



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

G02B 6/04 (2020.02); G02B 6/255 (2020.02)

(21)(22) Заявка: 2017111272, 04.04.2017

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
04.04.2017Дата регистрации:
28.08.2020

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:
23.06.2016 US 15/191,427

(43) Дата публикации заявки: 08.10.2018 Бюл. № 28

(45) Опубликовано: 28.08.2020 Бюл. № 25

Адрес для переписки:

190000, Санкт-Петербург, ВОХ-1125,
"ПАТЕНТИКА"

(72) Автор(ы):

ЧАНЬ Эрик И. (US),
КОШИНЗ Деннис Г. (US),
ТРУОН Туон К. (US),
ПАН Генри Б. (US)

(73) Патентообладатель(и):

ЗЕ БОИНГ КОМПАНИ (US)

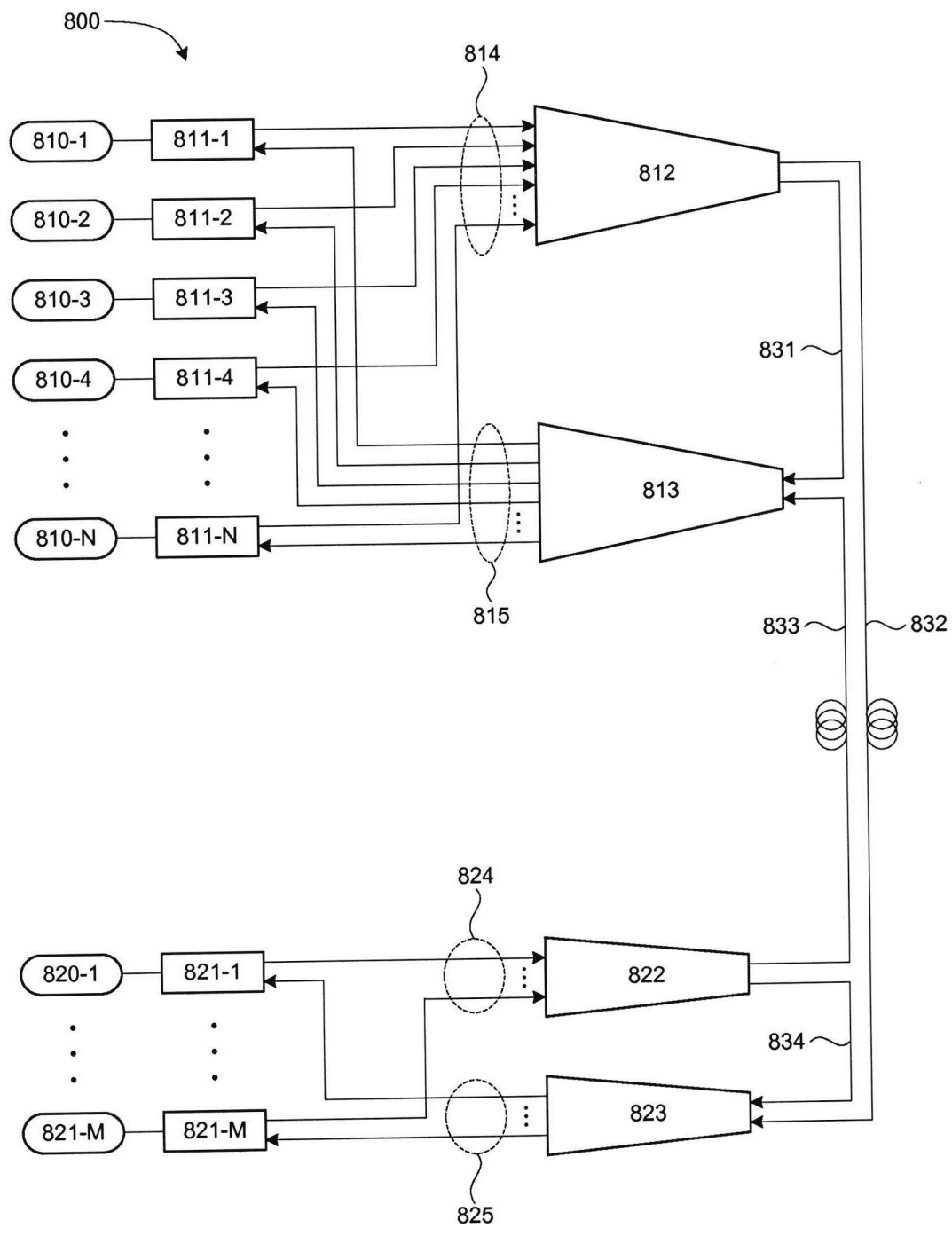
(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: US 2009257716 A1, 15.10.2009. DE
10013200 A1, 20.09.2001. CN 1657995 A,
24.08.2005. EA 201170069 A1, 30.06.2011.

(54) ЗВЕЗДООБРАЗНЫЕ ОПТИЧЕСКИЕ РАЗВЕТВИТЕЛИ, СОДЕРЖАЩИЕ АСИММЕТРИЧНЫЙ ПРИЁМНЫЙ ОПТИЧЕСКИЙ СМЕСИТЕЛЬ

(57) Реферат:

Изобретение относится к оптическим сетям, обеспечивающим связь между электрическими компонентами. Оптическая сеть содержит по меньшей мере один звездообразный разветвитель, содержащий передаточный и приемный оптические смесители, которые соответственно оптически связаны с передатчиками и приемниками множества оптоэлектрических преобразователей среды. Каждый оптоэлектрический преобразователь среды содержит соответствующий приемник, оптически связанный с приемным оптическим смесителем посредством пластиковых оптических волокон,

и соответствующий передатчик, оптически связанный с передаточным оптическим смесителем посредством пластиковых оптических волокон. Выходные пластиковые оптические волокна, прикрепленные к выходной поверхности приемного оптического смесителя, имеют меньший диаметр, чем входные пластиковые оптические волокна, прикрепленные к входной поверхности приемного оптического смесителя. Технический результат - снижение веса, упрощение производства. 4 н. и 25 з.п. ф-лы, 20 ил.



ФИГ. 5



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC

G02B 6/04 (2020.02); G02B 6/255 (2020.02)(21)(22) Application: **2017111272, 04.04.2017**(24) Effective date for property rights:
04.04.2017Registration date:
28.08.2020

Priority:

(30) Convention priority:
23.06.2016 US 15/191,427(43) Application published: **08.10.2018 Bull. № 28**(45) Date of publication: **28.08.2020 Bull. № 25**

Mail address:

**190000, Sankt-Peterburg, BOX-1125,
"PATENTIKA"**

(72) Inventor(s):

**CHAN Erik I. (US),
KOSHINZ Dennis G. (US),
TRUON Tuon K. (US),
PAN Genri B. (US)**

(73) Proprietor(s):

ZE BOING KOMPANI (US)(54) **STAR-SHAPED OPTICAL SPLITTERS COMPRISING AN ASYMMETRIC RECEIVING OPTICAL MIXER**

(57) Abstract:

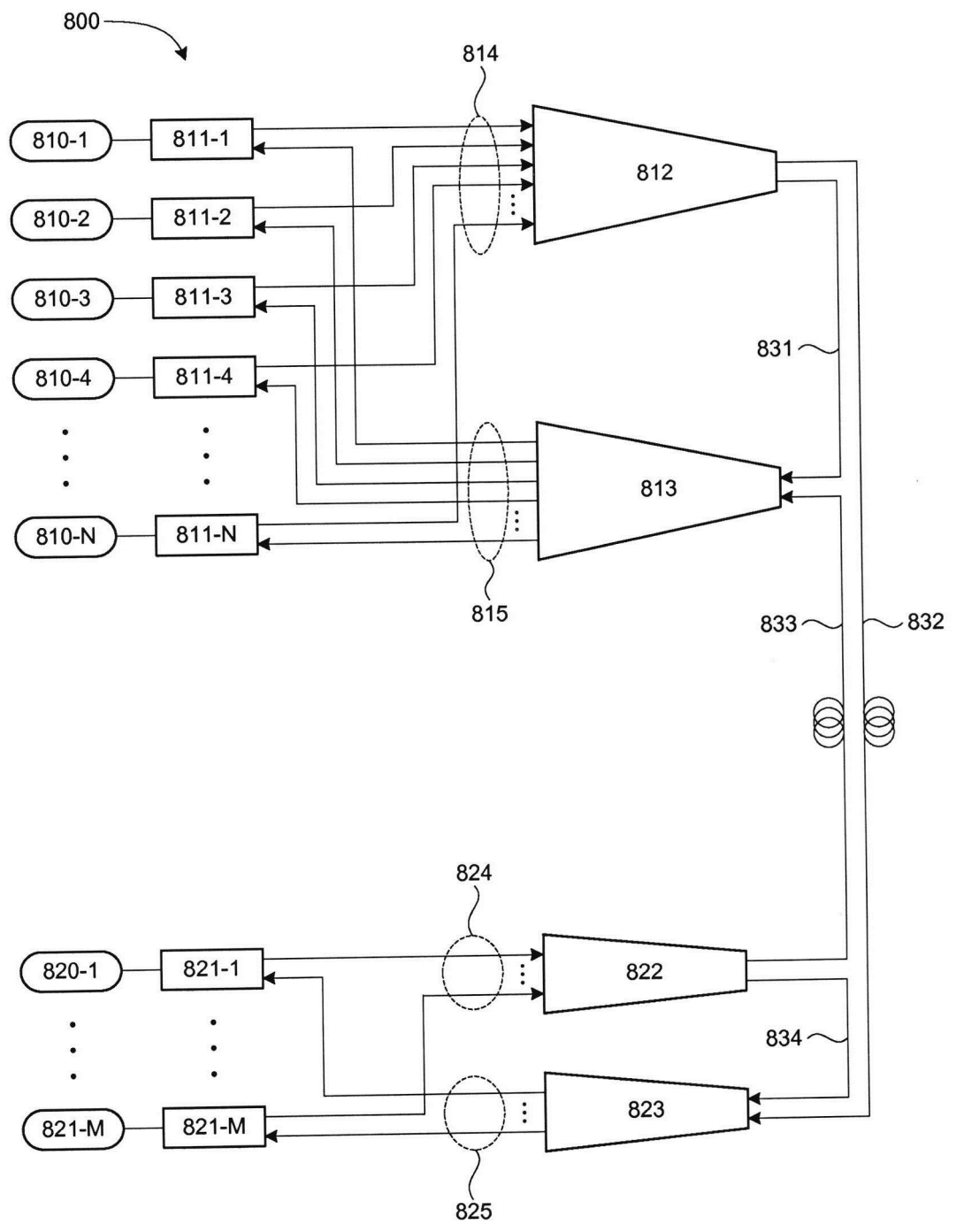
FIELD: communication equipment.

SUBSTANCE: invention relates to optical networks providing connection between electrical components. Optical network comprises at least one star-shaped splitter, comprising transmitting and receiving optical mixers, which are respectively optically connected to transmitters and receivers of plurality of opto electrical converters of medium. Each opto electrical medium converter has a corresponding receiver, optically connected to the receiving optical mixer by means of

plastic optical fibers, and corresponding transmitter optically connected to transfer optical mixer by means of plastic optical fibers. Output plastic optical fibers attached to output surface of receiving optical mixer, have smaller diameter than inlet plastic optical fibers attached to inlet surface of receiving optical mixer.

EFFECT: technical result is weight reduction, simplification of production.

29 cl, 20 dwg



ФИГ. 5

УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ

Технология, раскрытая в настоящем документе, в целом относится к оптическим сетям, которые обеспечивают возможность связи между электрическими компонентами.

5 Построение оптических сетей с использованием пластиковых оптических волокон может обеспечить преимущества перед построением сетей с использованием медных проводов или проводов из других металлов. Категории пластиковых оптических волокон включают кремниевое оптическое волокно с пластиковой оболочкой, одножильное
10 пластиковое оптическое волокно или многожильное пластиковое оптическое волокно. Построение сетей с использованием пластикового оптического волокна обеспечивает удешевление установки и обслуживания. Кроме того, так как пластиковые оптические
15 волокна легче, чем металлические провода, необходимые для переноса эквивалентного объема данных, использование пластиковых оптических волокон может привести к существенному снижению веса. Снижение веса может быть значительным для сетей, размещаемых на борту транспортных средств, например летательных аппаратов, где
20 снижение веса может привести к уменьшению потребления топлива и меньшим выбросам.

В некоторых ситуациях необходимо соединить множество конструктивно-сменных блоков друг с другом. Например, может быть необходимым соединить множество
25 конструктивно-сменных блоков в передней части транспортного средства (например, летательного аппарата) с множеством конструктивно-сменных блоков в задней части транспортного средства. Соединение каждого конструктивно-сменного блока с каждым другим конструктивно-сменным блоком может привести к необоснованно большому количеству соединений между конструктивно-сменными блоками. Кроме того, многие из этих соединений между конструктивно-сменными блоками могут быть протяженными,
30 что приведет к оптическим потерям. В случае выполнения этих соединений с использованием медных проводов, пространство, занимаемое этими соединениями, и их вес могут быть обременительными для транспортного средства, электрические Для соединения конструктивно-сменных блоков использовались шины данных. Одна оптическая шина данных может обеспечить некоторое уменьшение веса и размера
35 электрических соединений между конструктивно-сменными блоками. В целом, оптические волокна связи, такие как стеклянные оптические волокна и пластиковые оптические волокна, могут быть легче и могут занимать меньше места, чем электрические провода. Однако реализация оптических систем связи не сводится к простой замене всех электрических проводов на оптические волокна.

40 Пластиковые оптические волокна имеют высокую пропускную способность, отличную устойчивость к электромагнитным помехам, малый вес, высокую механическую прочность и хорошую гибкость. Вследствие указанных свойств пластиковые оптические волокна используются при передаче данных, а также для декорирования, освещения и для решения схожих промышленных задач. Кроме того,
45 пластиковые оптические волокна имеют больший диаметр по сравнению со стеклянными оптическими волокнами. Благодаря своим большим диаметрам, пластиковые оптические волокна имеют больший допуск на несовпадение волокон, чем имеют стеклянные оптические волокна. По причине большего допуска на несовпадение, сети на основе пластиковых оптических волокон требуют меньших затрат на обслуживание и установку.
В аэрокосмических системах пластиковые оптические волокна также значительно снижают стоимость соединителей и прямо-передающих компонентов, используемых в сетях авиационного электронного оборудования.

В настоящее время некоторые архитектуры оптических шин данных (например,

шина данных стандарта ARINC (Aeronautical Radio, Incorporated) 629 для пластикового оптического волокна (ПОВ, POF)), используемые в летательных аппаратах, требуют отдельно упакованного оптоэлектрического преобразователя среды (медиаконвертера) для каждого канала. Им также требуются отдельно упакованные пассивные

5 звездообразные оптические разветвители. Отдельно упакованные блоки связаны вместе посредством полностью покрытых оболочкой кабелей из пластикового оптического волокна.

В настоящем описании под термином "звездообразный разветвитель" понимается одно или более устройств такого типа, которые принимают множество оптических

10 сигналов на входной поверхности посредством соответствующих входных оптических волокон и выдают соответствующие части каждого принятого оптического сигнала к каждому из множества выходных оптических волокон, оптически связанных с выходной поверхностью указанного устройства. Таким образом, каждое выходное оптическое волокно принимает соответствующие входные оптические сигналы от всех входных

15 оптических волокон. Известно объединение двух устройств такого типа для образования звездообразного разветвителя, который может быть оптически связан с передатчиками и приемниками множества оптоэлектрических преобразователей среды для обеспечения возможности осуществления связи электронных компонентов (таких как конструктивно-сменные блоки), которые соответственно электрически соединены с оптоэлектрическими

20 преобразователями среды, друг с другом.

В существующем решении используются звездообразные разветвители с двойной симметрией, имеющие входную и выходную поверхности, оптически связанные с пластиковыми оптическими волокнами диаметром 1 мм, которые также соединены с передатчиками и приемниками соответствующих оптоэлектрических преобразователей

25 среды. В известном случае каждый приемник оптоэлектрического преобразователя среды содержит фотодатчик, имеющий диаметр менее 1 мм (например, 0,4 мм). Так как пластиковые оптические волокна диаметром 1 мм, соединенные оптическим образом с приемниками, больше, чем фотодатчик, это несоответствие приводит к оптическим потерям на соединениях.

30 Существует необходимость в решении, которое снизит или полностью устранил оптические потери на соединениях, возникающие вследствие несоответствия размеров торцевых поверхностей пластиковых оптических волокон и фотодатчиков, встроенных в приемники оптоэлектрических преобразователей среды.

РАСКРЫТИЕ СУЩНОСТИ ИЗОБРЕТЕНИЯ

35 Предложенное изобретение, подробно раскрытое ниже, относится к оптической сети, которая обеспечивает возможность связи между электрическими компонентами, например конструктивно-сменными блоками на летательном аппарате. Оптическая сеть содержит по меньшей мере один звездообразный разветвитель, содержащий передаточный оптический смеситель и приемный оптический смеситель, которые

40 соответственно соединены с передатчиками и приемниками множества оптоэлектрических преобразователей среды. Каждый оптоэлектрический преобразователь среды содержит соответствующий приемник, оптически связанный с приемным оптическим смесителем посредством выходных пластиковых оптических волокон, и соответствующий передатчик, оптически связанный с передаточным

45 оптическим смесителем посредством входных пластиковых оптических волокон. В соответствии с вариантами реализации, которые будут более подробно описаны ниже, выходные пластиковые оптические волокна, прикрепленные к выходной поверхности приемного оптического смесителя, имеют меньший диаметр, чем диаметр входных

пластиковых оптических волокон.

