



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

H04B 10/00 (2024.01); H04B 10/70 (2024.01)

(21)(22) Заявка: 2023133293, 14.12.2023

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
14.12.2023

Дата регистрации:
22.07.2024

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 14.12.2023

(45) Опубликовано: 22.07.2024 Бюл. № 21

Адрес для переписки:

410008, Респ. Татарстан, г. Казань, ул.
Кремлевская, 18, ФГАОУ ВО КФУ, Назмиев
Ильдар Анасович

(72) Автор(ы):

Вагизов Фарит Габдулхакович (RU),
Шахмуратов Рустэм Назимович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего
образования "Казанский (Приволжский)
федеральный университет" (ФГАОУ ВО
КФУ) (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете

о поиске: CN116760480 A, 15.09.2023. CN
114143153 A, 04.03.2022. CN 112260752 A,
22.01.2021. US 2019/0229960 A1, 25.07.2019. RU
2351952 C1, 10.04.2009.

(54) Способ беспроводной связи на случайном потоке резонансных гамма-квантов и устройство для реализации способа

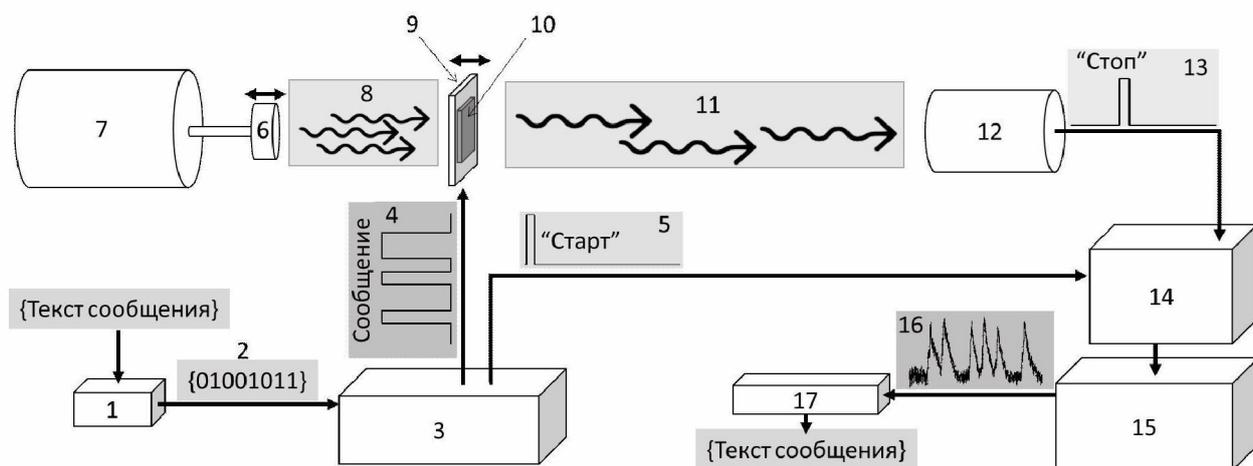
(57) Реферат:

Изобретение относится к области беспроводных систем связи. Технический результат заключается в обеспечении беспроводной связи на случайном потоке резонансных гамма-фотонов. Такой результат достигается тем, что сообщение в виде текстового файла подают на узел кодировки сообщения, который переводит его в двоичный цифровой код, далее подают в генератор информационного сигнала, который формирует два сигнала, первый из которых представляет собой информационный сигнал в виде двоичного кода, а второй - «старт»-сигнал, который отправляют в преобразователь «время-амплитуда» для синхронизации сигнала, создают поток гамма-излучения при помощи мёссбауэровского радиоактивного источника, энергию гамма-фотонов подстраивают при помощи системы доплеровской модуляции, на которую закреплен мёссбауэровский радиоактивный источник, таким образом, чтобы она попадала на линию мёссбауэровского поглощения резонансного поглотителя, поток

гамма-квантов, направляют в модулирующую систему, состоящую из пьезопреобразователя и жестко закрепленного на его поверхности резонансного поглотителя, на пьезопреобразователь подается информационный сигнал с амплитудой от 0, что соответствует «0» в двоичном коде, до значения, обеспечивающего смещение резонансного поглотителя на половину длины волны гамма-фотонов, что будет соответствовать «1» в двоичном коде, далее модулированный по интенсивности поток гамма-фотонов передают через среду и регистрируют детектором, генерируется «стоп»-сигнал при регистрации резонансного гамма-фотона детектором, «старт»-сигнал и «стоп»-сигнал подают в соответствующие входы преобразователя «время-амплитуда», далее сигнал, выработанный преобразователем «время-амплитуда» и амплитуда которого пропорциональна измеренному временному интервалу между «старт»- и «стоп»-сигналами, подают в блок накопления для амплитудного

анализа, проводят амплитудный анализ поступивших импульсов в блок накопления данных и выводят распределение зарегистрированных резонансных фотонов с

момента поступления «старт»-сигнала в виде временного спектра, анализируют декодером и выдают в виде переданного сообщения. 2 н.п. ф-лы, 5 ил.



Фиг. 1

RU 2823258 C1

RU 2823258 C1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC
H04B 10/00 (2024.01); H04B 10/70 (2024.01)

(21)(22) Application: **2023133293, 14.12.2023**

(24) Effective date for property rights:
14.12.2023

Registration date:
22.07.2024

Priority:

(22) Date of filing: **14.12.2023**

(45) Date of publication: **22.07.2024** Bull. № 21

Mail address:

**410008, Resp. Tatarstan, g. Kazan, ul.
Kremlevskaya, 18, FGAOU VO KFU, Nazmiev
Ildar Anasovich**

(72) Inventor(s):

**Vagizov Farit Gabdulkhakovich (RU),
Shakhmuratov Rustem Nazimovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**federalnoe gosudarstvennoe avtonomnoe
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego
obrazovaniia «Kazanskii (Privolzhskii)
federalnyi universitet» (FGAOU VO KFU) (RU)**

(54) **WIRELESS COMMUNICATION METHOD ON RANDOM STREAM OF RESONANT GAMMA QUANTA AND DEVICE FOR IMPLEMENTING METHOD**

(57) Abstract:

FIELD: wireless communication systems.

SUBSTANCE: message in form of a text file is supplied to a message encoding unit, which converts it into a binary digital code, then supplied to an information signal generator, which generates two signals, the first of which is an information signal in the form of a binary code, and the second is a "start"-signal, which is sent to a "time-amplitude" converter for signal synchronization, creating a stream of gamma radiation using a Mossbauer radioactive source, the energy of gamma photons is adjusted using a Doppler modulation system, on which a Mossbauer radioactive source is fixed, so that it falls on the resonance absorber Mossbauer absorption line, flux of gamma quanta is directed into a modulating system consisting of a piezoelectric transducer and a resonant absorber rigidly fixed on its surface, information signal is supplied to the piezoelectric transducer with amplitude from 0, which corresponds to "0" in the binary code, to the value providing the shift of the resonance absorber by half the wavelength of gamma-photons, which will

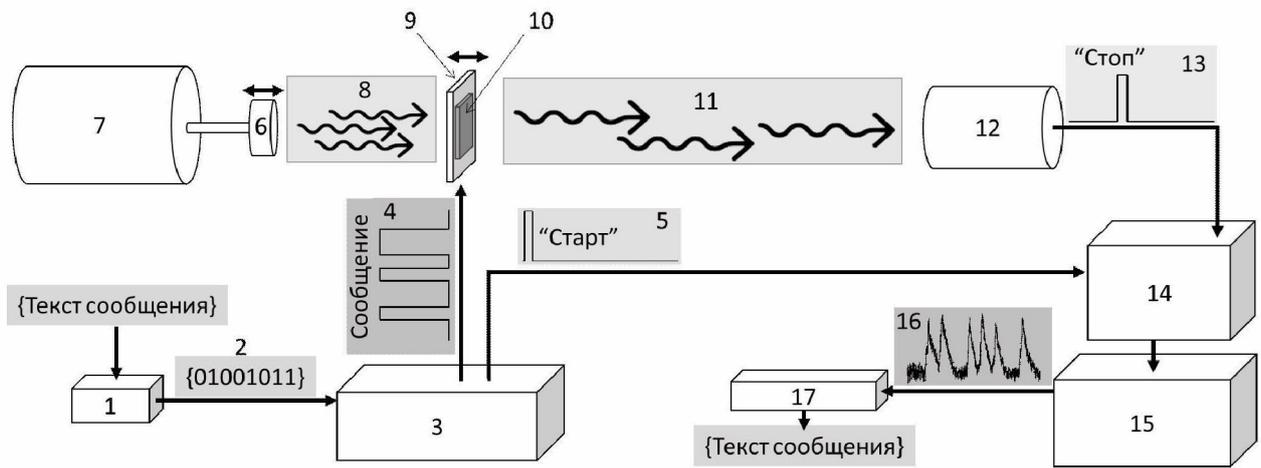
correspond to "1" in the binary code, then intensity-modulated flux of gamma-photons is transmitted through medium and recorded by detector, "stop"-signal is generated during the resonance gamma-photon detection by the detector, "start"-signal and "stop"-signal are supplied to the corresponding inputs of the "time-amplitude" converter, further, the signal generated by the "time-amplitude" converter and the amplitude of which is proportional to the measured time interval between the "start" and "stop" signals, is supplied to an accumulation unit for amplitude analysis, amplitude analysis of the received pulses is carried out into the data accumulation unit and distribution of the registered resonance photons from the moment of arrival of the "start"-signal is output in the form of a time spectrum, analysed by a decoder and output in the form of a transmitted message.

EFFECT: providing wireless communication on a random flux of resonant gamma-photons.

2 cl, 5 dwg

RU 2 823 258 C1

RU 2 823 258 C1



Фиг. 1

RU 2823258 C1

RU 2823258 C1

Изобретение относится к области беспроводных систем связи, в частности систем связи, перспективных для надежной и секретной беспроводной связи в условиях, когда традиционные системы, основанные на использовании радиочастотного и оптического диапазонов, не могут пройти через среду между передатчиком и приемником сигнала.

