

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **047077**

(13) **B1**

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

(45) Дата публикации и выдачи патента  
**2024.05.30**

(51) Int. Cl. **G01N 21/3577 (2014.01)**  
**G02B 6/04 (2006.01)**

(21) Номер заявки  
**202200154**

(22) Дата подачи заявки  
**2022.12.12**

---

(54) **МУЛЬТИСПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗАТОР НЕФТИ**

---

(43) **2024.05.29**

(56) EA-B1-036344  
WO-A1-9741470  
US-A1-2013075614  
US-A1-2006186340

(96) **2022000128 (RU) 2022.12.12**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:  
**ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ  
ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ "ОЙЛ  
АВТОМАТИКА" (RU)**

(72) Изобретатель:  
**Корсаков Виктор Сергеевич, Сухарев  
Евгений Владимирович (RU)**

(74) Представитель:  
**Сухарев Е.В. (RU)**

---

(57) Изобретение относится к области физико-химических методов анализа и измеряет количество диоксида углерода, воды и серосодержащих соединений в нефтяной смеси в режиме поточного контроля. Состоит из источника инфракрасного излучения, источника питания, параболического рефлектора, пробоотборника из синтетического алмаза и коллиматора, соединенного с приемным концом волоконно-оптической сборки, состоящей из кварцевых и галогенидосеребряных волокон, при этом выходной конец волоконно-оптической сборки разделен на одиннадцать оптических каналов, имеющих равное количество волокон, соединенных с оптическими фильтрами, каждый из которых выделяет мощность только одной длины волны: 1,45 мкм; 1,95 мкм; 3,00 мкм; 6,00 мкм (поглощение воды); 1,72 мкм; 2,31 мкм; 3,41 мкм (поглощение нефти); 8,0 мкм (поглощение серосодержащих соединений); 1,10 мкм; 2,55 мкм; 5,00 мкм (опорные каналы), за каждым оптическим фильтром расположен фотоприемник, отличается тем, что волоконно-оптическая сборка содержит волокна из халькогенидного стекла, причем соотношение кварцевых, галогенидосеребряных и халькогенидных волокон равно 0,5/0,25/0,25 соответственно и их общее количество не менее 120, дополнительно содержит двенадцатый волоконно-оптический канал, оптический фильтр 4,3 мкм (поглощение диоксида углерода) и фотоприемник.

**B1**

**047077**

**047077**

**B1**

### Область техники, к которой относится изобретение

Изобретение относится к области физико-химических методов анализа, в частности к инфракрасной спектроскопии определения состава смесей нефтепродуктов.

#### Предшествующий уровень техники

В настоящее время обводненность продукции нефтедобывающих скважин достигла в среднем 75% (при подсчете учтены скважины в разных странах мира). Среди непрерывных способов контроля обводнённой нефти различают два, разделяемые по принципу измеряемых физических величин среды: оптические и электрические. Недостатком способов, основанных на измерении электрических величин, является низкая чувствительность в случае высокой доли газовой фазы в исследуемых образцах. Оптические способы основаны на регистрации пиков поглощения присущих непосредственно детектируемым элементам, в независимости от их агрегатного состояния, и обеспечивают значительное преимущество по точности и скорости анализа. Необходимо отметить, что вторым после воды спутником нефти является сера, при этом её содержание может достигать 14 об.% (Магеррамов А.М., Ахмедова Р.А., Ахмедова Н.Ф. "Нефтехимия и нефтепереработка", Баку: Баку Университети, 2009, с. 660, с. 340-353). Сера в нефти и нефтепродуктах присутствует частью в виде элементной серы, а в основном в виде различных соединений - сероводорода, меркаптанов, сульфидов, дисульфидов, тиофенов и тиофанов. Количественное содержание серы является одной из существенных технологических характеристик нефти, вследствие высокой коррозионной активности сернистых соединений. Серосодержащие соединения наносят существенный вред, как при переработке нефти, так и при использовании нефтепродуктов, в частности наличие серы в топливах отрицательно сказывается на их эксплуатационных характеристиках. Кроме этого, при сгорании сернистых соединений выделяются  $SO_2$  и  $SO_3$ , который при гидратации образуют сернистую и серную кислоты. Кислоты способствуют коррозии стенок цилиндров и других частей оборудования. Попадание серной кислоты в масла приводит к образованию смолистых продуктов и, как следствие, нагара, ускоряющего износ двигателя. В связи с вышесказанным, содержание серы и ее соединений является одной из основных качественных характеристик, как сырой нефти, так и получаемых нефтепродуктов.

