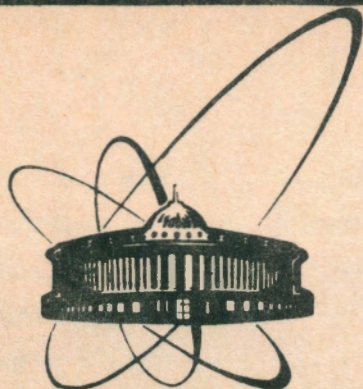


92-443



СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

P13-92-473

А.А.Солнышкин, В.Г.Калинников, Н.А.Клубань,
А.Г.Колесников, А.Ф.Новгородов

ЭЛЕКТРОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
РЕГИСТРИРУЮЩЕЙ ЧАСТИ
ЛАЗЕРНОЙ УСТАНОВКИ
ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ КОРРЕЛЯЦИОННЫХ
ХАРАКТЕРИСТИК ИЗЛУЧЕНИЙ
ОРИЕНТИРОВАННЫХ АТОМОВ И ЯДЕР

1992

Введение

Исследование корреляционных характеристик излучений квантовых объектов (в нашем случае атомов и ядер) с учётом поляризационных эффектов интересно с точки зрения решения таких важнейших проблем современной физики электрослабых взаимодействий, как несохранение чётности в атомных переходах /1/, наличие правых токов (см. материалы /2/, а также /3/), возможные вклады тензорного и скалярного взаимодействий /3/, существование токов второго рода, нарушение T-инвариантности и справедливость CPT-теоремы (см. /4/ и цитируемую там литературу). Ситуация в указанных исследованиях, несмотря на обилие экспериментального материала, крайне неоднозначна. Практически все упомянутые выше проблемы на сегодняшний день остаются открытыми. Кроме того, в настоящее время всё четче вырисовывается тенденция к пересмотру самой стандартной модели /2/, основные положения которой прямым образом связаны с этими проблемами. Ясно, что решить их способны только эксперименты на более высоком уровне качества и точности с привлечением нетрадиционной техники (например, лазерной), чем это было сделано ранее. В связи с этим в Лаборатории ядерных проблем создана лазерная установка. Основные положения программы исследований на ней и устройство кратко изложены в /4/. Центральным методическим моментом в планируемых опытах является использование методов поляризации свободных атомов и ядер в газовой среде с помощью лазерного излучения. Идея поляризации атомов и ядер оптическим излучением была высказана Кастлером А. /5/ ещё задолго до появления лазеров. Используя ламповые источники света для поляризации, ряд исследователей осуществили некоторое количество

Объединённый институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

корреляционных опытов (см., например, /6/). С появлением лазеров и, особенно - с перестраиваемой длиной волны (dye-лазеров), методы оптической накачки поляризации приобрели значительно более широкие возможности. К настоящему времени выполнен ряд опытов по лазерной поляризации ядер некоторых элементов /7-11/.

Настоящая работа является первой методической публикацией по лазерной установке Лаборатории ядерных проблем. Здесь описывается её отдельная электронная часть, которая будет обеспечивать детектирование и регистрацию оптического и ядерного излучений, направленных под различными углами относительно направления вектора поляризации исследуемых нуклидов.

1. Лазерная установка

Функциональная схема лазерной установки представлена на рис.1. В качестве лазера накачки (Cu-лазер) используется

