



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,  
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ**

**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**

(21), (22) Заявка: 2008102353/28, 21.01.2008

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
21.01.2008

(45) Опубликовано: 20.09.2009 Бюл. № 26

(56) Список документов, цитированных в отчете о  
поиске: SU 1436663 A1, 10.05.1996. SU 783735 A1,  
30.11.1980. US 4134018 A, 09.01.1979. US  
2007246657 A1, 25.10.2007.

Адрес для переписки:

456770, Челябинская обл., г. Снежинск, ул.  
Васильева, 13, ФГУП "РФЯЦ-ВНИИТФ им.  
академ. Е.И. Забабахина", отдел  
интеллектуальной собственности, Г.В.  
Бакалову, а/я 245

(72) Автор(ы):

Подгорнов Владимир Аминович (RU),  
Устинов Дмитрий Владимирович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное унитарное  
предприятие "Российский Федеральный  
Ядерный Центр - Всероссийский  
Научно-Исследовательский Институт  
Технической Физики имени академика Е.И.  
Забабахина" (ФГУП "РФЯЦ-ВНИИТФ  
имени академика Е.И. Забабахина") (RU)

**(54) СПОСОБ КАЛИБРОВКИ СЦИНТИЛЛЯЦИОННОГО ТРАКТА**

(57) Реферат:

Изобретение предназначено для оперативной настройки тракта регистрации гамма-спектра ядерного материала. Сущность способа заключается в использовании последовательностей эталонных световых импульсов, одна из которых подводится на вход оптического детектора сцинтилляционного тракта, а вторая последовательность эталонных световых импульсов, смещенная относительно первой по времени, поступает на сцинтиллятор, при этом на выходе оптического детектора анализируют энергетический спектр первых и вторых импульсов по отношению к исходному спектру, полученному в процессе однократной

исходной калибровки с использованием эталонного калибровочного радиоактивного источника. При вынесении оптического детектора за пределы зоны неблагоприятного воздействия и осуществлении его связи со сцинтиллятором через световод дополнительно используют третью последовательность эталонных световых импульсов, смещенную по времени относительно первых двух, энергетический спектр которой также подвергают анализу. Для подведения эталонных световых импульсов к узлам тракта используют оптические линии связи, например оптическое волокно. Технический результат - осуществление процесса калибровки в любой момент времени. 6 з.п. ф-лы, 5 ил.

RU 2 367 978 C1

RU 2 367 978 C1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,  
PATENTS AND TRADEMARKS

**(12) ABSTRACT OF INVENTION**(21), (22) Application: **2008102353/28, 21.01.2008**(24) Effective date for property rights:  
**21.01.2008**(45) Date of publication: **20.09.2009 Bull. 26**

Mail address:

**456770, Cheljabinskaja obl., g. Snezhinsk, ul.  
Vasil'eva, 13, FGUP "RFJaTs-VNIITF im. akadem.  
E.I. Zababakhina", otdel intellektual'noj  
sobstvennosti, G.V. Bakalovu, a/ja 245**

(72) Inventor(s):

**Podgornov Vladimir Aminovich (RU),  
Ustinov Dmitrij Vladimirovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federal'noe gosudarstvennoe unitarnoe  
predpriatie "Rossijskij Federal'nyj Jadernyj  
Tsentr - Vserossijskij Nauchno-Issledovatel'skij  
Institut Tekhnicheskoy Fiziki imeni akademika  
E.I. Zababakhina" (FGUP "RFJaTs-VNIITF imeni  
akademika E.I. Zababakhina") (RU)**

**(54) METHOD FOR CALIBRATION OF SCINTILLATION CIRCUIT**

(57) Abstract:

FIELD: physics, optics.

