

3-276
ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

13 - 3821

Ю.В.Заневский

МАГНИТОСТРИКЦИОННЫЕ
ИСКРОВЫЕ КАМЕРЫ И ПРИМЕНЕНИЕ ИХ
В ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ УСТАНОВКАХ

Специальность № 260. Приборы экспериментальной физики

Автореферат диссертации на соискание учёной
степени кандидата технических наук

Дубна 1968

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий Объединенного института ядерных исследований

13 - 3821

Научный руководитель:

кандидат физико-математических наук И.А.Голутвин

Официальные оппоненты:

доктор технических наук Г.И.Забякин

кандидат физико-математических наук В.П.Канавец

Ведущее научно-исследовательское учреждение: физический институт АН СССР (Москва).

Ю.В.Заневский

МАГНИТОСТРИКЦИОННЫЕ
ИСКРОВЫЕ КАМЕРЫ И ПРИМЕНЕНИЕ ИХ
В ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ УСТАНОВКАХ

Специальность № 260: Приборы экспериментальной физики

5369 69

Автореферат разослан 1968 г.

Защита диссертации состоится 1968 г. на заседании Учёного совета Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

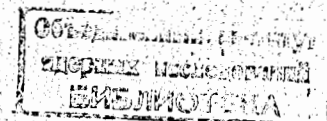
Автореферат диссертации на соискание учёной степени кандидата технических наук

Адрес: г.Дубна,Объединенный институт ядерных исследований
Лаборатория высоких энергий

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ОИЯИ.

Учёный секретарь Совета
кандидат физико-математических наук

А.А.Кузнецов



Значительный прогресс, наблюдаемый в электронной методике, связан с использованием бесфильмовых искровых камер, которые применяются почти во всех исследовательских центрах. Развитие методики бесфильмовых искровых камер позволяет экспериментаторам создавать сложные физические установки, обладающие большой скоростью получения информации и высоким уровнем автоматизации, что значительно сокращает время обработки физических данных.

Представление информации с искровых камер в цифровой (дискретной) форме, удобной для ввода в электронную вычислительную машину, дает возможность осуществлять контроль за аппаратурой и проводить кинематический анализ событий непосредственно во время эксперимента.

Использование бесфильмовых искровых камер "on-line" с ЭВМ дало возможность создавать регистрирующие системы, обладающие высоким разрешением, большой скоростью, достаточной надежностью и относительно низкой стоимостью/1/.

Существует большое количество бесфильмовых методов регистрации искр в камерах/2-6/, однако уже сейчас выделились наиболее перспективные. Это:

а) магнотриксционные искровые камеры, в которых съем информации осуществляется при помощи магнотриксционных линий задержки;

б) ферритовые искровые камеры, в которых для съема информации используются ферритовые кольца с прямоугольной петлей гистерезиса.

Магнитострикционные и ферритовые искровые камеры могут успешно конкурировать с известными системами для регистрации треков частиц — сцинтилляционными годоскопами и пузырьковыми камерами.

Настоящая работа посвящена вопросам, связанным с разработкой, элементами и характеристиками магнитострикционных искровых камер; описана специфика работы этих камер и их применение в экспериментальных установках, работающих on-line с электронной вычислительной машиной БЭСМ-3М.

I.

Диссертация состоит из трех глав.

В первой главе рассматривается принцип действия магнитострикционной искровой камеры и обсуждаются факторы, определяющие параметры выходного сигнала с магнитострикционной линии/7/. Дана классификация регистрирующих систем, используемых для считывания информации из магнитострикционных камер, и приведены причины, ограничивающие скорость набора информации в экспериментальных установках с такими камерами.

Во второй главе описаны основные элементы магнитострикционных систем и требования, предъявляемые к ним.

Приведены основные характеристики проволочных искровых камер, их конструктивные особенности.

Проведен подробный анализ схем высоковольтного питания проволочных искровых камер, куда входят:

- а) генераторы высоковольтных импульсов;
- б) схемы блоков запуска генераторов;
- в) блоки импульсного очищающего поля.

Так как в современных экспериментальных установках может применяться большое количество проволочных камер (десять или более), то возможно создание высоковольтных генераторов двух типов — с использованием одного сильно-точного коммутатора для всех камер и отдельного для каждой.

