

(12) МЕЖДУНАРОДНАЯ ЗАЯВКА, ОПУБЛИКОВАННАЯ В
СООТВЕТСТВИИ С ДОГОВОРом О ПАТЕНТНОЙ КООПЕРАЦИИ (РСТ)

(19) Всемирная Организация
Интеллектуальной Собственности
Международное бюро

(43) Дата международной публикации
19 мая 2022 (19.05.2022)



(10) Номер международной публикации
WO 2022/103288 A1

(51) Международная патентная классификация:
H04B 10/70 (2013.01) *H04L 9/12* (2006.01)

(21) Номер международной заявки: PCT/RU2020/000596

(22) Дата международной подачи:
10 ноября 2020 (10.11.2020)

(25) Язык подачи: Русский

(26) Язык публикации: Русский

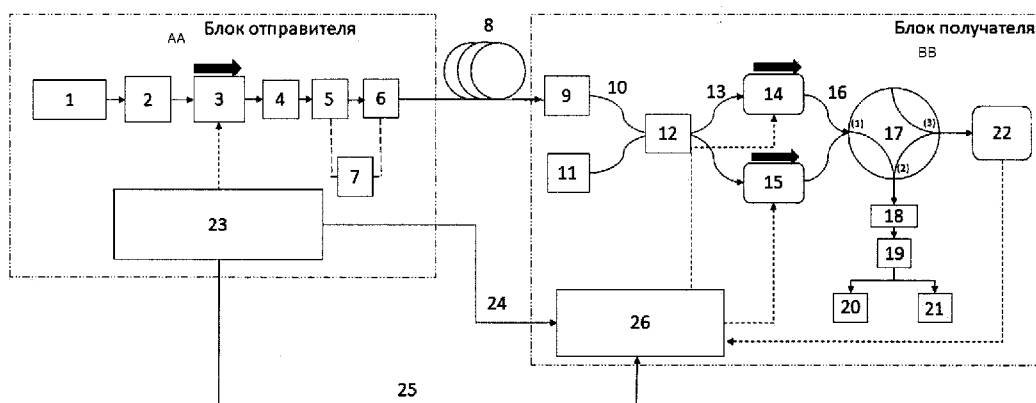
(71) Заявитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТ-
ВЕТСТВЕННОСТЬЮ ООО "СМАРТС-КВАНТ-
ТЕЛЕКОМ" (LIMITED LIABILITY COMPANY
"SMARTS-QUANTTELECOM" (LLC SMARTS-
QUANTTELECOM")) [RU/RU]; 6 линия В.О., д. 59,

корп. 1, литер Б, пом. 17/6Н Санкт-Петербург, 199178,
Saint Petersburg (RU).

(72) Изобретатели: СМІРНОВ, Семен Владимирович
(SMIRNOV, Semyon Vladimirovich); пр. Дружбы, 13,
кв. 53 г. Ухта, 169316, g. Uhta (RU). ЧИСТЯКОВ,
Владимир Викторович (CHISTYAKOV, Vladimir
Viktorovich); ул. Крупской, 33, кв. 63 Санкт-Пете-
бург, 192029, Saint Petersburg (RU). КЫНЕВ, Сер-
гей Михайлович (KYNEV, Sergei Mikhailovich);
пр. Королева, 71, корп. 1, кв. 99 Санкт-Петербург,
197350, Saint Petersburg (RU). ЕГОРОВ, Владимир
Ильич (EGOROV, Vladimir Il'ich); пр. Комендант-
ский, 62, стр. 1, кв. 502 Санкт-Петербург, 197373,
Saint Petersburg (RU). ФАДЕЕВ, Максим Алексе-
евич (FADEEV, Maksim Alekseevich); ул. Луна-
чарского, 23, кв. 11 Тверская область, г. Бологое,

