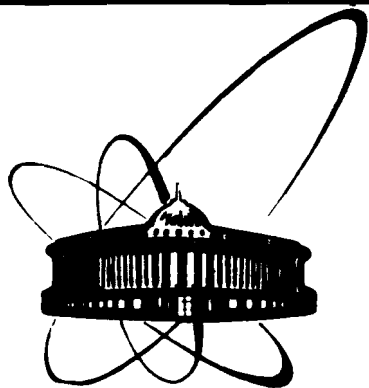


89-623



ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

Г 708

P10-89-623

В. А. Горшков, А. М. Родин, С. И. Сидорчук,
В. А. Тимаков, Л. П. Челноков

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ
И ИЗМЕРЕНИЯ МАСС-СПЕКТРОМЕТРА "ЛИДИЯ"

Направлено в журнал "Приборы и техника эксперимента"

1989

ВВЕДЕНИЕ

Ультрочувствительный масс-спектрометр ЛИДИА^{/1/} предназначен для поиска сверхтяжелых элементов в природе и экспериментов, требующих высокочувствительного локального анализа элементного состава пород и синтетических материалов. Целью проекта является достижение чувствительности $10^{-12} - 10^{-14}$ ат./ат. для примеси тяжелого элемента в образце, основу которого составляют легкие элементы, при абсолютной чувствительности 10^6 атомов. Минимальный вес пробы 10 мг.

Основными элементами масс-спектрометра являются:

- импульсный лазерный источник ионов^{/2/},
- импульсное лазерное перезарядное устройство^{/3/}, предназначенное для перезарядки ионов пучка $2^+ \rightarrow 1^+$ и $3^+ \rightarrow 1^+$ (работа на перезарядившихся ионах позволяет подавить фон от молекулярных ионов в области больших масс),
- отклоняющий конденсатор, позволяющий на предметной щели масс-спектрометра выделить перезарядившуюся компоненту,
- трехступенчатая анализирующая часть^{/4/}, включающая восемь магнитных элементов: три дипольных магнита и пять квадрупольных линз, с системами питания и охлаждения,
- детекторы ионов^{/5/} на основе микроканальных пластин,
- вакуумное оборудование,
- автоматизированная система управления.

В данной работе описывается используемый в настоящее время вариант автоматизированной системы управления, предназначенный, в основном, для исследования характеристик масс-спектрометра.

СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦИИ

Автоматизированная система управления масс-спектрометра обеспечивает:

1. Управление возбуждением восьми магнитных элементов: трех дипольных магнитов СП-104, двух магнитных линз МЛ-14, трех магнитных линз МЛ-5 с настройкой масс-спектрометра на заданное отношение A/Z ^{/4/}.
2. Непрерывный контроль тока в обмотках магнитных элементов.
3. Управление работой лазеров импульсного лазерного источника ионов (лазер 1) и импульсного лазерного перезарядного устройства (лазер 2) с заданием задержки импульса лазера 1 относительно импульса лазера 2 и синхронизацией цикла измерений спектра относительно импульса лазера 1.

5. Непрерывный контроль мощности обоих лазеров.

6. Управление системами сканирования и смены образцов в источнике ионов и перезарядном устройстве (по два шаговых двигателя).

7. Непрерывное измерение тока ионов за предметной щелью масс-спектрометра.

8. Управление коэффициентами усиления измерительных трактов в акромате и в фокальной плоскости масс-спектрометра путем изменения напряжения смещения на детекторах на основе микроканальных пластин (МКП).

9. Измерение тока ионов заданной массы с разделением ионных компонент по времени пролета в режимах счета отдельных ионов и токовым.