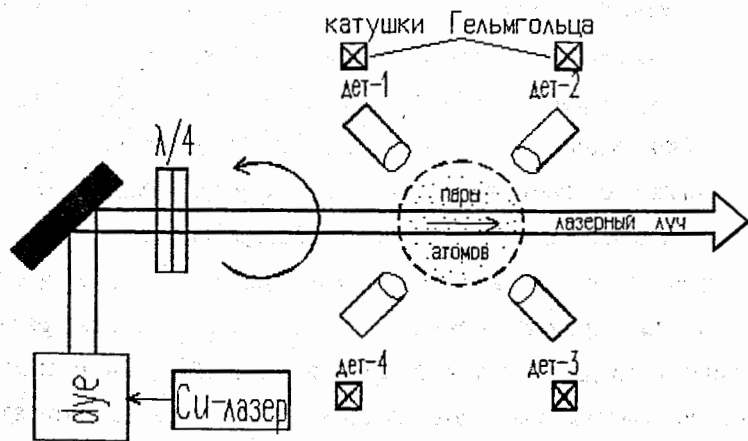


Рис.1. Функциональная схема лазерной установки

импульсный лазер на парах меди типа ИЛГИ-101 отечественного производства, генерирующий на двух линиях с длинами волн 510,8 и 578,2 нм. Средняя мощность излучения составляет величину около 4 Вт, частота следования импульсов - до 10 кГц, длительность - около 20 нс. Лазером с перестраиваемой длиной волны (dye) служит лазер на красителях (также отечественного производства) типа ЛЖИ-504. Область плавной перестройки длины волны излучения ограничивается интервалом 530...710 нм, средняя мощность - около 100 мВт, частота следования световых импульсов - 10 кГц, длительность - не более 20 нс, ширина линии генерации - 1,1 ГГц.

Излучение dye-лазера поляризуется с помощью пластины $\lambda/4$ и направляется в камеру спектрометра, где находятся пары исследуемого нуклида в буферном инертном газе. Длина волны лазерного излучения настраивается на линию поглощения исследуемого атома, на которой происходит процесс поляризации. Катушки Гельмгольца обеспечивают своим магнитным полем выстраивание поляризованных атомов и ядер по ходу лазерного луча либо против него.

Регистрация резонансной флуоресценции или ядерного излучения ориентированных нуклидов осуществляется восемью детекторами (на рис.1 изображена лишь часть детекторов) - на основе фотоэлектронных умножителей ФЭУ-130 и сцинтилляторов BaF_2 . Детекторы установлены в геометрии, близкой к 4π , и каждый из них перекрывает около $1/8$ части от 4π .

2. Регистрирующая электроника

Регистрирующая часть электроники представляет собой восемь идентичных независимых спектрометрических трактов, выполненных в

стандарте КАМАК и работающих в линию с персональным компьютером АТ-286. Блок-схема электроники приведена на рис.2.

