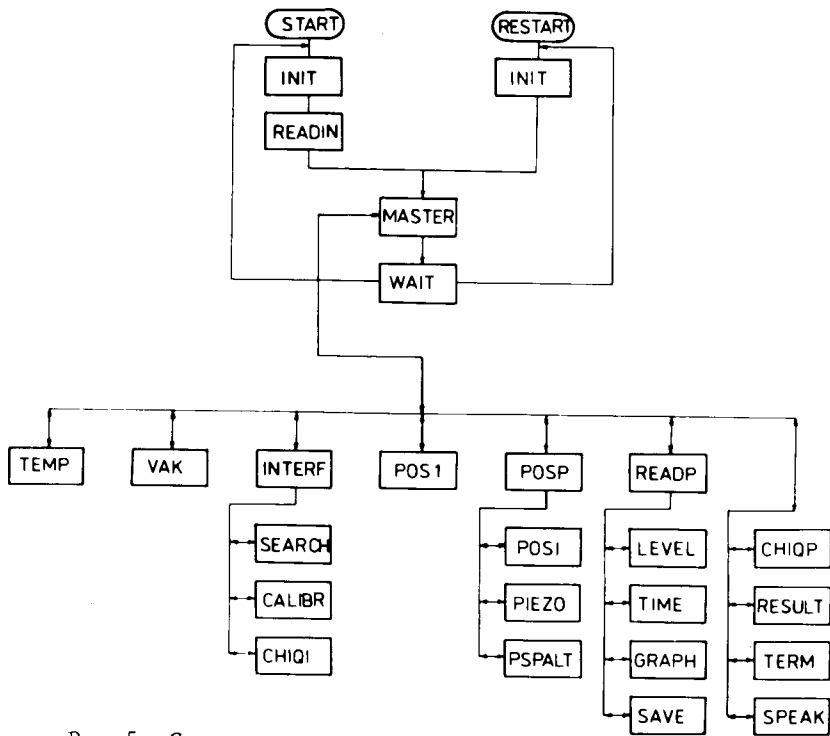


Рис.5. Структура программной системы.

- N(I) - номера этих порядков,
 DTHETA 1,2 - допустимая ошибка угла для позиционирования кристалла,
 DPRES - допустимое отклонение давления в спектрометре,
 DTEMP - допустимая ошибка стабилизации температуры,
 EMIN } - нижняя и верхняя границы области измерения,
 EMAX }
 TMESS - время измерения на каждой позиции,
 THETA } - угловой шаг в режиме поиска пика,
 THETA } - шаг в режиме измерения пика,
 INTER - 0 - работа спектрометра без калибровки интерферометра,
 - 1 - с калибровкой, требуется ввод дополнительных величин,
 - NPEAK - число линий, по которым производится калибровка,
 - E(I) - энергия этих линий,
 - NPOL - степень полинома калибровки,
 REGIM - параметры, определяющие режим работы спектрометра /см. рис.6/,

- 1 - измерение по всему диапазону EMIN ÷ EMAX с шагом THETA, P,
- 2 - измерение в диапазоне нахождения пика производится с шагом THETA, P, в остальных случаях - с THETA, X,
- 3 - поиск пика с шагом THETA, X, после его нахождения - возврат в начало диапазона пика и повторное измерение его с шагом THETA, P.

Для калибровки интерферометра вызывается программа INTER. С помощью подпрограммы SEARCH производится измерение калибровочного спектра. В областях

$$\arcsin\left(\frac{2D \cdot E(I)}{1,239 \cdot N(I)}\right) - (3\sigma + G) \leq \theta_i \leq \arcsin\left(\frac{2D \cdot E(I)}{1,239 \cdot N(I)}\right) + (3\sigma + G)$$

он измеряется шагом THETA, P, во всех остальных - THETA, X. σ - дисперсия рентгеновского рефлекса, G - постоянная, выбираемая в зависимости от свойств данного кристалл-анализатора и условий эксперимента. Параллельно с регистрируемыми событиями записываются показания интерферометра.

Подпрограмма CALIBR определяет расположение пиков по методу наименьших квадратов. Программа CHIPI по показаниям интерферометра определяет значение угла θ , по результатам CALIBR - энергию.

Программа POS1 после окончания калибровки устанавливает спектрометр в начальную позицию измерения EMIN.

С помощью программы POSP спектрометр устанавливается для измерения спектра при выбранном программой режиме REGIM.

Подпрограмма POSI управляет шаговым двигателем по заданному режиму и значениям интерферометра, а также по допустимому отклонению DTHETA1.

