



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**(21)(22) Заявка: **2009124430/28, 12.11.2007**(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
**12.11.2007**

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:  
**29.11.2006 GB 0623835.6**(43) Дата публикации заявки: **10.01.2011** Бюл. № 1(45) Опубликовано: **27.11.2012** Бюл. № 33(56) Список документов, цитированных в отчете о  
поиске: **WO 2005103781 A1, 03.11.2005. WO  
2003087787 A1, 23.10.2003. US 6185346 B1,  
06.02.2001. US 6954575 B2, 11.10.2005. US  
4093343 A, 06.06.1978.**(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на  
национальной фазе: **29.06.2009**(86) Заявка РСТ:  
**GB 2007/004295 (12.11.2007)**(87) Публикация заявки РСТ:  
**WO 2008/065336 (05.06.2008)**

Адрес для переписки:

**129090, Москва, ул.Б.Спасская, 25, стр.3,  
ООО "Юридическая фирма Городиский и  
Партнеры", пат.пов. Ю.Д. Кузнецову,  
рег.№ 595**

(72) Автор(ы):

**ХОУИСОН Ян (GB),  
МакКАЛЛОК Майкл (GB)**

(73) Патентообладатель(и):

**КЭСКЕЙД ТЕКНОЛОДЖИЗ  
ЛИМИТЕД (GB)**

RU 2 4 6 8 4 0 0 C 2

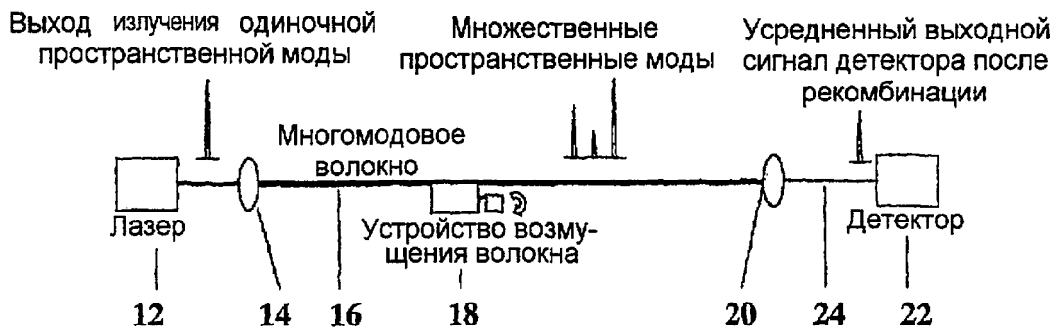
RU 2 4 6 8 4 0 0 C 2

**(54) УСТРОЙСТВО ВОЗМУЩЕНИЯ МНОГОМОДОВОГО ОПТИЧЕСКОГО ВОЛОКНА**

(57) Реферат:

Изобретение относится к системе и способу передачи одномодового света по многомодовому оптическому волокну и может быть использовано в соединенной волоконной системе с датчиком газа. Оптическое устройство содержит многомодовое волокно для переноса одномодового света лазера; рандомизатор для рандомизации пространственных мод, поддерживаемых волоконном, и средства для усреднения рандомизированных пространственных мод,

чтобы восстанавливать одиночную пространственную моду. Квантово-каскадный лазер с линейной модуляцией частоты выводит чирп длины волны для обеспечения сканирования длины волны. Технический результат - отсутствие ограничений по длине многомодового волокна, предотвращение внесения оптического интерференционного шума, снижение потерь и увеличение допусков на выравнивание между элементами. 3 н. и 32 з.п. ф-лы, 2 ил.