(54) Title: DEVICE FOR QUANTUM COMMUNICATION ON SIDE FREQUENCIES

(54) Название изобретения: УСТРОЙСТВО КВАНТОВОЙ КОММУНИКАЦИИ НА БОКОВЫХ ЧАСТОТАХ



ФИГ. 1

AA Transmitter unit
BB Receiver unit

(57) **Abstract:** The invention relates to optical communication, and more particularly to photonic quantum communication systems. The technical problem addressed by the claimed device is that of modifying the technical design of the device in order to increase the degree to which information is protected against external attacks, such as: attacks involving the blinding of a single-photon detector, attacks involving the interception of re-emission signals from single-photon detectors, and attacks involving the optical probing of modulators ("Trojan horse" attacks). The technical result of the claimed device consists in a novel technical design for the transmitter and receiver units of a photonic quantum communication device, which provides increased protection of the device against the external attacks listed above. This technical result is achieved in that the device comprises: a passive fibre optic attenuator, two fibre optic isolators, a temperature controller, a fibre optic beam splitter, a fibre optic spectral filter, a fibre optic circulator, a fibre optic switch, and three fibre photodetectors.

(57) **Реферат:** Изобретение относится к технике оптической связи, а именно к системам фотонной квантовой связи. Техническая задача заявляемого устройства заключается в изменении технической реализации устройства, для повышения степени защищенности информации от внешних атак, таких как: атаки с ослеплением однофотонного детектора, атаки с перехватом

[продолжение на следующей странице]



WO 2022/103288 A1

171070, Tverskaya oblast, g. Bologoye (RU). **АНИСИ-МОВ, Андрей Александрович (ANISIMOV, Andrei Alexandrovich)**; ул. Тарасова, 8, корп. 2, кв. 30 Санкт-Петербург, 195027, Saint Petersburg (RU). **ХАЛТУРИНСКИЙ, Алексей Константинович (HALTURINSKIY, Aleksei Konstantinovich)**; ул. Кустодиева, 2, кв. 97 Санкт-Петербург, 194291, Saint Petersburg (RU).

(74) **Агент: НИЛОВА, Мария Иннокентьевна (NILOVA, Maria Innokentievna)**; Патентика, BOX 1125 Санкт-Петербург, 190000, Saint-Petersburg (RU).

(81) **Указанные государства** (если не указано иначе, для каждого вида национальной охраны): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) **Указанные государства** (если не указано иначе, для каждого вида региональной охраны): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), евразийский (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), европейский патент (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Опубликована:

— с отчётом о международном поиске (статья 21.3)

сигналов переизлучения однофотонных детекторов, атаки с оптическим зондированием модуляторов («Троянский конь»). Технический результат заявляемого устройства заключается в новой технической реализации блоков отправителя и получателя устройства фотонной квантовой связи, обеспечивающей повышенную защиту устройства от внешних атак, перечисленных выше. Технический результат достигается тем, что в состав устройства введены: пассивный волоконный оптический аттенюатор, два волоконных оптических изолятора, контроллер температуры, оптический волоконный светоделитель, волоконный оптический спектральный фильтр, волоконный оптический циркулятор, волоконный оптический переключатель, три волоконных фотодетектора.

УСТРОЙСТВО КВАНТОВОЙ КОММУНИКАЦИИ НА БОКОВЫХ ЧАСТОТАХ

ОБЛАСТЬ И УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ

Изобретение относится к технике оптической связи, а именно к системам фотонной квантовой связи.

Известно устройство квантовой рассылки симметричных битовых последовательностей [Патент США 627 22 24 В1, дата приоритета 07.04.2001. МКИ: H04L 9/08; H04K 1/00], содержащее соединенные посредством волоконно-оптической линии связи блок отправителя, включающий в себя расположенные последовательно по ходу распространения излучения источник монохроматического излучения, электрооптический фазовый модулятор и аттенуатор, а также устройство сдвига фазы, выход которого соединен с управляющим входом электрооптического фазового модулятора, а вход устройства сдвига фазы соединен с выходом генератора радиочастотного сигнала, и блок получателя, включающий в себя электрооптический фазовый модулятор, выход которого оптически сопряжен со спектральным фильтром, который оптически сопряжен с приемником классического излучения и детектором одиночных фотонов, управляющий вход электрооптического фазового модулятора соединен с выходом устройства сдвига фазы, к входу которого подключен выход генератора радиочастотного сигнала, волоконно-оптическая линия связи оптически сопряжена с аттенуатором передающего устройства и с входом электрооптического фазового модулятора приемного устройства, устройство содержит блок синхронизации, первый и второй выходы которого соединены с входами генератора радиочастотного сигнала приемного и передающего устройств соответственно, а также блок управления фазовым сдвигом, первый и второй выходы которого соединены с синхронизационными входами устройства сдвига фазы приемного и передающего устройств соответственно.