SUBSTANCE: invention is intended for efficient adjustment of nuclear material gamma spectrum registration circuit. Substance of method consists in application of sequences of reference light pulses, one of which is supplied to inlet of optical detector of scintillation circuit, and the second sequence of reference light pulses, shifted relative to the first one by time, arrives to scintillator, besides at the outlet of optical detector, energetic spectrum of the first and second pulses is analysed relative to initial spectrum produced in process of single initial calibration

with application of reference calibration radioactive source. When optical detector is taken out beyond the limits of unfavorable effect zone, and its communication is realised with scintillator via light guide, additionally they used the third sequence of reference light pulses, shifted in time relative to the first two, energetic spectrum of which is also exposed to analysis. To bring reference light pulses to circuit units, they use optical communication lines, for instance optical fibre.

EFFECT: realisation of calibration process in any moment of time.

7 cl, 5 dwg

Изобретение относится к ядерной спектрометрии и предназначено для оперативной настройки тракта регистрации гамма-спектра ядерного материала.

Сцинтилляционный тракт состоит из собственно сцинтиллятора, оптического детектора (например, фотоэлектронного умножителя (ФЭУ)), канала передачи электрических импульсов на анализатор (книга «Приборы для измерения ионизирующих излучений», авторы В.В.Матвеев, Б.И.Хазанов, М., 1972, стр.192-196).

Необходимость проведения калибровки спектрометрического тракта вызвана уходом с течением времени или под воздействием окружающей среды параметров самого сцинтиллятора и ФЭУ, что приводит к изменению коэффициента усиления тракта и, как следствие, к снижению достоверности полученной информации.

Как правило, калибровка спектрометрического тракта осуществляется с помощью эталонного калибровочного радиоактивного источника, который размещают на поверхности сцинтиллятора и в регистрируемом спектре находят пик, соответствующий данному эталонному источнику (книга «Приборы для измерения ионизирующих излучений», авторы В.В.Матвеев, Б.И.Хазанов, М., 1972, стр.30-33).

По положению пика делают привязку регистрируемого спектра по энергии квантов.

Однако в некоторых случаях использовать эталонный источник затруднительно, например при осуществлении контроля отработавшего ядерного топлива внутри защитной камеры. Кроме того, использование эталонного источника исключает оперативную калибровку в любой момент времени и не обеспечивает выделения вклада в нестабильность отдельных узлов тракта.

Известен ряд устройств, в которых для стабилизации коэффициента усиления спектрометрического тракта используется реперный источник света. Сущность способа состоит в подаче импульсов света стабильной энергии на вход оптического детектора сцинтилляционного тракта и использовании информации об изменении амплитуды световых импульсов для оценки состояния оптического детектора (пат. РФ №1436663, МПК G01T 1/20, опубл. 1996).

Недостаток способа заключается в том, что не учитывается вклад в нестабильность тракта самого сцинтиллятора, а также линии подвода светового излучения от сцинтиллятора к ФЭУ, если существует необходимость в ее применении.

Задача настоящего изобретения состоит в создании способа, позволяющего осуществлять процесс калибровки в любой момент времени и определять вклад каждой составной части тракта регистрации в выявленную в процессе калибровки нестабильность.

Поставленная задача решается следующим образом.

В способе калибровки сцинтилляционного тракта с использованием последовательности эталонных световых импульсов, подводимой на вход детектора, согласно изобретению на сцинтиллятор тракта подают вторую последовательность эталонных световых импульсов, смещенную относительно первой по времени, и на выходе оптического детектора анализируют энергетический спектр первых и вторых импульсов по отношению к исходному спектру, полученному в процессе однократной исходной калибровки с использованием эталонного калибровочного радиоактивного источника.

Эталонные световые импульсы могут обеспечить достоверную информацию об уходе параметров каждого из узлов тракта в отдельности за счет изменения своего положения в спектральной картине относительно исходного. При этом процесс калибровки может происходить периодически или непрерывно в процессе измерений, т.к. энергию эталонных световых импульсов можно задать вне пределов измеряемого

диапазона.