5 Такие условия реализуются, например, при спуске космических станций, когда из-за сильного трения в плотных слоях атмосферы поверхности аппаратов сильно греются и возникает плазма [DOI: 10.2514/1.A33122, AEROSPACE REPORT NO. ATR-2007(5309)-1, WOLVERTON, MARK. "Piercing the Plasma." Scientific American, vol. 301, no. 6, 2009, pp. 28-30. JSTOR, <http://www.jstor.org/stable/26001649>. Accessed 27 Nov. 2023].

10 В космонавтике проблема неспособности передачи сигналов традиционными способами беспроводной связи через такую среду получила название «временное прекращение связи» («communications blackout»).

Другим примером применения заявленного технического решения является решение проблемы связи, также связанной с космическими аппаратами, но спускаемыми на 15 другие космические тела [HO, C., GOLSHAN, N. & KLIORE, A. 2002 Radio wave propagation handbook for communication on and around mars. Tech. Rep. National Aeronautics and Space Administration.]. Например, с подобной проблемой столкнулись при спуске китайской станции на поверхность Марса. Из-за поднятия большой пылевой массы при приземлении связь с аппаратом была прервана.

20 Другим примером применения заявленного технического решения могут быть объекты, которые остро нуждаются в надежной и эффективной беспроводной связи для мониторинга процессов, защиты и управления оборудованием и приборами в условиях, когда передача/прием сигналов затруднено для радиочастотного, оптического и даже для акустического излучения.

25 Основываясь на данных, изложенных в научных публикациях [DOI: 10.1063/1.4978758, DOI: 10.1016/j.jleo.2019.163521, DOI: 10.1016/j.actaastro.2019.10.025], одним из перспективных вариантов решения этих проблем является создание систем связи, базирующейся на излучении с большей энергией фотонов и большей проникающей способностью, например, в диапазоне рентгеновского и гамма излучения.

30 Далее заявителем представлена информация о выявленном уровне техники в исследуемой области техники на дату представления настоящей заявки.

Известен способ и устройство для его реализации, предложенные и реализованные отечественными учеными, в виде лабораторного прототипа устройства, описанные коллективом авторов в трех научных публикациях [DOI: 10.25210/jfor-1904-038047, DOI: 35 10.1063/1.5095749, DOI: 10.32603/1993-8985-2021-24-2-6-17]. Сущность предложенного способа и реализующего его устройства, объединенные единым замыслом, заключается в следующем. Аудио-сообщение, планируемое к передаче, записывается микрофоном. Сигнал микрофона усиливается с помощью усилителя и передается в 16 битный аналогово-цифровой преобразователь (АЦП). Цифровой сигнал с АЦП передается на 40 драйвер лазерного диода. Оптический сигнал лазерного диода подается в рентгеновскую трубку с фотокатодом. В зависимости от сигнала, возникают всплески или затухания интенсивности излучения рентгеновской трубки. Модулированный таким образом по интенсивности поток рентгеновских фотонов регистрируется детектором, состоящем из сцинтиллятора и фотоэлектронного умножителя (ФЭУ). Сигнал ФЭУ далее подается 45 в усилитель. Усиленный сигнал подается на компаратор и далее на программируемую логическую интегральную схему (ПЛИС). Далее сигнал подается на цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП) и усилитель. Усиленный сигнал подается на микрофон. Таким образом, переданное аудио-сообщение воспроизводится после приёма. На этом

завершается процесс передачи информации.

Известен способ и устройство для его реализации, предложенный сотрудниками NASA (США), описанные в открытых источниках [<https://ntrs.nasa.gov/api/citations/20160000804/downloads/20160000804.pdf>, <https://www.nasa.gov/technology/nasa-set-to-demonstrate-x-ray-communications-in-space/>]. Сущностью известного способа и устройства, объединенные единым замыслом, является модулирование по интенсивности излучения рентгеновской трубки. Для этого используется группа изобретений по патенту US9117622 (B2), сущностью которой является следующее (далее приводится машинный перевод независимых пунктов формулы изобретения). Устройство-источник рентгеновского излучения, содержащее: ультрафиолетовый излучатель, излучающий ультрафиолетовый свет; фотокатод, функционально соединенный с ультрафиолетовым излучателем, который излучает электроны; электронный умножитель, функционально связанный с фотокатодом, который умножает падающие электроны; и анод, функционально соединенный с электронным умножителем, который выполнен с возможностью генерирования рентгеновских лучей. Способ модуляции источника рентгеновского излучения, включающий: модуляцию интенсивности ультрафиолетового излучателя для излучения ультрафиолетового света на фотокатод; генерация электронов в ответ на ультрафиолетовый свет; умножение электронов, чтобы их стало больше; и генерирование рентгеновских лучей с помощью анода, который включает в себя материал мишени, выполненный с возможностью генерирования рентгеновских лучей в ответ на воздействие большего количества электронов.

Таким образом, более кратко, идея сводится к использованию для передачи информации рентгеновской трубки, в которой реализована возможность модуляции излучения. Модуляция производится посредством включения и выключения светодиода, излучение которой, попадая на фотокатод, создает эмиссию электронов. Последние, ускоряясь, бомбардируют мишень рентгеновской трубки, и возникает тормозное рентгеновское излучение. Таким образом, при включении светодиода возникает генерация рентгеновского излучения, а при его выключении, соответственно, генерация пропадает. На таком временном изменении интенсивности рентгеновского излучения можно закодировать двоичную информацию.

Известен способ передачи информации, описанный в научных публикациях [DOI: 10.1117/12.2257214, DOI: 10.1117/12.2062712, DOI: 10.1364/OE.415291], в целом идентичен вышеуказанному по пункту 2. Различие заключается лишь в устройстве его реализации, а именно, в конструкции рентгеновской трубки, которая принципиально одинакова в этих научных публикациях. В указанных научных публикациях предлагается модуляция интенсивности излучения рентгеновской трубки путем добавления в её конструкцию сетчатого электрода между катодом, эмитирующего электроны за счет нагрева, и фокусирующей системой. Меняя потенциал на управляющем сетчатом электроде, можно регулировать поток электронов, проходящий через него и после бомбардирующий материал анода, и, следовательно, модулировать интенсивность рентгеновского излучения.

Известен способ и устройство его реализации, объединенные единым замыслом, описанные в научной публикации [DOI: 10.1016/j.optcom.2020.126697]. Сущностью способа является следующее. Берут информацию для коммуникации, преобразуют его в цифровой формат, на его основе модулируют излучение рентгеновской трубки по частоте. Поток рентгеновских фотонов регистрируют детектором. Далее считают количество отсчетов для каждой частоты характеристического рентгеновского излучения. В случае, если количество отсчетов,

соответствующее какой-то конкретной частоте характеристического рентгеновского излучения, превышает установленное заранее пороговое значение, то демодулируют сигнал, ставя в соответствие конкретное цифровое значение. Таким образом, демодулируется все передаваемая информация и акт коммуникации завершается.

5 Ключевым элементом устройства реализации способа является модулируемая по частоте рентгеновская трубка. Сущностью такой рентгеновской трубки является её изготовление из составного (как правило, из двух металлов) анода. Ускоренные электроды бомбардируют или одну, или другую часть мишени, и соответственно, генерируется излучение или с характеристической линией излучения одного металла, или с линией
10 второго металла. Для попадания в нужную часть составной мишени электроны отклоняются при помощи отклоняющей системы, представляющего собой управляемое внешнее магнитное поле.

Известен способ и устройство его реализации, объединенные единым замыслом, описанные в научной публикации [DOI: 10.1016/j.jjleo.2019.163263] и в целом
15 идентичные по сути и принципу действия вышеописанным по пункту 4 с тем отличием, что в рентгеновской трубке направление движения электронов подстраивается при помощи отклоняющей системы, создающей электрическое поле, поперечное к движению электронов.

Недостатком перечисленных выше способов и устройств их реализации для передачи
20 информации является использование метода генерации рентгеновского излучения с помощью рентгеновской трубки. Как известно, рентгеновские трубки характеризуются крайне низкой энергоэффективностью, их КПД не превышает нескольких процентов. Поэтому реализация систем связи на рентгеновских трубках в условиях энергосбережения и энергодефицитности, например, на космических аппаратах,
25 представляется крайне нерентабельной.

Известен способ по патенту CN112260753B, сущностью которого является следующее (далее приводится машинный перевод независимых пунктов формулы изобретения). Система связи с модуляцией энергии гамма-излучения, отличающаяся тем, что она
30 включает в себя источник информации, схему модуляции, устройство генерации гамма-излучения, устройство приема гамма-излучения и схему демодуляции, последовательно расположенные вдоль направления передачи сигнала, и устройство гамма-излучения. Генераторное устройство включает N источников гамма-излучения, причем каждый источник гамма-излучения испускает гамма-лучи с различными значениями энергии. Источник информации служит для преобразования информационных сигналов из
35 аналоговых сигналов в исходные электрические сигналы; Схема модуляции управляет устройством генерации γ -лучей для испускания γ -лучей с $2N$ комбинациями энергии в соответствии с исходным электрическим сигналом для формирования сигнала γ -лучей; Устройство приема γ -лучей принимает сигнал γ -лучей, анализирует энергию сигнала γ -лучей и преобразует сигнал γ -лучей в выходной электрический сигнал; Схема
40 демодуляции демодулирует выходной электрический сигнал и выводит его; Среди них N — натуральное число, большее 1. Способ связи с модуляцией энергии гамма-излучения, отличающийся тем, что он включает N источников гамма-излучения, значения энергии гамма-лучей, испускаемых каждым источником гамма-излучения, различны, N - натуральное число, большее 1, и включает в себя следующие этапы: Этап S1:
45 Преобразование информационного сигнала из аналогового сигнала в исходный электрический сигнал; Шаг S2: В соответствии с исходным электрическим сигналом управляют N источниками излучения γ -лучей, чтобы испускать γ -лучи с $2N$ энергетическими комбинациями для формирования сигнала γ -лучей; Шаг S3:

Преобразование сигнала γ -излучения в выходной электрический сигнал в соответствии со значением энергии сигнала γ -излучения; Шаг S4: Демодулируйте выходной электрический сигнал и выведите его.