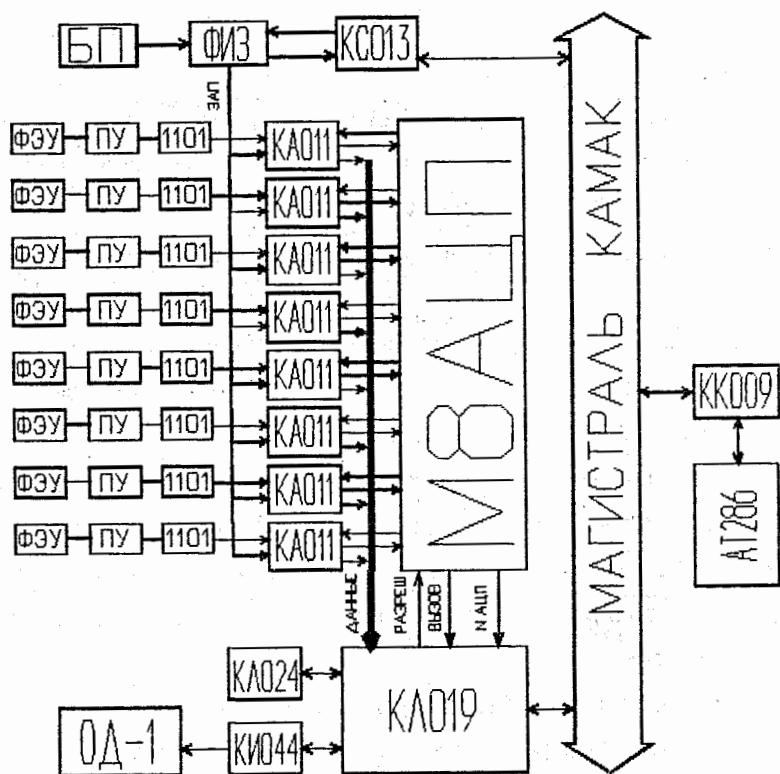


РИС.2. Блок-схема регистрирующей части электроники лазерной установки

Импульсы с восьми фотозлектронных умножителей ФЭУ-130 после предварительных усилителей (ПУ) и усилителей РОLON - 1101 подаются соответственно на восемь аналогово-цифровых преобразователей (АЦП) КА011 /12/. Для запуска блоков АЦП используется внешний сигнал синхронизации, поступающий с блока питания (БП) ИП-18 импульсного лазера ИЛГИ-101 через

формирователь импульса запуска (ФИЗ). При этом блок ФИЗ обеспечивает также возможность выбора временного окна в пределах 100 мкс между лазерными импульсами, в течение которого АЦП открыты для приёма импульсов с ФЭУ. С помощью счётчика КС013 /13/ по количеству лазерных импульсов производится хронометрирование работы установки.

Специально разработанный и изготовленный нами в стандарте КАМАК мультиплексор М8АЦП обеспечивает съём цифровой информации с блоков КА011 и запись её в отдельные участки памяти КЛО24 /14/. При этом блок М8АЦП мультиплексирует сигналы "Вызов" и "Разрешение" от каждого АЦП на блок инкрементной записи КЛО19 /14/ и присваивает каждому АЦП соответствующий номер. Из всего цифрового кода блоков КА011, соответствующего 4096 бит (12 разрядов), используется 256 бит (8 старших разрядов), а 9, 10 и 11 разряды служат для нумерации АЦП. В результате данные цифрового кода амплитуд записываются в блок памяти КЛО24 таким образом, что цифровой код амплитуды импульса от каждого ФЭУ записывается в отведённый для него участок памяти КЛО24 длиной 256 бит.

При одновременном срабатывании нескольких АЦП блок М8АЦП мультиплексирует эти АЦП на блок КЛО19 в порядке убывания их номера. АЦП, которые срабатывают во время выполнения блоком М8АЦП операции мультиплексирования, пребывают в состоянии ожидания и обрабатываются сразу же по окончании этой операции, как описано выше. Такой подход исключает просчёты при измерениях, что очень важно в экспериментах по поиску малых эффектов. Проведённые нами измерения и нижеследующие оценки показывают, что созданная нами регистрирующая система электроники позволяет проводить опыты без потери информации с загрузкой по каждому из восьми спектрометрических трактов на уровне $1,7 \times 10^4$ событий в секунду.

Действительно, время записи информации блоком КЛО19 в память КЛО24 составляет 1,5 мкс. Мультиплексор М8АЦП вносит задержку по 0,5 мкс на мультиплексирование каждого АЦП. Таким образом, на один цикл записи потребуется время от 2 мкс при срабатывании одного АЦП до 16 мкс при одновременном срабатывании восьми АЦП. Стандартное время преобразования блока КАО11 составляет величину до 40 мкс в зависимости от амплитуды входного сигнала. Суммируя все временные "издержки", получаем, таким образом, для нашего фактически восьмивходового амплитудного анализатора значение величины мёртвого времени 56 мкс, что и определяет величину загрузки не более 17 кГц или $1,7 \times 10^4$ событий в секунду.

Процесс накопления восьми спектров по 256 каналов отображается на дисплее ОД-1 с помощью интерфейса КИО44 /14/. Управление всем процессом измерений осуществляется как программным способом от АТ-286 через контроллер ККО09 /15/, так и ручным - через лицевую панель электроники. Для дальнейшей обработки спектры из памяти КЛО24 переписываются в память АТ-286.

3. Результаты методических измерений

При испытаниях созданной электронной системы регистрации нами был проведен ряд методических измерений.