Кроме того, при вынесенном оптическом детекторе из зоны ионизирующего излучения его связь со сцинтиллятором осуществляют через световод, на вход которого со стороны сцинтиллятора в направлении на оптический детектор подают третью последовательность эталонных световых импульсов, смещенную по времени относительно первых двух, амплитудный спектр которой также подвергают анализу на выходе оптического детектора.

Таким образом контролируется состояние световода, поскольку он также может изменять свои параметры под неблагоприятным воздействием окружающей среды.

Кроме того, последовательности эталонных световых импульсов подают на входы узлов тракта с помощью оптических линий связи, например оптических волокон.

При указанных выше построениях оптического тракта вторую последовательность световых импульсов подают на сцинтиллятор со стороны, противоположной сбору света со сцинтиллятора на оптический детектор и в направлении на него.

Это позволяет контролировать состояние всего объема сцинтиллятора при прямом прохождении через него эталонных световых импульсов.

Кроме того, одно из оптических волокон, подводящих эталонные световые импульсы к узлам тракта, расположенным в идентичных условиях неблагоприятного воздействия, например в зоне радиоактивного загрязнения, имеет существенно большую длину, задаваемую, например, в виде петли, располагаемой в указанных условиях.

Благодаря этому учитывается неблагоприятное воздействие окружающей среды на оптические волокна, которые также чувствительны к климатическим или радиационным воздействиям. Оптическое волокно с большей длиной накопит большее количество дефектов под воздействием неблагоприятного воздействия и заметно ослабит энергию входных эталонных световых импульсов.

Кроме того, при вынесенном оптическом детекторе из зоны ионизирующего излучения (в другом варианте выполнения тракта) осуществляют связь оптического детектора со сцинтиллятором через полый световод с внутренними светоотражающими стенками и вторую последовательность эталонных световых импульсов подают на сцинтиллятор со стороны оптического детектора через полый световод, а на выходе оптического детектора анализируют энергетический спектр обратноотраженных от внутренних стенок сцинтиллятора и световода световых импульсов второй последовательности.

Такое исполнение тракта целесообразно в условиях экстремально высоких уровней мощности дозы радиоактивного излучения, в частности при контроле отработавшего ядерного топлива в защитной камере. Уход от использования оптического волокна в пользу полого световода с внутренними светоотражающими стенками, выполненного, например, из металла или керамики, позволяет ограничиться двумя эталонными импульсными последовательностями световых импульсов, при этом вторая последовательность световых импульсов служит для контроля параметров как сцинтиллятора, так и полого световода.

Кроме того, в процессе калибровки предлагается регистрировать сигналы только во время подачи световых импульсов.

При этом процедура анализа спектра выходных импульсов существенно упрощается, т.к. в регистрируемом спектре сохраняется практически неискаженное амплитудное распределение только от эталонных световых импульсов. Совпадение световых импульсов от регистрируемого ионизирующего излучения и эталонных

световых импульсов является маловероятным событием.

На фиг.1 показан вариант реализации способа, когда и сцинтиллятор 1, и оптический детектор 2 размещены в зоне воздействия радиоактивного излучения или иного неблагоприятного воздействия, например климатического. За пределами этой зоны размещены источник 3 последовательностей световых эталонных импульсов и амплитудный анализатор 4 импульсов, подключенный к выходу оптического детектора 2. Оптическое волокно 5 соединяет первый выход источника 3 и вход оптического детектора 2, оптическое волокно 6 соединяет второй выход источника 3 и вход сцинтиллятора 1.

На фиг.2 (а, б, в, г) приведены энергетические спектры для приведенного выше варианта реализации способа.

На фиг.3 показан вариант реализации способа, где оптический детектор 2 вынесен за пределы зоны воздействия ионизирующего излучения или неблагоприятного воздействия и соединен с выходом сцинтиллятора 1 с помощью световода 7, например твердотельного. Выход оптического детектора 2 также подключен ко входу амплитудного анализатора 4. Вход световода 7 соединен с дополнительным выходом оптически стабилизированного источника 3 дополнительным оптическим волокном 8. Одно из оптических волокон, находящихся в зоне неблагоприятного воздействия, имеет длину, существенно большую, чем другое. Это можно организовать созданием своеобразной петли 9.

