

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **044749**

(13) **B1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента
2023.09.28

(51) Int. Cl. **H04B 10/70** (2013.01)
H04L 9/12 (2006.01)

(21) Номер заявки
202391077

(22) Дата подачи заявки
2020.11.10

(54) **УСТРОЙСТВО КВАНТОВОЙ КОММУНИКАЦИИ НА БОКОВЫХ ЧАСТОТАХ С ПОВЫШЕННОЙ СТЕПЕНЬЮ ЗАЩИЩЕННОСТИ ИНФОРМАЦИИ ОТ ВНЕШНИХ АТАК**

(43) **2023.07.07**

(56) RU-C1-2454810
RU-C2-2502102
RU-C2-2247325
US-B2-10020937

(86) **PCT/RU2020/000596**

(87) **WO 2022/103288 2022.05.19**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
**ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ
ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ ООО
"СМАРТС-КВАНТТЕЛЕКОМ" (RU)**

(72) Изобретатель:
**Смирнов Семен Владимирович,
Чистяков Владимир Викторович,
Кынев Сергей Михайлович, Егоров
Владимир Ильич, Фадеев Максим
Алексеевич, Анисимов Андрей
Александрович, Халтуринский
Алексей Константинович (RU)**

(74) Представитель:
Нилова М.И. (RU)

(57) Изобретение относится к технике оптической связи, а именно к системам фотонной квантовой связи. Техническая задача 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 сигналов переизлучения однофотонных детекторов, атаки с оптическим зондированием модуляторов ("Троянский конь"). Технический результат 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.

B1

044749

044749

B1

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: Н04L 9/08; Н04К 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 аттенюатор, 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 аттенюатором 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 фигуре приведена схема устройства системы фотонной квантовой связи согласно варианту реализации настоящего изобретения.

Осуществление изобретения

Устройство системы фотонной квантовой связи представлено на фигуре, 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 аттенуатор 5 и волоконный оптический изолятор 6, позволяющие предотвратить проход оптического излучения из квантового канала связи в блок отправителя. Также пассивный оптический аттенуатор 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 аттенуатор (4), подключенный к первому электрооптическому фазовому модулятору (3), пассивный волоконный оптический аттенуатор (5), подключенный к перестраиваемому волоконному оптическому аттенуатору (4), второй оптический изолятор (6), подключенный к пассивному волоконному оптическому аттенуатору (5), контроллер температуры (7), подключенный к пассивному волоконному оптическому аттенуатору (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 ко второму и третьему электрооп-

тическим фазовым модулятором (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 ко 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 attenuator (4) выполнен с возможностью ослабления излучения до уровня, заданного протоколом, на такт фазовой модуляции суммарно на боковых частотах.

Блок-схема устройства для передачи квантовых состояний с повышенной степенью защищенности информации от внешних атак.

