



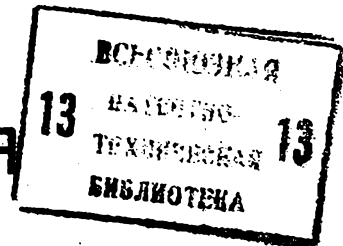
СОЮЗ СОВЕТСКИХ
СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ
РЕСПУБЛИК

(19) **SU** (11) **859978** **A**

3(5D) G 01 T 1/29

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР
ПО ДЕЛАМ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОТКРЫТИЙ

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ



- (21) 2884967/18-25
(22) 18.02.80
(46) 30.10.84. Бюл. № 40
(72) Ю.С. Павлов и Н.Г. Соловьев
(71) Московский ордена Трудового
Красного Знамени инженерно-физичес-
кий институт
(53) 621.317.794(088.8)
(56) Norris N.S. Henst R.K. Picose-
cond Blam Monitors IEEE Trans Nucl.
Sci, 1969, v. NS-16, № 3, p. 927-931.
2. Москалев В.А., Шестаков В.Г.
Контроль и измерение параметров
пучков заряженных частиц. М., Атом-
издат, 1973, с. 27-34.
3. Джилавян Л.З., Обозный В.А.,
Пономарев В.Н. Использование переход-
ного излучения для наблюдения формы
и положения пучка ускоренных элек-
тронов. Вопросы атомной науки и тех-
ники. ХФТИ АН УССР, Харьков, Изд-во
"Ленинские ускорители", 1976,
вып. 1 (2), с. 61-62.
4. Авторское свидетельство СССР
по заявке № 2771597/18-25,
кл. Н 05 Н 7/00, Н 01 J 39/00,
05.02.79, от 20.09.79 (прототип).

(54)(57) УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ
ПАРАМЕТРОВ ПУЧКОВ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ,

содержащее источник светового излу-
чения, преобразователь светового
излучения с оптически неактивными
парамагнитными кристаллами, чувстви-
тельный к электромагнитному излуче-
нию исследуемого пучка частиц, ре-
гистратор светового излучения, а
также средства для ввода светового
излучения в преобразователь и для
транспортировки преобразованного
светового излучения к регистратору,
отличающееся тем, что,
с целью повышения чувствительности
и помехозащищенности, преобразова-
тель помещен в металлический корпус
из немагнитного материала с отверс-
тиями для прохождения светового из-
лучения, выполнен в виде тороида из
ферромагнетика, в теле которого на
диаметрально противоположных сторонах
для прохождения светового излучения
образованы два параллельных канала,
плоскость которых ориентирована пер-
пендикулярно к исследуемому лучку,
а в середине каждого из каналов ус-
тановлены оптические неактивные па-
рамагнитные кристаллы, причем опти-
ческая ось каждого кристалла ориен-
тирована перпендикулярно к оси кана-
ла.

(19) **SU** (11) **859978** **A**

Изобретение относится к ускорительной технике и может быть использовано для измерения параметров пучков заряженных частиц.

Как правило, регистрация параметров пучков заряженных частиц на выходе ускорителя осуществляется датчиками магнитно-индукционного, резонаторного или коллекторного типа, электростатическими сигнальными электродами, датчиками Холла, мониторами вторичной эмиссии, стеклянными и фотопленочными индикаторами. Такие преобразователи позволяют измерять параметры пучков заряженных частиц, если длительность сгустков тока пучка находится в интервале от сотен наносекунд до единиц наносекунд.

В последнее время перспективное развитие получили линейные ускорители электронов, работающие в пикосекундном временном интервале. Актуальность измерения тока, длительности и положения таких коротких импульсов ускоренных электронов потребовала разработки широкополостных преобразователей, обладающих хорошей помехоустойчивостью, повышенной чувствительностью и прозрачных по отношению к пучку.

Известно устройство для измерения параметров пикосекундных импульсов с помощью коаксиальных датчиков [1].

Однако хорошие частотные характеристики коаксиальных датчиков не удается реализовать из-за ограниченной широкополостности передающих цепей и конечного времени нарастания современных стробоскопических осциллографов, необходимость использования которых является недостатком этого устройства.

Известно устройство для измерения импульсного тока пучка и положения пучка ускоренных электронов с помощью магнитно-индукционного датчика. Такой преобразователь является полностью прозрачным и позволяет не разрушая и не возмущая пучок, измерить его параметры [2].