На фиг.4 а, б, в, г, д приведены энергетические спектры для данного варианта реализации способа.

На фиг.5 приведен вариант реализации способа, где оптический детектор 2 вынесен за пределы зоны неблагоприятного воздействия и соединен с выходом сцинтиллятора 1 с помощью полого световода 10 с внутренними светоотражающими стенками. Сцинтиллятор 1 и часть полого световода 10, выполненного, например, из металла, расположены в коллиматоре 11. Противоположный конец световода 10 примыкает непосредственно к оптическому детектору 2 в защитной стенке 12, соединенному с амплитудным анализатором 4. На управляемые светодиоды 13 и 14 подаются первая и вторая последовательности импульсов с выходов источника 3 последовательностей эталонных световых импульсов.

Способ реализуется следующим образом.

Вначале осуществляют исходную калибровку с использованием эталонного радиоактивного источника и последовательностей эталонных световых импульсов, подаваемых на проверяемые узлы сцинтилляционного тракта (фиг.2а и фиг.4а). Для упрощения изложения первой последовательности импульсов, подаваемой на вход оптического детектора 2, соответствует импульс А, второй последовательности импульсов, подаваемой на сцинтиллятор 1, соответствует импульс Б (фиг.2) и третьей импульсной последовательности, подаваемой на световод 7, соответствует импульс В (фиг.3). Энергии импульсов в каждой последовательности и энергия эталонного радиоактивного источника заранее заданы. Для выделения положения пиков световых импульсов разных типов калибровок сигналы с детекторов регистрируются выборочно - только во время подачи световых импульсов. Затем эталонный радиоактивный источник удаляют из зоны измерения и дальнейшие калибровочные действия, в том числе в ходе эксплуатации и непосредственно в процессе измерения гамма-спектров, осуществляют только с использованием световых импульсов. Если амплитудное распределение импульсов на протяжении всего измерения остается идентичным первоначальному, значит параметры тракта неизменны и нет

необходимости в корректировке работы его узлов или учете погрешностей в процессе программной обработки спектра. Однако, если происходит смещение по амплитуде в сторону уменьшения импульсов Б, А (фиг.2, б) и импульса В (фиг.4, б), это расценивается как уход параметров оптического детектора, и делается вывод о необходимости корректировать работу оптического детектора.

Если происходит смещение в сторону уменьшения амплитуды только импульса Б (фиг.2в и фиг.4в), делают вывод о радиационном (или ином) повреждении сцинтиллятора 1 или нарушении его оптического контакта со световодом или оптическим детектором, и это смещение учитывают коррекцией полученного спектра при программной обработке. В дальнейшем сцинтиллятор заменяют.

Если происходит смещение импульсов Б и В во втором варианте (фиг.4г) в сторону уменьшения амплитуды при сохранении местоположения импульса А, делают вывод о радиационном (или ином) повреждении световода 7, и полученное смещение также используют при программной обработке спектра, внося в него соответствующую коррекцию.

И, наконец, ярко выраженное смещение импульса А (фиг.2г) или импульса В (фиг.4д), соответствующих световым импульсам, прошедшим через оптические волокна существенно большей длины, свидетельствует о радиационном (или ином) повреждении оптического волокна. При этом неизбежно происходит смещение импульса Б (фиг.2г, фиг.4д) за счет радиационного (или иного) повреждения волокна, по которому поступает световой импульс на вход сцинтиллятора. В этой ситуации не требуется ни корректировка работы оптического детектора, ни корректировка спектра.

Таким образом, реализация способа требует привлечения программных средств для обработки полученной информации и несложной обратной связи с выхода анализатора импульсов на управляющий вход оптического детектора для изменения его коэффициента усиления при уходе его параметров, что является достаточно легко реализуемым.