Недостатком данного устройства является отсутствие в технической реализации защиты от внешних атак, таких как: атаки с ослеплением однофотонного детектора, атаки с перехватом сигналов переизлучения однофотонных детекторов, атаки с оптическим зондированием модуляторов («Троянский конь»). На практике системы фотонной квантовой связи должны быть устойчивы к внешним атакам.

РАСКРЫТИЕ СУЩНОСТИ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Техническая задача заявляемого устройства фотонной квантовой связи заключается в изменении технической реализации устройства фотонной квантовой связи, повышении степени защищенности информации от внешних атак, таких как: атаки с ослеплением однофотонного детектора, атаки с перехватом сигналов переизлучения однофотонных детекторов, атаки с оптическим зондированием модуляторов («Троянский конь»).

Технический результат заявляемого устройства заключается в новой технической реализации блоков отправителя и получателя устройства фотонной квантовой связи, обеспечивающей защиту устройства от внешних атак, перечисленных выше.

Технический результат повышения степени защищенности информации от внешних атак, таких как: атаки с ослеплением однофотонного детектора, атаки с перехватом сигналов переизлучения однофотонных детекторов, атаки с оптическим зондированием модуляторов («Троянский конь») достигается тем, что в состав блоков отправителя и получателя введены: пассивный волоконный оптический аттенюатор, два волоконных оптических изолятора, контроллер температуры, оптический волоконный светоделитель, волоконный оптический спектральный фильтр, волоконный оптический циркулятор, волоконный оптический переключатель, три волоконных фотодетектора.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

На Фиг. 1 приведена схема устройства системы фотонной квантовой связи согласно варианту реализации настоящего изобретения.

ОСУЩЕСТВЛЕНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Устройство системы фотонной квантовой связи представлено на Фиг. 1, где 1 – источник монохроматического излучения в виде лазера, 2 – волоконный оптический изолятор, 3 – электрооптический фазовый модулятор, 4 – перестраиваемый волоконный оптический аттенюатор, 5 – пассивный волоконный оптический аттенюатор, 6 – волоконный оптический изолятор, 7 – контроллер температуры, 8 – квантовый канал для передачи одиночных фотонов, 9 – волоконный оптический изолятор, 10 – волоконный оптический светоделитель (50/50), имеющий два порта, 11, 20 и 21 – фотодетекторы с различной оптической чувствительностью, 12 и 18 – волоконные спектральные фильтры, 13 – волоконный поляризационный светоделитель, имеющий два порта, 16 –

волоконный поляризационный соединитель, имеющий два порта, 14 и 15 – электрооптические фазовые модуляторы, 17 – волоконный оптический циркулятор, имеющий три порта (с указанием номеров портов), 19 – волоконный оптический переключатель или волоконный оптический светоделитель, 22 – однофотонный фотодетектор, 23 – радиоэлектронный блок управления и синхронизации блока отправителя, 24 – канал для передачи классического сигнала синхронизации от радиоэлектронного блока передатчика к радиоэлектронному блоку получателя (канал синхронизации), 25 – открытый канал связи для классической коммуникации между радиоэлектронными блоками отправителя и получателя, 26 – радиоэлектронный блок управления и синхронизации блока получателя.

Перестраиваемый волоконный оптический аттенюатор 4 в данном варианте реализации выполнен с возможностью ослабления излучения до уровня, заданного протоколом, на такт фазовой модуляции суммарно на боковых частотах.

Рассмотрим особенности принципов работы блоков отправителя и получателя в зависимости от различных внешних атак.

