



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
G01T 5/08 (2021.08)

(21)(22) Заявка: 2020136521, 06.11.2020

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
06.11.2020

Дата регистрации:
07.12.2021

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 06.11.2020

(45) Опубликовано: 07.12.2021 Бюл. № 34

Адрес для переписки:

119180, Москва, Старомонетный пер., 26, АО
"Наука и инновации", для Снегова К.Г.

(72) Автор(ы):

Астапов Иван Иванович (RU),
Каверзнев Михаил Михайлович (RU),
Конев Юрий Николаевич (RU),
Петрухин Анатолий Афанасьевич (RU),
Хохлов Семен Сергеевич (RU),
Яшин Игорь Иванович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Акционерное общество "Наука и инновации"
(RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 2503075 C1, 27.12.2013. US
2014209808 A1, 31.07.2014. RU 2308741 C1,
20.10.2007. SU 1088506 A1, 23.12.1985.

(54) МЮОННЫЙ ГОДОСКОП И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ОБЪЕКТОВ

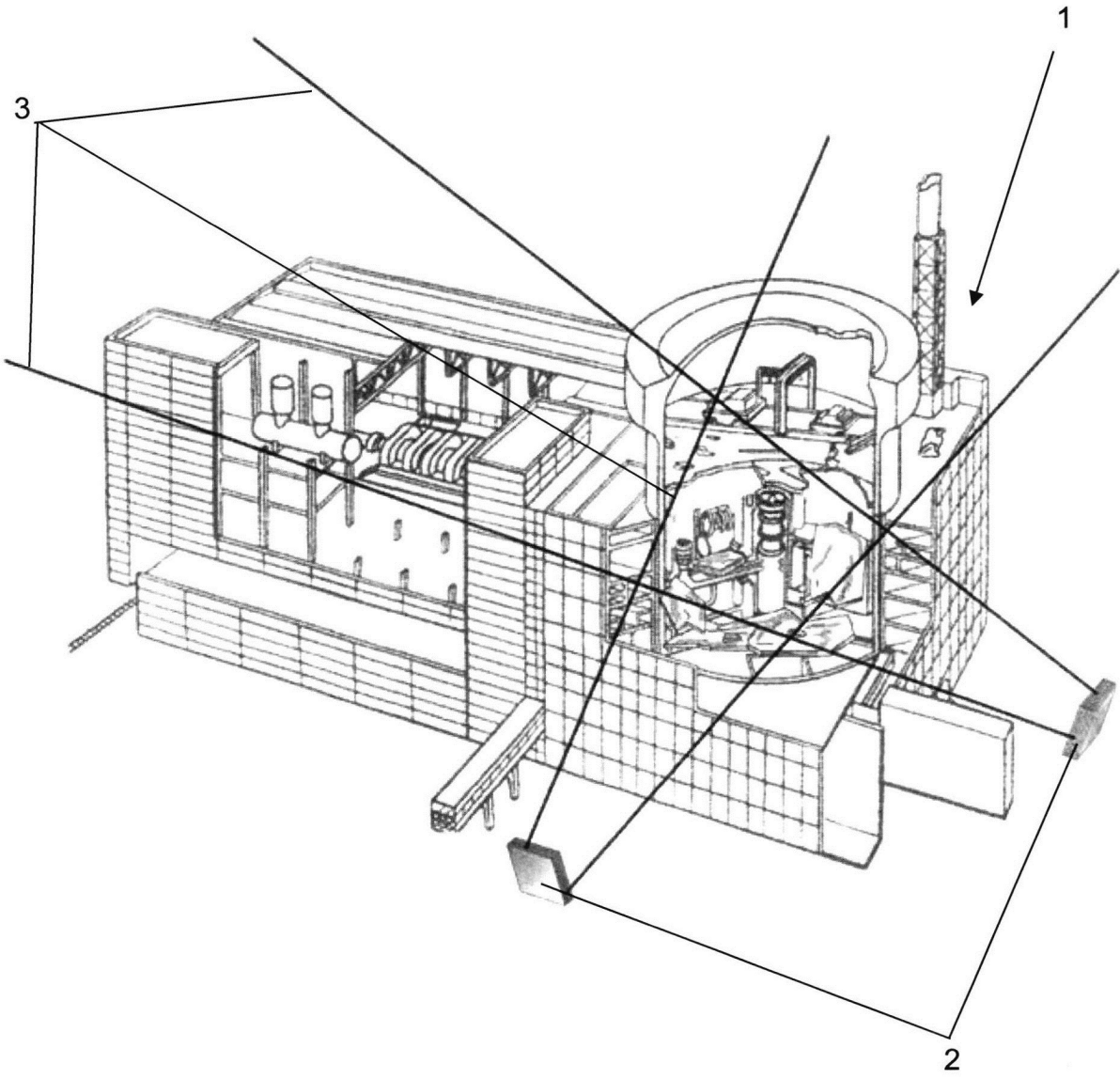
(57) Реферат:

Изобретение относится к измерительной технике и средствам диагностики. Годоскоп содержит установленные параллельно четыре ХУ координатные плоскости, группы дрейфовых трубок. Плоскости составлены из сцинтилляционных продольных счетчиков. Первая группа дрейфовых трубок размещена

между первой и второй ХУ координатными плоскостями, а вторая группа дрейфовых трубок установлена между третьей и четвертой ХУ координатными плоскостями. Технический результат – повышение точности измерений и диагностики. 2 н. и 3 з.п. ф-лы, 3 ил.

RU 2 761 333 C1

RU 2 761 333 C1



Фиг. 1

RU 276192 С 1

RU 276133 С 1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC
G01T 5/08 (2021.08)

(21)(22) Application: **2020136521, 06.11.2020**

(24) Effective date for property rights:
06.11.2020

Registration date:
07.12.2021

Priority:

(22) Date of filing: **06.11.2020**

(45) Date of publication: **07.12.2021 Bull. № 34**

Mail address:

**119180, Moskva, Staromonetnyj per., 26, AO
"Nauka i innovatsii", dlya Snegova K.G.**

(72) Inventor(s):

**Astapov Ivan Ivanovich (RU),
Kaverznev Mikhail Mikhajlovich (RU),
Konev Yuriy Nikolaevich (RU),
Petrukhin Anatolij Afanasevich (RU),
Khokhlov Semen Sergeevich (RU),
Yashin Igor Ivanovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Aksionernoe obshchestvo "Nauka i innovatsii"
(RU)**

(54) **MUON HODOSCOPE AND APPARATUS FOR OBJECT DIAGNOSTICS**

(57) Abstract:

FIELD: measuring equipment.

SUBSTANCE: invention relates to measuring equipment and diagnostic means. The hodoscope comprises four XY coordinate planes installed in parallel, groups of drift tubes. The planes are composed of longitudinal scintillation counters. The first group of drift tubes is placed between the first and second XY

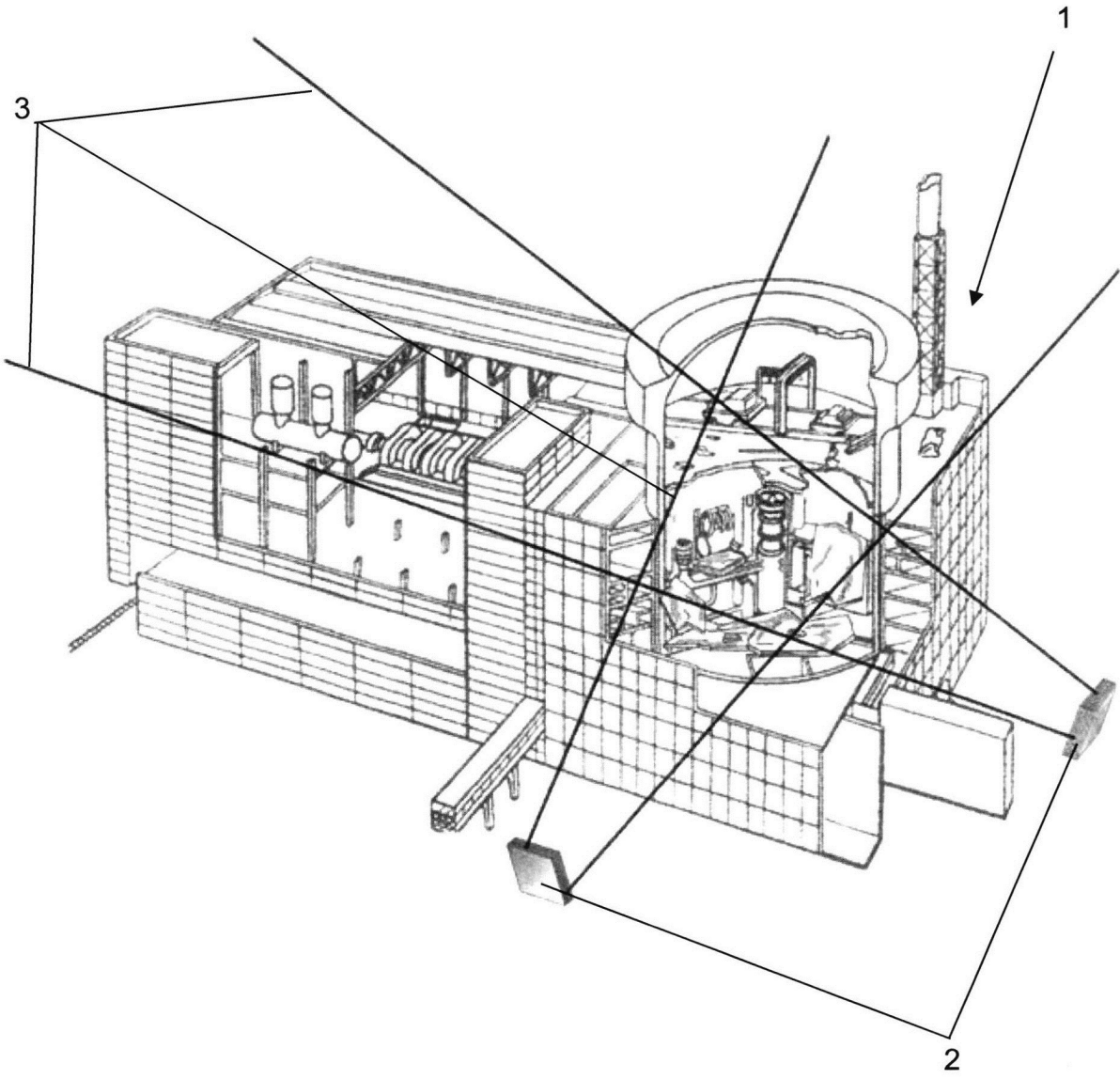
coordinate planes, and the second group of drift tubes is installed between the third and fourth XY coordinate planes.