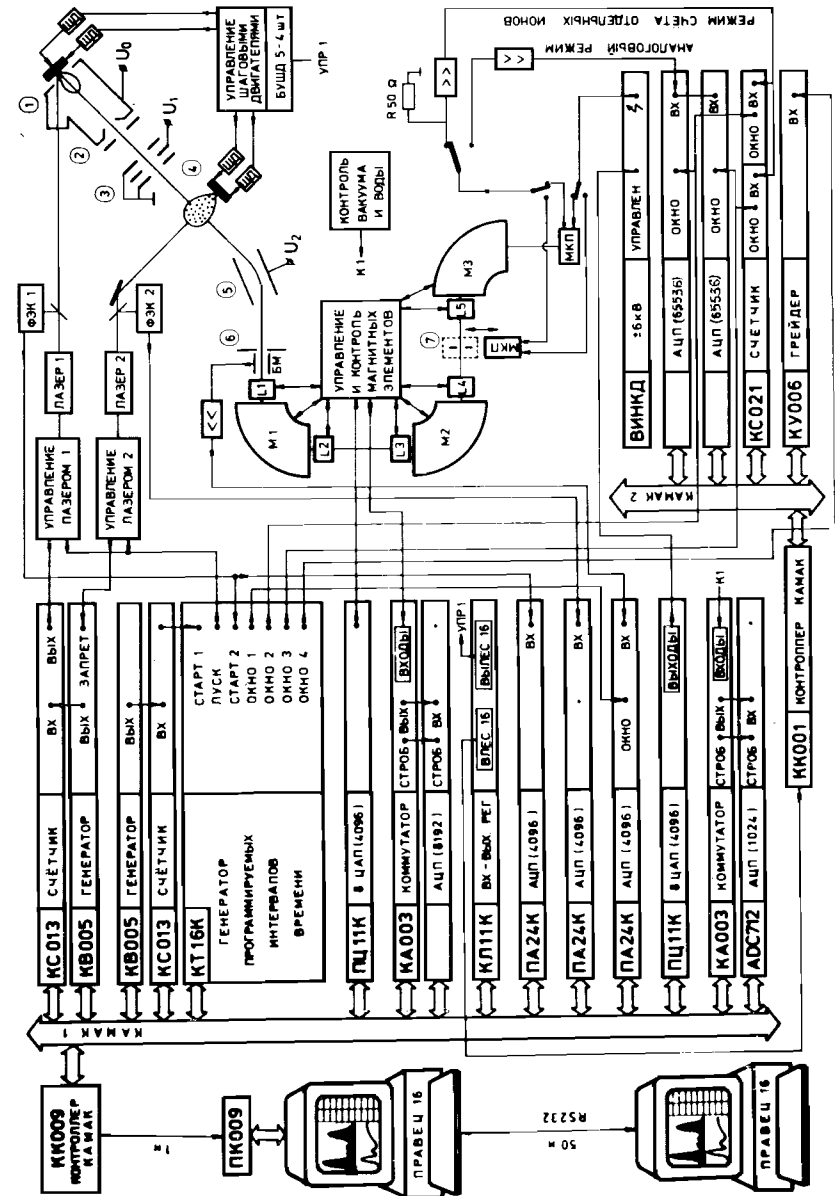
Система построена на базе персональной ЭВМ Правец 16 (аналог IBM PC/XT) с видео-картой CGA, платы ПК009 и контроллера КАМАК КК009^{6/}, контроллера КАМАК КК001^{7/}.

Блок-схема системы представлена на рисунке.

В систему входят:

1. Генератор программируемых интервалов времени КТ16К^{8/}.
- 2.2 кварцевых генератора КВ005^{9/}.
- 3.2 счетчика КС013^{10/}.
- 4.2 блока ПЦ11К, включающих по 8 цифро-аналоговых преобразователей на 4096 каналов.
5. Блок КД11К^{11/}, включающий 16-разрядные входной и выходной регистры.
- 6.2 коммутатора аналоговых сигналов КА003^{12/}.
7. Блок АЦП-и^{12/} - аналого-цифровой преобразователь на 8192 канала.
- 8.3 блока ПА24К^{13/} - аналого-цифровые преобразователи на 4096 каналов.
9. Блок 712 - аналого-цифровой преобразователь 1024 канала^{14/}.
10. Блок КУ006^{7/} - грейдер сигналов L для КК001.
- 11.2 аналого-цифровых преобразователя на 65536 каналов.
12. Счетчик КС021^{15/}.
13. Блок ВИНКД^{16/} аналого-управляемый источник высокого напряжения на 6 кВ.
14. Система управления четырьмя шаговыми двигателями, включающая четыре блока БУШД5.
15. Усилители СУ-4К^{17/}.

Рабочий цикл начинается с настройки масс-спектрометра на заданное отношение A/Z. В соответствии с калировкой в потенциалов (0-10 В) с блока ПЦ11К подаются на блоки управления и контроля



магнитных элементов 4, вызывая прохождение через обмотки магнитных элементов необходимых токов возбуждения.

Сигналы с трансформаторов постоянного тока всех магнитных элементов из блока управления и контроля магнитных элементов поступают на входные разъемы коммутатора КАО03, сигнал с выхода которого подается на АЦП. Происходит поочередная оцифровка, и информация о токах магнитных элементов заносится в память ЭВМ и выводится на дисплей.