В настоящем описании термин "передаточный оптический смеситель" обозначает оптический смеситель, в котором прикрепленные входные пластиковые оптические волокна оптически связаны с передатчиками. В настоящем описании термин "приемный оптический смеситель" обозначает оптический смеситель, в котором прикрепленные выходные пластиковые оптические волокна оптически связаны с приемниками. Термин "ассиметричный", применяемый в отношении оптических смесителей, обозначает то, что диаметр входных пластиковых оптических волокон отличается от диаметра выходных пластиковых оптических волокон.

В соответствии с раскрытыми в настоящем описании вариантами реализации приемные оптические смесители соединены с входными пластиковыми оптическими волокнами диаметром 1 мм и с выходными пластиковыми оптическими волокнами меньшего диаметра (т.е. менее 1 мм) для улучшения чувствительности приемника. По сравнению с симметричными приемными оптическими смесителями, соединенными только с пластиковыми оптическими волокнами диаметром 1 мм, использование выходных пластиковых оптических волокон меньшего диаметра улучшает чувствительность приемника посредством лучшего соответствия диаметра (в раскрытом примере 0,4 мм) фотодатчиков, встроенных в приемники.

Согласно одному аспекту раскрытого ниже изобретения предложена волоконно-оптическая система, содержащая: смесительное оптическое волокно, имеющее первую торцевую поверхность с первой площадью и вторую торцевую поверхность с первой площадью; первое входное пластиковое оптическое волокно, имеющее первую торцевую поверхность с первой площадью и вторую торцевую поверхность со второй площадью, меньшей, чем первая площадь, при этом вторая торцевая поверхность первого входного пластикового оптического волокна прикреплена к первой части первой торцевой поверхности смесительного оптического волокна; второе входное пластиковое оптическое волокно, имеющее первую торцевую поверхность с первой площадью и вторую торцевую поверхность с третьей площадью, меньшей, чем первая площадь, при этом вторая торцевая поверхность второго входного пластикового оптического волокна прикреплена ко второй части первой торцевой поверхности смесительного оптического волокна; и множество выходных пластиковых оптических волокон, имеющих торцевые поверхности с четвертой площадью, меньшей, чем первая площадь, прикрепленные ко второй торцевой поверхности смесительного оптического волокна. Сумма второй площади и третьей площади предпочтительно равна первой площади.

В соответствии с некоторыми вариантами реализации волоконно-оптической системы, описанной в предыдущем абзаце, первое входное пластиковое оптическое волокно имеет первую боковую поверхность, которая пересекает вторую торцевую поверхность первого входного пластикового оптического волокна, и второе входное пластиковое оптическое волокно имеет вторую боковую поверхность, которая пересекает вторую торцевую поверхность второго входного пластикового оптического волокна. В данных вариантах реализации система также содержит слой эпоксидной смолы с согласованным показателем преломления, расположенный между противоположными частями первой и второй боковых поверхностей и связывающий их без слоя металла между ними.

Согласно другому аспекту раскрытого ниже изобретения предложена волоконно-оптическая система, содержащая: смесительное оптическое волокно, имеющее первую торцевую поверхность с первой площадью и вторую торцевую поверхность с первой площадью; объединительные средства, имеющие торцевую поверхность со второй площадью, прикрепленную к первой торцевой поверхности смесительного оптического

волокна; первый участок пластикового оптического волокна, имеющий площадь поперечного сечения, равную первой площади, и оптически связанный с объединительными средствами; второй участок пластикового оптического волокна, имеющий площадь поперечного сечения, равную первой площади, и оптически
 5 связанный с объединительными средствами; и множество выходных пластиковых оптических волокон, имеющих торцевые поверхности с третьей площадью, меньшей, чем первая площадь, прикрепленные ко второй торцевой поверхности смесительного оптического волокна. Вторая площадь предпочтительно равна первой площади. В соответствии с некоторыми вариантами реализации волоконно-оптической системы,
 10 описанной в предыдущем абзаце, объединительные средства содержат первую и вторую части, имеющие соответствующие торцевые поверхности, прикрепленные к первой торцевой поверхности смесительного оптического волокна, причем первая и вторая части объединительных средств соединены вместе посредством слоя эпоксидной смолы с согласованным показателем преломления, первый участок пластикового оптического
 15 волокна выполнен заодно целое с первой частью соединительных средств, и второй участок пластикового оптического волокна выполнен заодно целое со второй частью соединительных средств. В соответствии с другими вариантами реализации объединительные средства могут представлять собой отдельный оптически прозрачный компонент, имеющий две входные торцевые поверхности, прикрепленные к торцевым
 20 поверхностям соответствующих пластиковых оптических волокон, и выходную торцевую поверхность, прикрепленную к торцевой поверхности смесительного оптического волокна. Смесительное оптическое волокно предпочтительно содержит пластиковое оптическое волокно со ступенчатым профилем показателя преломления.

Согласно другому аспекту раскрытого ниже изобретения предложена система
 25 передачи данных, содержащая: первое множество электрических устройств и второе множество электрических устройств, выполненных с возможностью отправки и приема электрических сигналов, представляющих данные; первое множество оптоэлектрических преобразователей среды, каждый из которых содержит соответствующий передатчик, который выполнен с возможностью преобразования электрических сигналов, принятых
 30 от соответствующего электрического устройства из первого множества электрических устройств, в оптические сигналы и соответствующий приемник, который выполнен с возможностью преобразования оптических сигналов в электрические сигналы для отправки к соответствующему электрическому устройству из первого множества электрических устройств; второе множество оптоэлектрических преобразователей
 35 среды, каждый из которых содержит соответствующий передатчик, который выполнен с возможностью преобразования электрических сигналов, принятых от соответствующего электрического устройства из второго множества электрических устройств, в оптические сигналы и соответствующий приемник, который выполнен с
 40 возможностью преобразования оптических сигналов в электрические сигналы для отправки к соответствующему электрическому устройству из второго множества электрических устройств; первое множество входных пластиковых оптических волокон, соответственно оптически связанных с передатчиками первого множества оптоэлектрических преобразователей среды и имеющих торцевые поверхности с первой
 45 площадью; второе множество входных пластиковых оптических волокон, соответственно оптически связанных с передатчиками второго множества оптоэлектрических преобразователей среды и имеющих торцевые поверхности с первой площадью; первое множество выходных пластиковых оптических волокон, соответственно оптически связанных с приемниками первого множества

оптоэлектрических преобразователей среды и имеющих торцевые поверхности со второй площадью, меньшей, чем первая площадь; второе множество выходных пластиковых оптических волокон, соответственно оптически связанных с приемниками второго множества оптоэлектрических преобразователей среды, причем каждое

5 пластиковое оптическое волокно имеет торцевые поверхности с третьей площадью, меньшей, чем первая площадь; первый звездообразный оптический разветвитель, содержащий первый передаточный оптический смеситель, имеющий входную поверхность, прикрепленную к торцевым поверхностям первого множества входных пластиковых оптических волокон, и имеющий выходную поверхность, первый приемный

10 оптический смеситель, имеющий выходную поверхность, прикрепленную к торцевым поверхностям первого множества выходных пластиковых оптических волокон, и первый зацикленный волоконный световод, который имеет первую торцевую поверхность, прикрепленную к выходной поверхности первого передаточного оптического смесителя, и вторую торцевую поверхность с четвертой площадью, меньшей чем первая площадь,

15 прикрепленную к первому приемному оптическому смесителю; второй звездообразный оптический разветвитель, содержащий второй передаточный оптический смеситель, имеющий входную поверхность, прикрепленную к торцевым поверхностям второго множества входных пластиковых оптических волокон, и имеющий выходную поверхность, второй приемный оптический смеситель, имеющий выходную поверхность,

20 прикрепленную к торцевым поверхностям второго множества выходных пластиковых оптических волокон, и второй зацикленный волоконный световод, который имеет первую торцевую поверхность, прикрепленную к выходной поверхности второго передаточного оптического смесителя, и вторую торцевую поверхность с пятой площадью, меньшей, чем первая площадь, прикрепленную ко второму приемному

25 оптическому смесителю; первый волоконный световод, который имеет первую торцевую поверхность, прикрепленную к выходной поверхности первого передаточного оптического смесителя, и вторую торцевую поверхность с шестой площадью, меньшей, чем первая площадь, прикрепленную ко второму приемному оптическому смесителю; и второй волоконный световод, который имеет первую торцевую поверхность,

30 прикрепленную к выходной поверхности второго передаточного оптического смесителя, и вторую торцевую поверхность с седьмой площадью, меньшей, чем первая площадь, прикрепленную к первому приемному оптическому смесителю. Первый приемный оптический смеситель содержит первое смесительное оптическое волокно, имеющее первую торцевую поверхность с первой площадью, прикрепленную ко вторым торцевым

35 поверхностям первого зацикленного пластикового оптического волокна и второго волоконного световода; и имеющее вторую торцевую поверхность с первой площадью, прикрепленную к торцевым поверхностям первого множества выходных пластиковых оптических волокон. Второй приемный оптический смеситель содержит второе смесительное оптическое волокно, имеющее первую торцевую поверхность с первой

40 площадью, прикрепленную ко вторым торцевым поверхностям второго зацикленного пластикового оптического волокна и первого волоконного световода; и имеющий вторую торцевую поверхность с первой площадью, прикрепленную к торцевым поверхностям второго множества выходных пластиковых оптических волокон. В соответствии с некоторыми вариантами реализации, сумма четвертой и седьмой

45 площадей и сумма пятой и шестой площадей соответственно равны первой площади, при этом четвертая и седьмая площади равны, а пятая и шестая площади не равны. Каждый из приемников первого и второго множеств оптоэлектрических преобразователей среды содержит соответствующий фотодатчик, имеющий восьмую

площадь, меньшую, чем первая площадь. В соответствии с некоторыми вариантами реализации, первое множество электронных устройств представляет собой конструктивно-сменные блоки, находящиеся в передней части летательного аппарата, а второе множество электронных устройств представляет собой конструктивно-сменные

5 блоки, находящиеся в задней части летательного аппарата.

Согласно еще одному аспекту предложен способ установки оптического смесителя в оптической сети, включающий: отрезание участка первого пластикового оптического волокна с образованием первой торцевой поверхности и второй торцевой поверхности, при этом каждая из первой торцевой поверхности и второй торцевой поверхности имеет

10 первую площадь; придание формы концевой части второго пластикового оптического волокна, имеющего площадь поперечного сечения, равную первой площади, с образованием первой боковой поверхности, которая пересекает первую торцевую поверхность, имеющую вторую площадь, меньшую, чем первая площадь, и перпендикулярна ей; придание формы концевой части третьего пластикового

15 оптического волокна, имеющего площадь поперечного сечения, равную первой площади, с образованием второй боковой поверхности, которая пересекает вторую торцевую поверхность, имеющую третью площадь, меньшую, чем первая площадь, и перпендикулярна ей; связывание вместе первой и второй боковых поверхностей второго и третьего пластиковых оптических волокон с использованием эпоксидной смолы с

20 согласованным показателем преломления; связывание первой торцевой поверхности и второй торцевой поверхности второго пластикового оптического волокна и третьего пластикового оптического волокна с соответствующими частями первой торцевой поверхности участка первого пластикового оптического волокна с использованием эпоксидной смолы с согласованным показателем преломления; связывание торцевых

25 поверхностей множества четвертых пластиковых оптических волокон, каждая из которых имеет четвертую площадь, меньшую, чем первая площадь, с соответствующими частями второй торцевой поверхности первого пластикового оптического волокна с использованием эпоксидной смолы с согласованным показателем преломления; закрепление участка первого оптического волокна, соответствующих частей концевых

30 частей второго пластикового оптического волокна и третьего пластикового оптического волокна и части оболочки множества четвертых пластиковых оптических волокон в наконечнике с использованием заливочной оптической эпоксидной смолы; и соединение второго и третьего пластиковых оптических волокон и множества пластиковых оптических волокон с соответствующими другими пластиковыми оптическими

35 волокнами оптической сети. Сумма второй и третьей площадей предпочтительна равна первой площади.

Оптические сети, раскрытые в настоящем описании, предназначены для улучшения бюджета (энергетического потенциала) оптической линии (optical link budget) оптической системы и обеспечения возможности достижения оптической системой запланированного

40 запаса надежности оптической линии до конца срока эксплуатации в соответствии с требованием конкретной установки. Предлагаемая конструкция является малозатратной и изготавливаемой с использованием существующих на рынке пластиковых оптических волоконных компонентов без использования высокотемпературных процессов плавления.

45 Другие аспекты асимметричных приемных оптических смесителей для использования в оптических сетях раскрыты ниже.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

Особенности, функции и преимущества, описанные в предыдущем разделе, могут

быть достигнуты независимо в различных вариантах реализации или могут быть объединены в других вариантах реализации. Различные варианты реализации раскрыты в настоящем описании со ссылками на чертежи для иллюстрации описанных выше аспектов и других аспектов. Ни один из чертежей, кратко описанных в данном разделе, не представлен в масштабе и относительная толщина слоев, показанных на данных чертежах не отражает точные фактические толщины.

На фиг. 1 схематически показан летательный аппарат с множеством конструктивно-сменных блоков, соединенных посредством оптической сети на основе пластикового волокна, имеющей два симметричных звездообразных оптических разветвителя.

На фиг. 2А и 2В схематически показаны виды в перспективе и вид сбоку соответственно сужающегося оптического смесителя в соответствии с одним вариантом реализации.

На фиг. 3А, 3В и 3С схематически показаны виды с первого конца, сбоку и со второго конца соответственно сужающегося оптического смесителя такого типа, как показан на фиг. 2А и 2В, соединенного с пластиковыми оптическими волокнами на обоих концах.

На фиг. 4 схематически показан вид в перспективе части оптической сети, содержащей пару сужающихся оптических смесителей, которые оптически связаны друг с другом.

На фиг. 5 схематически показана оптическая сеть, которая содержит две пары сужающихся оптических смесителей в соответствии с одним вариантом реализации.

На фиг. 6 схематически показан разрез оптического соединения двух оптических волокон с использованием соединителя.

На фиг. 7 схематически показана конфигурация оптической сети, в соответствии с одним вариантом реализации, с пятью разрывами соединителя между передним и задним звездообразными разветвителями.

На фиг. 8 схематически показана конфигурация оптической сети, в соответствии с другим вариантом реализации, с шестью разрывами соединителя между передним и задним звездообразными разветвителями.

На фиг. 9 схематически показан один конец пластикового оптического волокна диаметром 1 мм, оптически связанного с фотодатчиком диаметром 0,4 мм приемника посредством шарообразной линзы, припаянной к крышке.

На фиг. 10А схематически показан сужающийся приемный оптический смеситель переднего звездообразного разветвителя, который имеет пару входных пластиковых оптических волокон диаметром 1 мм, прикрепленных к его входной поверхности, и множество выходных пластиковых оптических волокон, прикрепленных к его выходной поверхности.

На фиг. 10В схематически показан сужающийся приемный оптический смеситель заднего звездообразного разветвителя, который имеет два входных пластиковых оптических волокна диаметром 1 мм, прикрепленных к его входной поверхности, и четыре выходных пластиковых оптических волокна диаметром 1 мм, прикрепленных к его выходной поверхности.

На фиг. 11 схематически показан передний приемный оптический смеситель переднего звездообразного разветвителя, в соответствии с одним вариантом реализации, который содержит пластиковое оптическое волокно диаметром 1 мм со ступенчатым профилем показателя преломления, имеющее пару симметричных торцевых поверхностей D-образной формы соответствующих входных пластиковых оптических волокон, прикрепленных к его входной торцевой поверхности, и имеющее торцевые поверхности множества выходных пластиковых оптических волокон диаметром 190 мкм, прикрепленных к его выходной торцевой поверхности.

На фиг. 12 схематически показан вид в перспективе двух пластиковых оптических волокон, сходящихся для образования объединительных средств в оптическом смесителе, показанном на фиг. 11.

На фиг. 12А показан увеличенный вид концевой части объединительных средств, показанных на фиг. 12.

На фиг. 12В схематически показаны полукруглые торцевые поверхности пластиковых оптических волокон, показанных на фиг. 12.

На фиг. 13 схематически показана форма торцевых поверхностей множества выходных пластиковых оптических волокон диаметром 190 мкм, показанных на фиг. 11.

На фиг. 14 схематически показаны реальные (не идеализированные) формы торцевых поверхностей множества выходных пластиковых оптических волокон диаметром 190 мкм из доступного на рынке многожильного пучка пластиковых оптических волокон, которые могут быть прикреплены к выходной торцевой поверхности пластикового оптического волокна диаметром 1 мм со ступенчатым профилем показателя преломления, показанного на фиг. 11.

На фиг. 15 схематически показан многожильный пучок пластиковых оптических волокон, часть которого была разделена на отдельные пластиковые оптические волокна посредством удаления внешней оболочки пучка волокон.

На фиг. 16 схематически показана форма торцевых поверхностей множества выходных пластиковых оптических волокон диаметром 175 мкм, которые могут быть прикреплены к выходной торцевой поверхности пластикового оптического волокна диаметром 1 мм со ступенчатым профилем показателя преломления, показанного на фиг. 11, в соответствии со вторым вариантом реализации.

На фиг. 17 схематически показана форма торцевых поверхностей множества выходных пластиковых оптических волокон диаметром 175 мкм, которые могут быть прикреплены к выходной торцевой поверхности пластикового оптического волокна диаметром 1 мм со ступенчатым профилем показателя преломления, показанного на фиг. 11, в соответствии с третьим вариантом реализации.