5 Таким образом, предполагается передача информации на гамма-фотонах по следующему принципу. Информационный сигнал переводится из аналогового вида в цифровой. Далее на основе этих цифровых сигналов контролируется устройство, модулирующее энергию гамма-излучения. Под этим устройством подразумевается система, состоящая из нескольких радионуклидов, каждый из которых испускает гамма-фотоны определенной энергии. Опираясь на цифровой сигнал, выбирается радионуклид
10 или их комбинация. Далее через среду передаётся поток гамма-фотонов одной или нескольких энергий в зависимости от цифрового сигнала. Гамма-фотоны регистрируются детектором с хорошим энергетическим разрешением. Полученный сигнал анализируется и декодируется обратно в информационный сигнал. Таким образом, в этом известном способе модулируется энергия гамма-квантов с целью передачи информации.

15 Недостатком способа является механическое управление устройством, модулирующим гамма-излучение, что приводит к низким частотам модуляции, высокой вероятности механических поломок и необходимости постоянного технического обслуживания.

Известен способ по патенту CN112260763B, сущностью которого является следующее
20 (далее приводится машинный перевод независимых пунктов формулы изобретения). Система связи с модуляцией положения луча, отличающаяся тем, что она включает в себя источник информации, схему управления, устройство формирования сигнала, устройство приема сигнала и схему демодуляции, расположенные последовательно по направлению передачи сигнала. Устройство генерации сигнала включает в себя источник
25 излучения и основание. Источник излучения излучает лучи высокой проникающей способности, а основание имеет несколько положений позиционирования. Источник излучения приводится в действие схемой управления для переключения между несколькими положениями позиционирования; Источник информации используется для преобразования исходного информационного сигнала в исходный электрический
30 сигнал; Схема управления заставляет источник излучения перемещаться и переключаться между несколькими положениями позиционирования в соответствии с исходным электрическим сигналом, а лучи, испускаемые источником излучения в различных положениях позиционирования, образуют лучевые сигналы; Устройство приема сигнала включает в себя множество детекторов луча, множество детекторов луча соответствует
35 множеству положений позиционирования в направлении передачи луча, устройство приема сигнала принимает сигнал луча и передает сигнал луча. сигнал; Схема демодуляции демодулирует закодированный электрический сигнал и выводит его. Способ связи с модуляцией положения луча, который отличается тем, что включает в себя радиоактивный источник и множество положений позиционирования.

40 Радиоактивный источник испускает лучи высокой проникающей способности. Способ связи включает в себя следующие этапы: Шаг S1: Преобразование исходного информационного сигнала в исходный электрический сигнал; Шаг S2: приводят источник излучения в движение в разные положения позиционирования в соответствии с исходным электрическим сигналом и формируют сигнал излучения в соответствии с лучами,
45 испускаемыми источниками радиации в разных положениях позиционирования; Шаг S3: Обнаружьте и примите лучевой сигнал, демодулируйте лучевой сигнал и выведите его для завершения связи.

Таким образом, предлагается метод передачи информации на гамма-фотонах,

состоящий из источника сигнала, узла управления и контроля, устройства генерации сигнала, устройства регистрации сигнала и узла демодуляции. Под устройством генерации сигнала подразумевается система, состоящая из радионуклида, излучающего гамма-фотоны, и держателя нуклидов с несколькими позициями. В зависимости от управляющего сигнала, радионуклид смещается из одной позиции в другую. В соответствии с этими позициями построено устройство получения сигнала, состоящее из нескольких детекторов, каждый из которых отвечает одной конкретной позиции источника. Таким образом, в данном известном способе информация передается при помощи модуляции пространственного расположения пары радионуклид-детектор. В качестве недостатков метода можно отметить механическое управление позицией радионуклида, из-за чего доступны лишь относительно низкие частоты модуляции сигнала, также характерны высокая вероятность механических поломок и необходимость постоянного технического обслуживания. Кроме того, ввиду конечного угла расходимости гамма-излучения, проходящего через коллиматор, неочевидны перспективны данного известного способа для реализации связи на дальние расстояния, т.к. сигнал, исходящий из радионуклида в одном положении, может начать частично попадать на детектор, отвечающий соседнему положению в держателе.

Известен способ по патенту CN112260766B, сущностью которого является следующее (далее приводится машинный перевод независимых пунктов формулы изобретения). Заявлено: Система связи отклонения луча, отличающаяся тем, что она включает в себя источник информации, схему модуляции, устройство формирования луча, детектор комбинации лучей и схему демодуляции, расположенные последовательно по направлению передачи сигнала, причем устройство формирования луча включает в себя луч источник и отклоняющее устройство. Источник лучей испускает лучи высокой проникающей способности; Источник информации преобразует информационный сигнал из аналогового сигнала в исходный электрический сигнал; Схема модуляции управляет переключением отклоняющего устройства в различные физические положения в соответствии с исходным электрическим сигналом, так что направление передачи лучей, испускаемых источником лучей, отклоняется с образованием отклоненных лучей в нескольких направлениях. Отклоненные по направлению лучи образуют лучевой сигнал; Детектор комбинации лучей включает в себя множество детекторов лучей. Детектор лучей расположен в направлении прохождения отклоненного луча. Детектор комбинации лучей принимает лучевой сигнал и преобразует лучевой сигнал в выходной электрический сигнал. Сигнал; Схема демодуляции принимает выходной электрический сигнал и демодулирует выходной электрический сигнал в информационный сигнал. Способ связи с отклонением луча, отличающийся тем, что он содержит источник луча и отклоняющее устройство, при этом источник луча испускает лучи с сильными проникающими свойствами; включая следующие этапы: Шаг S1: Преобразование аналогового сигнала в исходный электрический сигнал; Шаг S2: В соответствии с исходным электрическим сигналом управляют переключением отклоняющего устройства в различных физических положениях так, чтобы направление передачи лучей, испускаемых источником лучей, отклонялось с образованием отклоненных лучей в нескольких направлениях. Отклоненные лучи образуют лучевые сигналы; Шаг S3: Получите лучевой сигнал и преобразуйте лучевой сигнал в выходной электрический сигнал; Шаг S4: Получите выходной электрический сигнал, демодулируйте выходной электрический сигнал и выведите его.

Таким образом, метод передачи информации на гамма-фотонах реализован следующим образом. Источник информации преобразует аналоговый сигнал в цифровой.

Опираясь на цифровой сигнал, устройство генерации излучения управляется узлом модуляции. Под устройством генерации излучения понимается комбинация радионуклида, излучающего гамма-фотоны, и устройства отклонения излучения, работающего на основе эффекта Комптона. Узел модуляции поворачивает устройство отклонения излучения таким образом, чтобы излучение преимущественно рассеивалось в направлении на одного из детекторов, из которых состоит устройство детектирования. Далее полученный сигнал анализируется и демодулируется обратно в информационный сигнал. В этом известном способе модуляция производится путем пространственного расположения регистрирующего приёмника сигнала. Недостатками этого метода можно отметить механическое управление устройством отклонения излучения, что снова может привести к вышеотмеченным проблемам. Помимо этого, за счет эффекта Комптона рассеивается лишь часть гамма-излучения, остальная же часть проникает в сам материал, из которого сделано устройство отклонения. Поэтому в данном известном методе необходимо использование более активных радионуклидов по сравнению с другими методами при прочих равных условиях. А использование активных радионуклидов может привести к постепенной деградации материалов, из которых создано устройство отклонения.

Известен способ по патенту CN112260764B, сущностью которого является следующее (далее приводится машинный перевод независимых пунктов формулы изобретения). Заявлено: Система связи на основе вращающегося источника излучения, отличающаяся тем, что она включает в себя источник информации, источник излучения цифрового сигнала, устройство модуляции, вращающееся устройство излучения и устройство демодуляции, расположенные последовательно по направлению передачи сигнала. Вращающееся излучающее устройство включает вращающуюся лучевую трубку, корпус и источник излучения. Источник излучения расположен во вращающейся лучевой трубке. Источник радиации испускает лучи высокой проникающей способности. На корпусе расположена вращающаяся лучевая трубка. Корпус используется для поддержки вращающейся лучевой трубки, причем вращающаяся лучевая трубка выполнена с возможностью вращения и позиционирования относительно корпуса; Источник излучения цифрового сигнала преобразует исходный аналоговый сигнал, излучаемый источником информации, в цифровой сигнал; Устройство модуляции усиливает и преобразует уровень цифрового сигнала, а затем преобразует его в модулированный сигнал; В соответствии с сигналом модуляции вращающаяся лучевая трубка вращается или позиционируется относительно тела, а сигнал модуляции преобразуется в лучевой сигнал; Устройство демодуляции преобразует лучевой сигнал в аналоговый сигнал. Способ связи на основе вращающегося источника излучения, отличающийся тем, что он включает в себя устройство модуляции, вращающееся устройство излучения и устройство демодуляции, причем источник излучения представляет собой источник изотопного излучения высокой проникающей способности. Способ связи включает в себя следующие этапы: Этап S1: принимают сигнал связи, и устройство модуляции модулирует сигнал связи в модулированный сигнал; Шаг S3: В соответствии с модулированным сигналом вращающееся излучающее устройство выполняет поворотное преобразование положения, чтобы генерировать множество различных положений позиционирования. Множество различных положений позиционирования соответствуют множеству разных символов кодирования, и модулированный сигнал загружается в линию излучения для формирования сигнала излучения; Шаг S4: Устройство демодуляции принимает сигнал излучения, демодулирует сигнал излучения в сигнал связи и выводит сигнал связи.