#### Формула изобретения

1. Способ калибровки сцинтилляционного тракта с использованием последовательности эталонных световых импульсов, подводимой на вход оптического детектора сцинтилляционного тракта, отличающийся тем, что на сцинтиллятор тракта подают вторую последовательность эталонных световых импульсов, смещенную относительно первой по времени, и на выходе оптического детектора анализируют энергетический спектр первых и вторых импульсов по отношению к исходному спектру, полученному в процессе однократной исходной калибровки с использованием эталонного калибровочного радиоактивного источника.

2. Способ калибровки сцинтилляционного тракта по п.1, отличающийся тем, что при вынесенном оптическом детекторе из зоны ионизирующего излучения его связь со сцинтиллятором осуществляют через световод, на вход которого со стороны сцинтиллятора в направлении на оптический детектор подают третью последовательность эталонных световых импульсов, смещенную по времени относительно первых двух, амплитудный спектр которой также подвергают анализу на выходе оптического детектора.

3. Способ калибровки сцинтилляционного тракта по п.1 или 2, отличающийся тем, что последовательности эталонных световых импульсов подают на входы узлов тракта с помощью оптических линий связи, например, оптических волокон.

4. Способ калибровки сцинтилляционного тракта по п.3, отличающийся тем, что импульсы подают на сцинтиллятор со стороны, противоположной сбору света со сцинтиллятора на оптический детектор и в направлении на него.

5  
10 5. Способ калибровки сцинтилляционного тракта по п.3, отличающийся тем, что одно из оптических волокон, подводящих эталонные световые импульсы к узлам тракта, расположенным в идентичных условиях неблагоприятного воздействия, например, в зоне радиоактивного загрязнения, имеет существенно большую, чем у другого длину, задаваемую, например, в виде петли, располагаемой в указанных условиях.

15 6. Способ калибровки сцинтилляционного тракта по п.1, отличающийся тем, что при вынесенном оптическом детекторе из зоны ионизирующего излучения осуществляют связь оптического детектора со сцинтиллятором через полый световод с внутренними светоотражающими стенками, вторую последовательность эталонных световых импульсов подают на сцинтиллятор со стороны оптического детектора через полый световод, и на выходе оптического детектора анализируют энергетический спектр обратноотраженных от внутренних стенок сцинтиллятора и световода световых импульсов второй последовательности.

20 7. Способ калибровки сцинтилляционного тракта по любому из пп.1, 2, 4-6, отличающийся тем, что в процессе калибровки анализируют сигналы с выхода оптического детектора только во время подачи световых импульсов.