Принцип работы устройства с защитой от атаки с навязыванием срабатываний однофотонного детектора: однофотонное излучение, несущее информацию, необходимую для передачи квантовой информации, в виде квантовых состояний из блока отправителя системы фотонной квантовой связи, проходя через квантовый канал, попадает в блок получателя системы фотонной квантовой связи. В блоке получателя излучение попадает на волоконный спектральный фильтр 12, отсекающий весь спектральный диапазон длин волн, не участвующий в передаче квантовой информации, далее излучение проходит через первый порт волоконного оптического циркулятора 17 и попадает на второй волоконный спектральный фильтр 18, отражающий узкий спектральный диапазон, в котором находятся однофотонное излучение, несущее информацию, необходимую для передачи квантовой информации и, в некоторых реализациях систем фотонной квантовой связи, так же вспомогательное излучение, не содержащее информацию о квантовых состояниях одиночных фотонов, отраженное от волоконного спектрального фильтра излучение проходит через второй порт волоконного оптического циркулятора и попадает на детектор одиночных фотонов 22. Излучение, прошедшее через второй волоконный спектральный фильтр 18, попадает на волоконный оптический переключатель или волоконный оптический светоделитель 19, который направляет его на два фотодетектора с различной оптической чувствительностью 20, 21, для постоянного контроля оптической мощности

излучения, прошедшего через первый волоконный спектральный фильтр 12. Попытка навязывания срабатываний детектору одиночных фотонов отразится на мощности вспомогательного излучения, не содержащего информации о квантовых состояниях одиночных фотонов. Постоянный контроль оптической мощности вспомогательного излучения, прошедшего через волоконный спектральный фильтр, позволяет обнаружить попытку навязывания срабатываний детектора одиночных фотонов. Использование волоконного оптического переключателя и двух фотодетекторов с различной чувствительностью позволит контролировать широкий диапазон оптических мощностей.

Принцип работы устройства фотонной квантовой связи с защитой от атак атакам с перехватом сигналов переизлучения однофотонного детектора: для предотвращения регистрации сигналов переизлучения однофотонного детектора на входе блока получателя системы фотонной квантовой связи устанавливается волоконно-оптический циркулятор 17 и оптический волоконный изолятор 9, который предотвращает проход оптического излучения обратно в квантовый канал.

Принцип работы устройства для передачи квантовых состояний с защитой от оптического зондирования модуляторов: для предотвращения перехвата отраженного излучения от модуляторов блоков отправителя и получателя устройства фотонной квантовой связи в блок отправителя помещается пассивный оптический аттенюатор 5 и волоконный оптический изолятор 6, позволяющие предотвратить проход оптического излучения из квантового канала связи в блок отправителя. Также пассивный оптический аттенюатор 5 и волоконный оптический изолятор 6 оснащены контролем температуры 7, позволяющим определить попытку повреждения оптических компонент высокой оптической мощностью. В блок получателя между оптическим изолятором 9 и волоконными спектральным фильтром 12 помещается волоконный светоделитель 10 и волоконный фотодетектор 11, позволяющие проводить постоянный мониторинг оптической мощности, идущей обратно в квантовый канал из блока получателя.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Устройство квантовой коммуникации на боковых частотах, с повышенной степенью защищенности информации от внешних атак, содержащее