В первую очередь для проверки работы всей системы в целом были многократно измерены спектры темнового фона. На рис.3 приведен один из таких спектров, где по горизонтальной оси указано значение номера канала, а по вертикальной - число импульсов в канале. Рисунок содержит восемь одновременно измеренных и последовательно расположенных вдоль горизонтальной оси фоновых спектров ФЭУ-130. Каждый из спектров занимает 256

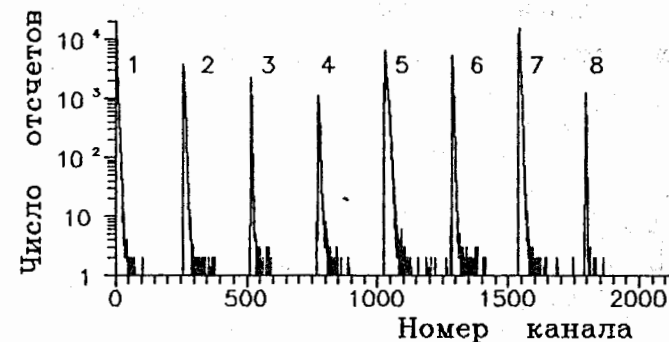


Рис.3. Спектры темнового фона восьми ФЭУ-130, измеренные в течение 1 часа

каналов. Статистика набиралась в течение одного часа. Из измерений установлены величины темновых фонов для каждого из восьми ФЭУ, значения которых повторяются в пределах 10% от измерения к измерению. В таблице 1 приведены значения этих величин, извлечённых из спектров, представленных на рис.3.

Табл.1

| номер ФЭУ | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|-----------------------|-----|-----|-----|-----|------|-----|------|-----|
| значение фона (имп/с) | 1,4 | 7,1 | 2,1 | 1,8 | 15,5 | 7,2 | 28,1 | 1,0 |

Следует сказать, что табл.1 отражает реальный разброс темновых характеристик ФЭУ-130, выпускаемых отечественной промышленностью, так как специальный отбор ФЭУ нами не производился.

Следующим шагом наших методических исследований явилось измерение спектра излучений радиоактивного источника В1-207, основные наиболее интенсивные линии в спектре излучения которого

соответствуют энергиям гамма-лучей 570, 1064 и 1770 кэВ. Нами измерялись отдельно спектры гамма-лучей (рис.4), когда между

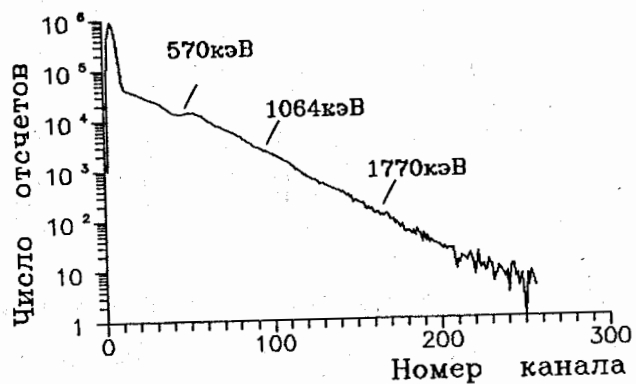


Рис.4. Спектр гамма-лучей В1-207

источником и сцинтиллятором ставился алюминиевый поглотитель толщиной 3 мм, и суммарный спектр гамма-лучей и электронов внутренней конверсии (рис.5), когда поглотитель отсутствовал.