EFFECT: increase in the accuracy of measurement and diagnostics.

5 cl, 3 dwg

RU 2 761 333 C1

RU 2 761 333 C1



Фиг. 1

RU 2761333 C1

RU 2761333 C1

Область техники, к которой относится изобретение

Изобретение относится к области измерительной и диагностической техники, в частности, к средствам детектирования потока частиц и средствам диагностики состояния внутренней структуры объектов на основе анализа потока частиц (атмосферных мюонов).

Уровень техники

Из уровня техники известно большое количество приборов для экспериментального определения зависимости интенсивности потока заряженных элементарных частиц от угла в пространстве на основе сцинтилляционных детекторов.

В качестве наиболее близкого аналога выбрано известное средство для диагностики объектов, содержащее мюонный годоскоп на основе сцинтилляционных детекторов, электронные блоки анализа потоков атмосферных мюонов (патент RU 2503075, опубликован 27.12.2013). Недостатком данного известного средства является ограниченная точность определения траектории потока мюонов и связанная с этим ограниченная точность диагностики.

Сущность изобретения

Задача, решаемая изобретением, состоит в повышении точности детектирования потока атмосферных мюонов.

Изобретение позволяет достичь следующую совокупность технических результатов: увеличение эксплуатационных возможностей за счет расширения диапазона допустимого радиационного фона; повышение точности диагностики состояния объектов.

Указанные технические результаты достигаются тем, что мюонный годоскоп содержит установленные параллельно первую, вторую, третью и четвертую XY координатные плоскости, первую и вторую группу дрейфовых трубок, каждая из упомянутых координатных плоскостей составлена из сцинтилляционных продольных счетчиков, каждая из упомянутых групп состоит из двух сборок дрейфовых трубок, при этом упомянутая первая группа дрейфовых трубок размещена между упомянутыми первой и второй XY координатными плоскостями, а упомянутая вторая группа дрейфовых трубок установлена между упомянутыми третьей и четвертой XY координатными плоскостями.

Указанные технические результаты достигаются также тем, что каждая XY координатная плоскость содержит два слоя сцинтилляционных продольных счетчиков, при этом сцинтилляционные продольные счетчики первого слоя перпендикулярны сцинтилляционным продольным счетчикам второго слоя.

Указанные технические результаты достигаются также тем, что каждая из групп содержит, по крайней мере, две сборки дрейфовых трубок, при этом дрейфовые трубки одной сборки перпендикулярны дрейфовым трубкам второй сборки.

Указанные технические результаты достигаются также тем, что каждая из сборок содержит не менее трех слоев дрейфовых трубок.