В тоже время извлеченная нефть содержит попутный нефтяной газ, образующийся в том числе во время добычи. Известны способы увеличения нефтеотдачи связанные с закачкой диоксида углерода (Н.Г. Главнов, М.Г. Дымочкина, к.т.н., Е.И. Литвак, М.В. Вершинина "Потенциал природных и техногенных источников диоксида углерода для реализации технологии смешивающегося вытеснения на территории РФ" ПРО НЕФТЬ. Профессионально о нефти. - 2017 - № 2(4). - С. 47-52). Таким образом содержание углекислого газа в нефти может достигать 4%, а содержание в нефтепроводе до 50%.

В настоящее время инфракрасная спектроскопия является одним из основных способов анализа нефти и нефтепродуктов. При ее использовании для определения количественного состава природных смесей не происходит разрушение веществ, что не затрудняет их дальнейшее использование. Изменение солёности и наличие газовых фракций также не оказывают существенного влияния на точность измерений в связи с тем, что способ основан на детектировании интенсивности характеристических пиков поглощения химических связей на определенных длинах волн, которые не меняют своего положения. Однако, неверный учет суммарной длины оптического пути жидкости, при наличии газовой фракции более 10%, приводит к ошибкам интерпретации полученных значений. Применение волоконно-оптических каналов доставки позволяет расширить области применения способа и реализовать промышленные точные датчики контроля химического состава и концентрации, востребованные на нефтедобывающих и нефтеперерабатывающих станциях.

Известен многоканальный инфракрасный датчик для измерения фазового состава многокомпонентного потока, в частности потока нефтепродуктов, содержащий инфракрасный излучатель, соединенный с источником питания, параболический рефлектор, пробоотборник, состоящий из двух плоскопараллельных сапфировых пластин, с пробой нефтепродуктов, коллиматор, соединенный с приемным концом волоконно-оптической сборки, состоящей из кварцевых волокон, при этом выходной конец волоконно-оптической сборки разделен на оптические каналы, имеющие равное количество волокон, причем по крайней мере один канал является опорным, концы оптических каналов через оптические фильтры связаны с фотодиодами, на выходе которых получают электрический сигнал, передаваемый на компьютерную обработку с получением изображения на дисплее (патент GB 2423817; МПК G01N 21/25, G01N 33/28; 2006 год).

Недостатком прибора является его низкая точность, в частности невозможность определения серосодержащих компонентов ввиду недостаточно высокой чувствительности, а также невозможность учета содержания углекислого газа.

Известен инфракрасный оптический датчик для определения концентрации нефти и воды в многокомпонентном жидком потоке в присутствии ингибитора гидратов, работа которого основана на различиях в поглощении нефтью, водой и ингибитором ближнего инфракрасного излучения. Датчик представляет собой инфракрасную оптическую волоконную систему и содержит широкополосный инфракрасный источник, в частности вольфрамовую галогенную лампу, соединенный с линией электропитания и расположенный на противоположной стороне области выборки из коллиматора, соединенного с корпусной

частью с помощью оптических выходов, соединенных с ним посредством общего соединителя. Таким образом, известный датчик содержит источник инфракрасного излучения, параболический (эллиптический) отражатель для направления света от источника, первое и второе сапфировые окна, коллиматор и оптические выходы, которые соединяют коллиматор с инфракрасными фильтрами (патент US 9002650; МПК G01F 1/74, G01N 21/35, G01F 1/44, G01F 1/88, G01 N 21/359, G01N 21/3577; 2015 г.).

Недостатком прибора является невозможность определения серосодержащих компонентов ввиду недостаточно высокой чувствительности, а также невозможность учета содержания углекислого газа.

