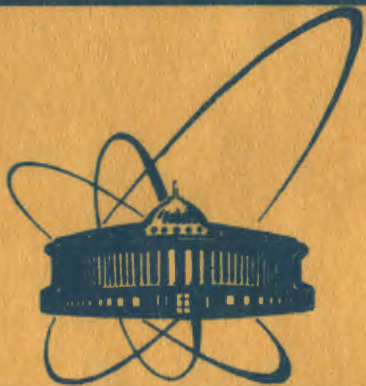


e +



СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

2394/83

10/5-83

P13-83-55

Г.Мюллер, Г.Карраш, Г.Щорнак

ФАЗОМЕТР
ДЛЯ ЛАЗЕРНОГО ИНТЕРФЕРОМЕТРА
В СТАНДАРТЕ КАМАК

1983

1. ВВЕДЕНИЕ

В отделе новых методов ускорения для диагностики пучка коллективного ускорителя применяется кристалл-дифракционный спектрометр Брэгга. Определение сдвигов энергии характеристического рентгеновского излучения в зависимости от степени ионизации^{/1/} находящихся в электронно-ионном кольце ионов требует точности измерения энергии $\frac{\Delta E}{E} \leq 10^{-6}$.

Предел точности измерений в первую очередь зависит от точности определения позиции кристалл-анализатора.

Из закона Брэгга следует

$$\frac{\Delta E}{E} = - \frac{\Delta(\sin \theta)}{\sin \theta} = - \cot \theta \Delta \theta.$$

При максимальном угле поворота $\theta = 10^\circ$ ошибка не должна превышать 0,04 угловых секунд. Такая точность может быть достигнута только с помощью лазерных интерферометров^{/2/}, где частота лазера f_L требует дополнительной стабилизации. Использование двухчастотного лазера /лазера Зеемана/ позволяет стабилизировать его частоту и предлагает относительно простой способ обработки электрических сигналов^{/3,4/}. С помощью магнитного поля лазера разность частот устанавливается 2 МГц. При противоположном движении двух находящихся в интерферометре призм^{/5/} в фотодиодах возникают электрические сигналы с частотами

$$f_1 = f_0 + \Delta f_1 \quad \text{и} \quad f_2 = f_0 - \Delta f_2. \quad /2/$$

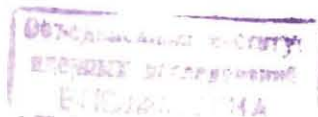
Выражение

$$\Delta f_{1/2} = f_L \frac{2v_{1/2}}{c} = \frac{2v_{1/2}}{\lambda_L} \quad /3/$$

получаем в результате доплеровского перемещения, где $v_{1/2}$ - скорости движения призм.

Для определения пути прохождения обеих призм Δx , т.е. угла θ их поворота, уравнение /3/ должно быть проинтегрировано. В результате получим:

$$\sin \theta = \frac{\Delta x}{2R} = \frac{1}{2R} \int (v_1 + v_2) dt = \frac{\lambda_L}{4R} \int (f_1 - f_2) dt, \quad /4/$$



где $2R$ - расстояние, пройденное лучами. Интеграл в правой части равенства /4/ представляет собой нормированную на 2π разность фаз выходных напряжений обоих фотодиодов. Цифровые измерители фаз состоят из реверсивного счетчика со схемами антисовпадений на его входах для предотвращения ложных переключений /6/. Однако помехоустойчивость таких схем остается низкой. Созданный в ОНМУ ОИЯИ измеритель фаз работает с частотной селекцией и содержит специальные схемы для получения разностной частоты. С целью повышения разрешающей способности на входах используются умножители частоты.

2. УСТРОЙСТВО ФАЗОМЕТРА И ОПИСАНИЕ ЕГО РАБОТЫ

Блок-схема измерителя фаз представлена на рис.1. На рис.2 приведены временные диаграммы напряжений в обозначенных точках. Поступающие от фотодиодов входные сигналы с частотой $2 \text{ МГц} \pm \Delta f_{1/2}$ усиливаются и преобразуются в прямоугольные импульсы. Путем их дифференцирования можно получить импульсы полушириной 8 нс, из спектра которых выбирается 8-я гармоника. С помощью умножения частоты шаг квантования от $\sin \theta$ уменьшается до

$$\Delta(\sin \theta) = \frac{\lambda_L}{32R},$$

что соответствует приращению угла на 0,04 с, при малых углах и радиусе 100 мм. Тем самым выполняется требование, сформулированное во введении. На выходе обоих умножителей частот формируются TTL-сигналы с частотой $16 \text{ МГц} \pm 8 \Delta f_{1/2}$ /точки "а" и "б" на рис.1/.