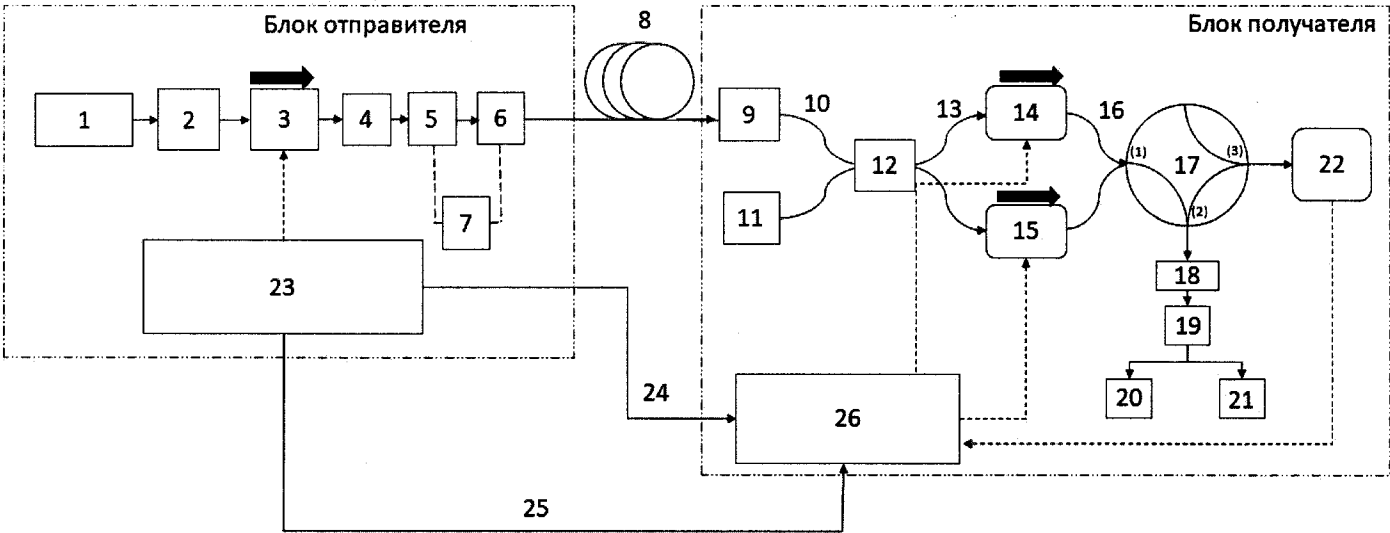
блок отправителя, который содержит источник монохроматического излучения (1), первый волоконный оптический изолятор (2), подключенный к источнику монохроматического излучения (1), первый электрооптический фазовый модулятор (3), подключенный к первому волоконному оптическому изолятору (2), перестраиваемый волоконный оптический аттенюатор (4), подключенный к первому электрооптическому фазовому модулятору (3), пассивный волоконный оптический аттенюатор (5), подключенный к перестраиваемому волоконному оптическому аттенюатору (4), второй оптический изолятор (6), подключенный к пассивному волоконному оптическому аттенюатору (5), контроллер температуры (7), подключенный к пассивному волоконному оптическому аттенюатору (5) и второму оптическому изолятору (6), и радиоэлектронный блок управления и синхронизации (23), подключенный к первому электрооптическому фазовому модулятору (3), и

блок получателя, который содержит третий оптический изолятор (9), волоконный оптический светоделитель (10), подключенный к третьему оптическому изолятору (9), первый волоконный фотодетектор (11), подключенный к волоконному оптическому светоделителю (10), первый спектральный фильтр (12), подключенный к волоконному оптическому светоделителю (10), волоконный поляризационный светоделитель (13), подключенный к первому спектральному фильтру (12), второй и третий электрооптические фазовые модуляторы (14, 15), подключенные к волоконному поляризационному светоделителю (13), волоконный поляризационный соединитель (16), подключенный к второму и третьему электрооптическим фазовым модуляторам (14, 15), волоконный циркулятор (17), первый порт которого подключен к волоконному поляризационному соединителю (16), второй спектральный фильтр (18), подключенный ко второму порту волоконного циркулятора (17), волоконный оптический переключатель (19), подключенный к второму спектральному фильтру (18), второй и третий волоконные фотодетекторы с различной чувствительностью (20, 21), подключенные к двум портам волоконного оптического переключателя (19), и однофотонный фотодетектор (22), подключенный к третьему порту волоконного циркулятора (17).

причем блок отправителя соединен с блоком получателя посредством квантового канала (8), канала синхронизации (24) и открытого канала (25),

2. Устройство по п. 1, в котором радиоэлектронный блок управления и синхронизации (23) выполнен с возможностью задавать фазовую отстройку из набора базисных состояний в двух ортогональных базисах.

3. Устройство по п. 1, в котором перестраиваемый волоконный оптический аттенюатор (4) выполнен с возможностью ослабления излучения до уровня, заданного протоколом, на такт фазовой модуляции суммарно на боковых частотах.