Прототипом данного прибора является спектральный анализатор нефти, содержащий источник инфракрасного излучения, соединенный с источником питания, параболический рефлектор, пробоотборник, состоящий из двух плоскопараллельных пластин выполненных из синтетического алмаза, с пробой нефтесодержащей смеси, коллиматор, соединенный с приемным концом волоконно-оптической сборки, состоящей из кварцевых волокон и волокон из галогенидов серебра в соотношении 1:2 и их общее количество составляет не менее 110, при этом выходной конец волоконно-оптической сборки разделен на одиннадцать оптических каналов, имеющих равное количество волокон, соединенных с одиннадцатью оптическими фильтрами, каждый из которых выделяет мощность только одной длины волны: 1,45 мкм; 1,95 мкм; 3,00 мкм; 6,00 мкм (пики поглощения воды); 1,72 мкм; 2,31 мкм; 3,41 мкм (пики поглощения нефти); 8,0 мкм (пик поглощения серосодержащих соединений); 1,10 мкм; 2,55 мкм; 5,00 мкм (опорные каналы), за каждым оптическим фильтром расположен фотоприемник, на выходе которого получают электрический сигнал с получением его изображения на экране дисплея после компьютерной обработки (Евразийский патент № 036344; МПК-2018.01 G01N 21/3554).

Недостатком прибора является невозможность определения содержания, углекислого газа ввиду недостаточно высокой чувствительности.

Таким образом, существующие инфракрасные оптические датчики (анализаторы) позволяют провести одновременный анализ содержания воды, нефти и серосодержащих соединений в смеси нефтепродуктов путем регистрации оптических сигналов, проходящих через проточный пробоотборник. Однако, не учитывают содержания газовой фракции, в частности диоксида углерода несмотря на то, что неверная информация о суммарной длине оптического пути жидкости в проточной кювете не позволяет безошибочно определить концентрацию нефти, воды и серосодержащих компонентов в непрерывном режиме движения потока через трубопровод.

Целью настоящего изобретения является разработка конструкции мультиспектрального анализатора нефти, обеспечивающего возможность одновременного определения концентрации нефти, воды, серосодержащих соединений и газовой фракции диоксида углерода в режиме поточного контроля.

#### **Сущность изобретения**

Задача изобретения состоит в создании мультиспектрального анализатора нефти, обеспечивающего возможность определения концентрационного содержания нефти, воды, серосодержащих соединений и газовой фракции диоксида углерода в режиме поточного контроля.

Технический результат состоит в повышении чувствительности анализатора.

Поставленная задача решена в предлагаемой конструкции мультиспектрального анализатора нефти, содержащего источник инфракрасного излучения, соединенный с источником питания, параболический рефлектор, пробоотборник, состоящий из двух плоскопараллельных пластин выполненных из синтетического алмаза, с пробой нефтесодержащей смеси, коллиматор, соединенный с приемным концом волоконно-оптической сборки, состоящей из кварцевых волокон и волокон из галогенидов серебра, при этом выходной конец волоконно-оптической сборки разделен на одиннадцать оптических каналов, имеющих равное количество волокон, соединенных с одиннадцатью оптическими фильтрами, каждый из которых выделяет мощность только одной длины волны: 1,45 мкм; 1,95 мкм; 3,00 мкм; 6,00 мкм (пики поглощения воды); 1,72 мкм; 2,31 мкм; 3,41 мкм (пики поглощения нефти); 8,0 мкм (пик поглощения серосодержащих соединений); 1,10 мкм; 2,55 мкм; 5,00 мкм (опорные каналы), за каждым оптическим фильтром расположен фотоприемник на выходе которого получают электрический сигнал с получением его изображения на экране дисплея после компьютерной обработки, отличающегося тем, что волоконно-оптическая сборка дополнительно содержит волокна из халькогенидного стекла, причем соотношение кварцевых волокон, волокон из галогенида серебра и волокон из халькогенидного стекла равно 0,5/0,25/0,25 соответственно и их общее количество составляет не менее 120, дополнительно содержащего двенадцатый волоконно-оптический канал, двенадцатый оптический фильтр 4,3 мкм (пик поглощения диоксида углерода) и двенадцатый фотоприемник, при этом волокна из кварцевого стекла располагаются напротив фильтров: 1,10 мкм, 1,45 мкм, 1,72 мкм, 1,95 мкм, 2,31 мкм, 2,55 мкм; волокна из халькогенидного стекла располагаются напротив фильтров: 3,00 мкм, 3,41 мкм, 4,3 мкм; волокна из галогенидов серебра располагаются напротив фильтров: 5,00 мкм, 6,00 мкм, 8,0 мкм.