На фиг. 18 схематически показан задний приемный оптический смеситель заднего звездообразного разветвителя, в соответствии с одним вариантом реализации, который содержит пластиковое оптическое волокно диаметром 1 мм со ступенчатым профилем показателя преломления, имеющее входную торцевую поверхность, к которой прикреплены две ассиметричные торцевые поверхности соответствующих входных пластиковых оптических волокон, и выходную торцевую поверхность, к которой прикреплены торцевые поверхности четырех выходных пластиковых оптических волокон диаметром 400 мкм.

На фиг. 19 схематически показаны две ассиметричные торцевые поверхности входных пластиковых оптических волокон, показанных на фиг. 18.

На фиг. 20 схематически показаны торцевые поверхности четырех выходных пластиковых оптических волокон диаметром 400 мкм, показанных на фиг. 18.

Далее будут приведены ссылки на чертежи, на которых одинаковым элементам на различных чертежах присвоены одинаковые ссылочные номера.

ОСУЩЕСТВЛЕНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Приведенные в качестве иллюстрации варианты реализации оптических сетей описаны ниже в некоторыми подробностями. Однако не все особенности действительного варианта осуществления описаны в материалах настоящей заявки. Специалисту в данной области техники будет понятно, что при разработке любого из таких вариантов

реализации необходимо осуществить множество решений, относящихся к конкретному варианту осуществления, для достижения конкретных целей разработчика, таких как соответствие с системными и экономическими ограничениями, которые будут различаться от одного варианта осуществления к другому. Более того, будет понятно, что такая конструкторская разработка должна быть сложной и времязатратной, но, несмотря на это, будет обычным мероприятием для специалиста в данной области техники, ознакомленного с данным изобретением.

Различные варианты реализации волоконно-оптической сети для обеспечения оптической связи между конструктивно-сменными блоками на летательном аппарате будут описаны более подробно ниже в иллюстративных целях. Однако вариант осуществления волоконно-оптических сетей, раскрытый в настоящем описании, не ограничен исключительно сферой летательных аппаратов, а может быть использован в волоконно-оптических сетях в транспортных средствах или волоконно-оптических сетях других типов.

Известно соединение между собой конструктивно-сменных блоков на летательном аппарате с использованием волоконно-оптической системы, содержащей звездообразные разветвители с двойной симметрией. В некоторых случаях конструктивно-сменные блоки соединены с звездообразными оптическими разветвителями посредством пластиковых оптических волокон. Таким образом сигналы, отправленные каждым из конструктивно-сменных блоков, принимают все другие конструктивно-сменные блоки. Некоторые конструктивно-сменные блоки разделены относительно большими расстояниями.

На фиг. 1 показан летательный аппарат 400, имеющий множество конструктивно-сменных блоков 401 на борту. Для простоты описания, не все конструктивно-сменные блоки 401 пронумерованы. Летательное транспортное средство содержит оптическую сеть, которая обеспечивает возможность связи конструктивно-сменных блоков 401 друг с другом. В соответствии с вариантом реализации, показанном на фиг. 1, оптическая сеть содержит передний звездообразный разветвитель 410, расположенный в передней части летательного аппарата 400, и задний звездообразный разветвитель 420, расположенный в задней части летательного аппарата 400. Оптическая сеть также содержит следующие элементы: (а) пластиковые оптические волоконные линии 411 передачи от каждого преобразователя среды конструктивно-сменных блоков 401 в передней части летательного аппарата 400 к переднему звездообразному разветвителю 410; (b) пластиковые оптические волоконные приемные линии 412, соединяющие передний звездообразный разветвитель 410 обратно с каждым преобразователем среды конструктивно-сменных блоков 401 в передней части летательного аппарата 400; (с) пластиковые оптические волоконные линии 421 передачи от каждого преобразователя среды конструктивно-сменных блоков 401 в задней части летательного аппарата 400 к заднему звездообразному разветвителю 420; (d) пластиковые оптические волоконные приемные линии 422, соединяющие задний звездообразный разветвитель 420 обратно с каждым преобразователем среды конструктивно-сменных блоков 401 в задней части летательного аппарата 400; (е) первую длинную пластиковую оптическую волоконную линию 431 передачи, соединяющую передний звездообразный разветвитель 410 с задним звездообразным разветвителем 420; и (f) вторую длинную пластиковую оптическую волоконную линию 432 передачи, соединяющую передний звездообразный разветвитель 410 с задним звездообразным разветвителем 420.

Оптическое волокно представляет собой цилиндрический диэлектрический волновод, который передает свет вдоль своей оси. Волокно состоит из прозрачного сердечника

(жила), окруженного прозрачным покрывающим слоем (далее - "оболочка"), при этом сердечники оболочка выполнены из диэлектрических материалов. Свет удерживается в сердечнике благодаря явлению полного внутреннего отражения. Для ограничения оптического сигнала в сердцевине коэффициент преломления сердечника больше, чем коэффициент преломления оболочки. Граница между жилой и оболочкой может быть либо резкой, как в волокне со ступенчатым профилем показателя преломления, либо плавной, как в волокне с плавным изменением коэффициента преломления. Хотя оптические волокна могут быть выполнены из стекла или пластика, настоящее изобретение направлено на системы, в которых используют пластиковые оптические волокна.

В соответствии с вариантами реализации, раскрытыми в настоящем описании, каждый из переднего звездообразного разветвителя 410 и заднего звездообразного разветвителя 420 содержит соответствующую пару сужающихся оптических смесителей. На фиг. 2А и 2В показаны чертежи, представляющие вид в перспективе и вид сбоку соответственно оптического смесителя 610 в соответствии с одним вариантом реализации. Оптический смеситель 610 имеет первую поверхность 611 и вторую поверхность 612. Размер 621 первой поверхности 611 может быть основан на количестве оптических волокон, которые необходимо присоединить к первой поверхности 611. Размер 622 второй поверхности 612 может быть основан на количестве оптических волокон, которые необходимо присоединить ко второй поверхности 612. Если количество оптических волокон, которые необходимо присоединить к первой поверхности 611, отличается от количества оптических волокон, которые необходимо присоединить ко второй поверхности 612, тогда размер первой поверхности 611 и размер второй поверхности 612 могут быть разными, таким образом придавая оптическому смесителю 610 сужающуюся форму. Длина 623 оптического смесителя 610 может быть основана на размерах 621 и 622 поверхностей 611 и 612. Каждая из поверхностей 611 и 612 может быть по существу центрированной относительно оси 624, которая по существу перпендикулярна каждой из двух поверхностей 611 и 612. Смесительный стержень 610 предпочтительно выполнен из материала, который имеет коэффициент преломления, равный коэффициенту преломления пластикового материала пластиковых оптических волокон, соединенных с оптическим смесителем 610.

На фиг. 3А, 3В и 3С показаны чертежи, представляющие виды с первого конца, сбоку и со второго конца соответственно сужающегося оптического смесителя 610 такого типа, как показан на фиг. 2А и 2В, соединенного с пластиковыми оптическими волокнами на обоих концах. В частности, первый набор оптических волокон 640 прикреплен к первой поверхности 611 оптического смесителя 610, а второй набор оптических волокон 650 прикреплен ко второй поверхности 612 оптического смесителя 610. Размеры поверхностей 611 и 612 и длина оптического смесителя 610 могут быть определены таким образом, что свет, входящий от любого оптического волокна из первого набора оптических волокон 640, будет распределен по существу равномерно по второй поверхности 612, в то время как свет, входящий от любого оптического волокна из второго набора оптических волокон 650, будет распределен по существу равномерно по первой поверхности 611. Таким образом, когда оптический сигнал входит через одну поверхность оптического смесителя 610 от оптического волокна, такой же оптический сигнал передается во все оптические волокна, прикрепленные к противоположной поверхности оптического смесителя 610.

В примере, показанном на фиг. 3А, количество оптических волокон 640 равно девятнадцати; в примере, показанном на фиг. 3С, количество оптических волокон 650

равно четырем. Однако обычно количество оптических волокон 640 может изменяться от семи до сорока, в то время как количество оптических волокон 650 может изменяться от двух до четырех.

Первый и второй наборы оптических волокон 640 и 650 могут быть выровнены с соответствующими поверхностями 611 и 612 оптического смесителя 630 для оптимизации соединения. После выравнивания первый и второй наборы оптических волокон 640 и 650 могут быть прикреплены к соответствующим поверхностям 611 и 612 оптического смесителя 610 посредством отверждаемого при помощи ультрафиолетового света адгезива с согласованным показателем преломления. Законченная сборка оптических волокон 640 и 650 и оптического смесителя 610 может быть упакована в защитный корпус. Соединители могут быть использованы для стыковки оптических волокон в упаковочном защитном корпусе с внешними оптическими волокнами.

На фиг. 4 схематически показан вид в перспективе части оптической сети, содержащей пару сужающихся оптических смесителей 710 и 720, которые оптически связаны друг с другом посредством оптического волокна 730. Оптический смеситель 710 имеет первую поверхность 711 с первым набором прикрепленных к ней оптических волокон 712 и вторую поверхность 713 с прикрепленными к ней оптическими волокнами 714 и 730. Аналогичным образом, оптический смеситель 720 имеет первую поверхность 721 со вторым набором прикрепленных к ней оптических волокон 722 и вторую поверхность 723 с прикрепленными к ней оптическими волокнами 724 и 730. Оптический смеситель 710 может равномерно распределять свет от оптических сигналов, принятых от первого набора оптических волокон 712, по второй поверхности 713 таким образом, что оптические сигналы, входящие в оптические волокна 714 и 730, представляют собой комбинацию всех оптических сигналов, принятых от первого набора оптических волокон 712. В дополнение, оптическое волокно 714 может быть соединено с одним из другой пары оптических смесителей (не показаны). В дополнение, оптическое волокно 730 может переносить комбинацию оптических сигналов, принятых от первого набора оптических волокон 712, ко второй поверхности 723 оптического смесителя 720. Оптическое волокно 724 может также переносить оптический сигнал от одного из другой пары оптических смесителей (не показаны). Оптический смеситель 720 может равномерно распределять свет от оптических сигналов, принятых от оптических волокон 724 и 730, по первой поверхности 721 таким образом, что оптические сигналы, входящие во второй набор оптических волокон 722, представляют собой комбинацию всех оптических сигналов, принятых от оптических волокон 724 и 730.

На фиг. 5 показано схематическое представление оптической сети 800, которая содержит четыре оптических смесителя 812, 813, 822 и 823, в соответствии с одним вариантом реализации. Оптическая сеть 800 содержит первое множество оптоэлектрических преобразователей среды 811-1 - 811-N (т.е. количество оптоэлектрических преобразователей среды в первом множестве равно N), которые: (а) соответственно электрически соединены с первым множеством N конструктивно-сменных блоков 810-1 - 810-N; (b) оптически связаны с оптическим смесителем 812 посредством пластиковых оптических волокон 814; и (с) оптически связаны с оптическим смесителем 813 посредством пластиковых оптических волокон 815. Каждый оптоэлектрический преобразователь среды из первого множества содержит: (а) соответствующий передатчик (не показан на фиг. 5), который имеет лазер для преобразования электрических сигналов, принятых от соответствующего конструктивно-сменного блока, в оптические сигналы, которые необходимо отправить на оптический смеситель 812; и (b) соответствующий приемник (не показан на фиг. 5) который имеет

фотодатчик, который преобразовывает оптические сигналы, принятые от оптического смесителя 813, в электрические сигналы, которые необходимо отправить на соответствующий конструктивно-сменный блок.

Оптическая сеть 800 также содержит второе множество из M оптоэлектрических преобразователей среды 821-1 - 821- M (т.е. количество оптоэлектрических преобразователей среды во втором множестве равно M), которые: (а) соответственно электрически соединены со вторым множеством M конструктивно-сменных блоков 820-1 - 820- M ; (b) оптически связаны с оптическим смесителем 822 посредством пластиковых оптических волокон 824; и (с) оптически связаны с оптическим смесителем 823 посредством пластиковых оптических волокон 825. Каждый оптоэлектрический преобразователь среды из второго множества содержит: (а) соответствующий передатчик (не показан на фиг. 5), который имеет лазер для преобразования электрических сигналов, принятых от соответствующего конструктивно-сменного блока, в оптические сигналы, которые необходимо отправить на оптический смеситель 822; и (b) соответствующий приемник (не показан на фиг. 5) который имеет фотодатчик для преобразования оптических сигналов, принятых от оптического смесителя 823, в электрические сигналы, которые необходимо отправить на соответствующий конструктивно-сменный блок.

Оптическая сеть 800, показанная на фиг. 5 также содержит оптические волокна 831, 832, 833 и 834. Оптическое волокно 831 соединено для обеспечения распространения оптических сигналов от меньшего конца оптического смесителя 812 к меньшему концу оптического смесителя 813. Оптическое волокно 832 соединено для обеспечения распространения оптических сигналов от меньшего конца оптического смесителя 812 к меньшему концу оптического смесителя 823. Оптическое волокно 833 соединено для обеспечения распространения оптических сигналов от меньшего конца оптического смесителя 822 к меньшему концу оптического смесителя 813. Оптическое волокно 834 соединено для обеспечения распространения оптических сигналов от меньшего конца оптического смесителя 822 к меньшему концу оптического смесителя 823. В соответствии с оптической сетью 800, показанной на фиг. 5, каждый сигнал, отправленный любым из конструктивно-сменных блоков, принят всеми другими конструктивно-сменными блоками.

В варианте реализации, показанном на фиг. 5, первый и второй оптические смесители 812 и 813 выполнены с возможностью соединения с N оптических волокон на одном конце и с двумя оптическими волокнами на другом конце. Такие оптические смесители могут называться оптическими смесителями $2 \times N$. Третий и четвертый оптические смесители 822 и 823 выполнены с возможностью соединения с M оптических волокон на одном конце и с двумя оптическими волокнами на другом конце. Такие оптические смесители могут называться оптическими смесителями $2 \times M$.

В одном примере электрический сигнал отправлен конструктивно-сменным блоком 810-1 на первой оптоэлектрический преобразователь среды 811-1, который преобразовывает электрический сигнал в оптический сигнал, который отправлен на оптический смеситель 812 посредством одного из оптических волокон 814. Из оптического смесителя 812 оптический сигнал отправлен на оптические смесители 813 и 823 посредством оптических волокон 831 и 832 соответственно. Второй оптический смеситель 813 принимает оптический сигнал посредством оптического волокна 831 и отправляет этот оптический сигнал вдоль каждого из оптических волокон 815 к первому множеству оптоэлектрических преобразователей среды 811-1 - 811- N . Эти оптические сигналы преобразуют в электрические сигналы и отправляют на соответствующие

блоки из первого множества конструктивно-сменных блоков 810-1 - 810-N. В то же время четвертый оптический смеситель 823 принимает оптический сигнал от оптического смесителя 812 посредством оптического волокна 832 и отправляет этот оптический сигнал вдоль каждого из оптических волокон 825 ко второму множеству

5 оптоэлектрических преобразователей среды 821-1 - 821-M. Оптические сигналы преобразуют в электрические сигналы и отправляют на соответствующие блоки из второго множества конструктивно-сменных блоков 820-1 - 820-M.

Вследствие большой длины некоторых волоконных световодов, соединяющих передний и задний звездообразные разветвители, обычным является использование

10 соединителей для последовательного оптического соединения множества коротких пластиковых волокон. На фиг. 6 показан вид в разрезе оптического соединения одного конца первого волоконно-оптического устройства 8a с одним концом второго волоконно-оптического устройства 8b с использованием соединителя 6. Первое волоконно-оптическое устройство 8a содержит пластиковое оптическое волокно 2b,

15 окруженное наконечником 4b, выполненным из металла (например, нержавеющей стали или алюминия) или керамики, а второе волоконно-оптическое устройство 8b содержит пластиковое оптическое волокно 2a, окруженное наконечником 4a, выполненным из металла или керамики. Хорошо известно, что каждое пластиковое волокно, показанное на фиг. 6 (и на других чертежах), содержит полимерный сердечник

20 (жилу) (например, выполненный из полиметилметакрилата, ПММП), окруженный фторсодержащей полимерной оболочкой. В примере, показанном на фиг. 6, пластиковые оптические волокна 2a и 2b имеют по существу одинаковый диаметр. Таким образом, лучи света (показанные пунктирными линиями), распространяющиеся слева направо (как показано на фиг. 6) вдоль пластикового оптического волокна 2a, могут проходить

25 в пластиковое оптическое волокно 2b с малыми оптическими потерями на соединении.

Существует и доступно на рынке множество различных типов соединителей оптического волокна. Соответственно, фиг. 6 не ориентирована на то, чтобы показать какую-либо конкретную конфигурацию или тип соединителей оптических волокон, а просто представляет (в сечении) обобщенный вид соединителя как в целом круговую

30 цилиндрическую конструкцию. В дополнение, хорошо известно, что некоторые соединители содержат пружины и соответствующие конструкции для толкания концов двух волоконно-оптических устройств для контакта друг с другом. Таким пружины и соответствующие конструкции также не показаны на фиг. 6.

Оптические потери на соединении в соединителе зависят от качества противолежащих

35 (в данном примере упирающихся) торцевых поверхностей пластиковых оптических волокон (ПОВ) 2a и 2b. Торцевые поверхности пластикового оптического волокна плохого качества могут вносить дополнительные оптические потери в соединителе. Обеспечение гладких торцевых поверхностей пластиковых оптических волокон является важным для снижения оптических потерь на соединении в соединителе для сетей

40 авиационного электронного оборудования на основе пластиковых оптических волокон, когда бюджет оптической линии небольшой вследствие относительно больших длин пластиковых оптических волокон.