Далее, если это необходимо, происходит смещение в заданную координату мишеней источника ионов и перезарядного устройства - сигналы с разъема "Вылес" 16-разрядного выходного регистра КЛ11К подаются в корзину управления шаговыми двигателями, в которой находятся 4 блока БУШД5 и 2 блока питания БП-6-25, управляя движением четырех шаговых двигателей.

В зависимости от измеренной (в предыдущем цикле) величины ионного тока в фокальной плоскости масс-спектрометра, если это необходимо, происходит изменение коэффициента усиления детектора - потенциал (0-10 В) с одного из выходов блока ПЦ11К подается на управляющий вход блока ВИНКД, высокое напряжение с которого (порядка 1 кВ) определяет коэффициент усиления детектора.

Если необходимо, происходит изменение частоты работы лазеров F, которая задается генератором КВ005 и счетчиком КС013 в интервале (0,1 - 50) Гц. С частотой F сигнал с КС013 поступает на вход "СТАРТ 1" блока КТ16К - генератора последовательных интервалов времени, длительность и задержка которых относительно сигнала "СТАРТ 1" и "СТАРТ 2" задается программным образом.

Блок КТ16К ждет первого сигнала "СТАРТ 1", и после его прихода с необходимой задержкой с выхода "ПУСК" подает сигнал запуска в блоки питания лазеров. Далее КТ16К ожидает прихода сигнала на вход "СТАРТ 2". В блоках питания лазеров сигнал "ПУСК" вызывает заряд накопительных емкостей в течение первой половины полупериода напряжения сети и разряд их на лампы накачки во второй половине полупериода. Лампы светятся в течение нескольких сотен мкс, накачивая активные элементы излучателей. Генерация лазерных импульсов (длительность около 10 нс) возможна лишь при подаче отпирающих напряжений на модуляторы лазеров. Подача отпирающего напряжения на модулятор лазера 2 происходит автоматически в соответствии с собственным циклом его блоков питания и управления. Световой импульс лазера 2 фокусируется на поверхности мишени лазерного перезарядного устройства, испаряет вещество, и на оси ионного пучка образуется облако нейтрального пара, в котором должна произойти перезарядка ионного пучка.

Сигнал, подаваемый на модулятор лазера 2, подается также на генератор КВ005, отпирая его на время, меньшее четверти периода напряжения сети. Выход КВ005 связан с входом счетчика КС013, сигнал с выхода которого подается в блок управления лазера 1 и отпирает модулятор лазера 1. Таким образом реализуется программируемая задержка до нескольких десятков мкс с точностью 1 мкс импульса лазера 1 относительно импульса лазера 2.

Световой импульс лазера 2 фокусируется на поверхность мишени 1 источника ионов, испаряет вещество, плазма расширяется внутри экспандера, ионная оптика 2 формирует ионный пучок, который фокусируется ионной линзой 3 на предметную щель масс-спектрометра. По пути пучок перезаряжается, и перезаряженный компонент $z^+ \rightarrow 1^+$ выделяется с помощью отклоняющего конденсатора 5. Пучок ионов имеет длительность 5-10 мкс, облако пара с максимальной плотностью на оси пучка в перезарядном устройстве существует также короткое время, именно поэтому необходима точная задержка импульса лазера 1 относительно импульса лазера 2, подбираемая для данного вещества мишени перезарядного устройства.

Для контроля мощности лазеров часть лазерного излучения отводится на фотоэлементы ФЭК 1 и ФЭК 2, сигналы с которых после формирования и усиления поступают на два АЦП ПА24К.

Сигнал ФЭК 1 подается также на вход "СТАРТ 2" КТ16К, возобновляя цикл его работы: блок генерирует с выходов "ОКНО 1" - "ОКНО 4" последовательные импульсы, с программно задаваемыми задержками и длительностями, которые используются для открывания АЦП и задания времени начала чтения контроллером КК001 информации с блоков крейта 2.

Сразу за предметной щелью масс-спектрометра находится бесконтактный монитор БМ - электростатический индукционный датчик для определения интенсивности ионного пучка на входе в масс-спектрометр, сигнал с которого после формирования и усиления поступает на нормально закрытый АЦП ПА24К, который открывается сигналом "ОКНО 1" с КТ16К. Амплитуда сигнала с БМ впоследствии используется для нормировки тока ионов при обработке спектра.