В итоге, способ передачи информации на гамма-фотонах реализован на основе следующих элементов: источника цифрового сигнала, устройства модуляции, поворачивающегося радиоактивного устройства и оборудования для демодуляции сигнала, состоящего из нескольких детекторов. На основе информационного сигнала формируется цифровой сигнал, который, усиливаясь, поступает на устройство модуляции. Это устройство, опираясь на поступающий сигнал, поворачивает коллимированное гамма-излучение радионуклида в направлении определённого детектора устройства демодуляции. На основе зарегистрированного излучения обратно восстанавливается информационный сигнал. Этот способ передачи данных также можно расширить для случая использования нескольких радионуклидов с разной активностью. Основным недостатком этого известного способа также является низкая скорость передачи информации, связанная с медленным механическим управлением поворотного механизма сборки радиоактивных нуклидов. Такая механическая конструкция подвержена частым поломкам и нуждается в постоянном техническом мониторинге работоспособности системы. Кроме того, необходимо точно знать расстояние от поворачивающегося радиоактивного устройства до демодулирующего устройства, и при изменении этого расстояния перенастраивать углы поворота радионуклидов.

В описанных выше способах передачи информации на фотонах гамма диапазона по патентам CN112260753B, CN112260763B, CN112260766B, CN112260764B источниками гамма-фотонов служат радиоактивные нуклиды. Главными достоинствами этих известных способов является отсутствие дополнительных энергозатрат на генерацию фотонного излучения, т.к. они создаются в процесс естественного радиоактивного распада, практически полное отсутствие необходимости в техническом обслуживании самих нуклидов, а также тот факт, что диапазон энергий гамма-фотонов может быть увеличена существенно по сравнению с энергией рентгеновских фотонов, излучаемых рентгеновскими трубками. Последний факт может обеспечить уверенную передачу информации на дальних, космических расстояниях.

Известны способы беспроводной связи на гамма-фотонах, описанные в работе [DOI: 10.1016/j.nima.2022.166920], а также по патентам CN112260752B, CN114143153A, CN116760480A.

Известен способ, описанный в статье [DOI: 10.1016/j.nima.2022.166920], где используется радиоактивный нуклид ^{241}Am , который в процессе распада излучает гамма-фотоны с наиболее интенсивной линией на энергии 59.5 кэВ. Интенсивность исходящего излучения радиоактивного нуклида модулируется путем механического открывания и закрывания окна камеры, внутри которого находится сам нуклид. Далее модулированное по интенсивности гамма-излучение проходит через среду и попадает в систему обработки сигнала. Эта система состоит из блока детектирования на основе сцинтилляционного детектора, блока формирования сигналов и блока сбора и анализа данных. Главным недостатком предложенного способа является механический метод модуляции интенсивности излучения. Такой метод не позволяет открывать-закрывать окно камеры с радиоактивным источником на больших частотах, а также может быть подвержен частым поломкам и требовать постоянного мониторинга технического состояния.

Известен способ по патенту CN112260752B, сущностью которого является следующее (далее приводится машинный перевод независимых пунктов формулы изобретения). Заявлено: Система связи с модуляцией интенсивности гамма-излучения, отличающаяся тем, что она включает источник информации, блок управления, экран, детектор

интенсивности гамма-излучения и схему демодуляции, расположенные последовательно по направлению передачи сигнала. Система связи также включает в себя источник гамма-излучения, поэтому экранирующий корпус включает в себя несколько зон защиты; Источник информации служит для преобразования информационных сигналов из аналоговых сигналов в исходные электрические сигналы; Блок управления выполнен с возможностью приводить экранирующий корпус в движение в соответствии с исходным электрическим сигналом, так что множество областей прочности экранирования переключаются друг на друга; Когда экранирующее тело движется, гамма-лучи, испускаемые источником гамма-излучения, проходят через области различной интенсивности экранирования, так что гамма-лучи, проходящие через экранирующее тело, имеют несколько интенсивностей, образуя сигналы гамма-излучения; Детектор интенсивности γ -лучей обнаруживает и используется для приема сигнала γ -лучей и преобразования сигнала γ -лучей в выходной электрический сигнал в соответствии с информацией об интенсивности сигнала γ -лучей; Схема демодуляции используется для приема выходного электрического сигнала и демодуляции выходного электрического сигнала в информационный сигнал. Способ связи с модуляцией интенсивности гамма-излучения, отличающийся тем, что он содержит источник гамма-излучения, экранирующий корпус и детектор интенсивности гамма-излучения. Экранирующий корпус включает в себя несколько областей интенсивности экранирования с различными свойствами поперечного сечения. Когда экранирующее тело перемещается, несколько областей интенсивности экранирования переключаются друг с другом, и гамма-лучи, испускаемые источником гамма-излучения, проходят через несколько областей интенсивности экранирования экранирующего тела. Способ связи включает в себя следующие этапы: Шаг S1: Преобразовать информационный сигнал из аналогового сигнала в исходный электрический сигнал; Шаг S2: Приведите экранирующий корпус в движение в соответствии с исходным электрическим сигналом, чтобы несколько областей интенсивности экранирования переключались друг на друга, а гамма-лучи, проходящие через несколько областей интенсивности экранирования, имели несколько интенсивностей, образуя гамма-лучи. Сигнал; Шаг S3: Преобразование сигнала γ -излучения в выходной электрический сигнал в соответствии с информацией об интенсивности сигнала γ -излучения; Шаг S4: Демодулируйте выходной электрический сигнал в информационный сигнал и отправьте его.

Таким образом, предполагается передавать информацию при помощи гамма-квантов следующим образом. Сначала информационный сигнал преобразуется в серию электрических импульсов. Модуляцию интенсивности гамма-излучения радиоактивного нуклида предполагается производить с помощью пятисекционного дискового прерывателя (chopper), который поворачивается определенной секцией в соответствии с электрическим импульсом. Каждый из пяти сегментов имеет разную оптическую толщину для гамма-фотонов. Поэтому, перекрывая исходящее от радионуклида гамма-излучения той или иной секцией, можно регулировать его интенсивность. Далее модулированное гамма-излучение проходит через среду, детектируется и преобразовывается обратно в информационный сигнал. В качестве недостатка известного способа можно отметить механическое управление интенсивностью гамма-фотонов, приводящее к относительно низким частотам модуляции сигнала, а также вероятным механическим поломкам.

Известен способ по патенту CN114143153A, сущностью которого является следующее (далее приводится машинный перевод независимых пунктов формулы изобретения). Заявлено: Система радиационной связи с интенсивно-кодированной модуляцией,

отличающаяся тем, что система включает в себя источник информации, систему модуляции, детектор и систему демодуляции, последовательно расположенные вдоль направления передачи сигнала; Источник информации служит для преобразования информационного сигнала в исходный электрический сигнал и отправки его в систему модуляции; Система модуляции используется для того, чтобы после приема исходного электрического сигнала, передаваемого источником информации, управлять устройством модуляции для выполнения механического движения для модуляции гамма-лучей в сочетании с правилами кодирования для достижения модуляционного кодирования интенсивности гамма-излучения; и кодировать исходную информацию об электрическом сигнале. и затем загружается в сигнал γ -излучения; Детектор предназначен для обнаружения сигналов гамма-излучения с кодированной информацией, формирования соответствующих выходных электрических сигналов с кодированной информацией и передачи их в систему демодуляции; Система демодуляции используется для демодуляции принятого выходного электрического сигнала согласно правилам декодирования для получения демодулированного информационного сигнала. Способ радиационной связи с модуляцией с кодированием интенсивности, отличающийся тем, что способ связи применяется к системе радиационной связи с модуляцией с кодированием интенсивности по любому из пп.1-7, и способ включает в себя: преобразование информационных сигналов в исходные электрические сигналы; В соответствии с исходным электрическим сигналом устройство модуляции управляется для выполнения механического движения в сочетании с правилами кодирования для модуляции гамма-лучей для достижения модуляционного кодирования интенсивности гамма-излучения и загрузки информации электрического сигнала в сигнал гамма-излучения; Обнаруживать сигналы гамма-излучения с закодированной информацией и генерировать соответствующие выходные электрические сигналы с закодированной информацией; Выходной электрический сигнал демодулируется в соответствии с правилами декодирования для получения демодулированного информационного сигнала.

Таким образом, передача информации на гамма-фотонах реализована по следующему принципу. Информационный источник преобразует информацию, которую необходимо передать, в последовательность электрических импульсов. Эти импульсы отправляются в модулирующее устройство. Это устройство состоит из радионуклида, излучающего гамма-фотоны и вращающейся относительно одного конца балки. Согласно электрическим импульсам, балка поворачивается в одно из своих M ($M \Rightarrow 2$) положений. В результате, гамма-фотоны проходят через разную толщину балки, которая зависит от угла поворота, т.е. поглощаются в большей или меньшей степени. Таким образом, при определенных сигналах из модулирующей системы испускаются гамма-фотоны большей или меньшей интенсивности. Далее гамма-фотоны проходят через среду, попадают на детектор, и информация восстанавливается в демодулирующей системе. Недостатком известного способа является принцип модуляции интенсивности излучения, основанный на механическом управлении достаточно тяжелой балкой. Это неизбежно приведет к инерционности системы, а, следовательно, к низким частотам модуляции интенсивности сигнала.

Известен способ по патенту CN116760480A, сущностью которого является следующее (далее приводится машинный перевод независимых пунктов формулы изобретения). Заявлено: Система радиационной связи ступенчатого типа, отличающаяся тем, что она включает в себя источник информации, ступенчатый модулятор, демодулятор и сторону приема информации, последовательно соединенные по направлению передачи сигнала; источник информации преобразует информацию звука и изображения в электрическую.