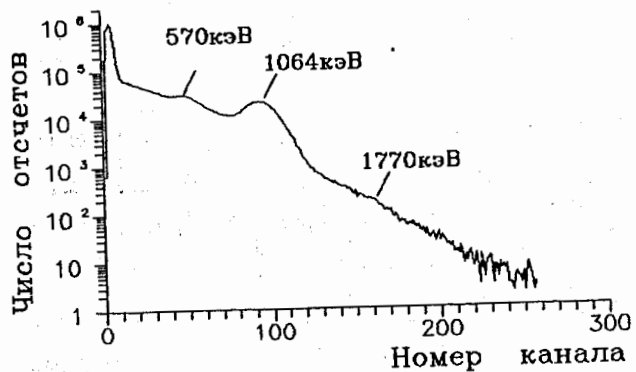


Рис.5. Суммарный спектр гамма-лучей и электронов внутренней конверсии В1-207

Активность источника, специально изготовленного для наших измерений, составляла 44,6 кБк, толщина, вместе с защитным тефлоновым покрытием, около 10 мкм, размеры пятна порядка 1 мм². В измерениях использовался сцинтиллятор ВаF₂ (отечественного производства) цилиндрической формы с диаметром 3,2 мм и высотой 10 мм, упакованный в тонкую тефлоновую оболочку (ленту). Сцинтиллятор устанавливался по центру входного окна ФЭУ. При этом с помощью специальной смазки обеспечивался оптический контакт. Расстояние между радиоактивным источником и сцинтиллятором во всех сериях измерений составляло три миллиметра. Измерения были проведены многократно. На каждом из восьми электронных трактов было снято более сотни спектров с различной экспозицией. В результате было установлено, что дрейф положения пиков вдоль шкалы энергий в течение суток составляет не более нескольких каналов и зависит в основном от температуры окружающей среды и нестабильности напряжений, питающих ФЭУ.

На рис.6 приведен спектр электронов внутренней конверсии, полученный в результате поканального вычитания из суммарного

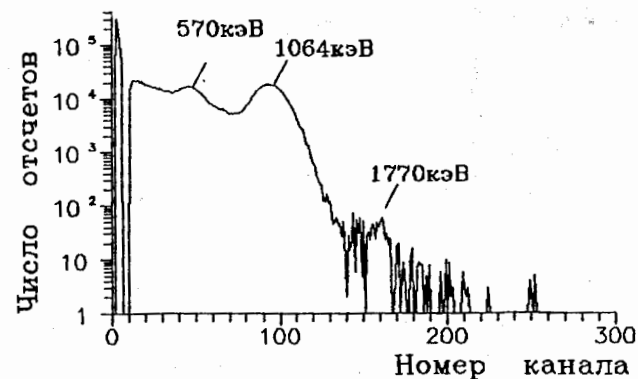


Рис.6. Спектр электронов внутренней конверсии В1-207.

спектра электронов и гамма-лучей (рис.5) спектра гамма-лучей (рис.4). На графике видны все три линии конверсионных электронов, соответствующих гамма-лучам с энергией 570, 1064 и 1770 кэВ. Разрешение по энергии при этом составляет величину 20% при энергии 570 кэВ и 18% при энергии 1064 кэВ.

Третьим и последним этапом исследований была проверка способности регистрации нашей детектирующей системой импульсного оптического излучения. Для этого в центре камеры лазерного спектрометра был установлен светодиод АЛ307. На последний подавалось импульсное напряжение с амплитудой 3,6 В, с частотой следования импульсов 10 кГц и длительностью 100 нс от генератора Г5-15. Световое излучение от светодиода выводилось из камеры с помощью кварцевых волоконных световодов и подавалось на входные окна ФЭУ. Один из измеренных спектров представлен на рис.7. Видно, что колоколообразный пик, соответствующий импульсам света,

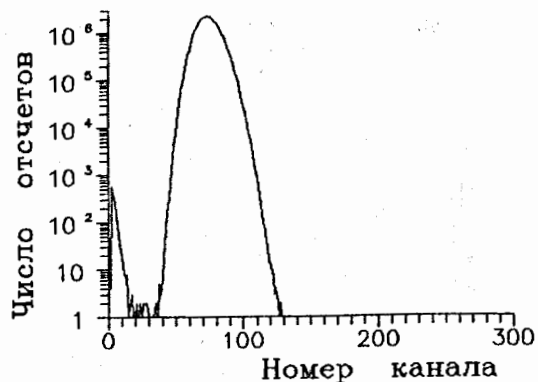


Рис.7. Спектр фиксированной импульсной засветки от светодиода АЛ307. (Амплитуда подаваемого на светодиод импульса - 3,6 В, частота - 10 кГц, длительность - 100 нс)

достаточно хорошо отделяется от фона. Суммарное число отсчетов в пике во всех измерениях точно соответствует количеству импульсов засветки, что указывает на отсутствие просчетов при работе нашей регистрирующей системы.