Показано несколько типов схем высоковольтных генераторов и даны их характеристики.

Схема генератора с использованием водородного тиратрона, устанавливаемого на каждую камеру, удовлетворяет основным требованиям (малое время восстановления, небольшая задержка, возможность коммутации больших токов, надежность) и достаточно проста.

Точность регистрации координат искры и разрешение между искрами в магнитострикционных камерах определяются амплитудными и частотными характеристиками сигнала, поступающего с магнитострикционной линии, приемных катушек и регистрирующих усилителей.

Приведены результаты исследований магнитострикционных материалов/8/.

Показано, что термообработка (полуотжиг) улучшает амплитудные и частотные характеристики магнитострикционных материалов, наилучшими частотными свойствами обладают линии диаметром 0,1 мм из материала Fe — Co 50—50%, а лучшими амплитудными характеристиками — линии сечением 0,5x0,05 мм² и 0,35x0,05 мм² из того же материала.

Рассмотрены требования, предъявляемые к регистрирующим усилителям в случае использования одной и двух приемных катушек, устанавливаемых на магнитострикционной линии.

Приведена разработанная схема усилителя-формирователя с использованием метода "пересечения нуля" со следующими основными параметрами:

- а) диапазон регистрируемых сигналов — 0,2 — 12 мв;
- б) "мертвое" время — 0,7 мксек;
- в) изменение задержки выходного сигнала при изменении сигнала на входе от 0,3 до 12 мв — 40 нсек.

Третья глава посвящена описанию разработанной установки из бесфильмовых искровых камер, работающих on-line с электронной вычислительной машиной БЭСМ-3М. Эта система соз-

давалась в 1965-1966 годах и была введена в эксплуатацию летом 1966 года/9/.

Установка включает в себя:

- а) девять магнитострикционных искровых камер, каждая из которых позволяет измерять X и Y координаты искр;
- б) регистрирующую электронную аппаратуру;
- в) линию передачи данных на расстояние порядка 1 км;
- г) электронную вычислительную машину.

Общий вид установки показан на рис. 1.

Эта установка использовалась в эксперименте по измерению дифференциального сечения упругого π^-p -рассеяния на малые углы, который проводился на синхрофазотроне ОИЯИ в 1967-1968 годах.

Все искровые камеры объединены в три секции:

- а) первая секция, состоящая из трех камер, необходима для измерения углов и координат π^- -мезонов, налетающих на жидководородную мишень;
- б) с помощью второй секции, состоящей из четырех камер, определяются углы рассеяния π^- -мезонов в водородной мишени;
- в) третья секция (две камеры) позволяет совместно со вторым блоком измерять импульсы π^- -мезонов по их отклонению в поле анализирующего магнита.

На рис. 2 приведена схема расположения искровых камер в эксперименте.

Сигналы с магнитострикционных датчиков поступают через усилители в систему регистрации координат. Информация из системы регистрации координат через последовательную линию связи передается в электронную вычислительную машину БЭСМ-3М. Для съема информации с искровой камеры используются четыре катушки, располагаемые на концах двух магнитострикционных линий. Поэтому всегда в случае одной искры в камере должны выполняться условия:

$$X_1 + X_2 = \text{const} \quad \text{и} \quad Y_1 + Y_2 = \text{const},$$

что дает возможность легко выделить случаи, когда в камере имелась одна искра, а также позволяет улучшить точность локализации искры.

На камерах устанавливались магнитострикционные ленты сечением $0,5 \times 0,05 \text{ мм}^2$ из материала Fe-Co 50-50%, с "полужесткими" отжигом.

В качестве сильноточного коммутатора в генераторе высоковольтных импульсов использовался один тиратрон типа ТГИ-1000/25. Суммарная задержка блока запуска и тиратрона составляет ≈ 100 нсек.

Регистрирующая аппаратура выполнена на пересчетных схемах и запоминает информацию, соответствующую одному срабатыванию искровых камер с 36 датчиков, до передачи в ЭВМ.

Информация в ЭВМ передается с помощью последовательной линии связи/10/.