Сигнал передается на ступенчатый модулятор; ступенчатый модулятор включает в себя источник гамма-излучения и контроллер; демодулятор включает в себя детектор и схему демодуляции. Способ связи на основе системы радиационной связи ступенчатого типа по п.5, отличающийся тем, что он включает в себя следующие этапы: Этап 1: источник информации преобразует сигналы звука и изображения в электрические сигналы; Шаг 2: После получения электрического сигнала ступенчатый модулятор модулирует гамма-лучи через контроллер, чтобы загрузить сигнал в гамма-лучи для генерации модулированного сигнала гамма-лучей; Шаг 3: Детектор принимает сигнал гамма-излучения, генерирует соответствующий электрический сигнал и передает его в схему демодуляции. Схема демодуляции демодулирует сигнал по правилам декодирования, формирует демодулированный звук, изображение и другую информацию и передает ее приемнику информации. конец; Шаг 4: Сторона, принимающая информацию, получает демодулированную информацию и завершает процесс связи.

Таким образом, предлагается иной способ модуляции интенсивности гамма-излучения. Предлагаемое устройство сконструировано так, что в зависимости от информационного управляющего электрического импульса, радионуклид механически перемещается ближе или дальше относительно регистрирующей системы. В результате детектируется гамма-излучение разной интенсивности. Недостатком данного известного способа является механическое управление перемещением источника, что приводит к сравнительно небольшим допустимым частотам модуляции сигнала из-за инерционности механических систем. Помимо этого, данный метод трудно реализуем при передаче информации на дальние расстояния, когда нужно передать информацию на расстояния существенно больше, чем размеры модулирующей системы ввиду того, что изменение интенсивности на дальних расстояниях будет трудно зарегистрировать из-за малости глубины амплитудной модуляции.

Таким образом, отличительными чертами известных способов беспроводной связи на гамма-фотонах, описанных в работе [DOI: 10.1016/j.nima.2022.166920], а также по патентам CN112260752B, CN114143153A, CN116760480A, являются:

1. Использование в качестве источника высокоэнергетичных фотонов радионуклидов, излучающих гамма-фотоны.
 2. Запись информации посредством модуляции интенсивности потока гамма-фотонов, излучаемых радионуклидами.
 3. Регистрация гамма-фотонов при помощи детектора.
 4. Демодуляция сформированных детектором электрических импульсов.
- Основным недостатком перечисленных выше способов передачи информации на гамма-фотонах является механическое управление модуляцией интенсивности излучения радионуклида, т.е. устройством типа затвора, работающего в режиме «открыто-закрыто».

Техническим результатом заявленного технического решения является разработка способа и устройства, предназначенного для реализации заявленного способа беспроводной связи на случайном потоке резонансных гамма-фотонов и устройства для его реализации, обеспечивающего возможность:

- 1 - создание потока гамма-фотонов посредством естественного радиоактивного распада мёссбауэровского радионуклида и, следовательно, отсутствие затрат энергии на генерацию высокоэнергетичных фотонов;
- 2 - изменение интенсивности гамма-фотонов с целью записи на нём информации;
- 3 - доступность высоких частот модуляции интенсивности излучения;
- 4 - секретную коммуникацию;
- 5 - передачу информации через среды, непрозрачные для радио- и оптического

диапазонов.

Сущностью заявленного технического решения является способ беспроводной связи на случайном потоке резонансных гамма-квантов, заключающийся в том, что для начала процесса беспроводной связи берут сообщение, которое требуется передать, в виде текстового файла; далее взятый файл подают на узел кодировки сообщения, который переводит его в двоичный цифровой код, опираясь на таблицы кодировки в заранее установленной системе; далее полученный двоичный цифровой код подают в генератор информационного сигнала, который формирует два сигнала, первый из которых представляет собой информационный сигнал в виде двоичного кода, который необходимо передать, а второй - «старт»-сигнал, который отправляют в преобразователь «время-амплитуда» для синхронизации сигнала; далее создают поток гамма-излучения при помощи мёссбауэровского радиоактивного источника; энергию гамма-фотонов подстраивают при помощи системы доплеровской модуляции, на которую закреплен мёссбауэровский радиоактивный источник, таким образом, чтобы она попадала на линию мёссбауэровского поглощения резонансного поглотителя; далее поток гамма-квантов, испускаемый мёссбауэровским радиоактивным источником, направляют в модулирующую систему, состоящую из пьезопреобразователя и жестко закрепленного на его поверхности резонансного поглотителя; далее на пьезопреобразователь подаётся информационный сигнал с амплитудой от 0, что соответствует «0» в двоичном коде, до значения, обеспечивающего смещение резонансного поглотителя на половину длины волны гамма-фотонов, что будет соответствовать «1» в двоичном коде, при этом каждый раз при подаче на пьезопреобразователь смещения уровня электрического сигнала с низкого уровня «0» на высокий уровень «1» и наоборот, с уровня «1» на низкий уровень «0», будет наблюдаться увеличение потока гамма-фотонов по сравнению с фоновым значением из-за конструктивной интерференции, приводящее к тому, что информационному сигналу «1» будут соответствовать два всплеска интенсивности во временном спектре зарегистрированного детектором резонансного излучения; далее модулированный по интенсивности поток гамма-фотонов передают через среду и регистрируют детектором, который, по сути, является приёмником сигнала; далее генерируется «стоп»-сигнал при регистрации резонансного гамма-фотона детектором; далее «старт»-сигнал и «стоп»-сигнал подают в соответствующие входы преобразователя «время-амплитуда», который работает в «старт-стоп» режиме и отсчитывает время с поступления «старт» сигнала до получения «стоп» сигнала; далее сигнал, выработанный преобразователем «время-амплитуда» и амплитуда которого пропорциональна измеренному временному интервалу между «старт»- и «стоп»-сигналами, подают в блок накопления для амплитудного анализа; далее проводят амплитудный анализ поступивших импульсов в блок накопления данных и выводят распределение зарегистрированных резонансных фотонов с момента поступления «старт»-сигнала в виде временного спектра; далее это распределение анализируют декодером и выдают в виде переданного сообщения, при этом декодер работает таким образом, что определяют положение пар всплесков зарегистрированных гамма-фотонов и этому промежутку присваивают значение «1», а между диапазонами, соответствующими «1», присваивают значение «0»; таким образом получают двоичный цифровой код, который затем переводят в текстовой вид, используя таблицы кодировки в заранее определенной системе; в итоге восстанавливают переданную информацию и заканчивают процесс беспроводной связи. Устройство для реализации способа беспроводной связи на случайном потоке резонансных гамма-квантов по п.1, состоящее из узла кодировки сообщения, передаваемого сообщения в виде двоичного кода, генератора

информационного сигнала, информационного сигнала, «старт»-сигнала, мёссбауэровского радиоактивного источника, системы доплеровской модуляции энергии мёссбауэровского радиоактивного источника, потока гамма-фотонов, пьезопреобразователя, резонансного поглотителя, модулированного по интенсивности потока гамма-фотонов, детектора, «стоп»-сигнала, преобразователя «время-амплитуда», блока накопления данных, временного спектра зарегистрированных резонансных гамма-фотонов и декодера.

Заявленное изобретение иллюстрируется Фиг. 1 - Фиг. 5.

На Фиг. 1 приведена блок-схема устройства, реализующая способ беспроводной связи на случайном потоке резонансных гамма-квантов, которая состоит из следующих элементов:

- 1 - узел кодировки сообщения;
- 2 - передаваемое сообщение в виде двоичного кода;
- 3 - генератор информационного сигнала;
- 4 - информационный сигнал;
- 5 - синхроимпульс («старт»-сигнал);
- 6 - мёссбауэровский радиоактивный источник;
- 7 - система доплеровской модуляции энергии радионуклида;
- 8 - поток гамма-фотонов;
- 9 - пьезопреобразователь;
- 10 - резонансный поглотитель;
- 11 - модулированный по интенсивности поток гамма-фотонов;
- 12 - детектор;
- 13 - «стоп»-сигнал;
- 14 - преобразователь «время-амплитуда»;
- 15 - блок накопления данных;
- 16 - временного спектра зарегистрированных резонансных гамма-фотонов;
- 17 - декодер.

На Фиг. 2 показаны иллюстрации, демонстрирующие конкретный пример реализации заявленного технического решения (Пример 1):

- 2А - сигнал, подаваемый на пьезопреобразователь;
- 2Б - накопленный сигнал гамма-фотонов.

На Фиг. 3 показан мёссбауэровский спектр фольги из нержавеющей стали, который используется как резонансный поглотитель (позиция 10 на Фиг. 1) при изготовлении составного пьезопреобразователя в узле модуляции (Пример 1).

На Фиг. 4 показан результат, иллюстрирующий невозможность расшифровки передаваемого сигнала при отсутствии синхронизации (Пример 2):

- 4А - сигнал, подаваемый на пьезопреобразователь;
- 4Б - накопленный сигнал гамма-фотонов.

На Фиг. 5 показан сигнал накопленных гамма-фотонов, демонстрирующий возможность коммуникации посредством гамма-фотонов через среды, непрозрачные для оптического и радиодиапазонов (Пример 3).

Далее заявителем приведено описание заявленного изобретения.

Заявленный технический результат достигается разработкой заявленного способа беспроводной связи.

В заявленном способе в качестве носителя информации предлагается использование высокоэнергетических фотонов гамма-диапазона. Это позволяет расширить коммуникационные возможности через среды, недоступные для систем, работающих

на радио и оптическом диапазонах, например, через плазменную среду, возникающую на поверхности спускаемого космического аппарата при его сильном трении во время вхождения в земную атмосферу. Кроме того, использование в качестве источника высокоэнергетических фотонов радионуклида сводит практически на нет затраты энергии на генерацию фотонов. В заявленном способе предполагается использование модуляции интенсивности потока гамма-фотонов с помощью устройства, основанного на пьезопреобразователе, что позволяет довести частоты модуляции до МГц диапазона и выше. Секретность передаваемой информации достигается за счет использования потока гамма фотонов, испускаемых радиоактивными мессбауэровскими ядрами случайным образом. Радиоактивный распад - это идеальный генератор случайных чисел, если под случайным числом подразумевается момент распада радиоактивного ядра. Секретность беспроводной связи в заявленном способе проявляется следующим образом. Информационный сигнал подаётся на модулирующее устройство многократно. Однако, если частота повторения информационного сигнала не известна с большой точностью, т.е. отсутствует синхронизация между модулирующей и анализирующей системами, что приведет к равномерному распределению информационных гамма всплесков по всему временному интервалу. В этом случае временной спектр, регистрируемый преобразователем «время-амплитуда», будет подобен белому шуму из-за полного размытия гамма всплесков.