Исследования, проведенные авторами, выявили возможность определения количественного содержания диоксида углерода, при одновременном обнаружении воды и серосодержащих соединений. Использование двенадцати оптических каналов позволило увеличить используемый диапазон сигналов от 2,0 мкм до 10,0 мкм с учетом того, что в этом диапазоне оптические волокна, в состав которых входят волокна из галогенида серебра и халькогенидного стекла, прозрачны. Авторами установлено, что наибо-

лее интенсивный пик поглощения воды находится в области 3,0 мкм и 6,0 мкм, нефти - 3,4 мкм, серосодержащие соединения, представленные в нефти в виде серосодержащих углеводородов: тиофенов и тиофанов, идентифицируются по полосе поглощения в области 8,0 мкм, соответствующей колебаниям серы в пятичленном кольце, пик поглощения диоксида углерода находится в области 4,3 мкм. Необходимо отметить, что передача сигнала о пике поглощения серосодержащих соединений, и диоксида углерода с использованием кварцевых волокон, прозрачных в области от 0,4 мкм до 2,6 мкм, невозможна. Исследования, проведенные авторами, выявили перспективность совместного использования оптического волокна, содержащего волокна из галогенида серебра и халькогенидного стекла так как собственные потери для халькогенидных стекол в диапазоне от 2,0 до 5,0 мкм меньше, чем у волокон из галогенидов серебра в десять раз, что приводит к повышению чувствительности прибора. При этом предлагаемое авторами соотношение кварцевых волокон, волокон из галогенида серебра и халькогенидных волокон, равное 0,5/0,25/0,25 соответственно, обеспечивает необходимый уровень прозрачности с сохранением срока длительности службы оптических волокон. Расширение диапазона сигналов поглощения обуславливает изготовление плоскопараллельных пластин пробоотборника из синтетического алмаза, прозрачного в используемом диапазоне. Данные, проведенных исследований, свидетельствуют о значительном увеличении чувствительности прибора, и, как следствие, о возможности определения количественного содержания нефти, воды, серосодержащих соединений и газовой фракции диоксида углерода в режиме поточного контроля.

### Перечень фигур

На фиг. 1 изображена функциональная схема предлагаемого спектрального анализатора нефти, где 1 - источник инфракрасного излучения ( $\lambda$  2,0-10,0 мкм), соединенный с электрическим источником питания (на схеме не показан); 2 - параболический рефлектор; 3 - пробоотборник, выполненный из двух плоскопараллельных пластин из синтетического алмаза (3.1, 3.2) с регулируемым зазором; 4 коллиматор; 5 - волоконно-оптическая сборка, состоящая из кварцевых волокон, волокон из галогенида серебра и волокон из халькогенидного стекла взятых в соотношении 0,5/0,25/0,25; 6 - приемный торец волоконно-оптической сборки; 7 - оптические каналы с равным количеством оптических волокон; 8 - выходные концы оптических каналов; 9 - оптические фильтры (выделение необходимых длин волн); 10 - фотоприемники (фотодиод или пироэлектрический детектор); 11 - образец водонефтяной смеси.

На фиг. 2 изображены спектральные характеристики воды, нефти, серосодержащих соединений и диоксида углерода, где 1-12 каналы для выделения характеристических сигналов, 13 - спектральные характеристики поглощения серосодержащих соединений, 14 - спектральные характеристики поглощения нефти, 15 - спектральные характеристики диоксида углерода; 16 - спектральные характеристики поглощения воды; при этом 3, 5, 8 - каналы для выделения пиков поглощения нефти; 2, 4, 7, 10 - каналы для выделения пиков поглощения воды; 11 - канал для выделения пиков поглощения серосодержащих соединений; 12 - канал для выделения пика поглощения диоксида углерода; 1, 6, 9 - опорные каналы.

### Сведения, подтверждающие возможность осуществления изобретения

Как указано выше, предлагаемый мультиспектральный анализатор нефти содержит источник инфракрасного излучения ( $\lambda$  2.0-10.0 мкм) (1), соединенный с электрическим источником питания (на схеме не показан); параболический рефлектор (2) для получения параллельно направленного потока света; пробоотборник (3), в котором находится образец нефтесодержащей смеси, выполненный из двух плоскопараллельных пластин из синтетического алмаза (3.1, 3.2) с регулируемым зазором; коллиматор (4), расположенный между пробоотборником и волоконно-оптической сборкой (5) для получения параллельных пучков лучей света после его прохождения через пробоотборник и частичного поглощения компонентами смеси. Волоконно-оптическая сборка (5) состоит из кварцевых волокон, волокон из галогенида серебра и волокон из халькогенидного стекла, взятых в соотношении 0,5/0,25/0,25 соответственно, общее количество которых составляет не менее 120, при этом приемный торец волоконно-оптической сборки (6) связан с оптическими каналами (7) с равным количеством оптических волокон; выходные концы оптических каналов (8) соединены оптическими фильтрами (9) с целью выделения необходимых длин волн, которые в свою очередь соединены с фотоприемниками (10) (фотодиод или пироэлектрический детектор).