ФИГ.1

RU 2 4 6 8 4 0 0 C 2

RU 2 4 6 8 4 0 0 C 2



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.  
**G02B 6/14** (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: **2009124430/28, 12.11.2007**

(24) Effective date for property rights:  
**12.11.2007**

Priority:

(30) Convention priority:  
**29.11.2006 GB 0623835.6**

(43) Application published: **10.01.2011 Bull. 1**

(45) Date of publication: **27.11.2012 Bull. 33**

(85) Commencement of national phase: **29.06.2009**

(86) PCT application:  
**GB 2007/004295 (12.11.2007)**

(87) PCT publication:  
**WO 2008/065336 (05.06.2008)**

Mail address:

**129090, Moskva, ul.B.Spasskaja, 25, str.3, OOO  
"Juridicheskaja firma Gorodisskij i Partnery",  
pat.pov. Ju.D. Kuznetsovu, reg.№ 595**

(72) Inventor(s):

**KhOUISON Jan (GB),  
MakKALLOK Majkl (GB)**

(73) Proprietor(s):

**KEhSKEJD TEKNOLODZhIZ LIMITED (GB)**

(54) **DEVICE FOR EXCITING MULTIMODE OPTICAL FIBRE**

(57) Abstract:

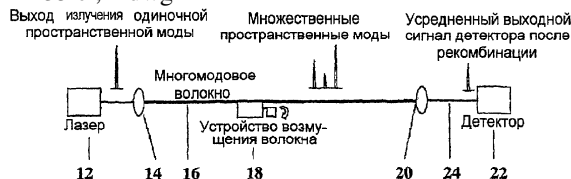
FIELD: physics.

SUBSTANCE: optical device has a multimode fibre for transmitting single-mode laser light; a randomiser for randomising spatial modes supported by the fibre, and means of averaging the randomised spatial modes in order to restore the single spatial mode. A linear frequency modulation quantum-cascade laser outputs a wavelength chirp to enable wavelength scanning.

EFFECT: eliminating restrictions on the length of the multimode fibre, preventing occurrence of optical

interference noise, reduced loss and higher tolerance for alignment between elements.

35 cl, 2 dwg



ФИГ.1

RU 2 468 400 C2

RU 2 468 400 C2

## ОБЛАСТЬ ТЕХНИКИ, К КОТОРОЙ ОТНОСИТСЯ ИЗОБРЕТЕНИЕ

Настоящее изобретение относится к системе и способу передачи одномодового света по многомодовому оптическому волокну и предпочтительно на большие расстояния. В частности, изобретение относится к соединенной волокну системе с датчиком газа, предназначенной для использования на удалении и/или в неблагоприятных условиях окружающей среды.

## УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Оптические волокна использовались в качестве среды для передачи света на большие расстояния в такой прикладной области, как связь. Сравнительно недавно оптические волокна ближней инфракрасной области спектра (IR) использовали в прикладной области обнаружения газа, чтобы проводить свет в недоступные или неблагоприятные местоположения. Это позволило использовать способы многоточечного дистанционного обнаружения газа. Чтобы осуществлять измерения с высокой чувствительностью и высоким разрешением, в таких способах, основанных на лазерном обнаружении газа, обычно используют одномодовый лазерный источник. Для сохранения спектральных свойств источника выходной сигнал лазера должен передаваться по одномодовому волокну.

В последнее время квантово-каскадные лазеры использовались в прикладных технологиях обнаружения газа, как описано в международной заявке WO 03087787, содержание которой включено в настоящую заявку путем ссылки. Увеличенные поперечные сечения, связанные со спектроскопическими переходами в средней IR, могут обеспечивать в значительной мере улучшенные чувствительности обнаружения. Однако волоконные датчики средней IR обычно не использовались в прикладных областях обнаружения газа вследствие больших потерь, связанных с одномодовыми волокнами средней IR. Многие из этих потерь возникают потому, что одномодовые волокна очень тонкие, например имеют диаметры сердцевин около 5-10 мкм, что делает трудным эффективный ввод света в волокно. В отличие от них многомодовые волокна обычно имеют диаметры сердцевин 400-500 мкм. Однако передача одномодового лазерного света по многомодовому волокну приводит к многочисленным поддерживаемым пространственным модам. Такие пространственные моды обычно интерферируют в детекторе, создавая оптический интерференционный шум.

## СУЩНОСТЬ ИЗОБРЕТЕНИЯ

В соответствии с одним аспектом настоящего изобретения предложено оптическое устройство, содержащее многомодовое волокно для переноса одномодового лазерного света; рандомизатор для рандомизации пространственных мод, поддерживаемых волокном, и усредняющее средство для усреднения рандомизированных пространственных мод, чтобы этим восстанавливать одиночную пространственную моду.