Основным недостатком является малая широкополостность преобразователя, что не позволяет использовать его для измерения параметров пучка, состоящего из сгустков длительностью менее 1 нс.

Известно устройство, используемое для наблюдения формы и положения

пучка ускоренных электронов. В устройстве используется свечение, возникающее при бомбардировке пучком поверхности различных материалов. Основной вклад в свечение вносит переходное излучение, которое возникает при переходе равномерно движущегося электрона из одной среды в другую. Обладая очевидными достоинствами: широкополостностью и высокой чувствительностью, данное устройство может быть использовано для измерения параметров пучков пикосекундной длительности [3].

Основным недостатком этого устройства является его непрозрачность по отношению к пучку.

Наиболее близким к предлагаемому по технической сущности является устройство для измерения параметров пучков заряженных частиц, содержащее источник светового излучения, преобразователь светового излучения с оптически неактивными парамагнитными кристаллами, чувствительный к электромагнитному излучению исследуемого пучка частиц, регистратор светового излучения, а также средства для ввода светового излучения в преобразователь и для транспортировки преобразованного светового излучения к регистратору.

Преобразователь выполнен в виде коаксиала с емкостным зазором на одном из концов. В полости коаксиала размещен оптический элемент. При прохождении емкостного зазора пучок возбуждает в коаксиале электромагнитную волну типа ТЕМ. Электрическое поле этой волны, приложенное вдоль оптической оси кристалла, вызывает поворот плоскости поляризации проходящего через него света на определенный угол, величина которого линейно пропорциональна величине приложенного напряжения (эффект Поккельса) [4].

Основными недостатками данного устройства являются технологическая сложность и дороговизна изготовления преобразователя, недостаточная чувствительность из-за того, что лишь некоторая часть электромагнитного поля, создаваемого движущимся пучком заряженных частиц, оказывает воздействие на кристалл, а также неудовлетворительная помехозащищенность преобразователя и невозможность измерения

положения пучков пикосекундной длительности.

Цель устройства - повышение чувствительности и помехозащищенности.

Поставленная цель достигается тем, что в известном устройстве для измерения параметров пучков заряженных частиц, содержащем источник светового излучения, преобразователь светового излучения с оптически неактивными парамагнитными кристаллами, чувствительный к электромагнитному излучению исследуемого пучка частиц, регистратор светового излучения, а также средства для ввода светового излучения в преобразователь и для транспортировки преобразованного светового излучения к регистратору, преобразователь помещен в металлический корпус из немагнитного материала с отверстиями для прохождения светового излучения, выполнен в виде тороида из ферромагнетика, в теле которого на диаметрально противоположных сторонах для прохождения светового излучения образованы два параллельных канала, плоскость которых ориентирована перпендикулярно к исследуемому пучку, а в середине каждого из каналов установлены оптически неактивные парамагнитные кристаллы, причем оптическая ось каждого кристалла ориентирована перпендикулярно к оси канала.

Схема устройства для измерения тока пучка и положения пучка пикосекундной длительности показана на чертеже.

Предлагаемое устройство состоит из преобразователя светового излучения, представляющего собой ферритовый тороид 1, в котором имеются два канала 2 для прохождения светового излучения от источника 3, в качестве которого используется лазер, и расположенного на выходе ускорителя 4. В каналах размещены оптические элементы - кристаллы 5. Ферритовый тороид 1 помещен в экранирующий кожух 6, в котором имеются четыре отверстия для прохождения светового излучения. Для разводки светового излучения по каналам использована система полупрозрачных зеркал 7 и зеркал в поворотных. На выходе каналов датчика установлена система регистрации, в качестве которой использованы поляроиды 9, электронно-оптический преобразователь (ЭПО) 10 и фотохронограф 11.

Работа устройства происходит следующим образом.

Плоскополяризованное световое излучение от лазера 3 через оптическую систему зеркал 7 и 8 попадает на кристаллы 5. Движущийся пучок заряженных частиц создает вокруг себя магнитное поле, которое индицируется в магнитопроводе датчика. Действие магнитного поля пучка заряженных частиц на кристаллы 5 сводится к следующему: магнитное поле поворачивает угол плоскости поляризации светового излучения на некоторый угол в случае, если направление силовых линий магнитного поля перпендикулярно оптической оси кристалла (эффект Фарадея). Величина поворота плоскости поляризации зависит от величины тока и положения пучка заряженных частиц. При измерении тока пучка достаточно использовать лишь один кристалл, а измерение положения требует использования двух кристаллов.