На одно срабатывание камер в БЭСМ-3М передается двенадцать сорокапятиразрядных слов. Минимальное время, необходимое для передачи одного слова, составляет 50 мксек.

Общее время передачи информации об одном событии $\approx 1,2$ мсек.

В этой главе также описана логика работы всей установки и приведены временные диаграммы, поясняющие взаимодействие элементов системы и ЭВМ.

Показаны функции ЭВМ в процессе работы установки и сформулированы требования к программе "on-line" контроля аппаратуры.

IV.

Характеристики установки и некоторые экспериментальные результаты, полученные во время тестовых испытаний и эксперимента, приведены в четвертой главе.

Так как скорость получения информации в установке с бесфильмовыми искровыми камерами в значительной степени определяется быстродействием ЭВМ, то для сокращения времени обработки на ЭВМ до минимума введены очень жесткие критерии отбора информации, поступающей с искровых камер.

Вводится определение эффективности искровой камеры (ϵ), т.е. отношение числа случаев, в которых информация с искровой камеры удовлетворяет установленным критериям, к общему числу запусков камеры.

В описываемой установке к информации, получаемой с искровых камер, предъявлялись следующие требования:

- 1) искра должна быть зафиксирована всеми четырьмя датчиками камеры;
- 2) эффективным считается случай, когда в камере имелась только одна искра;
- 3) положение искры, получаемое при данном срабатывании искровой камеры, не должно совпадать с положением искры при предыдущем срабатывании (это дает возможность исключать случаи пробоев по "старому" следу);
- 4) координаты искр должны удовлетворять критериям линейности.

Очевидно, что при таком определении эффективность камеры существенно зависит от параметров пучка частиц, которым облучается установка - интенсивности, равномерности "растяжки" и т.д.

Показано, что разрешающее время камеры, продуваемой смесью $Ne + 1,5\% C_2H_6, OH$, составляет $\approx 1,5$ мксек (аппаратурная задержка $\approx 0,5$ мксек). При наличии такой аппаратурной задержки (0,5 мксек) и величине постоянного очищающего поля ≈ 50 в количество случаев, когда в камере не было искры, не превышает 3%.

Приводятся данные, характеризующие влияние микроструктуры "растяжки" на эффективность камеры (ϵ), и зависимость ϵ от интенсивности пучка π -мезонов.

Далее рассматриваются причины, определяющие пробой искры по "старому" следу, и приводятся количественные данные.

При использовании $Ne - Ne$ смеси и Ne (в обоих случаях добавляется $1,5\% C_2H_6, OH$) количество пробоев по "старому" следу (W_c), при изменении времени блокировки системы запуска ($T_{бл}$) от 6 до 2,2 мсек, изменялось от 2 до 8%. Все измерения проводились с использованием схемы импульсного очищающего поля.

Показана зависимость W_c от амплитуды импульсного очищающего поля.

Оценены факторы, определяющие точность регистрации искры в магнестрикционной камере. Точность регистрации координат искр в камерах, используемых в установке, была не хуже $0,3 + 0,4$ мм.

В этой же главе рассматриваются вопросы, связанные с эффективностью всей установки, состоящей из трех секций искровых камер, и приводятся оценки переопределения, необходимого для повышения эффективности регистрации событий.

Приведены экспериментальные результаты, характеризующие параметры установки^{9/}.

В тестовых испытаниях и эксперименте установка работала на пучке π -мезонов около 1000 часов на $line$ с БЭСМ-3М. За это время в ЭВМ было передано около 3×10^8 слов, что соответствует $\approx 2,5 \cdot 10^7$ срабатываний искровых камер. Отрезки времени, когда эксперимент проводился непрерывно, составляли 3 - 4 недели, что говорит о высокой надежности всей установки.

В пятой главе приведены результаты испытаний магнестрикционных материалов и искровой камеры с магнестрикционным считыванием в магнитном поле с $H \leq 15$ кэ, что определяется, главным образом, влиянием магнитного поля на коэффициент магнестрикции.

Были проведены исследования некоторых магнестрикционных материалов с целью использования лучших из них для съема информации с проволочной искровой камеры, помещенной в

магнитное поле. Показано влияние магнитного поля на "прямой" и "обратный" магнитострикционные эффекты/11/.