Заявленное устройство (Фиг.1) для реализации способа беспроводной связи на случайном потоке резонансных гамма-квантов, состоит из узла кодировки сообщения 1, передаваемого сообщения в виде двоичного кода 2, генератора информационного сигнала 3, информационного сигнала 4, «старт»-сигнала 5, мессбауэровского радиоактивного источника 6, системы доплеровской модуляции энергии мессбауэровского радиоактивного источника 7, потока гамма-фотонов 8, пьезопреобразователя 9, резонансного поглотителя 10, модулированного по интенсивности потока гамма-фотонов 11, детектора 12, «стоп»-сигнала 13, преобразователя «время-амплитуда» 14, блока накопления данных 15, временного спектра зарегистрированных резонансных гамма-фотонов 16 и декодера 17.

Заявленный способ беспроводной связи, основанный на модуляции по интенсивности случайного потока резонансных гамма-фотонов, реализован следующим образом (Фиг. 1).

1. Процесс беспроводной связи начинается с того, что берут сообщение, которое требуется передать, в виде текстового файла, например, из памяти компьютера.

2. Взятый файл подают на узел кодировки сообщения 1, который переводит его в двоичный цифровой код 2, опираясь на таблицы кодировки в заранее установленной системе.

3. Далее полученный двоичный цифровой код 2 подают в генератор информационного сигнала 3, который формирует два сигнала, первый из которых представляет собой информационный сигнал 4 в виде двоичного кода, который необходимо передать, а второй - синхроимпульс 5, который отправляют в преобразователь «время-амплитуда» 14 для синхронизации сигнала.

4. Далее создают поток гамма-излучения 8 при помощи мессбауэровского радиоактивного источника 6. Энергию гамма-фотонов 8 подстраивают при помощи системы доплеровской модуляции 7, на которую закреплен радиоактивный источник 6, таким образом, чтобы она попадала на линию мессбауэровского поглощения резонансного поглотителя 10.

5. Случайный поток гамма-квантов 8, испускаемый мессбауэровским радиоактивным

источником 6, направляют в модулирующую систему, состоящей из пьезопреобразователя 9 и жестко закрепленного на его поверхности резонансного поглотителя 10.

6. На пьезопреобразователь 9 подаётся информационный сигнал 4 с амплитудой от 5 0, что соответствует «0» в двоичном коде, до значения, обеспечивающего смещение резонансного поглотителя на половину длины волны гамма-фотонов, что будет соответствовать «1» в двоичном коде. Продолжительность цуга гамма-фотона определяется временем жизни резонансного ядра в возбужденном состоянии. Для наиболее популярного мессбауэровского ядра Fe-57 она порядка 100 нс. Испущенный 10 ядром мессбауэровского источника гамма-квант переводит ядро резонансного поглотителя в возбужденное состояние, которое начинает испускать/рассеивать фотоны той же энергии, но в противоположной фазе по отношению к фазы падающего фотона. Падающее и рассеянное вперед излучение когерентны, поэтому в случае неподвижного ядра поглотителя они интерферируют деструктивно. Если же ядро поглотителя быстро 15 сместить на половину длины волны фотона, то электромагнитные колебания рассеянных вперед фотонов станут синфазными с электромагнитными колебаниями падающих фотонов, и они будут интерферировать конструктивно и усиливать друг друга. Это явление известно под названием «гамма-эхо» [DOI: 10.1103/PhysRevLett.66.2037]. Таким образом, каждый раз при подаче на пьезопреобразователь смещения уровня 20 электрического сигнала с низкого уровня «0» на высокий уровень «1» и наоборот, с уровня «1» на низкий уровень «0», будет наблюдаться увеличение потока гамма-фотонов по сравнению с фоновым значением из-за конструктивной интерференции. Поэтому информационному сигналу «1» будут соответствовать два всплеска интенсивности во временном спектре зарегистрированного детектором резонансного излучения.

7. Модулированный таким образом по интенсивности поток гамма-фотонов 11 25 передается через среду и регистрируется детектором 12, который, по сути, является приёмником сигнала.

8. Генерируется «Стоп»-сигнал» 13 при регистрации резонансного гамма-фотона Детектором 12.

9. «Старт» сигнал 5 и «Стоп» сигнал 13 подаются в соответствующие входы 30 преобразователя «время-амплитуда» 14, который работает в «старт-стоп» режиме и отсчитывает время с поступления «Старт» сигнала до получения «Стоп» сигнала.

10. Сигнал, выработанный преобразователем «время-амплитуда» 14 и амплитуда 35 которого пропорциональна измеренному временному интервалу между «Старт» и «Стоп» сигналами, подаётся в блок накопления для амплитудного анализа.

11. Проводится амплитудный анализ поступивших импульсов в блок накопления данных 15 и выводится распределение зарегистрированных резонансных фотонов с момента поступления «старт» сигнала в виде временного спектра 16.

12. Затем это распределение анализируется декодером 17 и выдается в виде 40 переданного сообщения. Декодер 17 работает таким образом, что определяется положение пар всплесков зарегистрированных гамма-фотонов и этому промежутку присваивается значение «1». Между диапазонами, соответствующими «1», присваивается значение «0». Таким образом получают двоичный цифровой код, который затем переводится в текстовой вид, используя таблицы кодировки в заранее определенной 45 системе. В итоге, восстанавливается переданная информация, процесс беспроводной связи заканчивается.

Далее заявителем приведен **примеры конкретного осуществления заявленного технического решения, основанные на принципе работы заявленного технического решения**

в отношении способа и устройства для реализации заявленного способа..

Пример 1. Передача буквенного символа “К” (на латинице) на случайном потоке гамма-фотонов.

1. Процесс беспроводной связи начинается с того, что берут сообщение, а именно, буквенный символ «К» (на латинице), которое требуется передать, в виде текстового файла из памяти компьютера.

2. Взятый файл подают на узел кодировки сообщения 1, например, на персональный компьютер, который переводит его в двоичный цифровой код 2, опираясь на таблицы кодировки в заранее установленной системе, например, ASCII. В кодировке расширенный ASCII (Extended ASCII) буква «К» имеет 8-битное бинарное представление 01001011.

3. Далее полученный двоичный цифровой код 2 подают в генератор информационного сигнала 3, например, генератор сигналов случайной формы АКПП-3418/2, который формирует два электрических сигнала, первый из которых представляет собой информационный сигнал 4 в виде двоичного кода, который необходимо передать, амплитудой 10 В и частотой повторения 200 кГц (Фиг. 2А). При этом один бит информации имеет продолжительность 500 нс, а второй - синхроимпульс 5, который отправляют в преобразователь «время-амплитуда» 14 для синхронизации сигнала.

4. Далее создают поток гамма-излучения 8, например, с энергией 14.4 кэВ, при помощи мёссбауэровского радиоактивного источника 6, например, $^{57}\text{Co}(\text{Rh})$ производства АО «Ритверц» с активностью 50 мКи. Энергию гамма-фотонов 8 подстраивают при помощи системы доплеровской модуляции 7, например, производства WissEl (в случае использования мёссбауэровского источника ^{57}Co в матрице нержавеющей стали, идентичной материалу резонансного поглотителя, то нет необходимости использования системы движения), на которую закреплен радиоактивный источник 6, таким образом, чтобы она попадала на линию мёссбауэровского поглощения резонансного поглотителя 10 (Фиг. 3).

5. Случайный поток гамма-квантов 8, испускаемый мёссбауэровским радиоактивным источником 6, направляют в модулирующую систему, состоящей из пьезопреобразователя, например, органического пьезопреобразователя на основе поливинилиденфторида (ПВДФ) производства Measurement Specialties Inc. 9, и жестко закрепленного на его поверхности резонансного поглотителя 10, например, фольги из нержавеющей стали (AISI 304) толщиной 20 мкм производства Alfa Aesar.

6. На пьезопреобразователь 9 подаётся информационный сигнал 4 с амплитудой от 0, что соответствует «0» в двоичном коде, до значения, обеспечивающего смещение резонансного поглотителя на половину длины волны гамма-фотонов, что будет соответствовать «1» в двоичном коде. Продолжительность цуга гамма-фотона определяется временем жизни резонансного ядра в возбужденном состоянии. Для наиболее популярного мессбауэровского ядра Fe-57 она порядка 100 нс. Испущенный ядром мессбауэровского источника гамма-квант переводит ядро резонансного поглотителя в возбужденное состояние, которое начинает испускать/рассеивать фотоны той же энергии, но в противоположной фазе по отношению к фазы падающего фотона. Падающее и рассеянное вперед излучение когерентны, поэтому в случае неподвижного ядра поглотителя они интерферируют деструктивно. Если же ядро поглотителя быстро сместить на половину длины волны фотона, то электромагнитные колебания рассеянных вперед фотонов станут синфазными с электромагнитными колебаниями падающих фотонов, и они будут интерферировать конструктивно и усиливать друг друга. Это явление известно под названием «гамма-эхо» [DOI: 10.1103/PhysRevLett.66.2037]. Таким образом, каждый раз при подаче на пьезопреобразователь смещения уровня

электрического сигнала с низкого уровня «0» на высокий уровень «1» и наоборот, с уровня «1» на низкий уровень «0», будет наблюдаться увеличение потока гамма-фотонов по сравнению с фоновым значением из-за конструктивной интерференции. Поэтому информационному сигналу «1» будут соответствовать два всплеска интенсивности во временном спектре зарегистрированного детектором резонансного излучения.