Предпочтительно рандомизатор функционирует, чтобы вызывать пространственное колебание волокна. Быстрое пространственное колебание многомодового волокна рандомизирует пространственные моды, которые поддерживает волокно. Путем усреднения сигналов рандомизированные пространственные моды могут быть рекомбинированы в детекторе и восстановлены характеристики одиночной пространственной моды лазера.

Настоящее изобретение можно использовать во многих практических областях применения, но в предпочтительном осуществлении его используют в датчике газа, который содержит лазер, предпочтительно одномодовый лазер, многомодовое

волокно для передачи света от лазера в целевую область и/или из целевой области, рандомизатор для рандомизации пространственных мод, поддерживаемых волокном; детектор для обнаружения света, который прошел через целевую область, и усредняющее средство для усреднения рандомизированных пространственных мод, чтобы восстанавливать одиночную пространственную моду.

Путем усреднения сигналов рандомизированные пространственные моды могут быть рекомбинированы в детекторе и восстановлены характеристики одиночной пространственной моды лазера. Поэтому предотвращается внесение оптического интерференционного шума и сохраняется высокая чувствительность датчика. Это позволяет использовать многомодовое волокно в чувствительном датчике газа, в результате чего исключаются высокие потери, обычно связанные с одномодовым волокном, и обеспечивается возможность многоточечного дистанционного обнаружения в недоступных/неблагоприятных местоположениях.

Рандомизатор может быть любым подходящим устройством, вызывающим пространственное колебание волокна. Например, рандомизатор может быть устройством возмущения, которое функционирует, чтобы вызывать физическое возмущение вдоль волокна. Например, устройство возмущения может содержать любое одно или более из электродвигателей постоянного тока с эксцентричным грузом, плоскопанельного возбудителя и пьезоэлектрического двигателя. Частота пространственного колебания, вызываемого устройством возмущения, может находиться в диапазоне от 1 Гц до 10 кГц.

Предпочтительно, чтобы лазерный источник представлял собой лазер с линейной модуляцией частоты. В этом случае изменение длины волны, создаваемое самим чирпом длины волны, используют для сканирования по длине волны. Следовательно, нет необходимости настраивать эффективную ширину линии излучения в спектральной области, используя, например, медленное линейное изменение постоянного тока, наложенное на последовательность импульсов. Это означает, что скорость выборки может быть очень высокой и полный спектральный анализ может быть выполнен очень быстро.

Лазер с линейной модуляцией частоты может быть полупроводниковым лазером, например полупроводниковым диодным лазером. Свет с линейной модуляцией частоты создают, прикладывая один или ряд по существу ступенчатых электрических импульсов к полупроводниковому диодному лазеру, чтобы побудить лазер выдавать один или более импульсов, каждый из которых имеет незатухающий чирп длины волны, для введения в оптическую ячейку. Лазер может быть квантово-каскадным лазером.

Каждый прикладываемый импульс имеет длительность, которая больше чем 150 нс, в частности больше чем 200 нс. Каждый прикладываемый импульс может иметь длительность, которая находится в диапазоне от 150 до 300 нс, предпочтительно от 200 до 300 нс. Это может обеспечить диапазон настройки около 60 ГГц.

Каждый обнаруживаемый импульс может иметь длительность, которая больше чем 150 нс, в частности больше чем 200 нс. Предпочтительно, чтобы каждый обнаруживаемый импульс имел длительность, которая находится в диапазоне от 150 до 300 нс, предпочтительно от 200 до 300 нс.

#### КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

Теперь различные объекты изобретения будут описаны только для примера и со ссылками на сопровождающие чертежи, на которых:

фиг.1 - принципиальная схема первого датчика газа; и

фиг.2 - принципиальная схема второго датчика газа.