Указанные технические результаты достигаются также тем, что содержит основание и установленную на нем раму, в которой установлены XY координатные плоскости и группы дрейфовых трубок, при этом рама выполнена с возможностью изменения своего положения в пространстве.

Указанные технические результаты достигаются также тем, что устройство для диагностики объектов, содержащее мюонный годоскоп, первый блок сбора и обработки данных, второй блок сбора и обработки данных, упомянутые блоки соединены между собой средством синхронизации сигналов, электронное вычислительное устройство, упомянутый мюонный годоскоп содержит установленные параллельно первую, вторую,

5 третью и четвертую XY координатные плоскости, первую и вторую группу дрейфовых трубок, каждая из упомянутых XY координатных плоскостей составлена из
сцинтилляционных продольных счетчиков, каждая из упомянутых групп состоит из
двух сборок дрейфовых трубок, упомянутая первая группа дрейфовых трубок размещена
10 между упомянутыми первой и второй XY координатными плоскостями, а упомянутая
вторая группа дрейфовых трубок установлена между упомянутыми третьей и четвертой
XY координатными плоскостями при этом выходы упомянутых сцинтилляционных
продольных счетчиков соединены со входом первого блока сбора и обработки данных,
выходы упомянутых дрейфовых трубок соединены со входом первого блока сбора и
15 обработки данных, а выходы упомянутых блоков соединены с упомянутым электронным
вычислительным устройством.

Отличительной особенностью настоящего изобретения является гибридная
конструкция годоскопа, заключающаяся в совместном использовании сцинтилляционных
детекторов и дрейфовых трубок.

15 Перечень фигур чертежей

На Фиг. 1 показана общая схема дистанционной диагностики объекта.

На Фиг. 2 показана структуры мюонного годографа.

На Фиг. 3 показана схема размещения сцинтилляционных детекторов и дрейфовых
20 трубок.

Осуществление изобретения

Мюонная годоскопия (томография) основана на использовании в качестве
проникающего излучения естественного потока атмосферных мюонов, образующихся
на высотах 10-15 км в распадах заряженных пи- и К-мезонов, возникших при
взаимодействии протонов и ядер космических лучей с ядрами атомов воздуха.

25 Атмосферные мюоны обладают высоко проникающей способностью и могут
пронизывать самые крупные объекты. На траектории движения мюонов оказывают
влияние как происходящие внутри объекта процессы, так и меняющееся со временем
статическое состояние объекта. При этом, чем крупнее техногенный объект, тем тяжелее
последствия от его поломки или разрушения.

30 В качестве наиболее важных объектов, с точки зрения обеспечения их безопасности,
можно указать ядерные реакторы атомных станций, металлургические установки,
химические реакторы, дамбы гидроэлектростанций и пр. Такие объекты могут
характеризоваться опасными факторами - высокими температурами, агрессивными
средами, повышенной радиацией, что требует применения дистанционных методов и
35 средств измерений, контроля и диагностики.

Авария на АЭС Фукусима-1 существенно расширила представления о запроектных
сценариях развития аварийных ситуаций. В случае тяжелых аварий, связанных с
плавлением активной зоны, в числе первых вопросов, требующих ответа, стоят состояние
корпуса реактора и место нахождения кориума (расплава топлива и внутриреакторных
40 конструкций) в случае его выхода за пределы корпуса.

Метод мюонной томографии может успешно применяться для решения этих задач.

На Фиг. 1 показана общая схема дистанционной диагностики объекта путем
регистрации потока атмосферных мюонов. В качестве диагностируемого объекта
показана внутренняя структура ядерного реактора электростанции, состояние которой
45 необходимо диагностировать. Ядерный реактор выбран для целей иллюстрации одной
из возможных областей применения настоящего изобретения, но возможности
изобретения не ограничиваются только атомной энергетикой.

Суть метода состоит в размещении годоскопа 2, имеющего в составе два координатно-

трековые детекторы, вне объекта. Проходящий через объект диагностики 1 поток 3 мюонов регистрируется с помощью прецизионного мюонного годоскопа 2. Далее формируют двухмерные матрицы интегрального потока мюонов, визуализируют изображение в мюонном потоке ядерного реактора и примыкающих к нему конструктивных элементов, выявляют на изображении повреждения реактора, дают оценку его состояния.