В заключение отметим, что существует возможность создания аналогичной восьмидетекторной электронной системы регистрации с использованием (вместо созданного нами блока МВАЦП) блока КЛО21/16/, выпускаемого в ОИЯИ. Однако такая система обладала бы рядом недостатков. Наиболее существенными из них являются необходимость в использовании памяти ЭВМ для накопления данных и значительная величина мертвого времени из-за невозможности считывания данных с АЦП до тех пор, пока они все восемь не сработают. Все это приводит к потере информации. В описанной же выше системе регистрации указанные недостатки отсутствуют.

Литература

1. Хрипович И.Б. -Труды I Всесоюзной школы: "Применение лазеров в атомной, молекулярной и ядерной физике", Москва: Наука, 1979, с. 81.
2. Int. Symp. "Weak and Electromagnetic interactions in nuclei", JINR, E1,3,6,15-92-241, Dubna, 1992.
3. Брозолимский Б.Г.-Современные методы ядерной спектроскопии, Л: Наука, 1988, с. 3.
4. Solnyshkin A.A.-Workshop on Application of Lasers in Atomic Nuclei Research, JINR, D15-91-410, Dubna, 1991, p. 116.
5. Kastler A. - J. de Phys. Radium, 1950, v. 11, p. 255.
6. Fischer H. et al. - Z. Phys.A, 1978 v.284, p.3.
7. Bonn J. - Hyperfine Interactions, 1985, v. 22, p. 57.

8. Dasari R.R. et al. - Hyperfine Interactions, 1987, v. 38, p. 713.
9. Pappas P.G. et al. - Hyperfine Interactions, 1981, v. 9, p. 187.
10. Изосимов И.Н., Наумов Ю.В. - ЭЧАЯ, 1987, т. 18, вып. 2, с. 251.
11. Гангрский Ю.П. и др. - ОИЯИ, Р6-90-221, Дубна, 1990.
12. Антюхов В.А. и др. - ОИЯИ, Р10-86-854, Дубна, 1986.
13. Журавлев Н.И. и др. - ОИЯИ, 10-8754, Дубна, 1975.
14. Антюхов В.А. и др. - ОИЯИ, Р10-85-922, Дубна, 1985.
15. Георгиев А. и др. - ОИЯИ, Р10-88-381, Дубна, 1988.
16. Васильев Д. и др. - ОИЯИ, Р10-84-860, Дубна, 1988.

Рукопись поступила в издательский отдел
18 ноября 1992 года.

Солнышкин А.А. и др.

P13-92-473

Электронное обеспечение регистрирующей части
лазерной установки для исследования корреляционных
характеристик излучений ориентированных атомов и ядер

Описывается восьмидетекторная электронная система регистрации
оптического и ядерного излучений, выполненная на основе фотоэлектронных
умножителей, сцинтилляторов BaF_2 и блоков в стандарте
КАМАК. Система представляет собой восемь независимых спектрометрических
трактов (восемь 256-канальных анализаторов), работающих в
линию с компьютером АТ-286. Максимальная загрузка по каждому из
трактов - не менее $1,7 \times 10^4$ событий в секунду.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1992

Перевод авторов

Solnyshkin A.A. et al.

P13-92-473

An Electronic Control for the Detection Part of the
Laser Installation Intended for the Investigation of the
Radiation Correlation Characteristics of the Oriented Atoms
and Nuclei

An eight detector electronic system for the detection of optical and
nuclear radiations is described. The system is based on photomultipliers, BaF_2
scintillators and electronic blocks of the CAMAC standard. The system consists
of eight independent spectroscopic sections (eight 256-channel analyzers)
controlled by an AT-286 computer. The maximum rate for each section is
 $1,7 \times 10^4$ events per second.

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

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1992