Магнитооптической системой масс-спектрометра из ионного пучка выделяются ионы с заданным отношением A/Z , которые регистрируются детекторами на основе МКП в ахромате 7, или в фокальной плоскости 8 масс-спектрометра.

Система регистрации работает в зависимости от величины ионного тока в токовом режиме или в режиме счета отдельных ионов. В первом режиме сигнал с детектора после формирования и усиления поступает на два АЦП (65536 каналов), первый из которых открывается сигналом "ОКНО 2", а второй сигналом "ОКНО 3" КТ16К. Во втором, после формирования и

усиления, - на два счетчика в блоке КС021, открываемых также сигналами "ОКНО 2" и "ОКНО 3". Задержки и длительности управляющих сигналов задаются программой в зависимости от установленного А/З так, чтобы регистрировать отдельно быструю и медленную ионную компоненты ¹⁸7, что необходимо для исключения влияния на массовый спектр фона молекулярных и перерассеянных ионов.

В конце рабочего цикла происходит чтение АЦП ФЭК1, ФЭК2, БМ, и по сигналу "ОКНО 4", подаваемому в блок КУ006, чтение АЦП и счетчиков, обслуживающих детекторы (расположенных в крейте 2) контроллером КК001 через разъем ВЛЕС16 входного регистра КЛ11К.

Если сигналы с ФЭК или БМ выходят из допустимых пределов, выдается сообщение об ошибке, и ЭВМ ждет указаний оператора по дальнейшей работе.

Для данного А/З весь рабочий цикл повторяется несколько раз, данные при этом усредняются.

Коммутатор КА003 совместно с АЦП 712 (1024 канала) регулярно опрашивает систему контроля вакуума и воды, в случае аварийной ситуации сообщение выдается на экран ЭВМ.

Правец 16 N1 расположен непосредственно на масс-спектрометре и управляет его работой через контроллер КК009, длина кабеля связи около 1 м. Возможен режим работы, когда информация поступает на Правец 16 N2, связанный с Правец 16 N1 кабелем длиной несколько десятков метров через последовательный порт по стандарту RS232.

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Программа управления, набора и предварительной обработки экспериментальной информации реализована на языке программирования TURBO PASCAL V 5.0. (для персональных ЭВМ IBM XT и аналогов).

В процессе работы перед оператором на экране находятся меню и два окна со спектром в линейном и логарифмическом масштабах. В окнах по желанию оператора можно иметь информацию с АЦП ФЭКов, бесконтактного монитора, МКП или счетчиков.

Меню позволяет вводить, непрерывно контролировать и изменять параметры и режимы работы системы. При движении маркера по меню появляется поясняющий текст, в случае неправильного ввода параметров выдается сообщение об ошибке и рекомендации по ее устранению.

В окне со спектром в линейном масштабе можно по желанию оператора менять масштаб, причем учитывая коэффициент усиления МКП для данного участка спектра.

На экран выдаются также сообщения при аварийном состоянии вакуумной системы, системы охлаждения и при различных отказах

аппаратуры КАМАК, лазеров, блоков высокого напряжения источника ионов, ионной линзы, отклоняющего конденсатора, питания детекторов.

Параметры, изменяемые оператором в меню:

- число лазерных импульсов на один шаг магнитного поля,
- частота работы лазеров,
- задержки и длины временных окон КТ16К,
- начальные координаты и режимы сканирования образцов в источнике ионов и перезарядном устройстве,
- возбуждение любого магнитного элемента,
- задержка импульса лазера 1 относительно импульса лазера 2,
- коэффициент усиления МКП (напряжение на нем),
- служебные параметры для различных режимов работы.

Режимы работы, выбираемые в меню:

- одиночная серия выстрелов без изменения параметров с записью спектра (возбуждения магнитных элементов, сигналы с ФЭКов, бесконтактного монитора, МКП),
- пошаговое сканирование возбуждения любого магнитного элемента,
- пошаговое сканирование возбуждений одновременно всех магнитных элементов в соответствии с заданной калибровкой и массой,
- калибровка ручная (задание возбуждений всех магнитных элементов для трех реперных масс) с записью калибровочного файла,
- чтение существующего калибровочного файла,
- полуавтоматическая точная калибровка (все магнитные элементы в соответствии с существующей калибровкой выставляются на заданную массу, а выбранный элемент сканируется в пределах нескольких процентов с записью спектра),
- запись данных в файл,
- запись комментариев в файл данных,
- чтение существующего файла данных,
- полуавтомат (снятие спектра путем сдвига возбуждений всех магнитных элементов, кроме третьего магнита, на несколько процентов по массе и пошаговое прохождение этого диапазона третьим магнитом, с заданием всех необходимых параметров: начальная масса, конечная масса, шаг изменения возбуждения третьего магнита и т. д.),
- просмотр записываемого или прочитанного файла с возможной первичной обработкой.