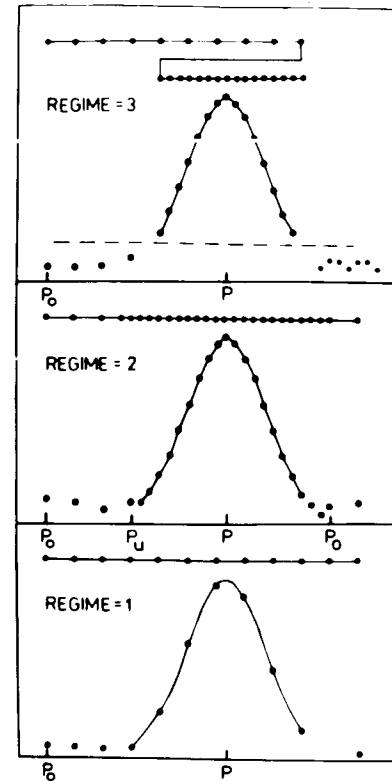


Рис.6. Режимы работы спектрометра.

Подпрограмма PIEZO определяет значения корректировки угла положения кристалла в допустимом диапазоне DTHETA2.

PSPALT выдает команды и определяет данные для установки размеров щелей входной и детекторной диафрагм в соответствии с данным угловым положением.

Программа READP производит спектроскопические измерения, при этом:

- подпрограмма LEVEL записывает в трехканальный анализатор пороговое значение и ширину каналов по амплитуде /т.е. энергии/ для заданных $N(I)$ и θ ;

- подпрограмма TIME задает таймеру время измерения и устанавливает конец измерения по данной позиции θ .

Программа GRAPH выдает на цветной дисплей измеряемый спектр в заданном масштабе /линейный, логарифмический, квадратичный/, количество событий /по оси Y / и количество каналов θ /по оси X /.

Программа может изображать одновременно спектры трех порядков отражений и текущие значения измеренных величин, а также спектр сравнения. Запись спектров на магнитную кассету или гибкий диск производит подпрограмма SAVE.

Программы TEMP и VAK служат для стабилизации температуры /измерение, расчет корректировки и выдача/ и контроля за давлением.

Программы первичной обработки результатов измерений:

CHIQP определяет позиции полуширины и относительные интенсивности пиков.

TERM дает возможность выдачи результатов по CHIQP на цветной дисплей.

RESULT упорядочивает измеренные спектры, переписывает их на соответствующие носители информации и/или трансформирует их в большую ЭВМ.

SPEAK организует диалог с другими ЭВМ для передачи данных и их дальнейшей обработки.

Программа WAIT спрашивает необходимость дальнейшего измерения, переходит к начальному диалогу или заканчивает работу.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Дополнение стандартной спектроскопической электроники блоками для трехканального анализа, счета времени поступления событий и использование промежуточной памяти /буфера/ для одновременного хранения временной и канальной /амплитудной/ информации дает возможность использовать спектрометр как для амплитудно-временного, так и для простого амплитудного анализа одновременно для трех порядков отражения излучения при полном автоматизировании процесса измерения. Это расширяет возможности применения кристалл-дифракционного спектрометра и эффективность измерений.

Программная система организует процессы управления спектрометром, первоначальной калибровки, снятия и первичной обработки, а также выдачи спектров.

ЛИТЕРАТУРА

1. Г.Карраш и др. ОИЯИ, P13-83-474, Дубна, 1983.
2. Г.Щорнак, А.Полерс. ОИЯИ, P13-83-437, Дубна, 1983.
3. Г.Карраш, Г.Щорнак. ОИЯИ, P13-83-472, Дубна, 1983.
4. Г.Щорнак и др. ОИЯИ, P13-12541, Дубна, 1979.

Рукопись поступила в издательский отдел
6 июля 1983 года.

Карраш Г. и др.

P13-83-473

Измерительная электроника и программное обеспечение
кристалл-дифракционного спектрометра,
работающего на линии с мини-ЭВМ

Для проведения экспериментов по диагностике зарядового спектра в электронно-ионных кольцах коллективного ускорителя ОНМУ ОИЯИ на основе измерения характеристического рентгеновского излучения ионов разработан кристалл-дифракционный спектрометр.

Описывается спектрометрическая электроника, которая дает возможность регистрировать моменты времени поступления событий, проводить амплитудный анализ и решать принадлежность событий к одному из трех порядков отражения, в которых одновременно ведется измерение. Далее представлена структура системы программного обеспечения для автоматизированного управления спектрометром с помощью мини-ЭВМ.

Работа выполнена в Отделе новых методов ускорения ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1983

Karrasch G. et al.

P13-83-473

Computer Controlled Measuring Electronics
and Soft-Ware Package
for a Crystal Diffraction Spectrometer

For experiments on the analysis of the ion charge spectrum in electron-ion rings of the collective electron-ring accelerator of the Division of New Acceleration Methods (JINR), based on the measurement of the characteristic X-rays of ions, a crystal diffraction spectrometer has been developed. The measuring electronics is described, which allows to register the time momentum when the X-ray occurs, to analyze the amplitude spectrum and to select the reflex order, in which the measurement is provided. The structure of a software package for the automatical spectrometer control on-line with a mini-computer is described.

The investigation has been performed at the Department of New Methods of Acceleration, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1983