Во время перемещений транспортного средства, такого как летательный аппарат, вибрации возникают в различных компонентах с различными амплитудами и частотами

45 вибраций. В случаях, когда два компонента находятся в контакте, вибрации могут вызвать трение данных компонентов друг о друга. В случаях, когда два компонента выполнены из пластика, трущиеся поверхности двух компонентов могут поцарапаться, или в них могут развиваться другие дефекты. Во избежание таких повреждений,

необходимо обеспечить волоконно-оптическую систему, в которой воздушный промежуток присутствует между противлежащих торцевых поверхностей пластиковых оптических волокон 2a и 2b, показанных на фиг. 6. Это может быть выполнено посредством полировки торцевых поверхностей волоконно-оптических устройств 8a и 8b, так что торцевые поверхности наконечников 4a и 4b упираются, а торцевые поверхности пластиковых оптических волокон 2a и 2b разделены воздушным зазором, как описано в заявке на патент США №15/161,552.

На фиг. 7 схематически показана конфигурация оптической сети, в соответствии с одним вариантом реализации, с пятью разрывами соединителя на каждом из волоконных световодов 30 и 40, соединяющих передний звездообразный разветвитель 10 с задним звездообразным разветвителем 20. Передний звездообразный разветвитель 10 содержит передаточный оптический смеситель 12 с соотношением 24 на 2 и приемный оптический смеситель 14 с соотношением 2 на 24. Задний звездообразный разветвитель 20 содержит передаточный оптический смеситель 22 с соотношением 4 на 2 и приемный оптический смеситель 24 с соотношением 2 на 4. Оптические смесители выполнены из оптически прозрачного материала.

Все также со ссылкой на фиг. 7, входная поверхность передаточного оптического смесителя 12 с соотношением 24 на 2 соединена с соответствующими передатчиками Tx1 - Tx19 из множества передатчиков 16 посредством соответствующих пластиковых оптических волокон 36, а выходная поверхность приемного оптического смесителя 14 с соотношением 2 на 24 соединена с соответствующими приемниками Rx1 - Rx19 из множества приемников 18 посредством соответствующих пластиковых оптических волокон 38. Каждый из множеств приемников 18 может представлять собой монолитный приемный чип с интегральной схемой (ИС), упакованный в металлическую чашу (далее описанный со ссылкой на фиг. 9). Передатчики 16 и приемники 18 выполнены парами в соответствующих передних оптоэлектрических преобразователях среды. Например, передатчик Tx1 и приемник Rx1 встроены в первый передний оптоэлектрический преобразователь среды, электрически соединенный с первым передним конструктивно-сменным блоком (не показан на фиг. 7); передатчик Tx2 и приемник Rx2 встроены во второй передний оптоэлектрический преобразователь среды, электрически соединенный со вторым передним конструктивно-сменным блоком (не показан на фиг. 7); и так далее. Девятнадцать пар передатчиков/приемников (Tx1 - Tx19/Rx1 - Rx19) передних оптоэлектрических преобразователей среды образуют девятнадцать каналов, восемнадцать активных каналов и один запасной, причем каждый канал соединен с соответствующим конструктивно-сменным блоком, расположенным в передней части летательного аппарата.

Аналогичным образом, входная поверхность передаточного оптического смесителя 22 с соотношением 4 на 2 соединена с соответствующими передатчиками Tx1 - Tx4 из множества передатчиков 26 посредством соответствующих пластиковых оптических волокон 46, а выходная поверхность приемного оптического смесителя 24 с соотношением 2 на 4 соединена с соответствующими приемниками Rx1 - Rx4 из множества приемников 28 посредством соответствующих пластиковых оптических волокон 48. Передатчики 26 и приемники 28 выполнены парами в соответствующих задних оптоэлектрических преобразователях среды. Например, передатчик Tx1 и приемник Rx1 встроены в первый задний оптоэлектрический преобразователь среды, электрически соединенный с первым задним конструктивно-сменным блоком (не показан на фиг. 7); передатчик Tx2 и приемник Rx2 встроены во второй задний оптоэлектрический преобразователь среды, электрически соединенный со вторым

задним конструктивно-сменным блоком (не показан на фиг. 7); и так далее. Четыре пары передатчиков/приемников (Tx1 - Tx4/Rx1 - Rx4) задних оптоэлектрических преобразователей среды образуют четыре канала, три активных канала и один запасной, причем каждый канал соединен с соответствующим конструктивно-сменным блоком, расположенным в задней части летательного аппарата.

В оптической сети, показанной на фиг. 7, выходная поверхность передаточного оптического смесителя 12 с соотношением 24 на 2 оптически связана с входной поверхностью приемного оптического смесителя 24 с соотношением 2 на 4 посредством волоконного световода 30, а выходная поверхность передаточного оптического смесителя 22 с соотношением 4 на 2 оптически связана с входной поверхностью приемного оптического смесителя 14 с соотношением 2 на 24 посредством волоконного световода 40. Волоконный световод 30 содержит шесть пластиковых оптических волокон 32a - 32f, последовательно оптически связанных посредством пяти соединителей 34a - 34e, а волоконный световод 40 содержит шесть пластиковых оптических волокон 42a - 42f, последовательно оптически связанных посредством пяти соединителей 44a - 44e. В дополнение, выходная поверхность передаточного оптического смесителя 12 с соотношением 24 на 2 оптически связана с входной поверхностью приемного оптического смесителя 14 с соотношением 2 на 24 посредством пластиковых оптических волокон 50a и 50b, соединенных посредством соединителя 52, а выходная поверхность передаточного оптического смесителя 22 с соотношением 4 на 2 оптически связана с входной поверхностью приемного оптического смесителя 24 с соотношением 2 на 4 посредством пластиковых оптических волокон 54a и 54b, соединенных посредством оптического аттенюатора 56.

При помощи компьютерной симуляции было определено, что при оптической выходной мощности передатчика и чувствительности приемника оптической системы, показанной на фиг. 7, учитывая оптические потери в пластиковых оптических волокнах и оптические потери на соединителях, может быть достигнут запас надежности оптической линии до конца срока эксплуатации в рамках проектной цели для волоконно-оптической системы с высокой надежностью в среде авиационного электронного оборудования. Однако последующий обзор установки, представленной конфигурацией, показанной на фиг. 7, показал, что длины волоконных световодов 30 и 40 следует увеличить.

Для осуществления предложенного увеличения длины было определено, что один соединитель должен быть добавлен к каждому из волоконных световодов 30 и 40.

Окончательная конфигурация показана на фиг. 8, которая идентична показанной на фиг. 7, за исключением того, что волоконный световод 30 имеет дополнительный (т.е. шестой) соединитель 34f и дополнительное (т.е. седьмое) пластиковое оптическое волокно 32g, и что волоконный световод 40 имеет дополнительный (т.е. шестой) соединитель 44f и дополнительное (т.е. седьмое) пластиковое оптическое волокно 42g. Пластиковое оптическое волокно 32g проходит от соединителя 34f к входной поверхности передаточного оптического смесителя 24; пластиковое оптическое волокно 42g проходит от соединителя 44f к входной поверхности передаточного оптического смесителя 14.

При помощи компьютерного моделирования было выявлено, что данное увеличение количества пластиковых оптических волоконных связей и разрывов соединения снизит запас надежности оптической линии системы. Следовательно, была сделана попытка инженерной разработки конструкционного изменения, которое повысило бы запас надежности оптической линии до более высокого уровня. При помощи анализа было

определено, что наиболее надежным и обоснованным подходом для достижения необходимого усовершенствования в бюджете оптической линии будет улучшение чувствительности приемника.

На фиг. 9 показана схема, представляющая один конец пластикового оптического волокна 2 диаметром 1 мм, оптически связанного с фотодатчиком 64 диаметром 0,4 мм монолитного приемного чипа 68 с интегральной схемой посредством шарообразной линзы 62, в соответствии с одним вариантом реализации. Монолитный приемный чип 68 с интегральной схемой упакован в металлическую чашу 60. Верхняя часть металлической чаши 60 имеет круглое отверстие, в котором расположена шарообразная линза 62. Шарообразная линза 62 запаена на месте (см. спайку 66). Монолитный приемный чип 68 с интегральной схемой имеет встроенный фотодатчик 64 в виде кремниевого PIN датчика (область p-типа, нелегированная область, область n-типа). Приемный чип 68 с интегральной схемой выполнен с возможностью работы в качестве приемника с пакетным режимом, который генерирует электрические сигналы на основании оптических сигналов, обнаруженных фотодатчиком 64.

Приемные электронные средства и фотодатчик 64 интегрируют в один чип с целью снижения размера и обеспечения максимального соотношения сигнал-шум. Вследствие данного ограничения фотодатчик 64 в одном доступном на рынке приемнике имеет диаметр лишь 400 микрон (0,4 мм). Шарообразная линза 62 такого же доступного на рынке приемника имеет диаметр 2 мм. Соединение фотодатчика 64 диаметром 0,4 мм и выходного пластикового волокна 2 диаметром 1 мм, показанное на фиг. 9, приводит к оптическим потерям на соединении вследствие несовпадения размеров. Данные оптические потери на соединении (ОПС) могут быть вычислены с использованием коэффициента несовпадения площадей: $ОПС = 10 \times \text{Log}[(0,4/1)^2]$ дБ = -8 дБ. Данные теоретические вычисления показывают оптические потери, равные 8 дБ, на соединении каждого выходного пластикового оптического волокна 2 диаметром 1 мм с каждым фотодатчиком 64 диаметром 0,4 мм.

Для компенсации указанных выше оптических потерь, равных 8 дБ, на соединении, предложенное в настоящем документе решение заключается в замене выходных пластиковых оптических волокон, имеющих диаметр, меньший, чем 1 мм, и, предпочтительно, меньший, чем 0,4 мм. Результаты экспериментов с соединением выходных пластиковых оптических волокон меньшего диаметра с приемником, имеющим встроенный фотодатчик диаметром 0,4 мм, показали улучшение чувствительности приемника. Однако изменение размера выходного волокна при существующей конструкции звездообразного разветвителя, показанной на фиг. 10А и 10В, было не осуществимо.

На фиг. 10А показан передний приемный оптический смеситель 14 в виде сужающегося стеклянного смесительного стержня длиной 5 см, имеющего входные пластиковые оптические волокна 42f и 50b диаметром 1 мм, прикрепленные к входной поверхности 2,5 мм на 2,5 мм, и двадцать четыре выходных пластиковых оптических волокна 38 диаметром 1 мм, прикрепленные к выходной поверхности 7 мм на 7 мм. Девятнадцать волокон из пластиковых оптических волокон 38 оптически связаны с соответствующими приемниками (не показаны на фиг. 10А) соответствующих оптоэлектрических преобразователей среды, расположенных в передней части летательного аппарата. (Когда необходимы только девятнадцать из двадцати четырех выходных пластиковых оптических волокон, оставшиеся пять могут быть отрезаны.)

Аналогичным образом, на фиг. 10В показан задний приемный оптический смеситель 24 в виде сужающегося стеклянного смесительного стержня длиной 5 см, имеющего

два входных пластиковых оптических волокна 32f и 54b диаметром 1 мм, прикрепленные к входной поверхности 2,5 мм на 2,5 мм, и четыре выходных пластиковых оптических волокна 48 диаметром 1 мм, прикрепленные к выходной поверхности 5 мм на 5 мм.

Выходные пластиковые оптические волокна 48 оптически связаны с соответствующими приемниками (не показаны) соответствующих оптоэлектрических преобразователей среды, расположенных в задней части летательного аппарата.

Приемные оптические смесители 14 и 24, показанные на фиг. 10А и 10В, представляют собой симметричные разветвители пластиковых оптических волокон, имеющие входные и выходные поверхности, соединенные с пластиковыми оптическими волокнами диаметром 1 мм. Данная конструкция разветвителя предпочтительна для передаточных оптических смесителей 12 и 22 (см. фиг. 7) для обеспечения максимального соединения выходной мощности лазера передатчика и оптической линии. Но для приемных оптических смесителей 14 и 24 каждое выходное пластиковое оптическое волокно диаметром 1 мм имеет большое несоответствие с указанными ранее фотодатчиком диаметром 0,4 мм в соответствующем приемнике. Однако уменьшение размера выходных пластиковых оптических волокон создаст большое несоответствие с размерами выходных поверхностей приемных оптических смесителей 14 и 24.

Решение данной задачи, предложенной в настоящем описании, заключается в проектировании ассиметричного приемного оптического смесителя, который обеспечивает возможность использования выходных пластиковых оптических волокон, имеющих меньший диаметр, чем входные пластиковые оптические волокна. Далее будут описаны различные варианты реализации, в которых входные пластиковые оптические волокна имеют диаметр 1 мм, а выходные пластиковые оптические волокна имеют различные диаметры, меньшие чем 1 мм. Однако следует понимать, что раскрытая в настоящем описании концепция не требует наличия входных пластиковых оптических волокон диаметром 1 мм и фотодатчиков диаметром 0,4 мм. В целом, если диаметр d_{input} каждого входного пластикового оптического волокна больше, чем диаметр $d_{detector}$ фотодатчика, то диаметр d_{output} каждого выходного пластикового оптического волокна должен быть меньше чем d_{input} , а предпочтительно также равен или меньше $d_{detector}$.

На фиг. 11 показан чертеж переднего приемного оптического смесителя 100 переднего звездообразного разветвителя в соответствии с одним вариантом реализации. Данный передний приемный оптический смеситель 100 содержит пластиковое оптическое волокно 102 диаметром 1 мм со ступенчатым профилем показателя преломления с двумя D-образными торцевыми поверхностями соответствующих входных пластиковых оптических волокон 104 и 106, прикрепленными к его входной поверхности, и девятнадцатью выходными пластиковыми оптическими волокнами 114 диаметром 190 мкм, прикрепленными к его выходной поверхности.

На фиг. 12 схематически показан вид в перспективе двух входных пластиковых оптических волокон 104 и 106, сходящихся для образования объединительных средств 108 в оптическом смесителе, показанном на фиг. 11. На фиг. 12А показан увеличенный вид концевой части объединительных средств 108, показанных на фиг. 12. Концевые части входных пластиковых оптических волокон 104 и 106 соединены вместе с использованием слоя эпоксидной смолы 105 с согласованным показателем преломления для образования объединительных средств 108. На фиг. 12В показаны полукруглые торцевые поверхности 120 и 122 пластиковых оптических волокон, показанных на фиг. 12. В данном варианте реализации каждая из торцевых поверхностей 120 и 122 имеет радиус, равный радиусу (т.е. 0,5 мм) пластикового оптического волокна 102 диаметром

1 мм со ступенчатым профилем показателя преломления, показанного на фиг. 11.

Обращаясь к фиг. 11, входные пластиковые оптические волокна 104 и 106 содержат соответствующие концевые части (которые начинаются там, где круглые поперечные сечения входных пластиковых оптических волокон 104 и 106 переходят в некруглые, и оканчиваются торцевыми поверхностями 120 и 122), которые оптически связаны и соединены посредством связующего друг с другом на границе взаимодействия посредством слоя эпоксидной смолы 105 с согласованным показателем преломления. Данные оптически связанные концевые части образуют соединительные средства 108, которые будут рассматриваться, как часть переднего приемного оптического смесителя 100 (причем другой частью является указанное выше пластиковое оптическое волокно 102 диаметром 1 мм со ступенчатым профилем показателя преломления). Использование определения "передний приемный" в термине "передний приемный оптический смеситель" указывает на то, что выходные пластиковые оптические волокна 114 диаметром 190 мкм (каждое из которых имеет один конец, оптически связанный с передним приемным оптическим смесителем) имеют другие концы, которые оптически связаны с приемниками (не показаны), расположенными в передней части летательного аппарата.

Как показано на фиг. 11, 12 и 12А, концевая часть входного пластикового оптического волокна 104 имеет такую форму, чтобы образовывать первую боковую поверхность, которая пересекает торцевую поверхность 120, и перпендикулярна ей, а концевая часть входного пластикового оптического волокна 106 имеет такую форму, чтобы образовывать вторую боковую поверхность, которая пересекает торцевую поверхность 122, и перпендикулярна ей. Данные боковые поверхности затем соединяют и оптически связывают вместе посредством слоя эпоксидной смолы 105 с согласованным показателем преломления.

В соответствии с одним осуществлением варианта реализации, показанного на фиг. 11, пластиковое оптическое волокно 102 диаметром 1 мм со ступенчатым профилем показателя преломления представляет собой стандартное высокотемпературное пластиковое оптическое волокно, выполненное из полиметилметакрилата (ПММР). Участок LF пластикового оптического волокна 102 диаметром 1 мм со ступенчатым профилем показателя преломления предпочтительно имеет длину от 5 до 10 см для равномерного смешивания входных оптических сигналов во время их распространения в нем. Два входных пластиковых оптических волокна 104 и 106 имеют диаметр 1 мм, за исключением соответствующих концевых частей, которые образуют объединительные средства 108. Полукруглые торцевые поверхности 120 и 122, показанные на фиг. 12, прикреплены к круглой входной торцевой поверхности пластикового оптического волокна 102 диаметром 1 мм со ступенчатым профилем показателя преломления, показанного на фиг. 11, с использованием эпоксидной смолы с согласованным показателем преломления. В соответствии с одним вариантом реализации, каждая торцевая поверхность 120 и 122 является полукруглой с радиусом, равным радиусу (т.е. 0,5 мм) круглой входной торцевой поверхности пластикового оптического волокна 102 диаметром 1 мм со ступенчатым профилем показателя преломления.