Исследовались образцы с различной термической обработкой:

- а) Fe - Co 50-50% сечением 0,35 x 0,05 мм²;
- б) Fe - Co 50-50% ϕ 0,1 мм;
- в) Fe - Co 50-50% ϕ 0,2 мм;
- г) Fe - Co 65-35% ϕ 0,2 мм.

Было показано, что наилучшими амплитудными свойствами в магнитных полях с $H \geq 10$ кэ обладают линии ϕ 0,2 мм из материала Fe - Co 65-35%.

С помощью установки, описанной в двух предыдущих главах, были исследованы характеристики однокоординатной магнитострикционной искровой камеры, помещенной в однородное магнитное поле. Работа камеры проверялась при двух значениях напряженности магнитного поля - 9 и 12,5 кэ.

Точность регистрации координат искр в такой камере была не хуже, чем в камерах, находящихся вне поля.

В шестой главе излагается проект разрабатываемой многотрековой системы из магнитострикционных искровых камер с последовательно-параллельным способом считывания информации. Установка будет использована на 70-Гэвном ускорителе ИФВЭ для экспериментов с K^0 -мезонами.

В проекте даны описание и параметры:

- а) проволочных искровых камер нескольких типов;
- б) системы импульсного питания камер, имеющей высокое быстродействие (время восстановления меньше 1 мсек);
- в) электроники для регистрации многотрековых событий с последовательно-параллельным съемом информации, выполненной, в основном, на интегральных схемах;
- г) системы передачи данных в ЭВМ.

Диссертация основана на материалах работ, в результате которых впервые в СССР создана методика эксперимента с бесфильмовыми искровыми камерами, работающими on-line с ЭВМ. Основные итоги диссертации можно сформулировать следующим образом:

1. Проведено сравнение бесфильмовых методов регистрации информации в искровых камерах. Дана классификация систем считывания информации из магнитострикционных камер и сформулированы требования к ЭВМ, связанных on-line с установками из проволочных искровых камер.

2. Рассмотрены основные элементы магнитострикционных систем и изложены требования, предъявляемые к ним. Проанализированы характеристики проволочных искровых камер, схем высоковольтного питания, магнитострикционных линий, регистрирующих усилителей.

3. Исследованы параметры магнитострикционных материалов, используемых для съема информации с проволочных искровых камер, и даны рекомендации по улучшению амплитудных и частотных характеристик магнитострикционных линий. Разработана схема регистрирующего "усилителя-формирователя" с применением метода "пересечения нуля".

4. Разработана установка, состоящая из девяти магнитострикционных искровых камер, регистрирующей электронной аппаратуры, линии передачи данных на расстояние 1 км и ЭВМ, используемая в эксперименте по измерению дифференциального сечения упругого π^+ -рассеяния на малые углы. Это первая в СССР установка, принадлежащая по своим параметрам к лучшим экспериментальным системам этого класса. Впервые был использован метод регистрации координат искр с помощью четырех датчиков, устанавливаемых на каждой магнитострикционной камере, что позволяет легко выделять случаи, когда в искровой камере имеется только одна искра, и улучшает точность регистрации координат искр. Приведена схема высоковольтного генератора,

обладающая высокой надежностью, малой задержкой (≈ 100 нсек) и достаточно большим быстродействием (минимальное время блокировки $T_{\text{бл}} = 2,2$ мсек). Даны характеристики и основные элементы разработанной последовательной линии связи с БЭСМ-3М.

5. Разработана схема регистрации пучковых частиц, прошедших через искровые камеры в определенный интервал времени до или после "запускающей" частицы (схема выделения двух треков), с помощью которой были исследованы характеристики магнитоотрижонных искровых камер, используемых в установке.

6. Рассмотрены функции, выполняемые электронной вычислительной машиной БЭСМ-3М в процессе работы установки. Сформулированы требования к программам *on-line* контроля, которые использовались в процессе эксперимента.

7. Проведено экспериментальное исследование характеристик проволочных искровых камер (эффективности, разрешающего времени, времени восстановления). Показано влияние интенсивности пучка π -мезонов на эффективность (ϵ) камер. Оценены факторы, определяющие точность регистрации координат в магнитоотрижонной камере.