Как показано на Фиг. 2, в соответствии с настоящим изобретением мюонный годоскоп содержит установленные параллельно первую, вторую, третью и четвертую XY координатные плоскости 4. Каждая из XY координатных плоскостей 4 составлена из 10 сцинтилляционных продольных счетчиков 9, называемых также стрипами. Для еще более высокой точности целесообразно каждую XY координатную плоскость выполнить из, по крайней мере, двух слоев сцинтилляционных продольных счетчиков 9, при этом сцинтилляционные продольные счетчики первого слоя предпочтительно должны быть перпендикулярны сцинтилляционным продольным счетчикам второго слоя, как 15 показано на Фиг. 3.

Как известно, дрейфовые (или стримерные) трубки представляют собой систему газоразрядных детекторов, используемую для регистрации и измерений координат точек траектории быстрых ионизирующих частиц. В соответствии с настоящим изобретением мюонный годоскоп содержит первую и вторую группу 20 дрейфовых трубок. Первая группа 5 дрейфовых трубок размещена между первой и второй XY координатными плоскостями 4, а вторая группа дрейфовых трубок 5 установлена между третьей и четвертой XY координатными плоскостями 4, как показано на Фиг. 2.

Каждая из групп 5 содержит, по крайней мере, две сборки дрейфовых трубок 10, при 25 этом дрейфовые трубки 10 одной сборки перпендикулярны дрейфовым трубкам 10 второй сборки, как показано на Фиг. 3.

Для повышения точности годоскопа, каждая изборок содержит не менее трех слоев дрейфовых трубок 10.

Для целей удобства эксплуатации годоскопа, плоскости 4 с группами 5 дрейфовых 30 трубок целесообразно установить в общей жесткой раме, шарнирно соединенную с основанием. Это позволят легко менять ориентацию плоскостей в пространстве.

Устройство для диагностики объектов основано на использовании мюонного годоскопа. Устройство содержит первый блок 6 сбора и обработки данных, второй блок 7 сбора и обработки данных, соединенные между собой средством синхронизации 35 сигналов, как показано на Фиг. 2. электронное вычислительное устройство, упомянутый

Выходы сцинтилляционных продольных счетчиков 9 соединены со входом второго блока 7 сбора и обработки данных. Выходы дрейфовых трубок 10 соединены со входом первого блока 6 сбора и обработки данных. Выходы блоков 6 и 7 соединены с 40 электронным вычислительным устройством 8.

Совместное использование внутри одного мюонного годоскопа XY координатных плоскостей 4 сцинтилляционных стрипов 9 и групп 5 трехслойных дрейфовых трубок 10 обеспечивает прецизионную реконструкцию треков мюонов при невысоких радиационных фонах и реконструкцию треков по данным только сцинтилляционных 45 плоскостей 4 при высоких радиационных фонах.

В сцинтилляционных детекторах 9 свет, излученный при сцинтилляции, собирается на фотоприемнике (как правило, это фотокатод фотоэлектронного умножителя или фотодиоды), преобразуется в импульс тока, усиливается и записывается той или иной регистрирующей системой. Фотоприемник входит в состав XY координатных плоскостей

4. Функции регистрирующей системы может выполнять электронное вычислительное устройство 8. В качестве фотоприемника в может использоваться мультианодный фотоэлектронный умножитель, кремниевые фотоумножители или другие известные аналоги.

5 Каждая XY координатная плоскость 4 сцинтилляционных стрипов 9 позволяет измерять X- и Y-координаты точки пересечения трека мюона с данной плоскостью, а каждая группа 5 дрейфовых трубок обеспечивает измерение сразу трех X- и трех Y-координат этого же трека.

10 Светосбор со сцинтилляционных стрипов 9 может быть улучшен за счет применения оптоволоконна.

В частном случае синхросигналы от блока сбора и обработки данных сцинтилляционных плоскостей к блоку сбора и обработки данных сборок дрейфовых трубок могут передаваться по стандарту TTL.

15 В другом частном случае синхросигналы от блока 7 сбора и обработки данных сцинтилляционных плоскостей 4 к блоку 6 сбора и обработки данных сборок дрейфовых трубок 10 могут передаваться по стандарту NIM.

В частном случае устройство помещается в свинцовый контейнер для снижения воздействия радиационного фона.

Устройство реализовано следующим образом.

20 Для эффективности диагностики существенными являются вопросы: где расположены детекторы и как ориентированы их оси (под осью координатно-трекового детектора в рамках настоящей заявки понимается нормаль из геометрического центра плоскостей 4).

25 Для регистрации максимального потока мюонов необходимо XY координатные плоскости 4 детектора расположить перпендикулярно направлению, в котором осуществляется регистрация, иными словами, ось детектора направить на диагностируемый объект 1. Применительно к диагностике ядерного реактора это реализуется тем, что оси двух детекторов направляют в одну точку на оси реактора.