В одном варианте осуществления, объединительные средства 108 могут иметь длину 8 мм или более. Слой эпоксидной смолы 105 с согласованным показателем преломления (показанный на фиг. 12) используют для связывания противоположащих плоских поверхностей входных пластиковых оптических волокон 104 и 106 вместе (без слоя металла) для улучшения равномерности смешивания двух входных оптических сигналов.

В соответствии с альтернативным вариантом реализации, объединительные средства 108 могут представлять собой отдельный цельный оптически прозрачный элемент,

имеющий две круглые входные торцевые поверхности диаметром 1 мм, оптически связанных с соответствующими входными пластиковыми оптическими волокнами диаметром 1 мм, и одну круглую выходную торцевую поверхность диаметром 1 мм, оптически связанную с входной торцевой поверхностью пластикового оптического

5 волокна 102 диаметром 1 мм со ступенчатым профилем показателя преломления.

В соответствии с одним осуществлением варианта реализации, показанного на фиг. 11, многожильный пучок 110 пластиковых оптических волокон, который имеет диаметр 1 мм, содержащий девятнадцать пластиковых оптических волокон 114 диаметром 190 мкм со ступенчатым профилем показателя преломления, объединенных вместе в пучок, 10 прикреплен к выходной торцевой поверхности пластикового оптического волокна 102 диаметром 1 мм со ступенчатым профилем показателя преломления. Входная поверхность такого пучка волокон показана на фиг. 13 (с использованием кругов, которые представляют идеальные, не существующие, формы торцевых поверхностей обычных пластиковых оптических волокон). Девятнадцать выходных пластиковых 15 оптических волокон 114 диаметром 190 мкм объединены вместе в пучок во внешней оболочке 116. Пластиковые оптические волокна 114 диаметром 190 мкм со ступенчатым профилем показателя преломления многожильного пучка 110 пластиковых оптических волокон, имеющего диаметр 1 мм, легко разделяются посредством растворения внешней оболочки 116 пучка волокон с использованием растворителя или посредством 20 механического снятия внешней оболочки 116.

На фиг. 14 показаны реальные (не идеализированные) формы торцевых поверхностей множества выходных пластиковых оптических волокон диаметром 190 мкм из доступного на рынке многожильного пучка пластиковых оптических волокон, которые могут быть прикреплены к выходной торцевой поверхности пластикового оптического 25 волокна 102 диаметром 1 мм со ступенчатым профилем показателя преломления, показанного на фиг. 11. На фиг. 15 схематически показана часть такого разделяемого многожильного пучка 110 пластиковых оптических волокон, имеющего диаметр 1 мм. На данном чертеже показаны разделенные концы пластиковых оптических волокон 114 диаметром 190 мкм со ступенчатым профилем показателя преломления в той части, 30 где внешняя оболочка 116 была удалена.

Обращаясь снова к фиг. 11, точный металлический (или керамический) наконечник 112 (показанный пунктирным прямоугольником), имеющий внутренний диаметр 1 мм, использован для размещения полностью пластикового оптического волокна 102 диаметром 1 мм со ступенчатым профилем показателя преломления, части 35 объединительных средств 108 и части многожильного пучка 110 пластиковых оптических волокон, имеющего диаметр 1 мм. (Пластиковое оптическое волокно 102 диаметром 1 мм со ступенчатым профилем показателя преломления и объединительные средства 108, когда соединены друг с другом, образуют передний приемный оптический смеситель 100.) Дополнительную заливочную оптическую эпоксидную смолу используют для 40 закрепления пластикового оптического волокна 102 диаметром 1 мм со ступенчатым профилем показателя преломления и указанных выше частей объединительных средств 108 и многожильного пучка 110 пластиковых оптических волокон, имеющего диаметр 1 мм, внутри наконечника 112. Внешняя оболочка той части многожильного пучка 110 пластиковых оптических волокон, имеющего диаметр 1 мм, которая расположены 45 внутри наконечника 112 и не разделена на отдельные волокна, не показано на фиг. 11.

Альтернативой использованию доступного на рынке многожильного пучка 110 пластиковых оптических волокон, имеющего диаметр 1 мм, является объединение в пучок девятнадцати пластиковых оптических волокон малого диаметра (доступных

на рынке по отдельности) в наконечнике 112, который имеет внутренний диаметр 1 мм. Наиболее подходящее отдельное пластиковое оптическое волокно малого диаметра с одним сердечником представляет собой пластиковое оптическое волокно диаметром 175 мкм. На фиг. 16 показан пучок 118 волокон, содержащий девятнадцать пластиковых оптических волокон 124 диаметром 175 мкм, объединенных вместе в пучок посредством внешней оболочки 116. Наружный диаметр внешней оболочки 116 может составлять 1 мм для соответствия внутреннему диаметру окружающего наконечника 112, показанного на фиг. 11. Пластиковые оптические волокна, имеющие диаметр 175 мкм, доступны на рынке от компании Asahi Kasei Corporation, Токио, Япония.

Если необходимо более девятнадцати каналов в переднем приемном оптическом смесителе 100, на фиг. 17 показано, что двадцать одно отдельное пластиковое оптическое волокно 128 диаметром 175 мкм может быть размещено в наконечнике диаметром 1 мм. Торцевые поверхности двадцати одного отдельного пластикового оптического волокна 128 диаметром 175 мкм могут быть прикреплены к выходной поверхности пластикового оптического волокна 102 диаметром 1 мм со ступенчатым профилем показателя преломления, показанного на фиг. 11. При таком варианте с 21 волокном передний приемный оптический смеситель 100 выполнен с возможностью содержания до трех запасных каналов. Это обеспечит возможность осуществления переднего звездообразного разветвителя восемнадцатью активными приемными каналами и тремя запасными приемными каналами.

На фиг. 11-17 показаны конструкция и осуществление асимметричного переднего приемного оптического смесителя, предназначенного для соединения со множеством приемников, расположенных в передней части летательного аппарата. Конструкция увеличивает бюджет линии для оптических сигналов, распространяющихся от передатчиков, расположенных в задней части летательного аппарата. Аналогичные изменения могут быть выполнены в конструкции и при осуществлении заднего приемного оптического смесителя.

На фиг. 18 показан чертеж заднего приемного оптического смесителя 200 заднего звездообразного разветвителя в соответствии с одним вариантом реализации. Данный задний приемный оптический смеситель 200 содержит пластиковое оптическое волокно 202 диаметром 1 мм со ступенчатым профилем показателя преломления с двумя D-образными торцевыми поверхностями соответствующих входных пластиковых оптических волокон 204 и 206, прикрепленными к его входной поверхности, и четырьмя выходными пластиковыми оптическими волокнами 214 диаметром 400 мкм, прикрепленными к его выходной поверхности. На фиг. 19 показаны две D-образные торцевые поверхности 220 и 222, которые представляют собой части круга, имеющего диаметр 1 мм, дополняющие друг друга. Площади торцевых поверхностей 220 и 222 стыкуются по хорде круга, что означает, что противоположные поверхности являются плоскими.

Для минимизации потерь на несоответствии площадей, оптимальный диаметр четырех выходных пластиковых оптических волокон 214 для использования в заднем приемном оптическом смесителе 200 составляет 400 мкм (0,4 мм). Пластиковое оптическое волокно диаметром 400 мкм является одним из отдельных пластиковых оптических волокон стандартного размера с одним сердечником, которое доступно на рынке. Пластиковые оптические волокна 214 диаметром 400 мкм также хорошо соответствуют диаметру описанного ранее фотодатчика 64 приемника, показанного на фиг. 9.

Обращаясь снова к фиг. 18, входные пластиковые оптические волокна 204 и 206 содержат соответствующие концевые части (которые начинаются там, где круглые

поперечные сечения входных пластиковых оптических волокон 204 и 206 переходят в некруглые, и оканчиваются торцевыми поверхностями 220 и 222), которые оптически связаны и соединены друг с другом на границе взаимодействия посредством слоя эпоксидной смолы 205 с согласованным показателем преломления. Данные оптически связанные концевые части образуют соединительные средства 208, которые будут рассматриваться, как часть заднего приемного оптического смесителя 200 (причем другой частью является указанное выше пластиковое оптическое волокно 202 диаметром 1 мм со ступенчатым профилем показателя преломления). Использование определения "задний приемный" в термине "задний приемный оптический смеситель" указывает на то, что выходные пластиковые оптические волокна 214 диаметром 400 мкм (каждое из которых имеет один конец, оптически связанный с задним приемным оптическим смесителем) имеют другие концы, которые оптически связаны с приемниками (не показаны), расположенными в задней части летательного аппарата.

Как показано на фиг. 18, торцевая часть входного пластикового оптического волокна 204 имеет такую форму, чтобы образовывать первую боковую поверхность, которая пересекает торцевую поверхность 220, и перпендикулярна ей (см. фиг. 19), а торцевая часть входного пластикового оптического волокна 206 имеет такую форму, чтобы образовывать вторую боковую поверхность, которая пересекает торцевую поверхность 222, и перпендикулярна ей (см. фиг. 19). Данные боковые поверхности затем соединяют и оптически связывают вместе посредством слоя эпоксидной смолы 205 с согласованным показателем преломления.

В соответствии с одним осуществлением варианта реализации, показанного на фиг. 18, пластиковое оптическое волокно 202 диаметром 1 мм со ступенчатым изменением коэффициента преломления представляет собой стандартное высокотемпературное пластиковое оптическое волокно, выполненное из полиметилметакрилата (ПММП). Участок LA пластикового оптического волокна 202 диаметром 1 мм со ступенчатым профилем показателя преломления предпочтительно имеет длину от 5 до 10 см для равномерного смешивания входных оптических сигналов во время их распространения в нем. Два входных пластиковых оптических волокна 204 и 206 имеют диаметр 1 мм, за исключением соответствующих концевых частей, которые образуют объединительные средства 208. Торцевые поверхности 220 и 222, показанные на фиг. 19, прикреплены к круглой входной торцевой поверхности пластикового оптического волокна 202 диаметром 1 мм со ступенчатым профилем показателя преломления, показанного на фиг. 18, с использованием эпоксидной смолы с согласованным показателем преломления. В соответствии с одним вариантом реализации, каждая торцевая поверхность 220 и 222 представляет собой часть круга, имеющего диаметр 1 мм.

При выборе пластикового оптического волокна диаметром 400 мкм для соединения с выходной торцевой поверхностью пластикового оптического волокна 202 диаметром 1 мм со ступенчатым профилем показателя преломления, был проведен анализ для определения того, могут ли быть использованы такие же объединительные средства с соотношением разделения 50 на 50, как показаны на фиг. 11, для объединительных средств 208. Результаты анализа показали, что оптические потери на соединении были выше максимально допустимого уровня.

Как показано международной архитектурой заднего звездообразного разветвителя 20, показанного на фиг. 8, левое входное плечо (т.е. пластиковое оптическое волокно 54b) соединяет задний приемный оптический смеситель 24 с оптическим аттенуатором 56, который, в свою очередь, соединен с задним передаточным оптическим смесителем 22 посредством правого выходного плеча (т.е. пластикового оптического волокна 54a).

Данное соединение представляет собой локальное "зацикленное" (wrap around) оптическое соединение между оптическими смесителями в заднем звездообразном разветвителе 20. По причине высокой выходной мощности заднего передаточного оптического смесителя 22 и малого количества портов заднего приемного оптического смесителя 24, оптический аттенюатор 56 имеет возможность сильного затухания. Это обеспечивает преимущество, заключающееся в изменении соотношения разделения объединительных средств 208 для достижения снижения оптических потерь на соединении в заднем звездообразном разветвителе 20. Посредством изменения соотношения разделения объединительных средств до 80 на 20 и снижения затухания оптического аттенюатора 56, использования пластикового оптического волокна 206 в качестве левого входного плеча 54b заднего приемного оптического смесителя 24 и использования пластикового оптического волокна 204 в качестве правого входного плеча 32d заднего приемного оптического смесителя 24, может быть достигнуто то, что общие потери будут ниже максимального допустимого уровня.

На фиг. 19 показаны ассиметричные торцевые поверхности 220 и 222 входных пластиковых оптических волокон 204 и 206 диаметром 1 мм. Торцевые поверхности 220 и 222 прикреплены к круглой входной торцевой поверхности пластикового оптического волокна 202 диаметром 1 мм со ступенчатым профилем показателя преломления и прикреплены друг к другу с использованием слоя эпоксидной смолы 205 с согласованным показателем преломления. При наблюдении со стороны конца, поверхность взаимодействия 205 определена хордой, расположенной таким образом, что соотношение площадей торцевых поверхностей 220 и 222 представляет собой 80 на 20.

На фиг. 20 показан пучок 218 волокон, содержащий четыре пластиковых оптических волокон 214 диаметром 400 мкм, объединенных вместе в пучок посредством заливочной оптической эпоксидной смолы 216. Наружный диаметр заливочной оптической эпоксидной смолы 216 составляет 1 мм для соответствия внутреннему диаметру окружающего наконечника 212, показанного на фиг. 18. Торцевые поверхности четырех выходных пластиковых оптических волокон 214 диаметром 400 мкм прикреплены к выходной торцевой поверхности пластикового оптического волокна 202 диаметром 1 мм со ступенчатым профилем показателя преломления, показанного на фиг. 18.

Дальнейшее увеличение соотношения разделения объединительных средств 208 до 90 на 10 дополнительно снизит оптические потери на соединении в заднем приемном оптическом смесителе 200. Однако для соотношений разделения больших, чем 80 на 20, процесс изготовления объединительных средств становится более сложным.

В целом, в данном раскрытии представлены конструкции ассиметричного звездообразного оптического разветвителя с пластиковым оптическим волокном, который может быть включен в системы авиационного электронного оборудования для повышения запаса надежности оптической линии до конца срока эксплуатации оптической шины данных, снижения стоимости установки и обслуживания и повышения надежности системы.

В соответствии с одним вариантом реализации, оптический смеситель такого типа, как показан на фиг. 11, может быть установлен в оптической сети с использованием способа, включающего следующие этапы: отрезание участка первого пластикового оптического волокна 102 для образования первой и второй торцевых поверхностей, при этом каждая из первой и второй торцевых поверхностей имеет первую площадь; придание формы концевой части второго пластикового оптического волокна 104, имеющего площадь поперечного сечения, равную первой площади, для образования

первой боковой поверхности, которая пересекает первую торцевую поверхность 120, имеющую вторую площадь, меньшую, чем первая площадь, и перпендикулярна ей; придание формы концевой части третьего пластикового оптического волокна 106, имеющего площадь поперечного сечения, равную первой площади, для образования

5 второй боковой поверхности, которая пересекает вторую торцевую поверхность 122, имеющую третью площадь, меньшую, чем первая площадь, и перпендикулярна ей; связывание вместе первой и второй боковых поверхностей второго и третьего пластиковых оптических волокон с использованием эпоксидной смолы 105 с согласованным показателем преломления; связывание первой и второй торцевых

10 поверхностей 120 и 122 второго и третьего пластиковых оптических волокон 104 и 106 с соответствующими частями первой торцевой поверхности участка первого пластикового оптического волокна 102 с использованием эпоксидной смолы с согласованным показателем преломления; связывание торцевых поверхностей множества пластиковых оптических волокон 114, каждая из которых имеет четвертую

15 площадь, меньшую, чем первая площадь, с соответствующими частями второй торцевой поверхности участка первого пластикового оптического волокна 102 с использованием эпоксидной смолы с согласованным показателем преломления; закрепление участка первого пластикового оптического волокна 102, смесителя 108 и пучка 110 в наконечнике 112 с использованием заливочной оптической эпоксидной смолы; и соединение второго

20 и третьего пластиковых оптических волокон 104 и 106 и множества пластиковых оптических волокон 114 с соответствующими другими компонентами оптической сети. В раскрытых вариантах реализации, сумма второй и третьей площадей равна первой площади.

Хотя оптические сетевые системы описаны со ссылкой на различные варианты

25 реализации, специалисту в данной области техники будет понятно, что может быть выполнены различные изменения и элементы могут быть заменены эквивалентными без выхода за пределы концепции изобретения. В дополнение, множество модификация может быть выполнено для адаптации концепций и ограничений, раскрытых в настоящем описании, к конкретной ситуации. Соответственно, предполагается, что сущность

30 изобретения, раскрытая в формуле изобретения, не ограничена раскрытыми вариантами реализации.

(57) Формула изобретения

1. Волоконно-оптическая система, содержащая:

35 смесительное оптическое волокно, имеющее первую торцевую поверхность с первой площадью и вторую торцевую поверхность с первой площадью;

первое входное пластиковое оптическое волокно, имеющее первую торцевую поверхность с первой площадью и вторую торцевую поверхность со второй площадью, меньшей, чем первая площадь, при этом вторая торцевая поверхность первого входного

40 пластикового оптического волокна прикреплена к первой части первой торцевой поверхности смесительного оптического волокна;

второе входное пластиковое оптическое волокно, имеющее первую торцевую поверхность с первой площадью и вторую торцевую поверхность с третьей площадью, меньшей, чем первая площадь, при этом вторая торцевая поверхность второго входного

45 пластикового оптического волокна прикреплена ко второй части первой торцевой поверхности смесительного оптического волокна; и

множество выходных пластиковых оптических волокон, имеющих торцевые поверхности с четвертой площадью, меньшей, чем первая площадь, прикрепленные ко

второй торцевой поверхности смесительного оптического волокна.