7. Модулированный таким образом по интенсивности поток гамма-фотонов 11 передаётся через воздушную среду на расстояние 500 мм, соответствующее на Фиг. 1 расстоянию между резонансным поглотителем 10 и детектором 12, и регистрируется детектором 12, например, сцинтилляционным детектором с кристаллом NaI(Tl) производства SCIONIX. В приведенном примере, представлено проведение лабораторного эксперимента, где расстояние передачи гамма квантов ограничено расстоянием до 500 мм. Указанное расстояние лимитировано конструктивными особенностями экспериментальной установки. При этом следует обратить внимание на то, что в связи с тем, что в среде наблюдается затухание гамма-излучения, при этом, увеличение данного расстояния препятствует возможности доказательства принципиальной возможности передачи и приема гамма-излучения. При этом, следует обратить внимание на то, что, в расстояние может быть принципиально увеличено на порядки при использовании более активных источников гамма-излучения и применении фокусирующих устройств, например, по способу, разработанному для фокусировки фотонов рентгеновского диапазона, совпадающем с гамма-излучением, использованном в приведенном примере, и описанному в научной публикации [DOI: 10.7498/aps.65.010703], сущностью которого является следующее. Используя вложенную рентгеновскую фокусирующую оптику («nested X-ray focusing optics») качестве передающей и приемной антенн системы связи, можно значительно улучшить усиление сигнала и дальность связи. В частности, вложенная рентгеновская фокусирующая оптика аналогична телескопу Вольтера типа I, который широко используется в области рентгеновской астрономии. Разница между ними в том, что оптика Вольтера типа I изначально предложена на основе параболического зеркала и гиперболического зеркала, но упрощенная оптика Вольтера типа I обеспечивает однократное отражение коническим аппроксимирующим зеркалом, и это больше подходит для рентгеновской связи. Результаты показали, что расходимость сигнала составляет около 3 мрад, а коэффициент передачи - 23 дБ; эффективная площадь приемной антенны 5700 мм^2 при энергии 1,5 кэВ. Более того, диаметр фокусного пятна и коэффициент усиления приема составляют 4,5 мм и 25 дБ соответственно, а общий коэффициент усиления данной фокусирующей системы может достигать 48 дБ.

8. Генерируется «Стоп»-сигнал 13, при регистрации резонансного гамма-фотона Детектором 12.

9. «Старт» сигнал 5 и «Стоп» сигнал 13 подаются в соответствующие входы преобразователя «время-амплитуда» 14, например, TAC/SCA2145 производства Canberra, который работает в «старт-стоп» режиме и отсчитывает время с поступления «Старт» сигнала до получения «Стоп» сигнала.

10. Сигнал, выработанный преобразователем «время-амплитуда» 14 и амплитуда которого пропорциональна измеренному временному интервалу между «Старт» и «Стоп»-сигналами, подаётся в блок накопления, например, СМСА-550 производства Wissel, для амплитудного анализа.

11. Проводится амплитудный анализ поступивших импульсов в блок накопления данных 15 и выводится распределение зарегистрированных резонансных фотонов с момента поступления «старт» сигнала в виде временного спектра 16.

Сигнал, накопленный в модуле сбора данных продемонстрирован на Фиг. 2Б. Видно, что в отсчетах гамма-фотонов имеются всплески в определенные моменты времени, которые соответствуют переходам с «0» на «1» и обратно в информационном сигнале и, следовательно, позволяют однозначно восстановить исходный информационный сигнал, соответствующий букве «К» в кодировке расширенный ASCII.

12. Затем это распределение анализируется декодером 17 и выдается в виде переданного сообщения. Декодер 17 работает следующим образом. Определяется положение пар всплесков зарегистрированных гамма-фотонов и этому промежутку присваивается значение «1». Между диапазонами, соответствующими «1», присваивается значение «0». Таким образом получают двоичный цифровой код, который затем переводится в текстовый вид, используя таблицы кодировки в заранее определенной системе. В итоге, восстанавливается переданная информация, процесс м заканчивается.

Таким образом, данный пример показывает, что заявителем достигается заявленный технический результат, а именно:

1 - создаётся поток гамма-фотонов посредством естественного радиоактивного распада мёссбауэровского радионуклида и, следовательно, отсутствуют затраты энергии на генерацию высокоэнергичных фотонов;

2 - в определённые моменты времени, соответствующие началу и концу информационных битов «1», возникают всплески в потоке гамма-фотонов, позволяющие записать, а затем зарегистрировать и считать информацию, переданную случайным потоком гамма-фотонов, т.е. изменяется интенсивность потока гамма-фотонов с целью записи на нём информации;

3 - один информационный бит имеет продолжительность 500 нс, что соответствует частоте модуляции 2 МГц, практически недостижимой механическим методам модуляции интенсивности, т.е. доступны высокие частоты модуляции интенсивности излучения.

Пример 2. Представлен исключительно для пояснения достижения технического результата 4, а именно, обеспечения секретной коммуникации. Реализация данного Примера такая же, как и для Примера 1, с тем отличием, что частота следования «старт»-сигналов отличается на 10 мГц от частоты повторения информационных сигналов, создаваемых генератором сигналов произвольной формы, т.е. от частоты 200 кГц. Сигнал, накопленный при такой постановке эксперимента, изображен на Фиг. 4. Из Фиг. 4 следует, что при отсутствии точной синхронизации частот между передающей и принимающей системами не формируются всплески в потоке гамма-фотонов, на основе которых можно было бы расшифровать передаваемое сообщение. Поэтому в случае перехвата потока гамма-фотонов, на который записан текст сообщения путем создания всплесков интенсивности, третьими лицами, им практически нереально за разумные сроки определить частоту повторения информационных сигналов, если не поступает синхроимпульс.

Таким образом, данный пример показывает, что заявителем достигается заявленный технический результат, помимо пунктов 1-3, также и по пункту 4, а именно:

4 - если с большой точностью не известна частота повторения информационных сигналов, т.е. отсутствует синхронизация между отправителем и приёмником, то передаваемый сигнал невозможно расшифровать. Это свойство лежит в основе возможности секретной беспроводной связи заявленным способом.

Пример 3. Представлен исключительно для пояснения достижения технического результата 4, а именно, обеспечения беспроводной передачи информации через среды, непрозрачные для оптического и радиодиапазонов.

Устройство по Примеру 1 с тем отличием, что на пути следования модулированных

по интенсивности гамма-фотонов ставится лист из алюминия толщиной 1 мм. Через алюминиевый лист не могут передаваться фотоны оптического и радиодиапазонов. Однако гамма-фотоны проходят через такую среду благодаря их высокой проникающей способности. Накопленный при таких условиях сигнал показан на Фиг. 5.

5 Таким образом, данный пример показывает, что заявителем достигается заявленный технический результат, помимо пунктов 1-3, также и по пункту 5, а именно:

5 - передача информации посредством модуляции интенсивности гамма-фотонов позволяет реализовать беспроводную коммуникацию через среды, непрозрачные для радио- и оптического диапазонов

10 Заявитель поясняет, что представленные выше примеры осуществления способа беспроводной связи на случайном потоке резонансных гамма-фотонов носят исключительно описательный характер и не ограничивают объем патентной защиты заявленного способа. Следует понимать, что в заявленный способ могут быть внесены различные модификации и изменения без отступления от существа и объема настоящего
15 изобретения, что очевидно любому специалисту в данной области техники. Такие модификации и изменения следует рассматривать как входящие в объем заявленного изобретения, а также в формулу.

Из Примеров 1-3 следует, что заявителем достигнут заявленный технический результат путем создания способа беспроводной связи на случайном потоке резонансных
20 гамма-квантов, а именно:

1 - создание потока гамма-фотонов посредством естественного радиоактивного распада мёссбауэровского радионуклида и, следовательно, отсутствие затрат энергии на генерацию высокоэнергичных фотонов (Примеры 1-3);

2 - изменение интенсивности потока гамма-фотонов с целью записи на нём
25 информации (Примеры 1-3);

3 - доступность высоких частот модуляции интенсивности излучения (Примеры 1-3);

4 - возможность осуществления передачи секретной информации (Пример 2);

5 - передачу информации через среды, непрозрачные для радио- и оптического
30 диапазонов (Пример 3).

Заявленное изобретение соответствует условию патентоспособности «новизна», так как при определении уровня техники не выявлено устройство, которому присущи признаки, идентичные (то есть совпадающие по исполняемой ими функции и форме выполнения этих признаков) совокупности признаков, перечисленных в формуле
35 изобретения.

Заявленное техническое решение соответствует условию патентоспособности «изобретательский уровень», предъявляемому к изобретениям, так как из исследованного заявителем уровня техники не выявлена совокупность приведенных в независимых пунктах формулы изобретения признаков и совокупность полученных технических
40 результатов.

Заявленное изобретение соответствует условию патентоспособности «промышленная применимость», так как может быть изготовлено с использованием известных материалов, комплектующих изделий, стандартных технических устройств и оборудования.