### КОНКРЕТНОЕ ОПИСАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

На фиг.1 показан квантово-каскадный датчик 10 газа или частиц на основе многомодового волокна. Он имеет одномодовый квантово-каскадный лазер 12 с выпуклой линзой 14 на его выходе для фокусировки света на многомодовое оптическое волокно 16. По направлению его длины находится механизм 18 для пространственного возмущения волокна 16. В этом примере механизм 18 представляет собой электродвигатель постоянного тока с эксцентричным грузом, хотя можно использовать другие механизмы для быстрого перемещения волокна, такие как плоскопанельные возбудители, пьезоэлектрические двигатели. На выходе многомодового волокна 16 имеется выпуклая линза 20 для фокусировки света к детектору 22 через область 24 сэмплирования. Область 24 сэмплирования может представлять собой конфигурацию открытой ячейки, выполненной так, что свет совершает один проход через нее, или ячейки, через которую свет проходит много раз перед выходом. Описание различных квантово-каскадных датчиков газа и конкретных примеров подходящих конфигураций ячеек сэмплирования дано в международной заявке WO 03087787, содержание которой включено в настоящую заявку посредством ссылки.

При использовании ступенчатый электрический импульс прикладывают к квантово-каскадному лазеру 12 для побуждения его выводить незатухающий чирп длины волны. Каждый прикладываемый импульс имеет длительность, которая больше чем 150 нс, в частности больше чем 200 нс, и длительность, которая находится в диапазоне от 150 до 300 нс, в идеальном случае от 200 до 300 нс. Незатухающий чирп длины волны вводится в оптическое волокно, так что он проходит через область сэмплирования и в детектор. Изменение длины волны, обеспечиваемое каждым чирпом, используют как внутримпульсное сканирование, которое можно использовать для идентификации газов в области сэмплирования.

Одновременно с прохождением чирпов длины волны через волокно 16 возмущающий механизм 18 используют для осуществления быстрого пространственного колебания волокна, эти колебания обычно имеют частоту в диапазоне от 1 или 2 Гц до 10 кГц. Этим получают эффект рандомизации пространственных мод, которые поддерживает волокно 16. Путем усреднения сигнала по подходящему временному интервалу и подходящему числу выборок рандомизированные пространственные моды могут быть рекомбинированы на детекторе 22. Временной интервал для усреднения должен выбираться так, чтобы гарантировалась возможность существенной рандомизации, и обычно он должен составлять от нескольких миллисекунд до нескольких секунд. Обычно от 100 до 1000 выборок должно быть достаточно для усреднения результата рандомизированных пространственных мод с тем, чтобы свойства одиночной пространственной моды лазера могли быть восстановлены. Как описано, например, в международной заявке WO 03087787, восстановленный сигнал может быть использован для обнаружения или идентификации газов в области 24 сэмплирования. Обычно это включает в себя сравнение обнаруженного сигнала с одним или более отличительными признаками известных материалов.

Благодаря рандомизации пространственных мод предотвращается внесение оптического интерференционного шума, обусловленного многомодовым волокном 16, и может быть сохранена высокая чувствительность датчика при исключении необходимости в одномодовом волокне. В дополнение к этому

возможность быстрого изменения интерференционной картины распространяющегося пучка, проходящего через свободное пространство, путем возмущения многомодового волокна позволяет удалять оптический интерференционный шум, создаваемый внешними источниками, такими как окна прозрачности атмосферы, или возникающий в результате вспышки света и турбулентности. Таким путем получают существенный эффект при обнаружении газа на открытом пути, а также в технике связи через свободное пространство, где интерференционный шум сильно влияет на конечные характеристики системы.

Настоящее изобретение обеспечивает многочисленные практические преимущества. В частности, оно позволяет использовать многомодовые оптические волокна в прикладных задачах, в которых требуется одномодовая характеристика. Многомодовое волокно обеспечивает охват широкой полосы частот, позволяя передавать многочисленные длины волн лазера с помощью одной несущей. Это значительно сокращает расходы на волокно и установку в случае измерительных применений на основе лазера. Потери на связь и прохождение ниже в случае многомодового волокна позволяют протягивать волокно на относительно большое расстояние, вследствие чего обеспечивается благоприятная возможность многоточечного дистанционного обнаружения. Кроме того, большие диаметры сердцевины многомодовых волокон могут быть использованы для существенного уменьшения опто-механических допусков на выравнивание между лазером и самим оптическим волокном. Это уменьшает затраты на компоновку лазера и волокна и обеспечивает благоприятную возможность значительного повышения устойчивости прибора к внешним воздействиям. Поскольку датчики газа часто располагают в агрессивных или неблагоприятных средах, это является существенным преимуществом.