2. Волоконно-оптическая система по п. 1, в которой сумма второй и третьей площадей равна первой площади.

3. Волоконно-оптическая система по п. 1, в которой вторая площадь равна третьей площади.

4. Волоконно-оптическая система по п. 1, в которой первая торцевая поверхность и вторая торцевая поверхность смесительного оптического волокна имеют круглую форму.

5. Волоконно-оптическая система по п. 4, в которой вторые торцевые поверхности первого и второго входных пластиковых оптических волокон расположены смежно друг с другом и образуют соответствующие части круга, которые стыкуются вдоль хорды круга.

6. Волоконно-оптическая система по п. 2, в которой первое входное пластиковое оптическое волокно имеет первую боковую поверхность, которая пересекает вторую торцевую поверхность первого входного пластикового оптического волокна, и

второе входное пластиковое оптическое волокно имеет вторую боковую поверхность, которая пересекает вторую торцевую поверхность второго входного пластикового оптического волокна,

причем волоконно-оптическая система также содержит слой эпоксидной смолы с согласованным показателем преломления, расположенный между противоположными частями первой и второй боковых поверхностей и связывающий их без слоя металла между ними.

7. Волоконно-оптическая система по п. 1, в которой смесительное оптическое волокно содержит пластиковое оптическое волокно со ступенчатым профилем показателя преломления.

8. Волоконно-оптическая система по п. 1, также содержащая внешнюю оболочку, в которую внедрены соответствующие первые части множества выходных пластиковых оптических волокон, при этом каждое из выходных пластиковых оптических волокон содержит соответствующую вторую часть, проходящую за пределы внешней оболочки, и

вторые части множества выходных пластиковых оптических волокон разделены.

9. Волоконно-оптическая система по п. 8, также содержащая: наконечник, который окружает смесительное оптическое волокно, части первого и второго входных пластиковых оптических волокон, смежные со смесительным оптическим волокном, и по меньшей мере часть внешней оболочки; и

заливочную оптическую эпоксидную смолу, расположенную в наконечнике для закрепления смесительного оптического волокна, частей первого и второго входных пластиковых оптических волокон, смежных со смесительным оптическим волокном, и по меньшей мере части внешней оболочки в наконечнике.

10. Волоконно-оптическая система по п. 1, также содержащая:

сужающийся смесительный стержень, содержащий входную поверхность, имеющую пятую площадь, и выходную поверхность, имеющую шестую площадь, причем пятая площадь больше шестой площади; и

множество третьих входных пластиковых оптических волокон, имеющих торцевые поверхности с первой площадью, прикрепленные к входной поверхности сужающегося смесительного стержня,

причем первая торцевая поверхность первого входного пластикового оптического

волокна прикреплена к выходной поверхности сужающегося смесительного стержня.

11. Волоконно-оптическая система, содержащая:

смесительное оптическое волокно, имеющее первую торцевую поверхность с первой площадью и вторую торцевую поверхность с первой площадью;

объединительные средства, имеющие торцевую поверхность со второй площадью, прикрепленную к первой торцевой поверхности смесительного оптического волокна;

первый участок пластикового оптического волокна, имеющий площадь поперечного сечения, равную первой площади, и оптически связанный с объединительными средствами;

второй участок пластикового оптического волокна, имеющий площадь поперечного сечения, равную первой площади, и оптически связанный с объединительными средствами; и

множество выходных пластиковых оптических волокон, имеющих торцевые поверхности с третьей площадью, меньшей, чем первая площадь, прикрепленные ко второй торцевой поверхности смесительного оптического волокна.

12. Волоконно-оптическая система по п. 11, в которой объединительные средства имеют Y-образную форму.

13. Волоконно-оптическая система по п. 11, в которой вторая площадь равна первой площади.

14. Волоконно-оптическая система по п. 11, в которой объединительные средства выполнены из пластикового материала.

15. Волоконно-оптическая система по п. 11, в которой объединительные средства содержат первую и вторую части, имеющие соответствующие торцевые поверхности, прикрепленные к первой торцевой поверхности смесительного оптического волокна, причем

первая и вторая части объединительных средств связаны вместе посредством слоя эпоксидной смолы с согласованным показателем преломления,

первый участок пластикового оптического волокна выполнен за одно целое с первой частью объединительных средств, и

второй участок пластикового оптического волокна выполнен за одно целое со второй частью объединительных средств.

16. Волоконно-оптическая система по п. 15, в которой

первая часть объединительных средств имеет первую боковую поверхность, которая пересекает торцевую поверхность первой части объединительных средств, и

вторая часть объединительных средств имеет вторую боковую поверхность, которая пересекает торцевую поверхность второй части объединительных средств,

причем слой эпоксидной смолы с согласованным показателем преломления расположен между противоположными частями первой и второй боковых поверхностей и связывает их без слоя металла между ними.

17. Волоконно-оптическая система по п. 11, в которой смесительное оптическое волокно содержит пластиковое оптическое волокно со ступенчатым профилем показателя преломления.

18. Волоконно-оптическая система по п. 11, также содержащая внешнюю оболочку, в которую внедрены соответствующие первые части множества выходных пластиковых оптических волокон, при этом

каждое из выходных пластиковых оптических волокон содержит соответствующую вторую часть, проходящую за пределы внешней оболочки, и

вторые части множества выходных пластиковых оптических волокон разделены.

19. Волоконно-оптическая система по п. 15, также содержащая:
наконечник, который окружает смесительное оптическое волокно, часть
объединительных средств и по меньшей мере часть внешней оболочки; и

заливочную оптическую эпоксидную смолу, расположенную в наконечнике для
закрепления смесительного оптического волокна, части объединительных средств и
по меньшей мере части внешней оболочки в наконечнике.

20. Волоконно-оптическая система по п. 11, в которой соответствующие торцевые
поверхности объединительных средств расположены смежно друг с другом и образуют
соответствующие части круга, которые стыкуются вдоль хорды круга.

21. Система передачи данных, содержащая:

первое и второе множества электрических устройств, выполненных с возможностью
отправки и приема электрических сигналов, представляющих данные;

первое множество оптоэлектрических преобразователей среды, каждый из которых
содержит соответствующий передатчик, который выполнен с возможностью
преобразования электрических сигналов, принятых от соответствующего электрического
устройства из первого множества электрических устройств, в оптические сигналы и
соответствующий приемник, который выполнен с возможностью преобразования
оптических сигналов в электрические сигналы для отправки к соответствующему
электрическому устройству из первого множества электрических устройств;

второе множество оптоэлектрических преобразователей среды, каждый из которых
содержит соответствующий передатчик, который выполнен с возможностью
преобразования электрических сигналов, принятых от соответствующего электрического
устройства из второго множества электрических устройств, в оптические сигналы, и
соответствующий приемник, который выполнен с возможностью преобразования
оптических сигналов в электрические сигналы для отправки к соответствующему
электрическому устройству из второго множества электрических устройств;

первое множество входных пластиковых оптических волокон, соответственно
оптически связанных с передатчиками первого множества оптоэлектрических
преобразователей среды и имеющих торцевые поверхности с первой площадью;

второе множество входных пластиковых оптических волокон, соответственно
оптически связанных с передатчиками второго множества оптоэлектрических
преобразователей среды и имеющих торцевые поверхности с первой площадью;

первое множество выходных пластиковых оптических волокон, соответственно
оптически связанных с приемниками первого множества оптоэлектрических
преобразователей среды и имеющих торцевые поверхности со второй площадью,
меньшей, чем первая площадь;

второе множество выходных пластиковых оптических волокон, соответственно
оптически связанных с приемниками второго множества оптоэлектрических
преобразователей среды, причем каждое пластиковое оптическое волокно имеет
торцевые поверхности с третьей площадью, меньшей, чем первая площадь;

первый звездообразный оптический разветвитель, содержащий первый передаточный
оптический смеситель, имеющий входную поверхность, прикрепленную к торцевым
поверхностям первого множества входных пластиковых оптических волокон, и имеющий
выходную поверхность, первый приемный оптический смеситель, имеющий выходную
поверхность, прикрепленную к торцевым поверхностям первого множества выходных
пластиковых оптических волокон, и первый зацикленный волоконный световод, который
имеет первую торцевую поверхность, прикрепленную к выходной поверхности первого
передаточного оптического смесителя, и вторую торцевую поверхность с четвертой

площадью, меньшей, чем первая площадь, прикрепленную к первому приемному оптическому смесителю;

второй звездообразный оптический разветвитель, содержащий второй передаточный оптический смеситель, имеющий входную поверхность, прикрепленную к торцевым
5 поверхностям второго множества входных пластиковых оптических волокон, и имеющий выходную поверхность, второй приемный оптический смеситель, имеющий выходную поверхность, прикрепленную к торцевым поверхностям второго множества выходных пластиковых оптических волокон, и второй зацикленный волоконный световод, который имеет первую торцевую поверхность, прикрепленную к выходной поверхности второго
10 передаточного оптического смесителя, и вторую торцевую поверхность с пятой площадью, меньшей, чем первая площадь, прикрепленную ко второму приемному оптическому смесителю;

первый волоконный световод, который имеет первую торцевую поверхность, прикрепленную к выходной поверхности первого передаточного оптического смесителя,
15 и вторую торцевую поверхность с шестой площадью, меньшей, чем первая площадь, прикрепленную ко второму приемному оптическому смесителю; и

второй волоконный световод, который имеет первую торцевую поверхность, прикрепленную к выходной поверхности второго передаточного оптического смесителя, и вторую торцевую поверхность с седьмой площадью, меньшей, чем первая площадь,
20 прикрепленную к первому приемному оптическому смесителю,

причем

первый приемный оптический смеситель содержит первое смесительное оптическое волокно, имеющее первую торцевую поверхность с первой площадью, прикрепленную
25 ко вторым торцевым поверхностям первого зацикленного пластикового оптического волокна и второго волоконного световода, и имеющее вторую торцевую поверхность с первой площадью, прикрепленную к торцевым поверхностям первого множества выходных пластиковых оптических волокон, и

второй приемный оптический смеситель содержит второе смесительное оптическое волокно, имеющее первую торцевую поверхность с первой площадью, прикрепленную
30 ко вторым торцевым поверхностям второго зацикленного пластикового оптического волокна и первого волоконного световода, и имеющее вторую торцевую поверхность с первой площадью, прикрепленную к торцевым поверхностям второго множества выходных пластиковых оптических волокон.

22. Система по п. 21, в которой сумма четвертой и седьмой площадей и сумма шестой
35 и пятой площадей соответственно равны первой площади.

23. Система по п. 22, в которой четвертая и седьмая площади равны, а шестая и пятая площади не равны.

24. Система по п. 21, в которой каждый из приемников первого множества оптоэлектрических преобразователей среды содержит соответствующий фотодатчик,
40 имеющий восьмую площадь, меньшую, чем первая площадь.

25. Система по п. 21, в которой

первое множество электронных устройств представляет собой конструктивно-сменные блоки, находящиеся в передней части летательного аппарата, а

второе множество электронных устройств представляет собой конструктивно-сменные блоки, находящиеся в задней части летательного аппарата.
45

26. Система по п. 21, в которой

первое зацикленное пластиковое оптическое волокно имеет первую боковую поверхность, которая пересекает вторую торцевую поверхность первого зацикленного

пластикового оптического волокна, и

второй волоконный световод имеет вторую боковую поверхность, которая пересекает вторую торцевую поверхность второго волоконного световода,

причём система также содержит слой эпоксидной смолы с согласованным показателем преломления, расположенный между противоположными частями первой и второй боковых поверхностей и связывающий их без слоя металла между ними.

27. Способ установки оптического смесителя в оптической сети, включающий:

отрезание участка первого пластикового оптического волокна с образованием первой и второй торцевых поверхностей, при этом каждая из первой и второй торцевых поверхностей имеет первую площадь;

придание формы концевой части второго пластикового оптического волокна, имеющего площадь поперечного сечения, равную первой площади, с образованием первой боковой поверхности, которая пересекает первую торцевую поверхность, имеющую вторую площадь, меньшую, чем первая площадь, и перпендикулярна ей;

придание формы концевой части третьего пластикового оптического волокна, имеющего площадь поперечного сечения, равную первой площади, с образованием второй боковой поверхности, которая пересекает вторую торцевую поверхность, имеющую третью площадь, меньшую, чем первая площадь, и перпендикулярна ей;

связывание вместе первой и второй боковых поверхностей второго пластикового оптического волокна и третьего пластикового оптического волокна с использованием эпоксидной смолы с согласованным показателем преломления;

связывание первой торцевой поверхности и второй торцевой поверхности второго пластикового оптического волокна и третьего пластикового оптического волокна с соответствующими частями первой торцевой поверхности участка первого пластикового оптического волокна с использованием эпоксидной смолы с согласованным показателем преломления;

связывание торцевых поверхностей множества четвертых пластиковых оптических волокон, каждая из которых имеет четвертую площадь, меньшую, чем первая площадь, с соответствующими частями второй торцевой поверхности участка первого пластикового оптического волокна с использованием эпоксидной смолы с согласованным показателем преломления;

закрепление участка первого пластикового оптического волокна в наконечнике с использованием заливочной оптической эпоксидной смолы и

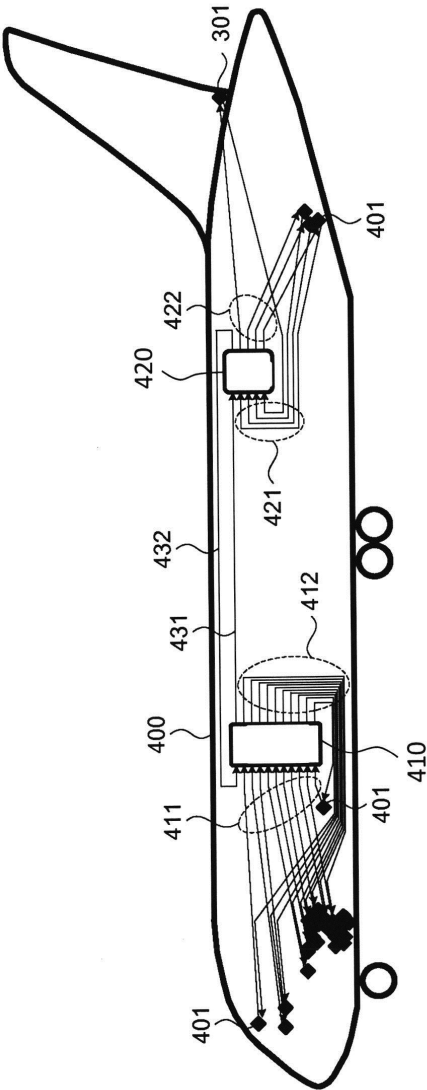
соединение второго и третьего пластиковых оптических волокон и множества четвертых пластиковых оптических волокон с соответствующими другими компонентами оптической сети.

28. Способ по п. 27, в котором сумма второй и третьей площадей равна первой площади.

29. Способ по п. 28, также включающий закрепление соответствующих частей концевых частей второго и третьего пластиковых оптических волокон и части оболочки множества четвертых пластиковых оптических волокон в наконечнике.