При измерении фазы важно обозначить разность частот правильным знаком "+" или "-". Разность частот определяется по принципу, указанному в /7/. Оба сигнала "смешиваются" с помощью схем

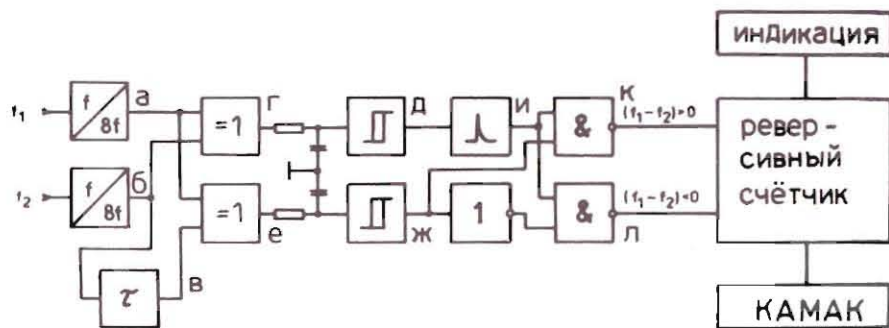


Рис.1. Блок-схема фазометра.

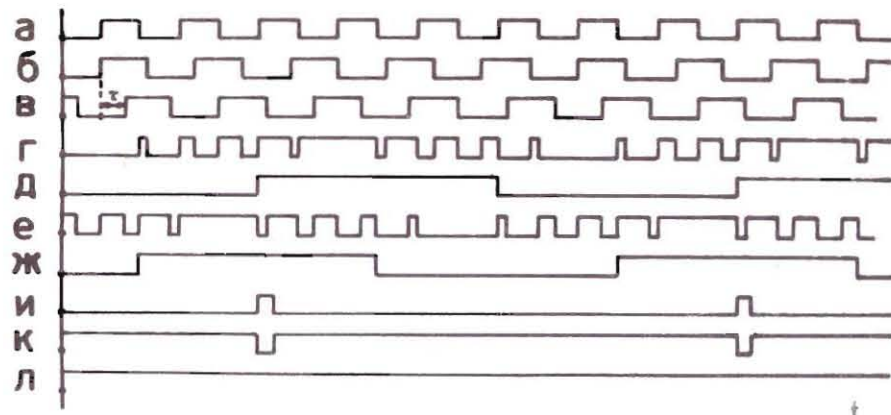


Рис.2. Временные диаграммы.

"Исключающее - ИЛИ". При этом один сигнал должен быть задержан на время $\tau = \frac{T}{4} = \frac{1}{4f}$, которое составляет 15 нс при частоте 16 МГц.

Оно реализуется дополнительным включением двух схем TTL с соответствующей задержкой. При этом "смешанные" последовательности частот /точки "г" и "е" на рис.1/ сглаживаются интегрирующими цепочками и преобразуются с помощью триггеров Шмитта в уровни TTL. Частота в обоих каналах /точки "д" и "ж" рис.1/ соответствуют разностной частоте

$$\Delta f = 8(\Delta f_1 + \Delta f_2).$$

Смещение фаз между ними составляет примерно 90° . Таким образом становится возможным определение знака разности частоты. Это производится дифференцированием L/Н фронта сигнала в точке "д" и сравнением его с прямым /точка "ж"/ и инвертированными сигналами. Если $f_1 > f_2$, дифференцированный импульс появляется в точке "к" и подается на прямой вход реверсивного счетчика; при $f_1 < f_2$ этот импульс появляется на выходе "л" и поступает на вычитающий вход счетчика. На выходах "к" и "л" происходит подавление импульсов, поступающих на вход счетчика, при очень малой разности частот.

Реверсивный счетчик состоит из 6 элементов К155ИЕ7, с помощью которых осуществляется считывание 24 бит, т.е. 16777216 шагов. Показание счетчика в соответствии с уравнением /4/ пропорционально $\sin \theta$. При $\lambda_L = 632,8 \cdot 10^{-9}$ м и $R = 100$ мм теоретически получаем область измерения $0 < \theta < 90^\circ$.

Состояние счетчика высвечивается на передней панели блока с помощью светодиодов. Кроме того, имеется индикация сигналов переполнения и перехода счетчика через нулевое состояние (LAM). Счетчик может быть предварительно установлен в начальное положение. Для считывания показаний счетчика дается команда FO в цикле КАМАК. Импульсы разности частот на входе счетчика не синхронизированы с циклом чтения КАМАК. Если совпадают по времени измерительный импульс и импульс чтения, то может быть считано ложное значение, которое, в свою очередь, может привести к ложной реакции всей измерительной системы. Чтобы избежать этого, при совпадении импульсов чтения и счета последний удлиняется с помощью одновибратора /см. рис.3 и 4/. При этом время τ должно быть больше времени задержки одновибратора. Состояние счетчика меняется только при L/H переходе функции M /рис.4/, и на чтение импульс счета не повлияет.