Рассмотрим более подробно работу устройства при измерении положения пучка заряженных частиц. При прохождении пучка точно по центру тороида положение кристаллов 5 должно быть выбрано так, что оптическая ось кристаллов 5 лежит в плоскости поляризации светового излучения от лазера 3. Положение поляроидов 9 выбирается так, что световое излучение не проходит через них. Тогда при отклонении пучка от центра за счет магнитного вращения плоскости поляризации в кристаллах на систему регистрации поступают два сигнала интенсивностью I_1 и I_2 . Разность этих сигналов ΔI зависит от величины смещения положения пучка заряженных частиц от центра оси симметрии датчика. Можно показать, что ΔI может быть оценено по формуле

$$\Delta I = I_{\text{пчд}} \left(\sin^2 \frac{dV\phi_1}{S} - \sin^2 \frac{dV\phi_2}{S} \right), \quad (1)$$

где $I_{\text{пчд}}$ - интенсивность светового излучения, падающего на каждый из кристаллов, Вт/см²,

$$V = \frac{a}{\lambda^2} + \frac{b}{\lambda^4} - \text{постоянная Верде, } \frac{\text{мин}}{\text{Тл} \cdot \text{м}};$$

где d - толщина кристалла, м;
а и б - коэффициенты, зависящие от природы вещества и температуры;

- λ - длина волны светового излучения, м;
 S - площадь поперечного сечения ферромагнитного тороида, м²;
 Φ_1 и Φ_2 - потоки магнитной индукции, действующие на кристаллы 1 и 2 соответственно, Вб;

причем $\Phi = 0,2 I_n \ell \mu \ell n \frac{r_2}{r_1}$ (2)

- где I_n - ток пучка, А;
 ℓ - длина магнитопровода, м;
 μ - магнитная проницаемость ферромагнетика, Тл/А·м;
 r_1 и r_2 - расстояние от пучка до внешней и внутренней поверхности тороида, м.

Оценивая величину ΔI , измеренную системой регистрации, для примера задают следующие параметры преобразователя и пучка заряженных частиц: $R_1 = 0,03$ м; $R_2 = 0,05$ м, $\mu = 50$ (феррит марки 50 Вч); толщина ферритового тороида - $h = 0,01$ м; $I_n = 100$ А, $d = 5 \cdot 10^{-3}$ м; $V = 28,2 \times 10^4$ мин/Тл·м, для кристаллов ZnS при 20°C и длине волны светового излучения $\lambda = 589 \times 10^{-7}$ м; $I_{\text{пал}} = 1$ Вт/см²; величина смещения - $\Delta I = 10^{-3}$ м.

Тогда для ΔT получаем величину 10^{-8} Вт/см². В настоящее время измерение таких интенсивностей возможно только с использованием электронно-оптического преобразователя, обладающего кроме высокого разрешения по мощности и высоким временным разрешением (10^{-14} с).