Режим просмотра файла включает в себя:

- графическую в линейном и логарифмическом масштабе индикацию спектра,
- запись файла, составленного из кусков данного,
- объединение нескольких файлов в один,
- нормировку на монитор,
- вычисление площади пика, заданного маркерами,

-сглаживание спектра,

-полуавтоматическая оцифровка участка спектра.

Система благосклонна к оператору и имеет возможности расширения путем простого добавления новых программных блоков.

Авторы благодарны Г.М.Тер-Акопьяну за постановку задачи, Д.Д.Богданову и О.А.Орловой за практическую помощь и полезные обсуждения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Арзуманян Г.М. и др. Препринт ОИЯИ Е13-82-639, Дубна, 1982.
2. Арзуманян Г.М. и др. Препринт ОИЯИ Р7-81-744, Дубна, 1981.
3. Богданов Д.Д. и др. - ПТЭ, 1987, т.1, с.188.
4. Богданов Д.Д. и др. Сообщение ОИЯИ Р7-88-596, Дубна, 1988.
5. Родин А.М. и др. Сообщение ОИЯИ 13-88-589, Дубна, 1988.
6. Антюхов В.А. и др. Сообщение ОИЯИ Р10-87-928, Дубна, 1987.
7. Журавлев Н.И. и др. Препринт ОИЯИ Р10-9056, Дубна, 1975.
8. Рене дель Портильо. Препринт ОИЯИ Р13-85-447, Дубна, 1985.
9. Антюхов В.А. и др. Сообщение ОИЯИ 10-10576, Дубна, 1977.
10. Журавлев Н.И. и др. Сообщение ОИЯИ Р10-8754, Дубна, 1975.
11. Смирнов В.И. и др. Сообщение ОИЯИ Р13-86-256, Дубна, 1986.
12. Антюхов В.А. и др. Сообщение ОИЯИ 10-10576, Дубна, 1977.
13. Кузнецов А.Н. и др. Сообщение ОИЯИ 13-83-67, Дубна, 1983.
14. "Аналогово-цифровой преобразователь типа 712. Инструкция по обслуживанию". Завод электронной аппаратуры, Варшава.
15. Вьонг Дао Ви и др. Сообщение ОИЯИ 10-81-755, Дубна, 1986.
16. Стремень П. и др. Сообщение ОИЯИ 13-82-728, Дубна, 1982.
17. Кузнецов А.Н. и др. Сообщение ОИЯИ 13-12953, Дубна, 1979.
18. Арзуманян Г.М. и др. Препринт ОИЯИ Р7-82-552, Дубна, 1982.

Рукопись поступила в издательский отдел
29 августа 1989 года.

Горшков В.А. и др.

P10-89-623

Автоматизированная система управления
и измерения масс-спектрометра ЛИДИА

Представлена система управления и измерения масс-спектрометра ЛИДИА. Приведена электронная схема, созданная на основе блоков КАМАК и персональной ЭВМ "Правец 16", обеспечивающая управление возбуждением восьми магнитов и магнитных линз, синхронной работой двух лазеров, двумя системами сканирования образцов, измерение спектра масс в режимах счетном и счета отдельных ионов. Описано программное обеспечение, позволяющее исследовать характеристики масс-спектрометра и проводить набор и обработку спектров масс.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных реакций ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1989

Перевод авторов

Gorshkov V.A. et al.

P10-89-623

Automated System for Monitoring
and Measuring of the LIDIA Mass-Spectrometer

A system for monitoring and measuring of the LIDIA mass-spectrometer is presented. Electronic circuit designed on the base of CAMAC units and personal computer "Pravez 16" is presented. It controls eight magnets and magnetic lenses, timing work of two lasers, two systems of shift of targets, measuring mass spectra performed in the current mode and in the mode of single ion count. Software permitting research of characteristics of the mass-spectrometer and measure and analysis of mass spectra are described.

The investigation has been performed at the Laboratory of Nuclear Reactions, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1989