Максимальная разностная частота $\Delta f = 200$ КГц определяется полосой колебательных контуров умножителей частоты, работающих на частоте 16 МГц.

При длительности команды КАМАК, равной 1 мкс, дополнительных проблем не возникает. Разностная частота определяется скоростью поворота призмы. Она составляет в сконструированном спектрометре около 50 КГц. Имеется 4-кратный запас изменения частоты для резких изменений скорости движения призмы по сравнению со средней скоростью. Помехоустойчивость системы лучше, чем у приборов с чисто цифровыми способами вычитания частоты. Она является результатом частотной селекции на входе фазометра и интегрирования после "смешивания". Поэтому отдельные импульсы помех не влияют на результаты измерения.

3. КОМАНДЫ И СИГНАЛЫ КАМАК

NA(0)F(0)	- чтение
NA(0)F(2)	- чтение и очистка LAM
NA(0)F(8)	- проверка LAM

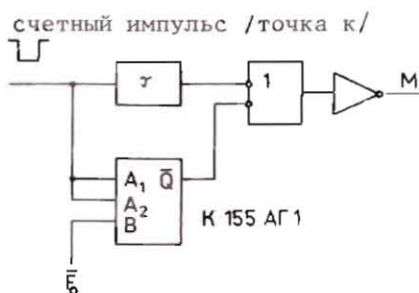


Рис.3. Синхронизация чтения.

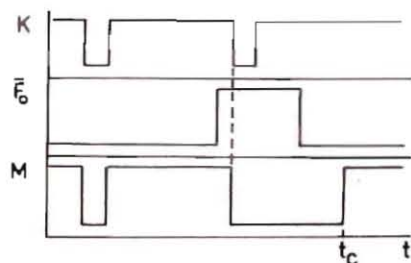


Рис.4. Временная диаграмма синхронизации чтения.

NA(0)F(9)S2	- инициализация входов счетчика, очистка LAM
NA(0)F(16)S1	- запись начальных значений
NA(0)F(24)S2	- выкл. LAM
NA(0)F(26)S2	- вкл. LAM
Z S2	- выкл. LAM
	- очистка LAM
	- очистка счетчика
	- инициализация входов счетчика
L	- после переполнения и перехода нуля счетчика
X	- NA(0) F(0)+F(2)+F(8)+F(9)+F(16)+F(24)+F(26)
Q	- NA(0) F(0)+F(2)+F(8)L

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представленный здесь фазометр работает по способу счета. Выявление знака разности частот производится схемами "смешивания" и задержки.

Фазометр позволяет измерять разность фаз двух сигналов частоты, равной 2 МГц. Разрешающая способность повышается с помощью умножителей частот до $\frac{\pi}{4}$.

Измеритель фаз осуществлен в стандарте КАМАК. Испытание с помощью двух генераторов частоты показало его безошибочную работу.

Авторы благодарят профессора Г.Музиоля за поддержку работы.

ЛИТУРАТУРА

1. Щорнак Г., Музиоль Г. ОИЯИ, P13-12540, Дубна, 1979.
2. Schwitz W. Nucl.Instr.Methods, 1978, 154, p. 95.
3. Burgward G.M., Kruger W.P. Hewlett-Packard-Journal Aug., 1970, p. 14.
4. Атутов С.Н. и др. Автометрия, 1975, 5, с. 48.
5. Мюллер Г. и др. ОИЯИ, P13-81-698, Дубна, 1981.
6. Бессмельцев В.П. и др. Автометрия, 1975, 5, с. 90.
7. Новицкий П.В. и др. Цифровые приборы с частотными датчиками, "Энергия", Л., 1970.

Рукопись поступила в издательский отдел
2 февраля 1983 года.

НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

Вы можете получить по почте перечисленные ниже книги, если они не были заказаны ранее.