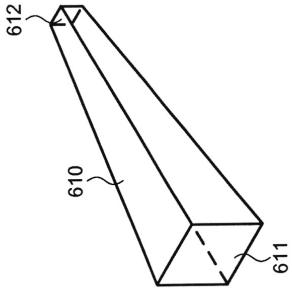
1

1/16

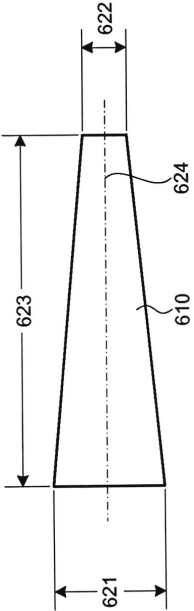


ФИГ. 1

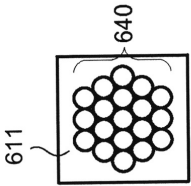
2



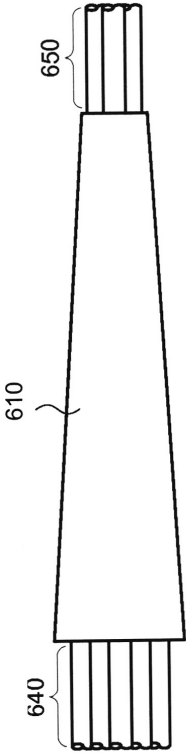
ФИГ. 2А



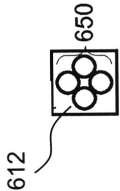
ФИГ. 2В



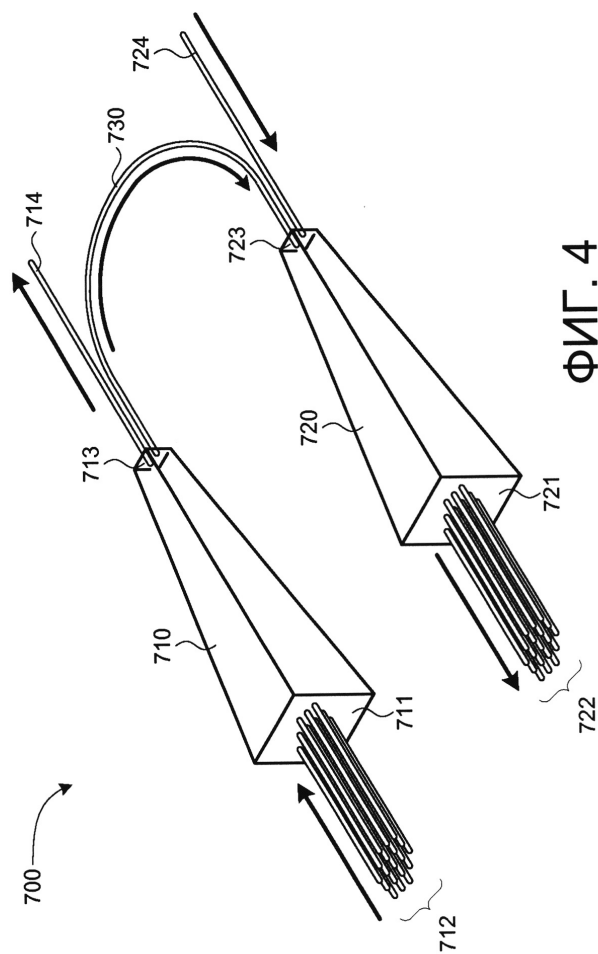
ФИГ. 3А



ФИГ. 3В

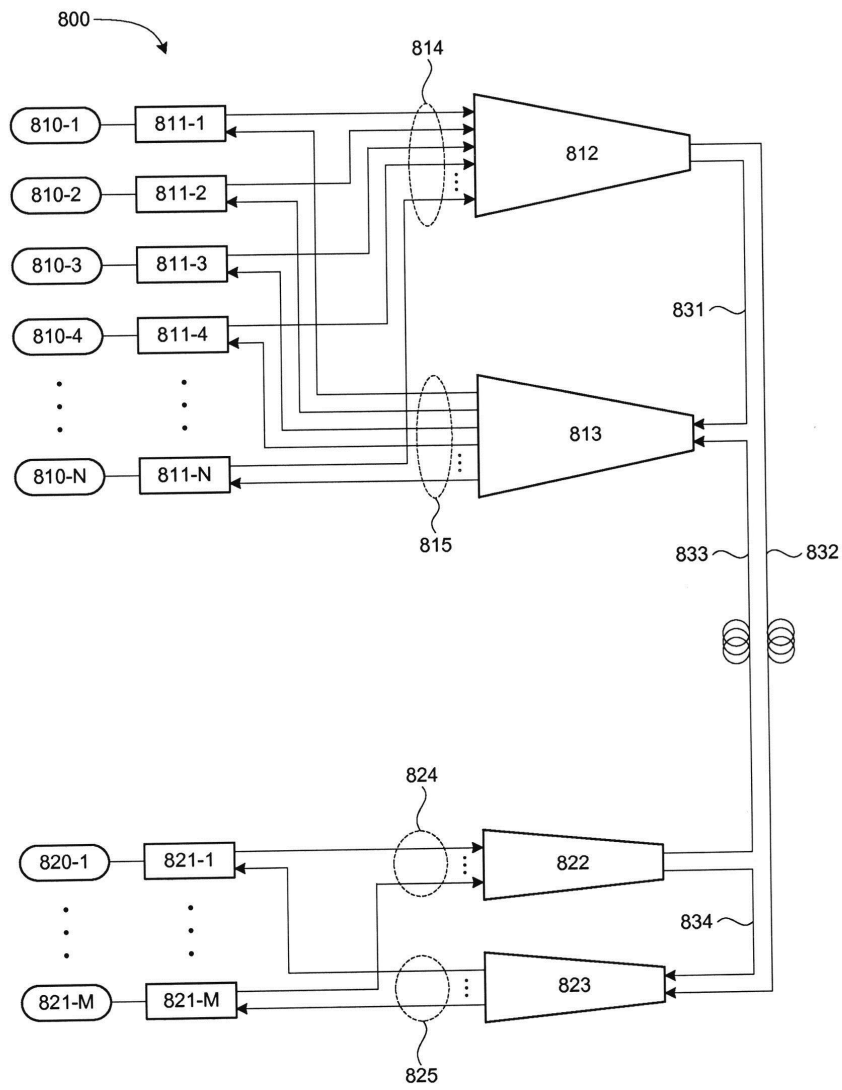


ФИГ. 3С



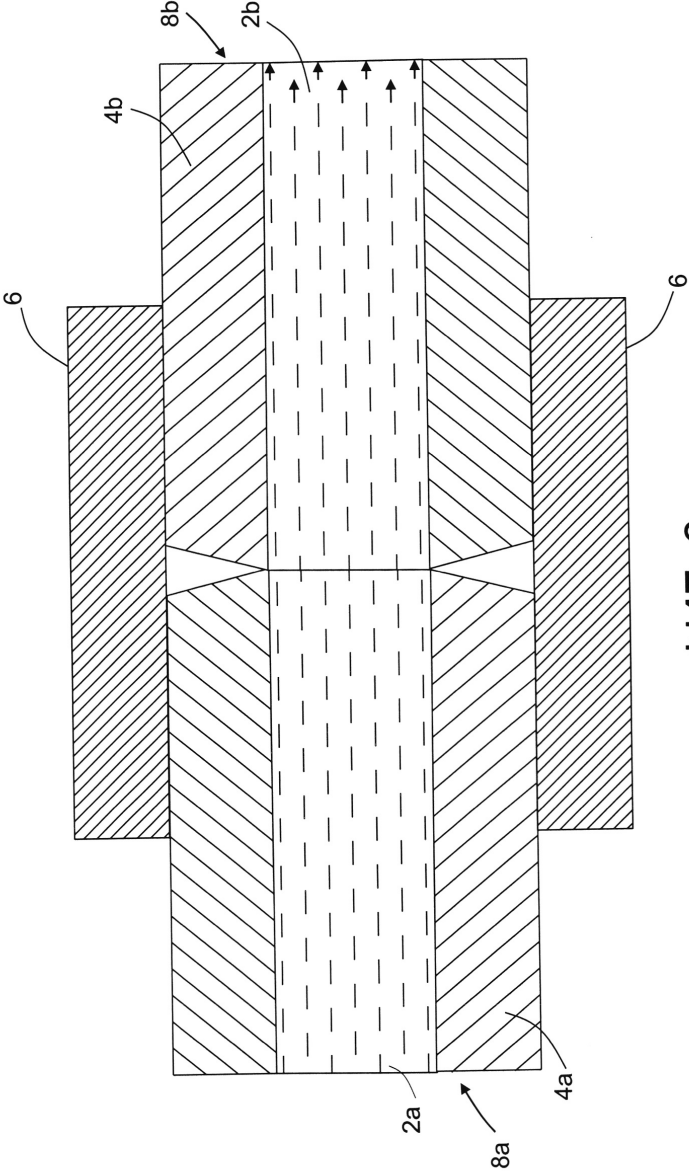
ФИГ. 4

4/16

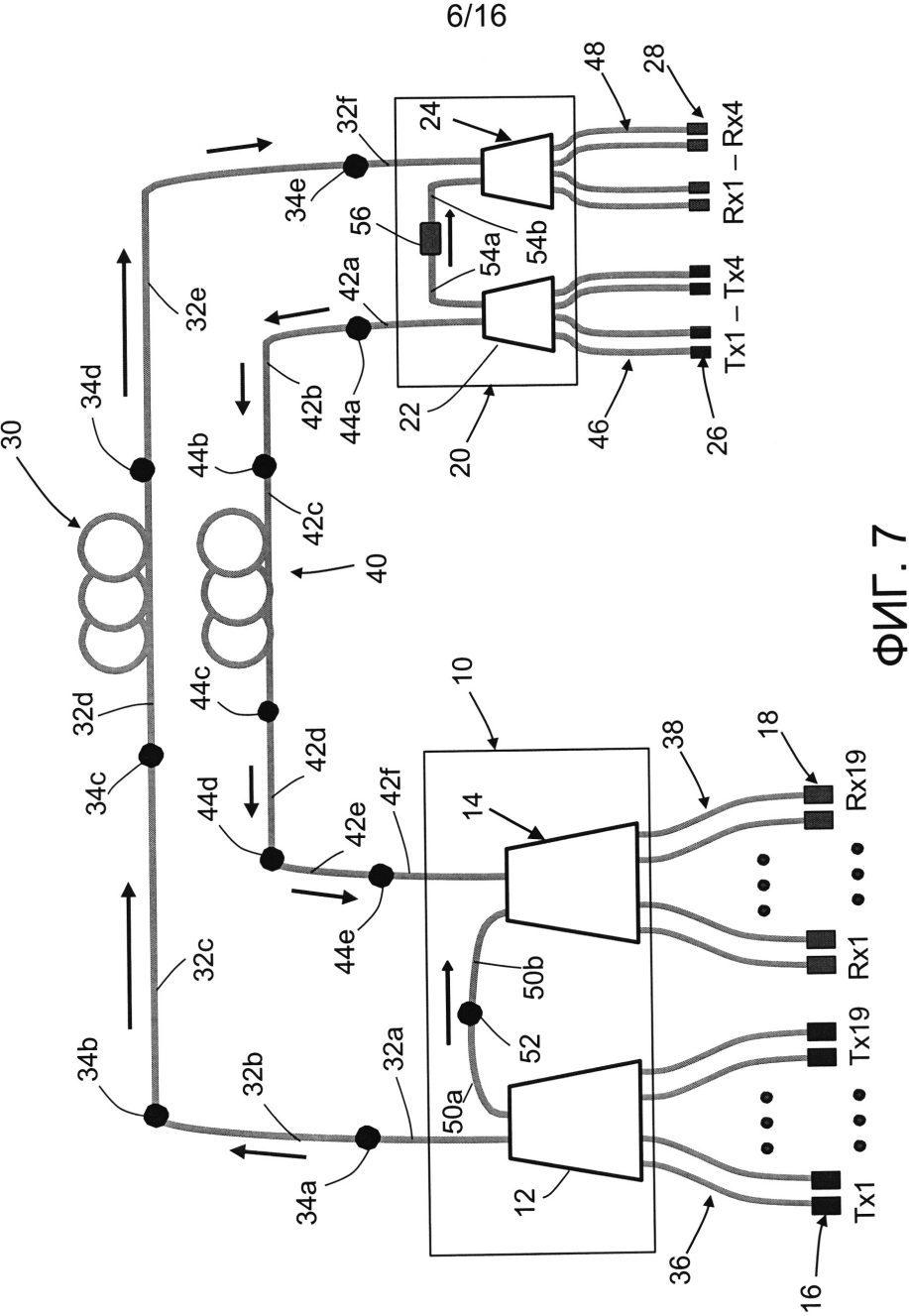


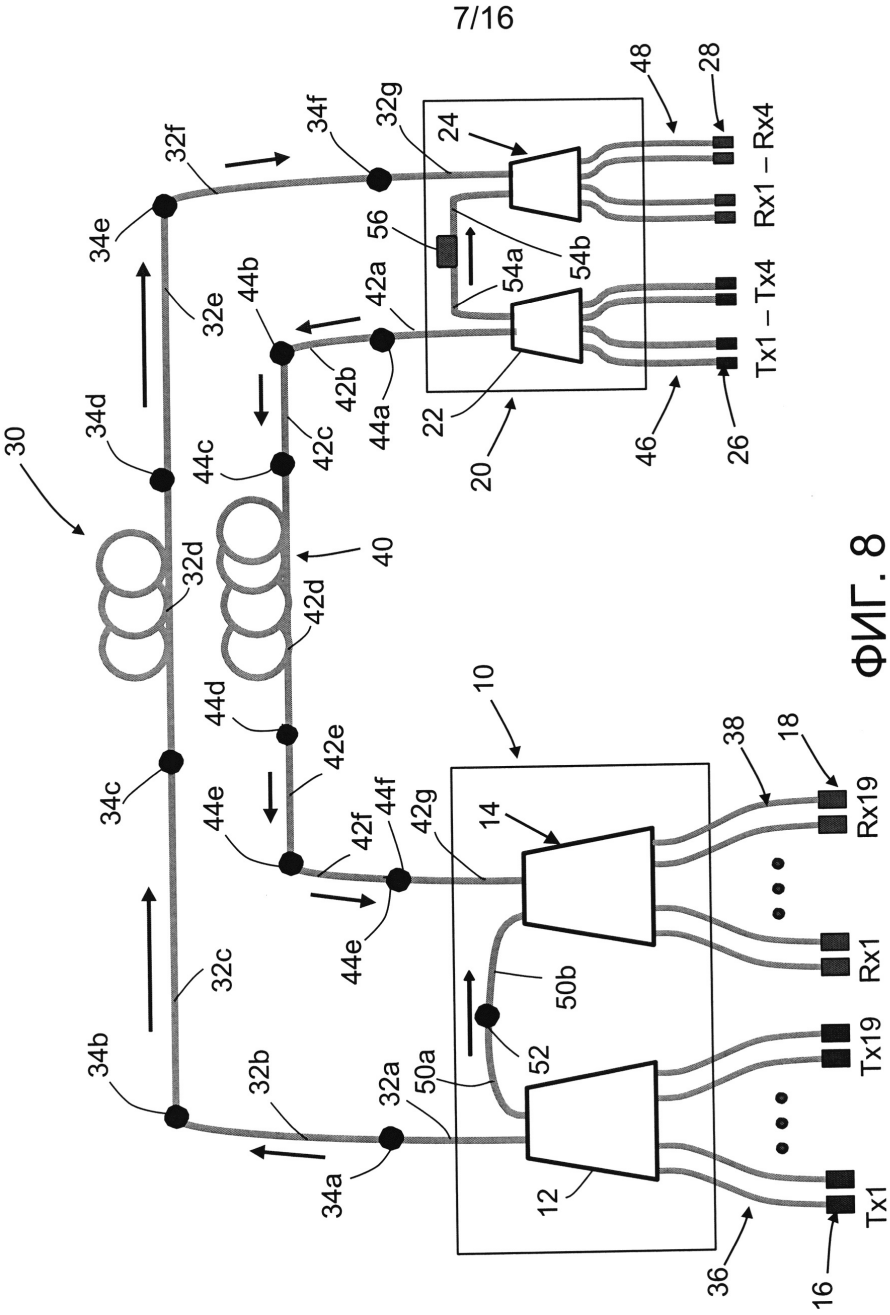
ФИГ. 5

5/16

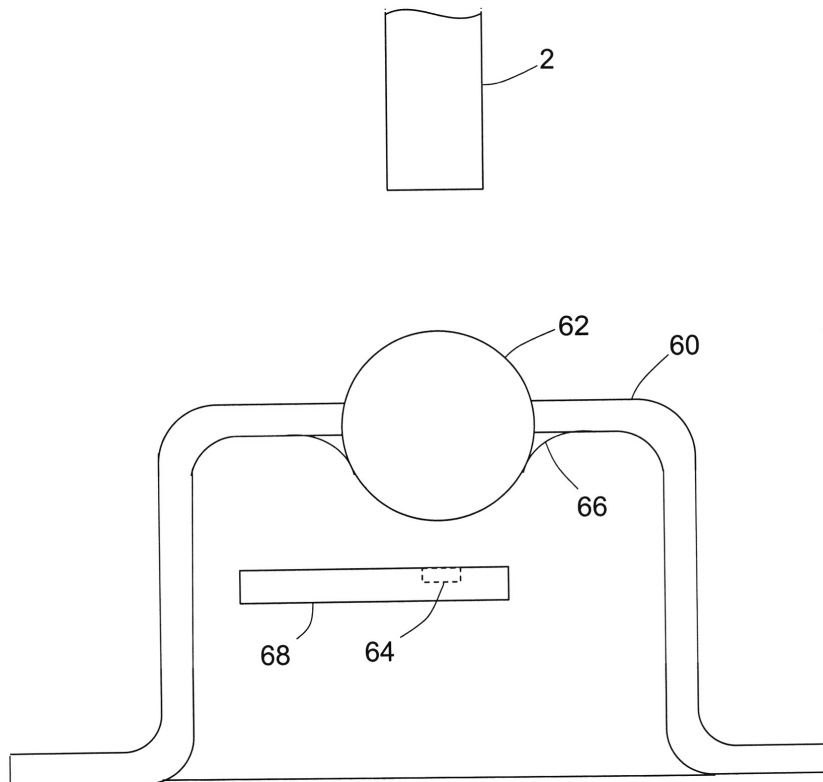


ФИГ. 6



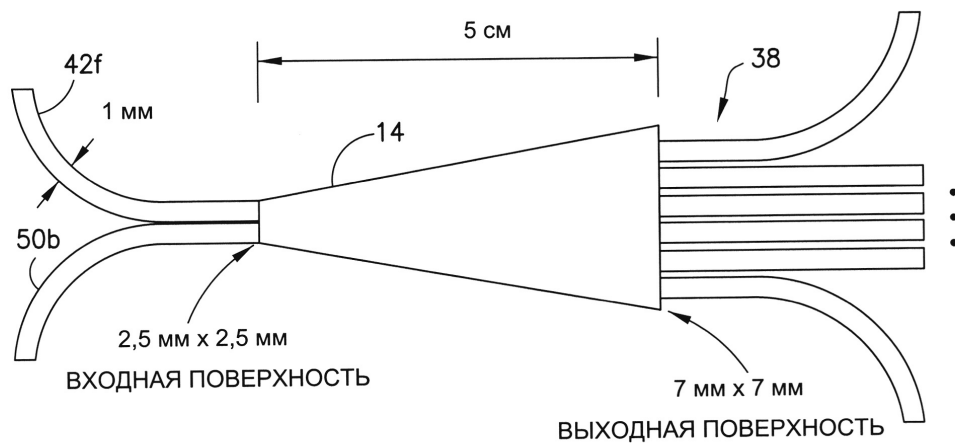


8/16

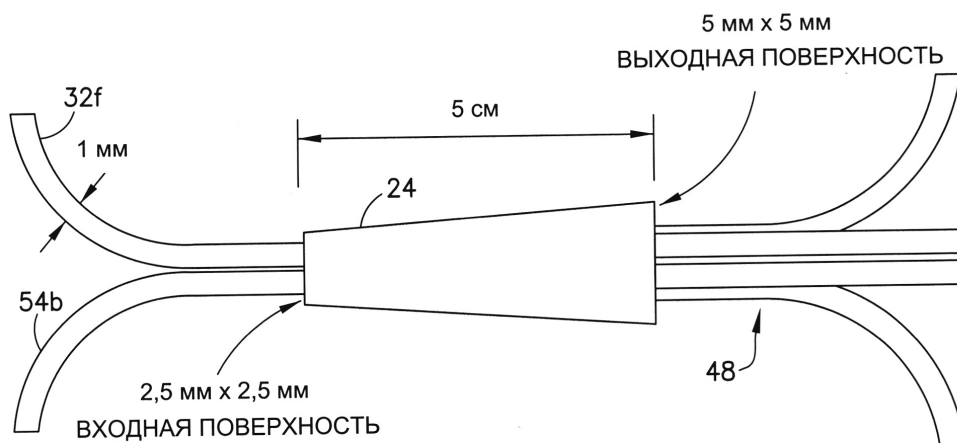