Специалисту в данной области техники будет понятно, что варианты раскрытых устройств возможны без отступления от изобретения. Например, хотя устройство возмущения по фиг.1 показано расположенным по длине волокна на выходе лазера, так что волокно возмущается ниже по ходу луча относительно области сэмплирования, но, как показано на фиг.2, равным образом оно может быть предусмотрено на отрезке волокна, расположенном между областью сэмплирования и детектором, так что оно будет возмущаться выше по ходу луча. Помимо этого можно использовать сочетание устройств из фиг.1 и 2, в которых волокно возмущается ниже по ходу луча и выше по ходу луча относительно области сэмплирования. В соответствии с этим приведенное выше описание конкретного осуществления сделано только для примера, а не для ограничения. Ясно, что небольшие модификации могут быть сделаны без значительных изменений описанного принципа действия.

#### Формула изобретения

1. Оптическое устройство передачи одномодового света по многомодовому оптическому волокну, содержащее:

многомодовое волокно для переноса одномодового лазерного света;  
рандомизатор для рандомизации пространственных мод, поддерживаемых волокном, и

усредняющие средства для усреднения рандомизированных пространственных мод, чтобы этим восстанавливать одиночную пространственную моду, отличающуюся тем, что лазер является квантово-каскадным лазером с линейной модуляцией частоты, который выводит чирп длины волны для обеспечения сканирования длины волны.

2. Устройство по п.1, в котором рандомизатор функционирует, чтобы побуждать

пространственное колебание волокна.

3. Устройство по п.2, в котором рандомизатор функционирует, чтобы побуждать физическое возмущение вдоль волокна.

4. Устройство по п.3, в котором рандомизатор содержит любое одно или несколько из электродвигателя постоянного тока с эксцентричным грузом, плоскопанельного возбудителя и пьезоэлектрического двигателя.

5. Устройство по любому из пп.2-4, в котором частота пространственных колебаний находится в диапазоне от 1 Гц до 10 кГц.

6. Устройство по п.1, в котором усредняющие средства функционируют для усреднения объема выборок рандомизированных пространственных мод в диапазоне от одной сотни до одной тысячи.

7. Устройство по п.1, в котором лазер представляет собой лазер с линейной модуляцией частоты, который выводит чирп длины волны.

8. Устройство по п.7, в котором чирп длины волны используется, чтобы обеспечить сканирование длины волны.

9. Устройство по п.7, в котором лазер с линейной модуляцией частоты представляет собой полупроводниковый лазер.

10. Устройство по п.9, в котором лазер представляет собой полупроводниковый диодный лазер.

11. Устройство по п.7, в котором лазер представляет собой квантово-каскадный лазер.

12. Устройство по п.7, содержащее средство для приложения одного или ряда, по существу, ступенчатых электрических импульсов к полупроводниковому диодному лазеру, чтобы побудить лазер выводить один или более импульсов, при этом каждый имеет незатухающий чирп длины волны, для введения в оптическую ячейку.

13. Устройство по п.12, в котором каждый приложенный импульс имеет длительность больше, чем 150 нс, в частности, больше, чем 200 нс.

14. Устройство по п.13, в котором каждый приложенный импульс имеет длительность в диапазоне от 150 до 300 нс, предпочтительно от 200 до 300 нс.

15. Датчик газа, содержащий лазер, предпочтительно одномодовый лазер, многомодовое волокно для передачи света от лазера в целевую область и/или из целевой области, рандомизатор для рандомизации пространственных мод, поддерживаемых волокном; детектор для обнаружения света, который прошел через целевую область, и усредняющие средства для усреднения рандомизированных пространственных мод, чтобы восстанавливать одиночную пространственную моду, отличающийся тем, что лазер является квантово-каскадным лазером с линейной модуляцией частоты, который выводит чирп длины волны для обеспечения сканирования длины волны.

16. Датчик газа по п.15, в котором рандомизатор функционирует, чтобы побуждать пространственное колебание волокна.