D3-11787	Труды III Международной школы по нейтронной физике. Алушта, 1978.	3 р. 00 к.
D13-11807	Труды III Международного совещания по пропорциональным и дрейфовым камерам. Дубна, 1978.	6 р. 00 к.
	Труды VI Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1978 /2 тома/	7 р. 40 к.
D1,2-12036	Труды V Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1978	5 р. 00 к.
D1,2-12450	Труды XII Международной школы молодых ученых по физике высоких энергий. Приморско, НРБ, 1978.	3 р. 00 к.
	Труды VII Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц, Дубна, 1980 /2 тома/	8 р. 00 к.
D11-80-13	Труды рабочего совещания по системам и методам аналитических вычислений на ЭВМ и их применению в теоретической физике, Дубна, 1979	3 р. 50 к.
D4-80-271	Труды Международной конференции по проблемам нескольких тел в ядерной физике. Дубна, 1979.	3 р. 00 к.
D4-80-385	Труды Международной школы по структуре ядра. Алушта, 1980.	5 р. 00 к.
D2-81-543	Труды VI Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1981	2 р. 50 к.
D10,11-81-622	Труды Международного совещания по проблемам математического моделирования в ядерно-физических исследованиях. Дубна, 1980	2 р. 50 к.
D1,2-81-728	Труды VI Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1981.	3 р. 60 к.
D17-81-758	Труды II Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1981.	5 р. 40 к.
D1,2-82-27	Труды Международного симпозиума по поляризационным явлениям в физике высоких энергий. Дубна, 1981.	3 р. 20 к.
P18-82-117	Труды IV совещания по использованию новых ядерно-физических методов для решения научно-технических и народнохозяйственных задач. Дубна, 1981.	3 р. 80 к.
D2-82-568	Труды совещания по исследованиям в области релятивистской ядерной физики. Дубна, 1982.	1 р. 75 к.
D9-82-664	Труды совещания по коллективным методам ускорения. Дубна, 1982.	3 р. 30 к.
D3,4-82-704	Труды IV Международной школы по нейтронной физике. Дубна, 1982.	5 р. 00 к.

Заказы на упомянутые книги могут быть направлены по адресу:
101000 Москва, Главпочтамт, п/я 79
Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований

ТЕМАТИЧЕСКИЕ КАТЕГОРИИ ПУБЛИКАЦИЙ ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Индекс	Тематика
1.	Экспериментальная физика высоких энергий
2.	Теоретическая физика высоких энергий
3.	Экспериментальная нейтронная физика
4.	Теоретическая физика низких энергий
5.	Математика
6.	Ядерная спектроскопия и радиохимия
7.	Физика тяжелых ионов
8.	Криогеника
9.	Ускорители
10.	Автоматизация обработки экспериментальных данных
11.	Вычислительная математика и техника
12.	Химия
13.	Техника физического эксперимента
14.	Исследования твердых тел и жидкостей ядерными методами
15.	Экспериментальная физика ядерных реакций при низких энергиях
16.	Дозиметрия и физика защиты
17.	Теория конденсированного состояния
18.	Использование результатов и методов фундаментальных физических исследований в смежных областях науки и техники
19.	Биофизика

Мюллер Г., Карраш Г., Щорнак Г.

P13-83-55

Фазометр для лазерного интерферометра в стандарте КАМАК

Описывается фазометр для измерения угла поворота двухчастотного лазерного интерферометра. Фазометр определяет разность частот лазерных лучей, пропорциональную синусу угла поворота. Для повышения точности и помехоустойчивости прибора разработана схема частотной селекции, с помощью которой из спектра входных сигналов/после их формирования/выбирается 8-я гармоника. Чтобы предотвратить ложные срабатывания при чтении результатов измерений, введена специальная схема синхронизации счета импульсов разности частоты и чтения в цикле КАМАК. Емкость счетчика фазометра - 24 бита, что позволяет хранить информацию об угловых перемещениях в широком диапазоне. Изменение углов при этом может происходить в прямом или обратном направлениях. При превышении предела измерения возникает сигнал ошибки (LAM). Блок занимает модуль КАМАК единичной ширины. Состояние счетчика указывается на передней панели с помощью светодиодов.

Работа выполнена в Отделе новых методов ускорения ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1983

Müller G., Karrasch G., Zchornack G.

P13-83-55

A CAMAC Phase Measurement Unit for Laser Interferometer

A unit for measuring of rotation angles by a two-frequency laser interferometer is described. The device determines the difference between the laser beams that is proportional to the sine of the angle of rotation. A frequency selection circuit filters the 8-th harmonic from the input signals to increase the accuracy and noise immunity. A circuit synchronizing the count of difference frequency pulses and leading to CAMAC bus, preventing failures by reading the results of measurement is introduced. The counter capacity of the unit is 24 bit that allows one to store the information on the angle deviation in a wide range. The change of angle is permitted in both directions. Error signal (LAM) shows the exceeding of measurement angle. The unit occupies one width CAMAC module. The counter state is indicated on the front panel with LED's.

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

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1983

Перевод О.С.Виноградовой.