8. Представлен экспериментальный материал, полученный в процессе испытаний установки и во время эксперимента по измерению дифференциального сечения π^{\pm} -рассеяния на малые углы (импульсное и угловое распределения, скорость набора информации и т.д.).

9. Приведены результаты испытаний магнитоотрижонных материалов в магнитном поле с $H \leq 15$ кэ. Показано, что наилучшими амплитудными свойствами обладают линии из материала Fe-Co 65 - 35%.

10. Впервые проверена работа магнитоотрижонной искровой камеры в магнитном поле ($H = 12,5$ кэ) без применения специальных мер. Эффективность и точность регистрации координат искр в камере, помещенной в магнитное поле, не хуже, чем в камерах вне магнитного поля.

11. Представлен проект разрабатываемой многотрековой системы из магнитоотрижонных искровых камер с последовательно-параллельным считыванием информации. Система будет использована в ИФВЭ на 70-гэвном ускорителе для экспериментов с K^0 -мезонами.

12. На основе опыта, накопленного при работе установки из магнитоотрижонных искровых камер, связанных *on-line* с ЭВМ, создаются экспериментальные системы подобного типа в Лаборатории высоких энергий и других отечественных лабораториях.

Основные результаты, представленные в диссертации, опубликованы в отечественных и зарубежных журналах и препринтах ОИЯИ/7-11/ и доложены на конференции по приборам для физики высоких энергий в Стэнфорде (1966г.) и симпозиуме по радиоэлектронике в Праге (1966г.).

Л и т е р а т у р а

1. I.Fischer. Труды международной конференции по электромагнитным взаимодействиям при низких и средних энергиях. Дубна, 179-250 (1967).
2. B.Maglic and F.Kirsten. Nucl. Instr. & Meth., 17,49(1962).
3. G.Charpak, I.Favier and L.Massonet. Nucl. Instr. & Meth. 24, 501 (1963).
4. L.A.Golutvin, Yu.V.Zanevsky, B.A. Kulakov, E.N.Tsyganov. Препринт ОИЯИ Е-2366, Дубна 1965.
5. F.Krienen, Nucl. Instr. & Meth., 16, 262 (1962).
6. V.Perez Mendez and I.M. Pfab. Nucl. Instr., & Meth. 33, 141 (1965).
7. А.С.Гаврилов, И.А.Голутвин, Ю.В.Заневский, С.С.Кириллов, Б.А.Кулаков, Л.Г.Макаров, Э.Н.Цыганов. ПТЭ № 6, 69-75 (1966).
8. Т.В.Беспалова, И.А.Голутвин, Ю.В.Заневский. Препринт ОИЯИ 13-3656, Дубна 1968.

9. I.V.Chuvilo et al., *Nucl. Instr. & Meth.*, 54, 217 (1967).
10. И.А.Голутвин, Ю.В.Заневский, В.Д.Кондрашов. Препринт ОИЯИ, 10-3144, Дубна 1967.
11. И.А. Голутвин, Ю.В.Заневский, Ю.Т. Кирюшин, В.Д.Пешехонов, В.Д.Рябцов, И.М.Ситник. Препринт ОИЯИ 13-3817, Дубна, 1968.
12. I.V.Chuvilo et al. *Proc. 1966 Int. Conf. on Instrum. for High Energy Physics, Stanford*, 579-583 (1966).

Рукопись поступила в издательский отдел
17 апреля 1968 года.