17. Датчик газа по п.16, в котором рандомизатор функционирует, чтобы побуждать физическое возмущение вдоль волокна.

18. Датчик газа по п.17, в котором рандомизатор содержит любое одно или несколько из электродвигателя постоянного тока с эксцентричным грузом, плоскопанельного возбудителя и пьезоэлектрического двигателя.

19. Датчик газа по любому из пп.16-18, в котором частота пространственных колебаний находится в диапазоне от 1 до 10 кГц.

20. Датчик газа по п.15, в котором усредняющие средства функционируют для



усреднения объема выборок рандомизированных пространственных мод от одной сотни до одной тысячи.

21. Датчик газа по п.15, в котором лазер представляет собой лазер с линейной модуляцией частоты, который выводит чирп длины волны.

22. Датчик газа по п.21, в котором чирп длины волны используется, чтобы обеспечить сканирование длины волны.

23. Датчик газа по п.23, в котором лазер с линейной модуляцией частоты представляет собой полупроводниковый лазер.

24. Датчик газа по п.23, в котором лазер представляет собой полупроводниковый диодный лазер.

25. Датчик газа по п.21, в котором лазер представляет собой квантово-каскадный лазер.

26. Датчик газа по п.21, содержащий средство для приложения одного или ряда, по существу, ступенчатых электрических импульсов к полупроводниковому диодному лазеру, чтобы побудить лазер выводить один или более импульсов, при этом каждый имеет незатухающий чирп длины волны, для введения в оптическую ячейку.

27. Датчик газа по п.26, в котором каждый приложенный импульс имеет длительность больше, чем 150 нс, в частности, больше, чем 200 нс.

28. Датчик газа по п.26, в котором каждый приложенный импульс имеет длительность в диапазоне от 150 до 300 нс, предпочтительно от 200 до 300 нс.

29. Датчик газа по любому из пп.21-28, в котором длительность обнаруживаемого импульса находится в диапазоне от 150 до 300 нс.

30. Датчик газа по пп.21-28, в котором длительность обнаруживаемого импульса находится в диапазоне от 150 до 300 нс, предпочтительно от 200 до 300 нс.

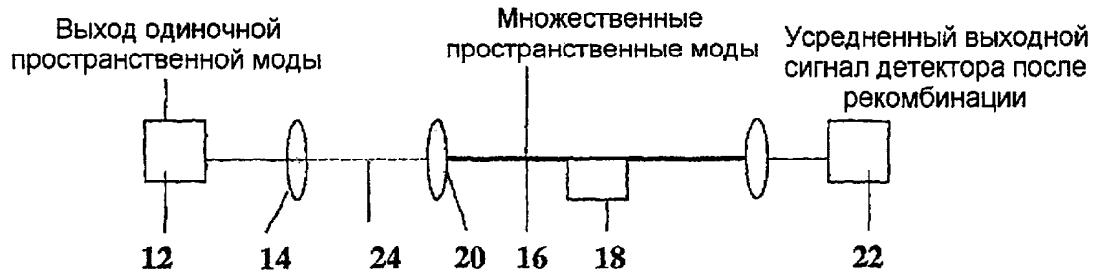
31. Датчик газа по п.15, в котором рандомизатор предусмотрен выше по ходу луча относительно целевой области.

32. Датчик газа по п.15, в котором рандомизатор предусмотрен ниже по ходу луча относительно целевой области.

33. Способ передачи одномодового света по многомодовому оптическому волокну, содержащий этапы, на которых передают излучение от одномодового лазера; рандомизируют излучение при передаче; принимают рандомизированное излучение и используют принятое рандомизированное излучение для восстановления одномодового излучения, отличающийся тем, что лазер является квантово-каскадным лазером с линейной модуляцией частоты, который выводит чирп длины волны для обеспечения сканирования длины волны.

34. Способ по п.33, в котором этап использования рандомизированного излучения для восстановления одномодового излучения предусматривает этап, на котором усредняют принятое излучение.

35. Способ по п.33 или 34, в котором излучение передают по меньшей мере частично через свободное пространство.



ФИГ.2