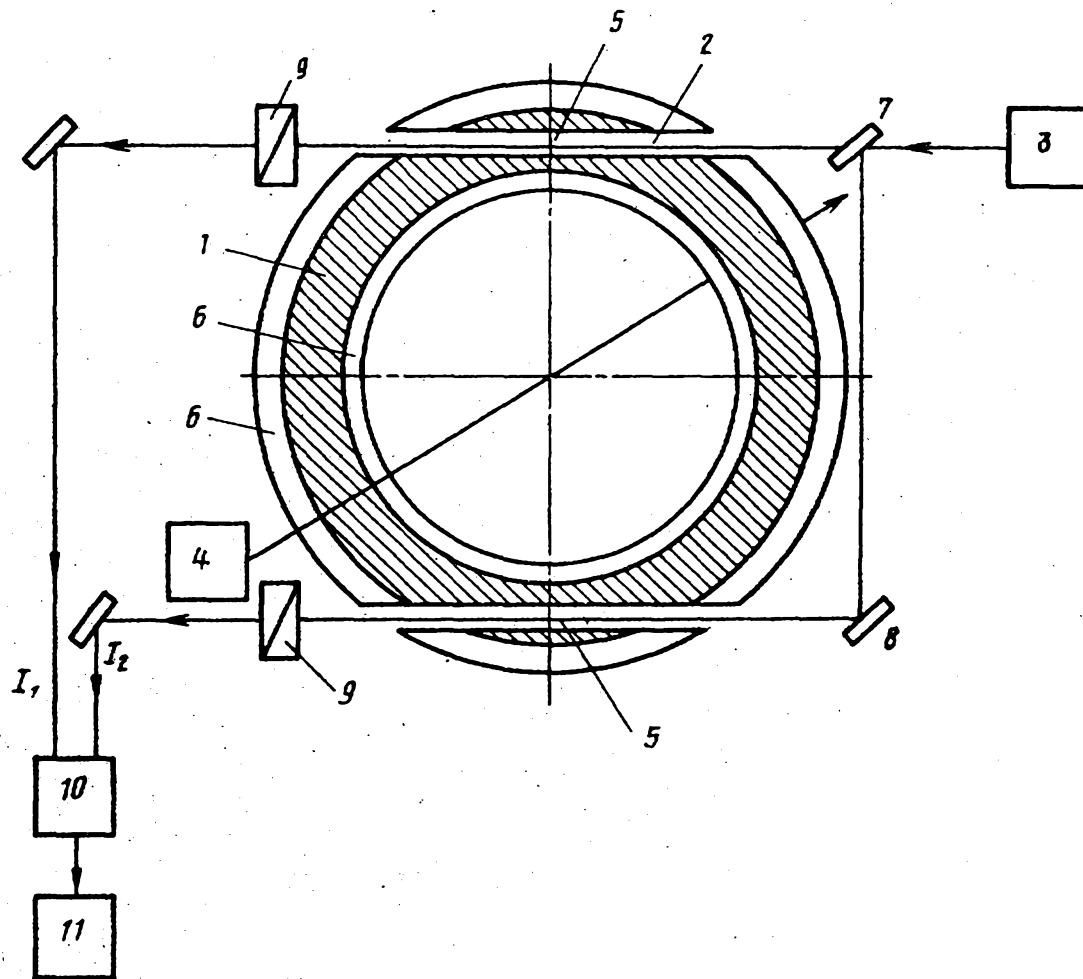
В качестве источника излучения может быть использован любой лабораторный газовый лазер непрерывного действия с интенсивностью излучения $(1 + 10)$ Вт/см². Для измерения параметров пучков заряженных частиц пи-

косекундной длительности может быть использован фотохронограф, например прибор типа "Пиксохрон" или "ФЭР-2". В фотохронографе использован электронно-оптический преобразователь типа УМИ-93.

С целью улучшения помехозащищенности ферритовый тороид помещен в экран из немагнитного материала. Устройство обладает повышенной чувствительностью за счет применения современных быстродействующих ферритов, предназначенных для усиления магнитного поля, создаваемого пучком ускоренных заряженных частиц. Дальнейшее увеличение чувствительности преобразователя в устройстве может быть получено за счет использования метода многократного прохождения светового излучения через оптический элемент, для чего кристалл помещается в оптический резонатор открытого типа.

Устройство обладает простой и технологичной конструкцией датчика. Предлагаемое устройство позволяет измерять ток, положение пучка ускоренных заряженных частиц при работе линейного ускорителя в нано- и пикосекундном режиме. При этом измерение положения пучка, состоящего из коротких сгустков, возможно при сохранении максимальной чувствительности датчика.

Таким образом, предлагаемое устройство полностью прозрачно для измеряемого пучка заряженных частиц, обладает высокой чувствительностью, помехозащищенностью и позволяет измерять параметры пучков пико- и наносекундной длительности с высоким временным разрешением. Устройство найдет широкое применение при разработке высокоточных короткоимпульсных линейных ускорителей, при проведении физических и химических радиационных исследований.



Составитель
 Редактор М.Лысогорова Техред О. Неце Корректор А. Ференц

Заказ 7084/3 Тираж 710 Подписное
 ВНИИПИ Государственного комитета СССР
 по делам изобретений и открытий
 113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5

Филиал ППП "Патент", г. Ужгород, ул. Проектная, 4