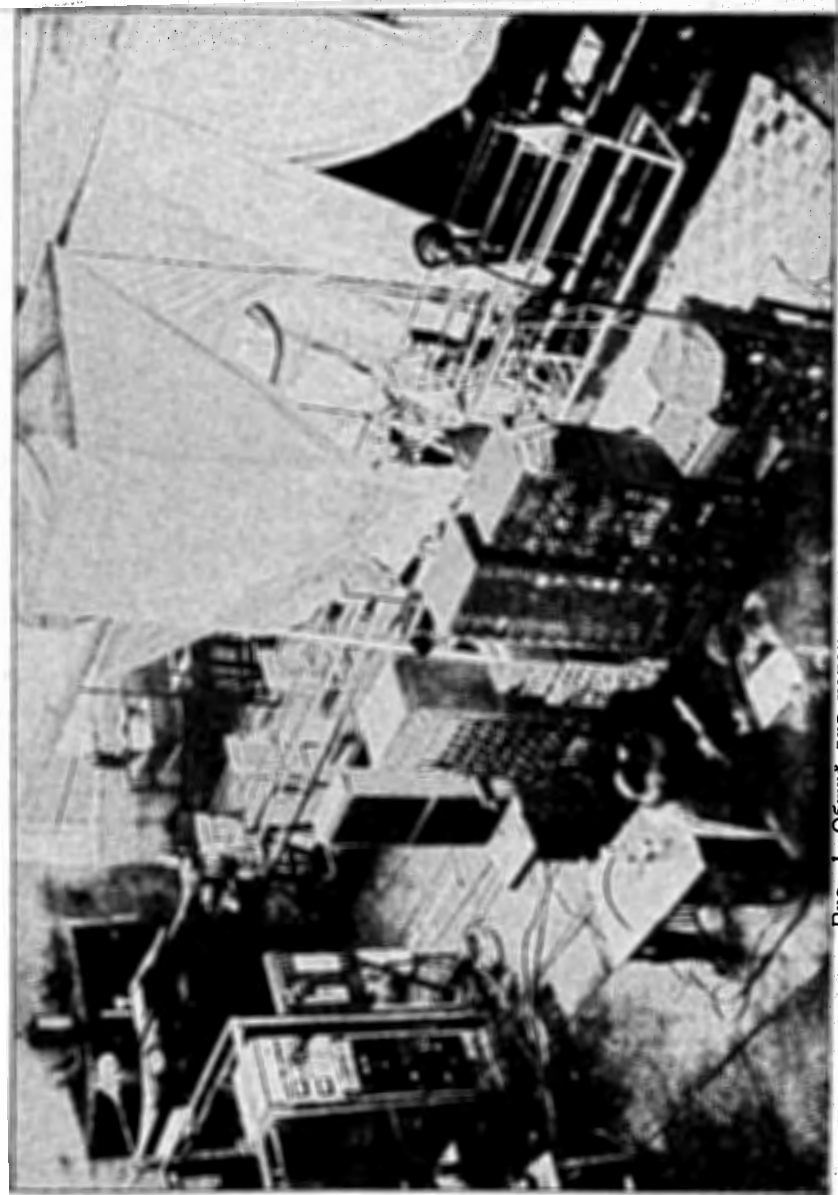


Рис. 1. Общий вид установки в измерительном павильоне синхрофазотрона ОИЯИ.

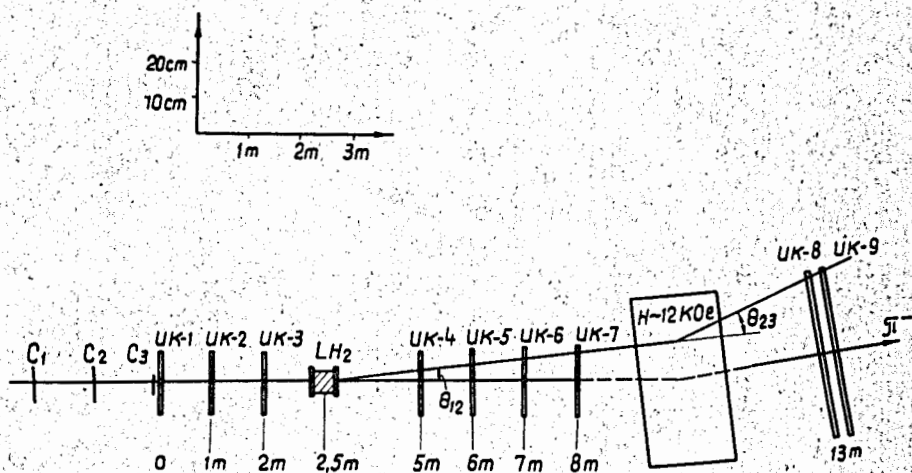


Рис. 2. Схема расположения искровых камер в эксперименте по изучению дифференциального сечения упругого π^-p -рассеяния.