ФИГ. 1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/RU 2020/000596

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
H04B 10/70 (2013.01); H04L9/12 (2006.01)

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H04B 10/00- 10/70, G01D 3/028, H03F 3/20

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

PatSearch (RUPTO internal), USPTO, PAJ, Esp@cenet, DWPI, EAPATIS, PATENTSCOPE

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	RU2454810 C1 (NIU ITMO) 27.06.2012	1-3
A	RU2502102 C2 (TSAREV ANDREI VLADIMIROVICH) 20.12.2013	1-3
A	RU2247325 C2 (OOO NPP «REZONANS») 27.02.2005	1-3
A	US 10020937 B2 (ID QUANTIQUE SA) 10.07.2018	1-3



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

11 June 2021 (11.06.2021)

Date of mailing of the international search report

01 July 2021 (01.07.2021)

Name and mailing address of the ISA/
RU

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

ОТЧЕТ О МЕЖДУНАРОДНОМ ПОИСКЕ

Номер международной заявки

PCT/RU 2020/000596

А. КЛАССИФИКАЦИЯ ПРЕДМЕТА ИЗОБРЕТЕНИЯ <i>H04B 10/70 (2013.01)</i> <i>H04L 9/12 (2006.01)</i>		
Согласно Международной патентной классификации МПК		
В. ОБЛАСТЬ ПОИСКА Проверенный минимум документации (система классификации с индексами классификации) H04B 10/00- 10/70, G01D 3/028, H03F 3/20		
Другая проверенная документация в той мере, в какой она включена в поисковые подборки		
Электронная база данных, использовавшаяся при поиске (название базы и, если, возможно, используемые поисковые термины) PatSearch (RUPTO internal), USPTO, PAJ, Esp@cenet, DWPI, EAPATIS, PATENTSCOPE		
С. ДОКУМЕНТЫ, СЧИТАЮЩИЕСЯ РЕЛЕВАНТНЫМИ:		
Категория*	Цитируемые документы с указанием, где это возможно, релевантных частей	Относится к пункту №
A	RU2454810 C1 (НИУ ИТМО) 27.06.2012	1-3
A	RU2502102 C2 (ЦАРЕВ АНДРЕЙ ВЛАДИМИРОВИЧ) 20.12.2013	1-3
A	RU2247325 C2 (ООО НПП «РЕЗОНАНС») 27.02.2005	1-3
A	US 10020937 B2 (ID QUANTIQUE SA) 10.07.2018	1-3
☐ последующие документы указаны в продолжении графы С. ☐ данные о патентах-аналогах указаны в приложении		
* Особые категории ссылочных документов: “А” документ, определяющий общий уровень техники и не считающийся особо релевантным “D” документ, цитируемый заявителем в международной заявке “E” более ранняя заявка или патент, но опубликованная на дату международной подачи или после нее “L” документ, подвергающий сомнению притязание(я) на приоритет, или который приводится с целью установления даты публикации другого ссылочного документа, а также в других целях (как указано) “O” документ, относящийся к устному раскрытию, использованию, экспонированию и т.д. “P” документ, опубликованный до даты международной подачи, но после даты испрашиваемого приоритета	“T” более поздний документ, опубликованный после даты международной подачи или приоритета, но приведенный для понимания принципа или теории, на которых основывается изобретение “X” документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска; заявленное изобретение не обладает новизной или изобретательским уровнем, в сравнении с документом, взятым в отдельности “Y” документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска; заявленное изобретение не обладает изобретательским уровнем, когда документ взят в сочетании с одним или несколькими документами той же категории, такая комбинация документов очевидна для специалиста “&” документ, являющийся патентом-аналогом	
Дата действительного завершения международного поиска 11 июня 2021 (11.06.2021)	Дата отправки настоящего отчета о международном поиске 01 июля 2021 (01.07.2021)	
Наименование и адрес ISA/RU: Федеральный институт промышленной собственности, Бережковская наб., 30-1, Москва, Г-59, ГСП-3, Россия, 125993 Факс: (8-495) 531-63-18, (8-499) 243-33-37	Уполномоченное лицо: Сурина Е.Я. Телефон № 8 499 240 25 91	