45

(57) Формула изобретения

1. Способ беспроводной связи на случайном потоке резонансных гамма-квантов, заключающийся в том, что для начала процесса беспроводной связи берёт сообщение,

которое требуется передать, в виде текстового файла; далее взятый файл подают на узел кодировки сообщения, который переводит его в двоичный цифровой код, опираясь на таблицы кодировки в заранее установленной системе; далее полученный двоичный цифровой код подают в генератор информационного сигнала, который формирует два сигнала, первый из которых представляет собой информационный сигнал в виде двоичного кода, который необходимо передать, а второй - «старт»-сигнал, который отправляют в преобразователь «время-амплитуда» для синхронизации сигнала; далее создают поток гамма-излучения при помощи мёссбауэровского радиоактивного источника; энергию гамма-фотонов подстраивают при помощи системы доплеровской модуляции, на которую закреплен мёссбауэровский радиоактивный источник, таким образом, чтобы она попадала на линию мёссбауэровского поглощения резонансного поглотителя; далее поток гамма-квантов, испускаемый мёссбауэровским радиоактивным источником, направляют в модулирующую систему, состоящую из пьезопреобразователя и жестко закрепленного на его поверхности резонансного поглотителя; далее на пьезопреобразователь подаётся информационный сигнал с амплитудой от 0, что соответствует «0» в двоичном коде, до значения, обеспечивающего смещение резонансного поглотителя на половину длины волны гамма-фотонов, что будет соответствовать «1» в двоичном коде, при этом каждый раз при подаче на пьезопреобразователь смещения уровня электрического сигнала с низкого уровня «0» на высокий уровень «1» и наоборот, с уровня «1» на низкий уровень «0», будет наблюдаться увеличение потока гамма-фотонов по сравнению с фоновым значением из-за конструктивной интерференции, приводящее к тому, что информационному сигналу «1» будут соответствовать два всплеска интенсивности во временном спектре зарегистрированного детектором резонансного излучения; далее модулированный по интенсивности поток гамма-фотонов передают через среду и регистрируют детектором, который, по сути, является приёмником сигнала; далее генерируется «стоп»-сигнал при регистрации резонансного гамма-фотона детектором; далее «старт»-сигнал и «стоп»-сигнал подают в соответствующие входы преобразователя «время-амплитуда», который работает в «старт-стоп» режиме и отсчитывает время с поступления «старт»-сигнала до получения «стоп»-сигнала; далее сигнал, выработанный преобразователем «время-амплитуда» и амплитуда которого пропорциональна измеренному временному интервалу между «старт»- и «стоп»-сигналами, подают в блок накопления для амплитудного анализа; далее проводят амплитудный анализ поступивших импульсов в блок накопления данных и выводят распределение зарегистрированных резонансных фотонов с момента поступления «старт»-сигнала в виде временного спектра; далее это распределение анализируют декодером и выдают в виде переданного сообщения, при этом декодер работает таким образом, что определяют положение пар всплесков зарегистрированных гамма-фотонов и этому промежутку присваивают значение «1», а между диапазонами, соответствующими «1», присваивают значение «0»; таким образом получают двоичный цифровой код, который затем переводят в текстовый вид, используя таблицы кодировки в заранее определенной системе; в итоге восстанавливают переданную информацию и заканчивают процесс беспроводной связи.

2. Устройство для реализации способа беспроводной связи на случайном потоке резонансных гамма-квантов по п.1, состоящее из узла кодировки сообщения, передаваемого сообщения в виде двоичного кода, генератора информационного сигнала, информационного сигнала, «старт»-сигнала, мёссбауэровского радиоактивного источника, системы доплеровской модуляции энергии мёссбауэровского радиоактивного источника, потока гамма-фотонов, пьезопреобразователя, резонансного поглотителя,

модулированного по интенсивности потока гамма-фотонов, детектора, «стоп»-сигнала, преобразователя «время-амплитуда», блока накопления данных, временного спектра зарегистрированных резонансных гамма-фотонов и декодера.

5

10

15

20

25

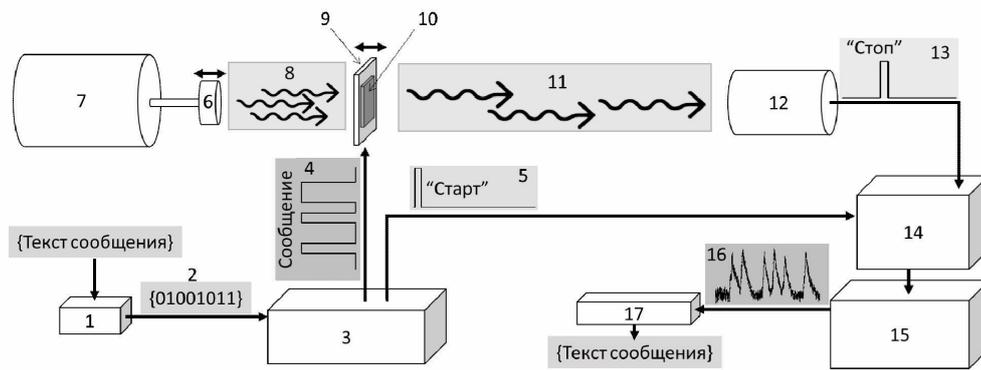
30

35

40

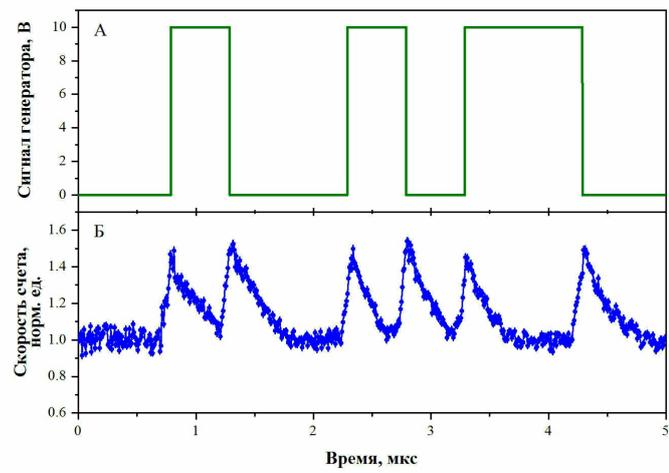
45

1

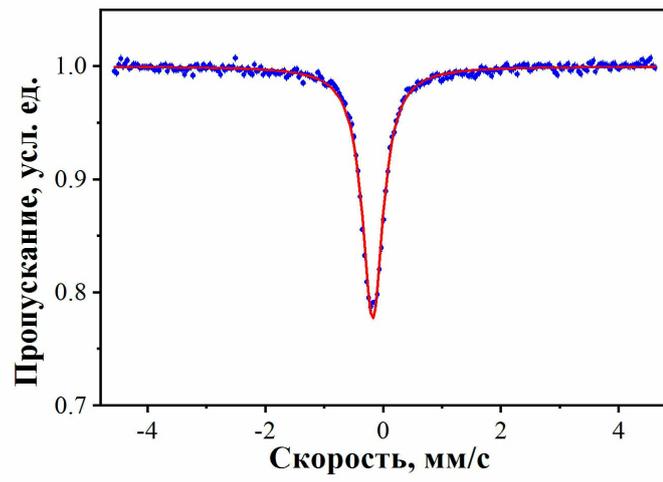


Фиг. 1

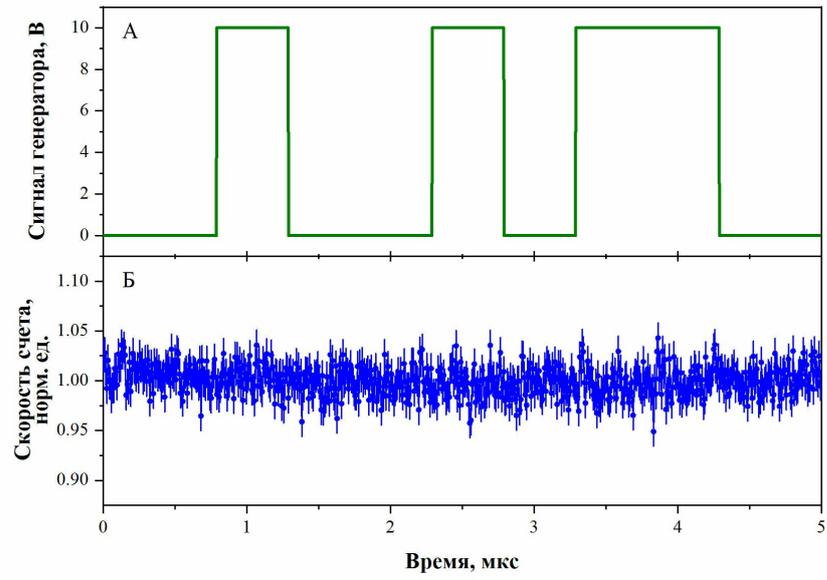
2



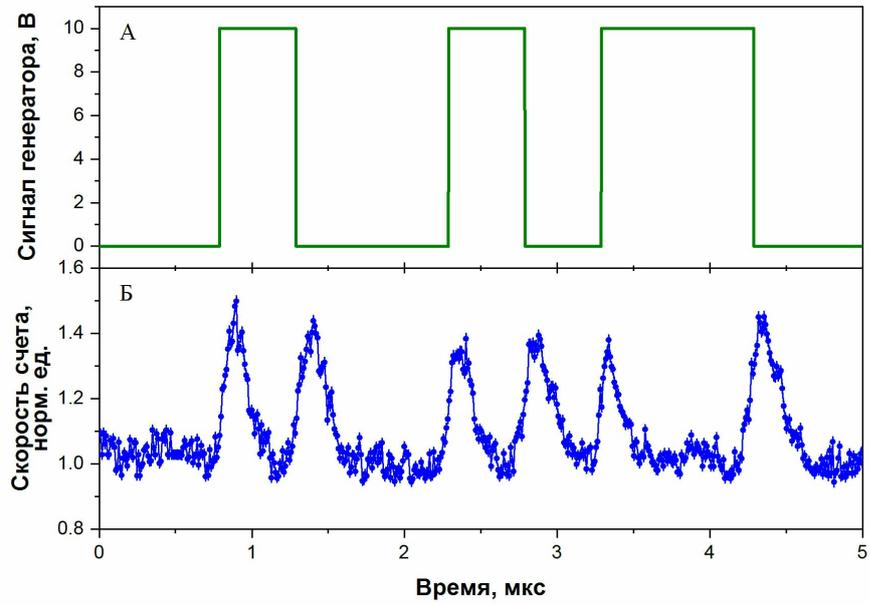
Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5