30 После установки детекторов на заранее выбранные позиции приступают к регистрации интенсивности потока мюонов в направлениях, полностью охватывающих диагностируемый объект 1.

Естественный поток 3 мюонов пересекает диагностируемый объект 1. Часть мюонов поглощается в бетоне, металлических конструкциях и других конструкциях. В случае радиационных объектов, чем выше заряд ядер атомов и плотность вещества, тем сильнее в нем поглощение мюонов. Устройство располагают на расстоянии 20-50 метров от объекта 1 и регистрируют прошедший сквозь объект 1 поток 3 мюонов, несущий в себе информацию о структуре объекта диагностики 1. Треки мюонов пересекают все XY координатные плоскости устройства, что приводит к срабатыванию сцинтилляционных продольных счетчиков 9. Каждая из четырех двухслойных сцинтилляционных плоскостей 4 с точностью 2 см дает информацию о координатах прохождения мюона, что позволяет блоку 7 сбора и обработки данных по четырем точкам провести реконструкцию трека с точностью лучше одного градуса и выработать синхросигнал для блока 6 сбора и обработки данных сборок дрейфовых трубок 10. Точность определения направления трека мюона зависит от расстояния между крайними XY координатными плоскостями

45 4. Сигнал срабатывания плоскостей 4 является запускающим для считывания информации с дрейфовых трубок 10. Блок 6 сбора и обработки данных сборок дрейфовых трубок 10 после получения синхросигнала от блока 7 сбора и обработки данных сцинтилляционных плоскостей 4 обрабатывает данные, полученные со сборок

дрейфовых трубок 10, обеспечивающих пространственную точность реконструкции треков мюонов 30-50 мкм, что позволяет восстановить углы прихода мюона с точностью лучше 0,1 градуса. Высокопроизводительный компьютер 8 собирает данные о всех восстановленных треках и формирует изображение диагностируемого объекта в потоке мюонов. В случае высокого радиационного фона, когда реконструкция треков мюонов по сигналам дрейфовых трубок 10 становится невозможной, реконструкция проводится по данным только сцинтилляционных XY координатных плоскостей. Для получения объемного изображения диагностируемого объекта необходимо одновременное использование двух и более устройств, регистрирующих поток 3 мюонов с разных сторон объекта 1, либо возможно проведение последовательности экспозиций одним устройством с перемещением его вокруг объекта 1.

Таким образом, настоящее изобретение позволяет проводить с высокой точностью дистанционную мюонную томографию состояния внутренней структуры различных объектов.

(57) Формула изобретения

1. Мюонный годоскоп, содержащий установленные параллельно первую, вторую, третью и четвертую XY координатные плоскости, первую и вторую группу дрейфовых трубок, каждая из упомянутых координатных плоскостей составлена из сцинтилляционных продольных счетчиков, каждая из упомянутых групп состоит из двух сборок дрейфовых трубок, при этом упомянутая первая группа дрейфовых трубок размещена между упомянутыми первой и второй XY координатными плоскостями, а упомянутая вторая группа дрейфовых трубок установлена между упомянутыми третьей и четвертой XY координатными плоскостями, каждая из сборок содержит не менее трёх слоев дрейфовых трубок.

2. Устройство по п.1, отличающееся тем, что каждая XY координатная плоскость содержит два слоя сцинтилляционных продольных счетчиков, при этом сцинтилляционные продольные счетчики первого слоя перпендикулярны сцинтилляционным продольным счетчикам второго слоя.

3. Устройство по п.1, отличающееся тем, что каждая из групп содержит, по крайней мере, две сборки дрейфовых трубок, при этом дрейфовые трубки одной сборки перпендикулярны дрейфовым трубкам второй сборки.

4. Устройство по п.1, отличающееся тем, что содержит основание и установленную на нём раму, в которой установлены XY координатные плоскости и группы дрейфовых трубок, при этом рама выполнена с возможностью изменения своего положения в пространстве.