25

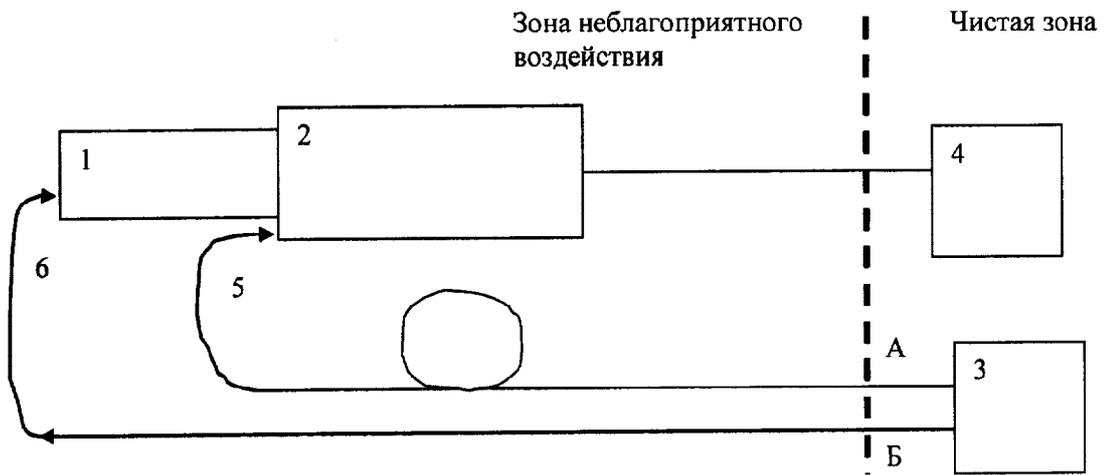
30

35

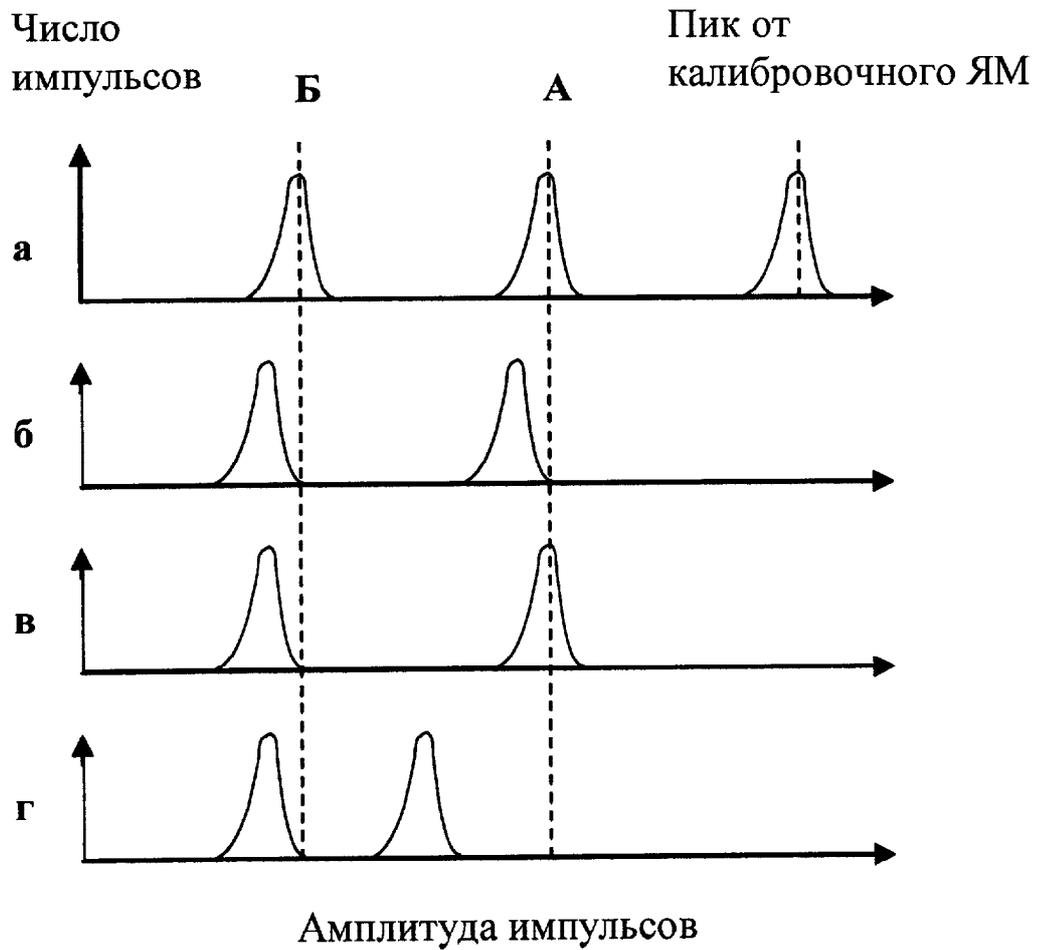
40