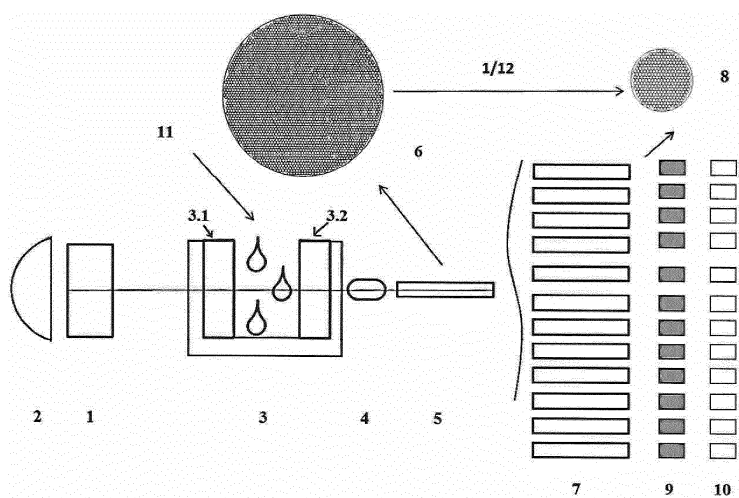
Предлагаемый мультиспектральный анализатор нефти работает следующим образом. Источник инфракрасного излучения 1, соединенный с электрическим источником питания, генерирует непрерывный или импульсный сигнал с определенной (стабильной) мощностью в диапазоне длин волн от 2,0 мкм до 10 мкм. Параболический рефлектор 2, расположенный за источником инфракрасного излучения 1, направляет условно параллельный оптический сигнал в пробоотборник 3 через первую пластину из синтетического алмаза 3.1 на образец нефтяной смеси. В результате прохождения излучения через жидкость часть мощности оптического сигнала поглощается. На длинах волн, соответствующих характеристическим пикам воды, нефти, серосодержащих соединений и диоксида углерода поглощение происходит наиболее интенсивно, в области с окнами прозрачности оптический сигнал поглощается меньше (см. фиг. 2). После взаимодействия с исследуемой средой измененный (ослабленный) оптический сигнал через вторую ответную пластину из синтетического алмаза 3.2 пробоотборника 3 попадает на коллиматор 4. Коллиматор 4 собирает оптическое излучение и направляет его в волоконно-оптическую сборку 5,

приемный конец 6 которой состоит из не менее 120 кварцевых волокон, волокон из галогенида серебра и волокон из халькогенидного стекла, взятых в соотношении 0,5/0,25/0,25 соответственно. Выходной конец волоконно-оптической сборки 5 разделен на двенадцать оптических каналов 7 с равным количеством оптических волокон в каждом. Таким образом, мощность оптического излучения, поступившая в приемный конец 6 волоконно-оптической сборки 5, равномерно распределяется по выходным концам 8 оптических каналов 7. Каждый выходной конец 8 каждого из оптических каналов 7 смонтирован напротив одного из узкополосных оптических фильтров 9, каждый из которых выделяет мощность только одной длины волны: 1,45 мкм; 1,95 мкм; 3,00 мкм; 6,00 мкм (пики поглощения воды); 1,72 мкм; 2,31 мкм; 3,41 мкм (пики поглощения нефти); 8,0 мкм (пик поглощения серосодержащих соединений); 4,3 мкм (пик поглощения диоксида углерода); 1,10 мкм; 2,55 мкм; 5,00 мкм (опорные каналы); при этом волокна из кварцевого стекла располагаются напротив фильтров: 1,10 мкм, 1,45 мкм, 1,72 мкм, 1,95 мкм, 2,31 мкм, 2,55 мкм; волокна из халькогенидного стекла располагаются напротив фильтров: 3,00 мкм, 3,41 мкм, 4,3 мкм; волокна из галогенидов серебра располагаются напротив фильтров: 5,00 мкм, 6,00 мкм, 8,0 мкм. За каждым оптическим фильтром 9 расположен фотоприемник 10, каждый из которых синхронно регистрирует мощность приходящего оптического излучения и преобразует ее в электрический сигнал, изображение которого после компьютерной обработки поступает на экран дисплея в виде спектра поглощения, который представляет собой график, по оси абсцисс которого откладывается длина волны, а по оси ординат - поглощение, то есть величина, равная отношению интенсивности прошедшего через поглощающее вещество и падающего на него излучения. При исследовании нефтепродуктов спектр изображается рядом максимумов и минимумов, при этом область спектра, в котором поглощение проходит через максимум и является полосой поглощения, характеризующей количество составляющей (воды, нефти, серосодержащих соединений и диоксида углерода) смеси. Одновременное использование двенадцати каналов в предлагаемой конструкции спектрального анализатора нефти позволяет измерять концентрацию воды, серосодержащих соединений и диоксида углерода в нефти в диапазонах от 0,1 до 100,0%.