ФИГ. 9

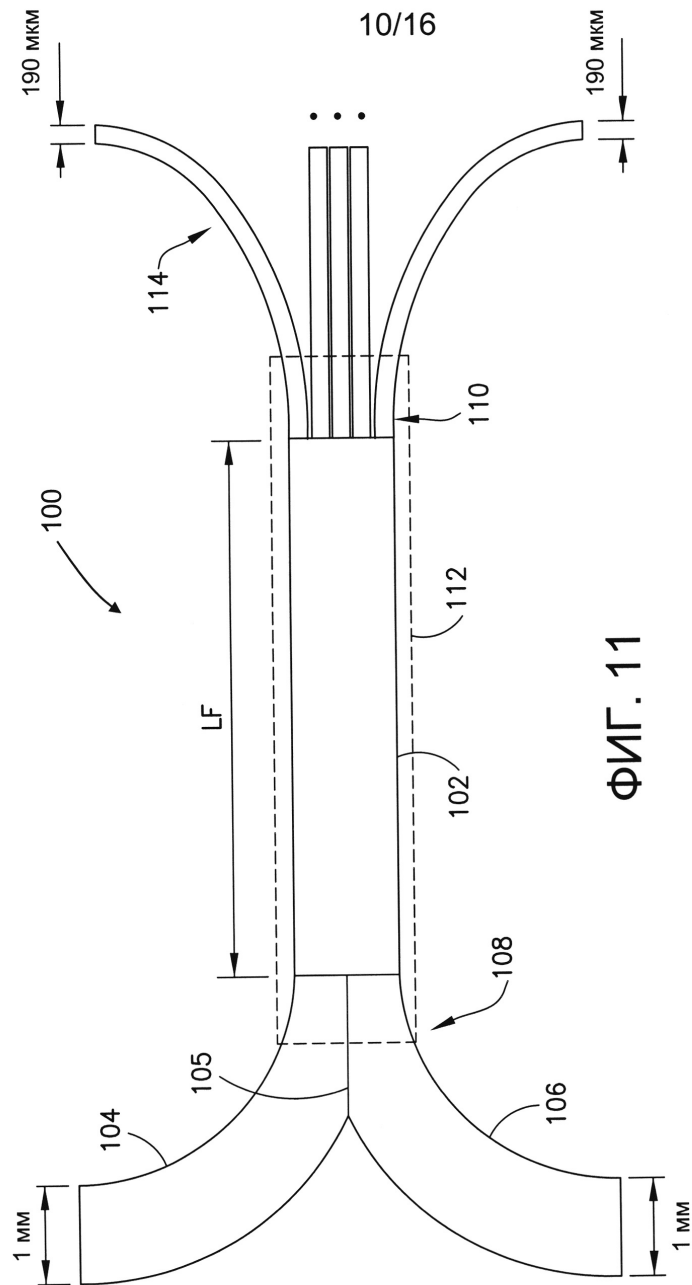
9/16



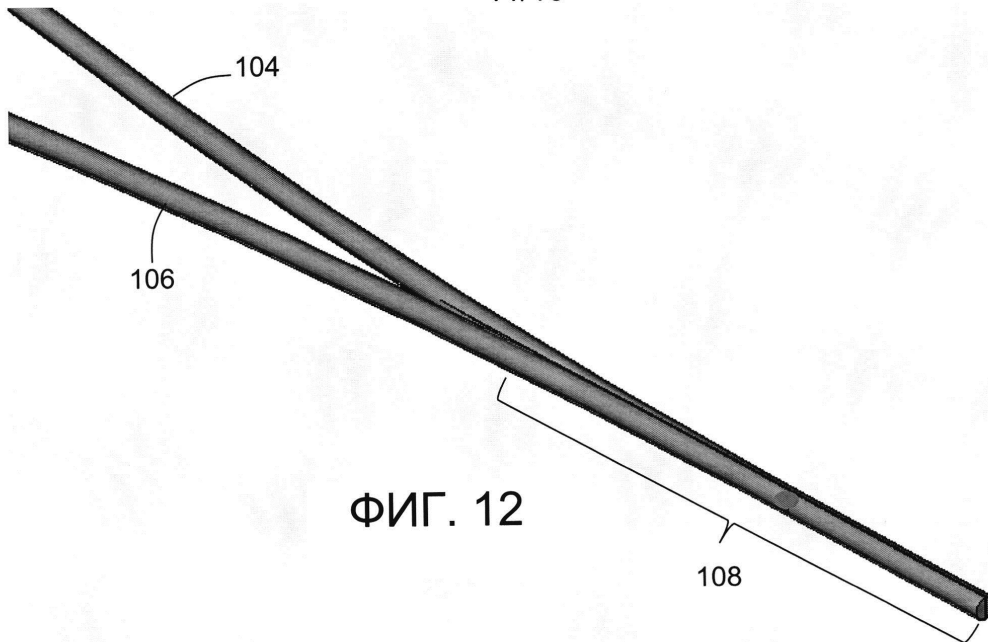
ФИГ. 10А



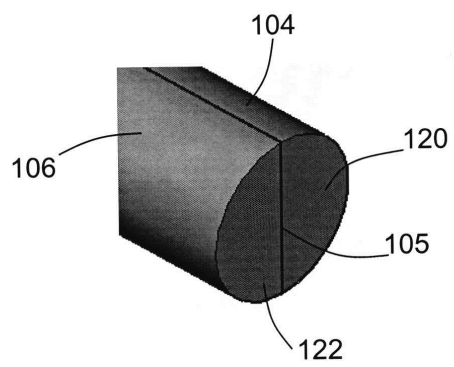
ФИГ. 10В



11/16

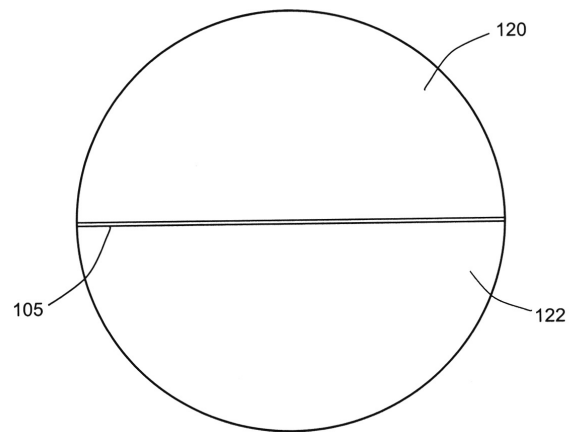


ФИГ. 12

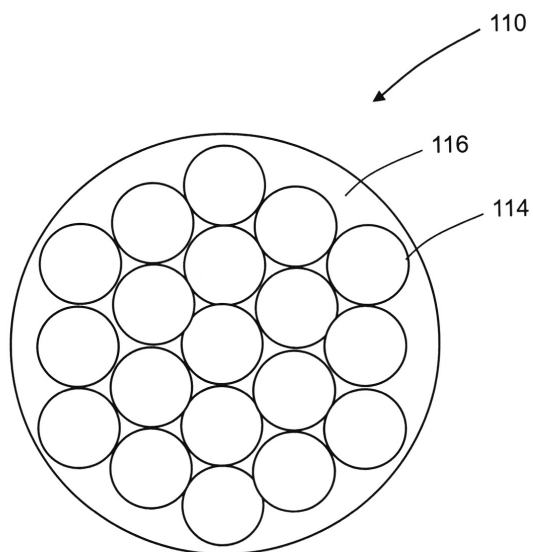


ФИГ. 12А

12/16

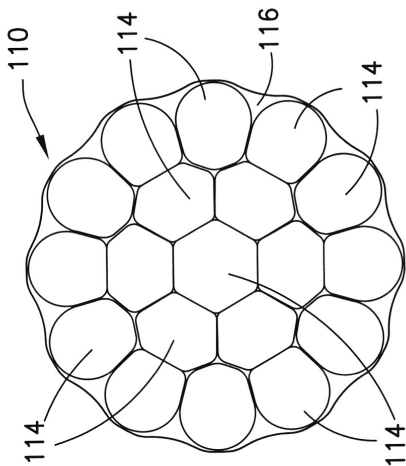


ФИГ. 12В

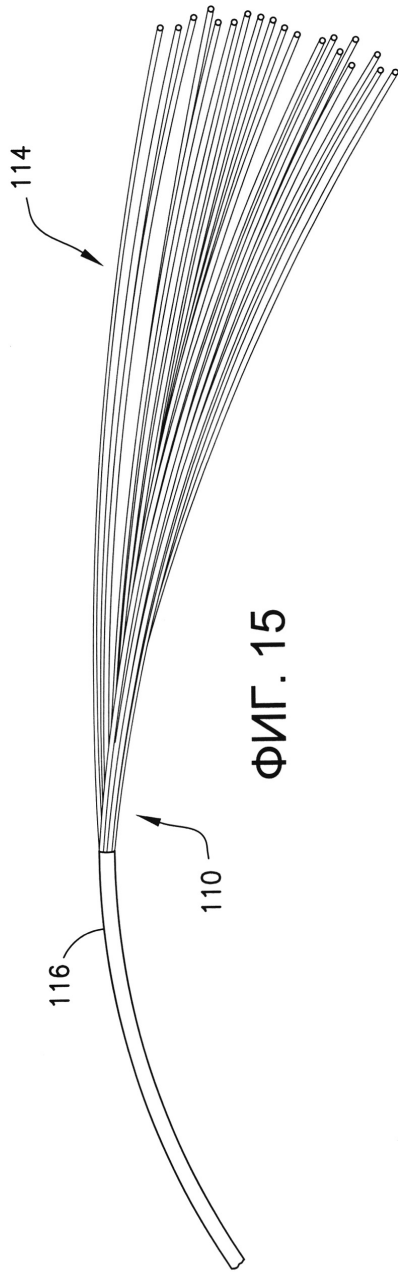


ФИГ. 13

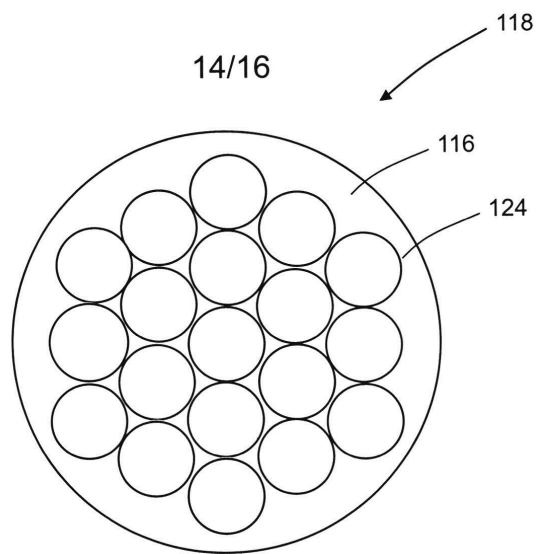
13/16



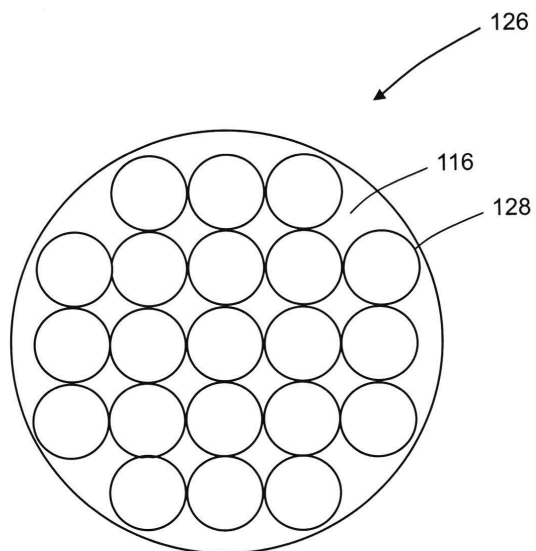
ФИГ. 14



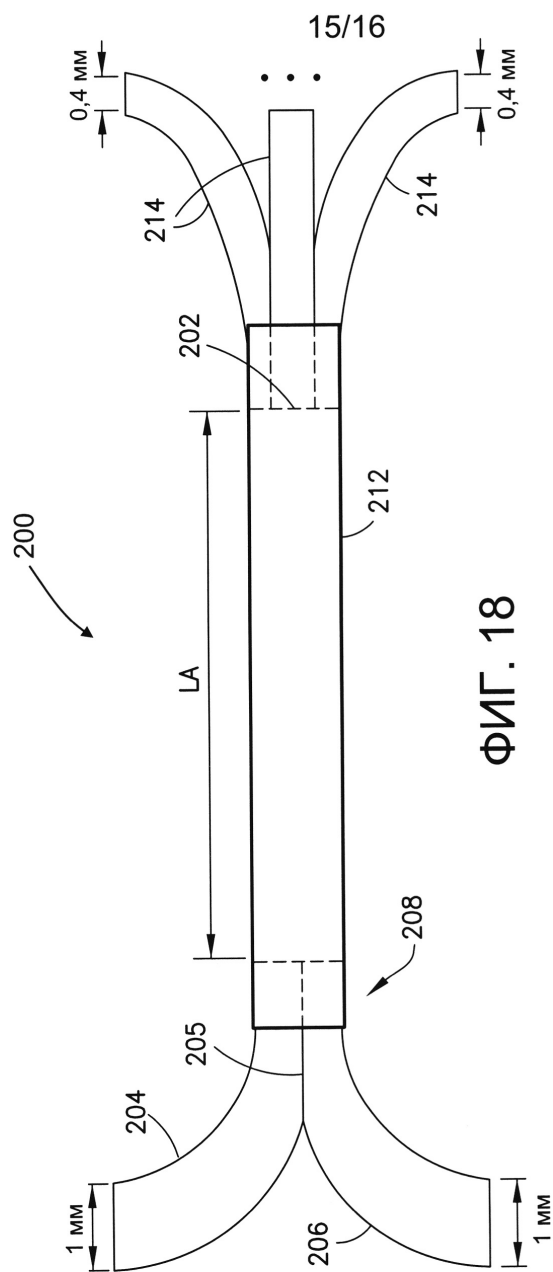
ФИГ. 15

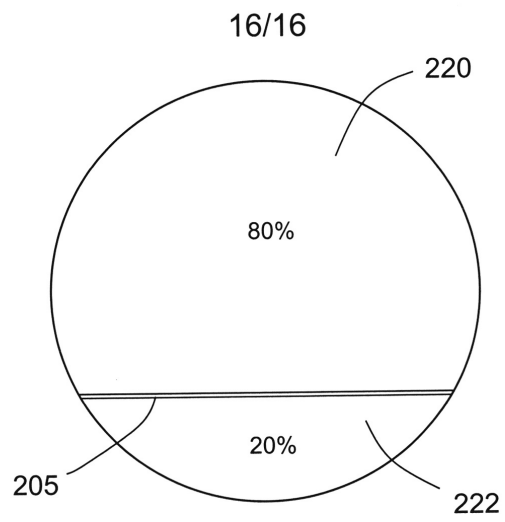


ФИГ. 16

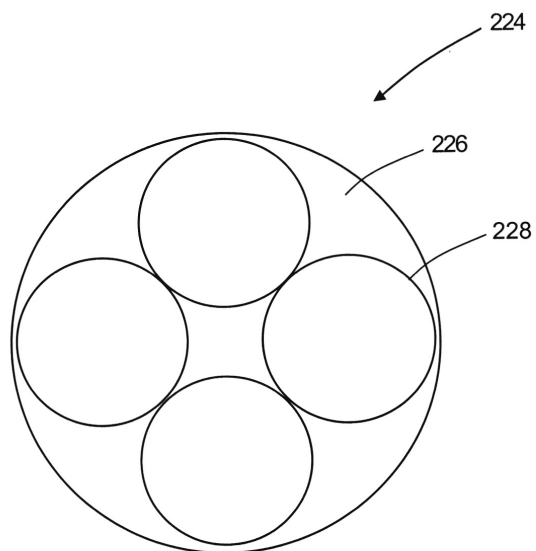


ФИГ. 17





ФИГ. 19



ФИГ. 20