45

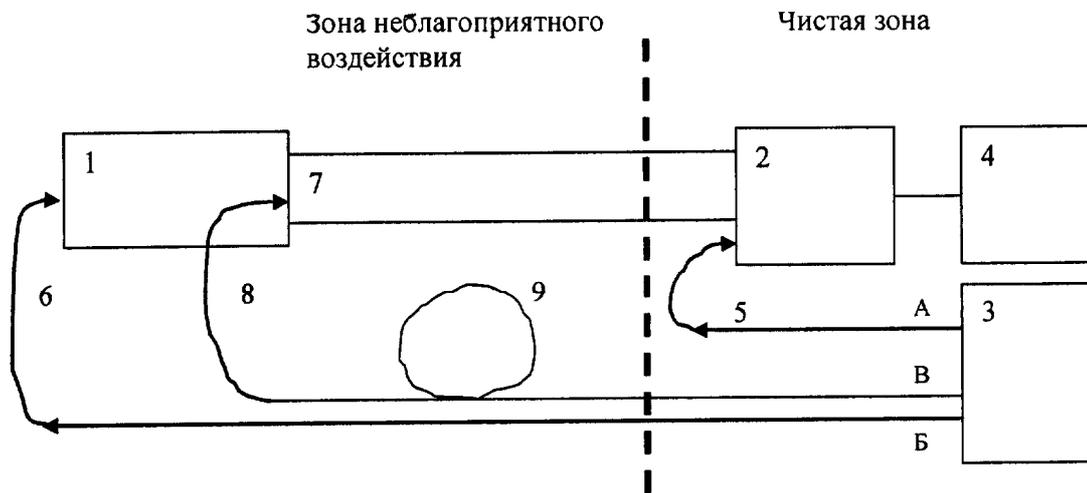
50



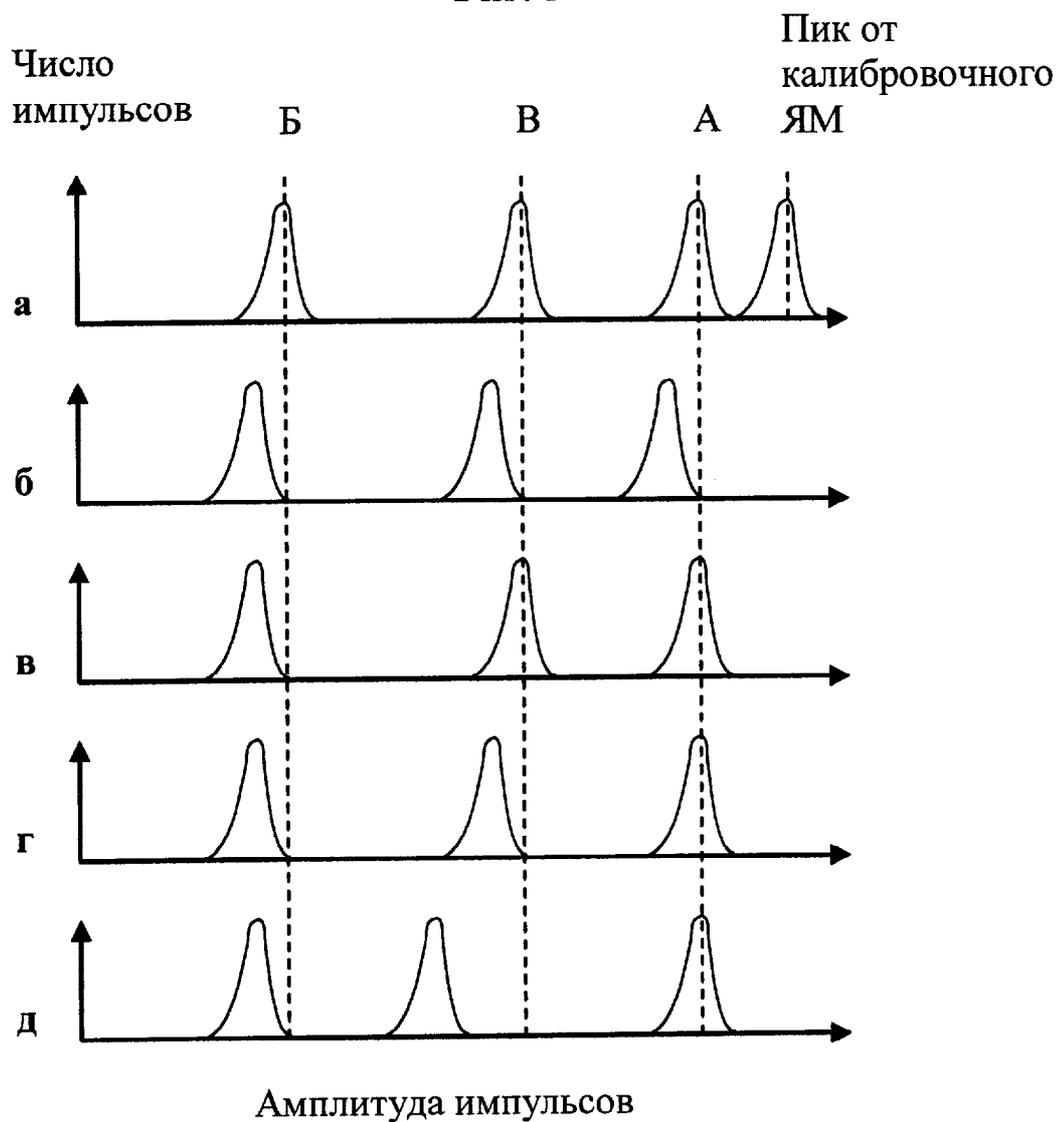
Фиг. 1