5. Устройство для диагностики объектов, содержащее мюонный годоскоп, первый блок сбора и обработки данных, второй блок сбора и обработки данных, упомянутые блоки соединены между собой средством синхронизации сигналов, электронное вычислительное устройство, упомянутый мюонный годоскоп содержит установленные параллельно первую, вторую, третью и четвертую XY координатные плоскости, первую и вторую группу дрейфовых трубок, каждая из упомянутых XY координатных плоскостей составлена из сцинтилляционных продольных счетчиков, каждая из упомянутых групп состоит из двух сборок дрейфовых трубок, каждая из сборок содержит не менее трёх слоев дрейфовых трубок, при этом упомянутая первая группа дрейфовых трубок размещена между упомянутыми первой и второй XY координатными плоскостями, а упомянутая вторая группа дрейфовых трубок установлена между упомянутыми третьей и четвертой XY координатными плоскостями, при этом выходы

упомянутых сцинтилляционных продольных счетчиков соединены со входом второго блока сбора и обработки данных, выходы упомянутых дрейфовых трубок соединены со входом первого блока сбора и обработки данных, а выходы упомянутых блоков соединены с упомянутым электронным вычислительным устройством.

5

10

15

20

25

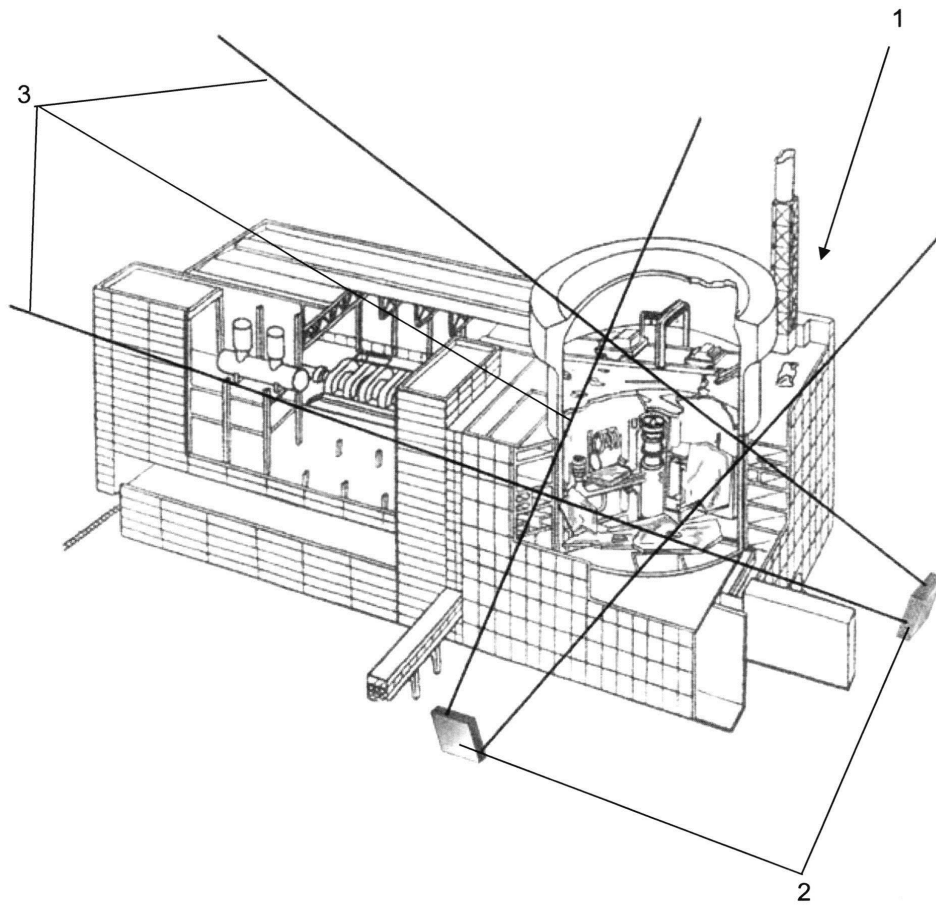
30

35

40

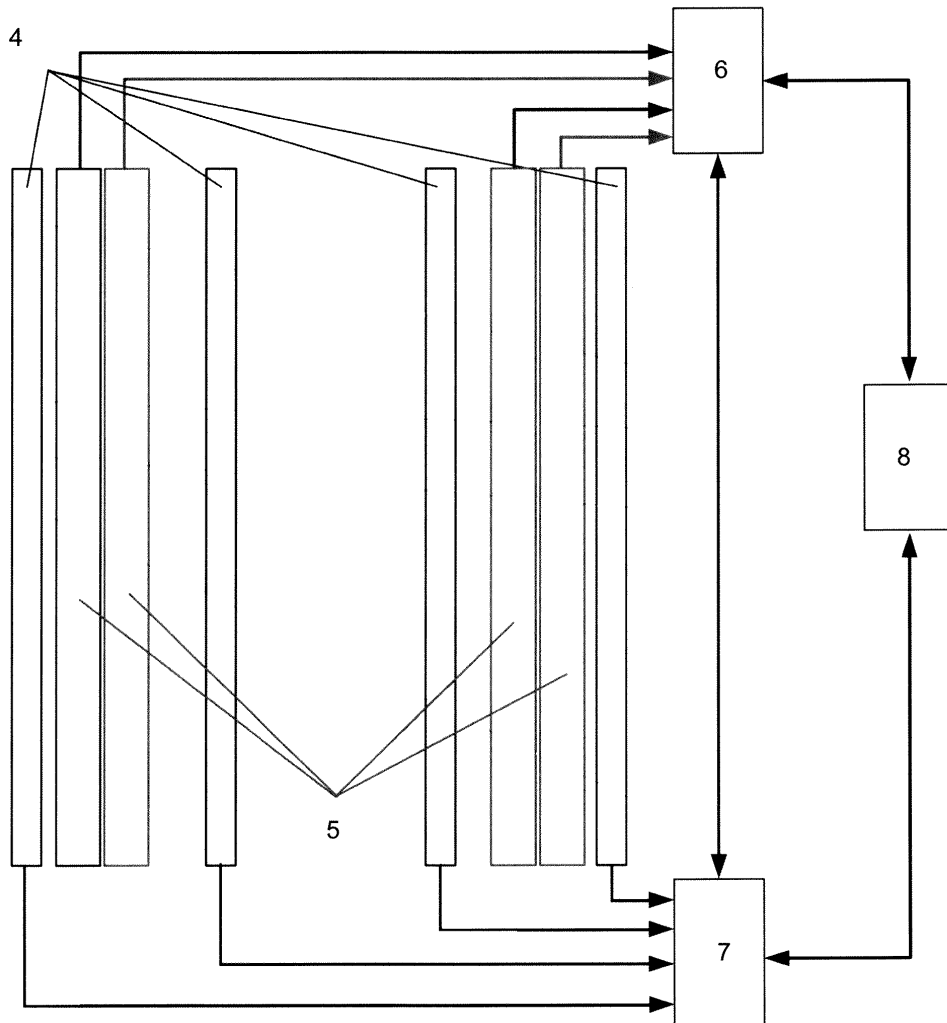
45

1

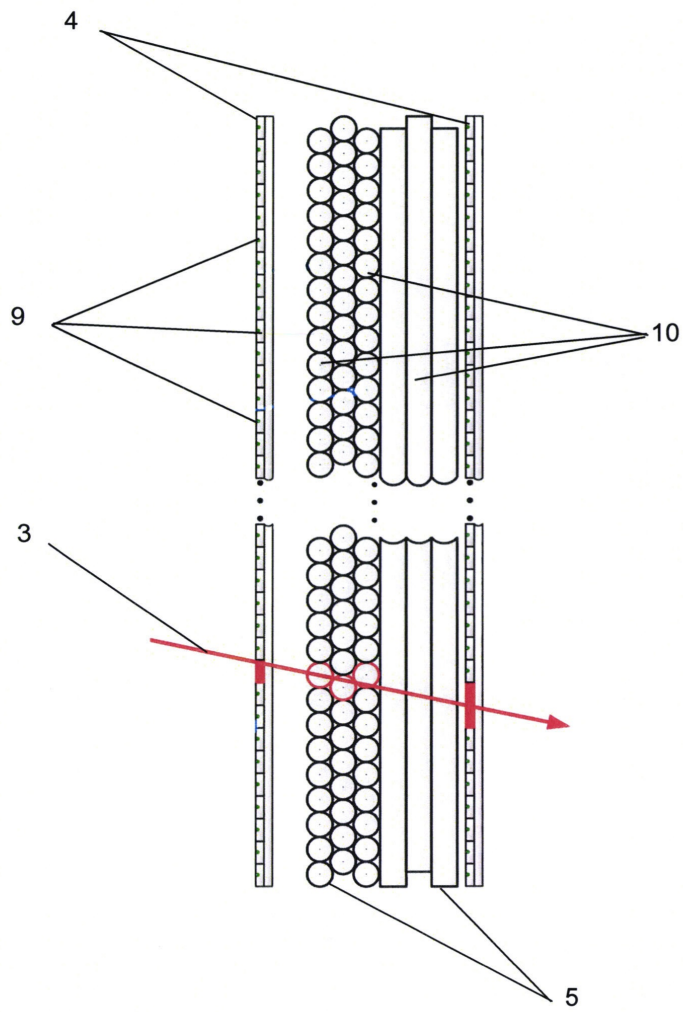


Фиг.1

2



Фиг.2



Фиг.3