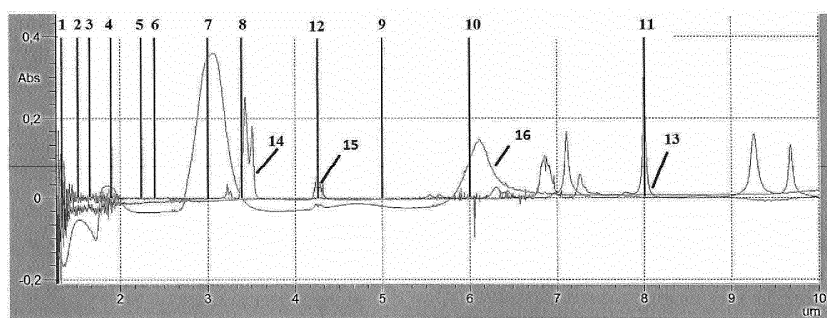
Таким образом, предлагаемый мультиспектральный анализатор нефти позволяет определить количественное содержание диоксида углерода, воды и серосодержащих соединений в нефтяной смеси в режиме поточного контроля за счет повышения чувствительности прибора.

#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

Мультиспектральный анализатор нефти, содержащий источник инфракрасного излучения, соединенный с источником питания, параболический рефлектор, пробоотборник, состоящий из двух плоскопараллельных пластин, выполненных из синтетического алмаза, с пробой нефтесодержащей смеси, коллиматор, соединенный с приемным концом волоконно-оптической сборки, состоящей из кварцевых волокон и волокон из галогенидов серебра, при этом выходной конец волоконно-оптической сборки разделен на одиннадцать оптических каналов, имеющих равное количество волокон, соединенных с одиннадцатью оптическими фильтрами, каждый из которых выделяет мощность только одной длины волны: 1,45 мкм; 1,95 мкм; 3,00 мкм; 6,00 мкм (пики поглощения воды); 1,72 мкм; 2,31 мкм; 3,41 мкм (пики поглощения нефти); 8,0 мкм (пик поглощения серосодержащих соединений); 1,10 мкм; 2,55 мкм; 5,00 мкм (опорные каналы), за каждым оптическим фильтром расположен фотоприемник, на выходе которого получают электрический сигнал с получением его изображения на экране дисплея после компьютерной обработки, отличающийся тем, что волоконно-оптическая сборка дополнительно содержит волокна из халькогенидного стекла, причем соотношение кварцевых волокон, волокон из галогенида серебра и халькогенидного стекла равно 0,5/0,25/0,25 соответственно и их общее количество составляет не менее 120, дополнительно содержащий двенадцатый волоконно-оптический канал, двенадцатый оптический фильтр 4,3 мкм (пик поглощения диоксида углерода) и двенадцатый фотоприемник, при этом волокна из кварцевого стекла располагаются напротив фильтров: 1,10 мкм, 1,45 мкм, 1,72 мкм, 1,95 мкм, 2,31 мкм, 2,55 мкм; волокна из халькогенидного стекла располагаются напротив фильтров: 3,00 мкм, 3,41 мкм, 4,3 мкм; волокна из галогенидов серебра располагаются напротив фильтров: 5,00 мкм, 6,00 мкм, 8,0 мкм.



Фиг. 1



Фиг. 2



Евразийская патентная организация, ЕАПВ

Россия, 109012, Москва, Малый Черкасский пер., 2