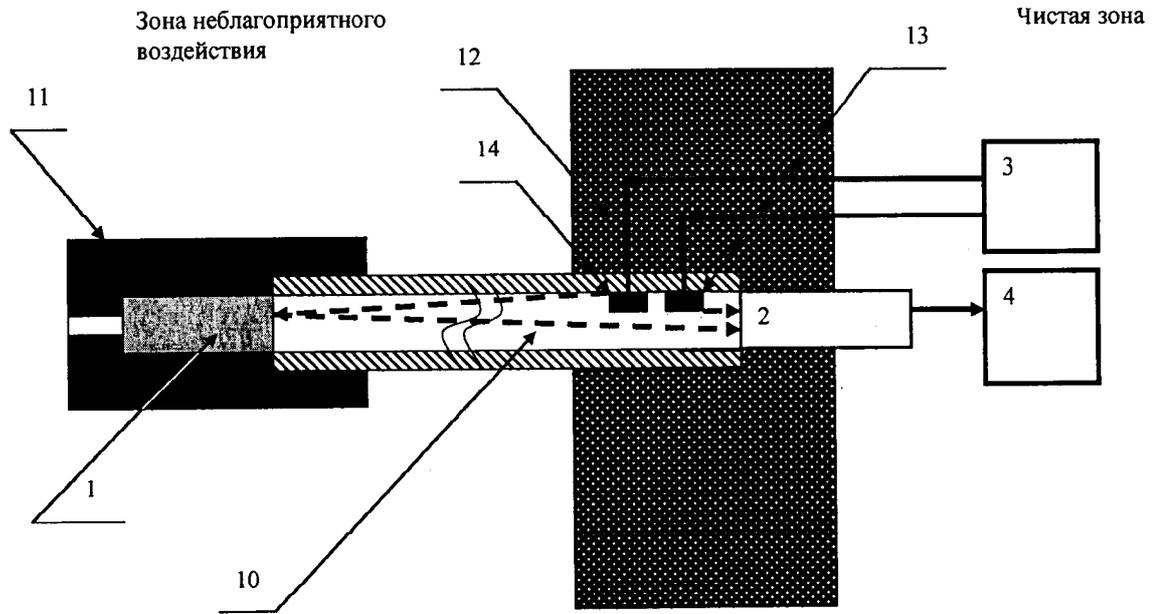
Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5