



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

G02B 6/30 (2026.05)

(21)(22) Заявка: 2025138893, 27.12.2025

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
27.12.2025

Дата регистрации:
18.08.2026

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 27.12.2025

(45) Опубликовано: 18.08.2026 Бюл. № 23

Адрес для переписки:

105005, Москва, вн.тер.г. Муниципальный
округ Басманный, ул. 2-я Бауманская, 5, стр.
1, ФГАОУ ВО "МГТУ", Амелина Ксения
Евгеньевна

(72) Автор(ы):

Родионов Илья Анатольевич (RU),
Авдеев Сергей Сергеевич (RU),
Бабурин Александр Сергеевич (RU),
Лотков Евгений Сергеевич (RU),
Крамаренко Алексей Борисович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего
образования "Московский государственный
технический университет имени Н.Э.
Баумана (национальный исследовательский
университет)" (RU)

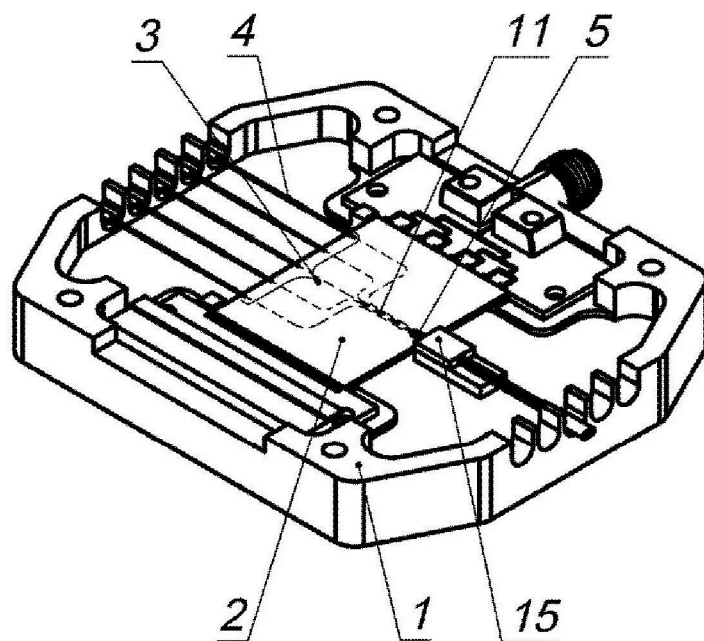
(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 2379629 C1, 20.01.2010. RU 244282
U1, 23.06.2026. WO 2012085311 A1, 28.06.2012.
US 11789207 B2, 17.10.2023. US 9229169 B2,
05.01.2016. US 10288812 B1, 14.05.2019.

(54) Сборка фотонной интегральной схемы с модулями торцевого ввода и вывода излучения

(57) Реферат:

Изобретение относится к области фотоники и оптоэлектроники, а именно к конструкциям сборок фотонных интегральных схем (ФИС) с оптоволоконными модулями ввода и вывода оптического излучения, и может быть использовано в составе телекоммуникационных передающих и принимающих модулей, оптических транспондеров и транспондерных модулей, модулей для центров обработки данных, а также в системах измерения и обработки оптических сигналов, реализованных на фотонных интегральных схемах. Заявлена сборка фотонной интегральной схемы с модулями торцевого ввода и вывода излучения, включающая корпус, фотонную интегральную схему с волноводом, модуль торцевого ввода излучения, содержащий по меньшей мере одно первое оптическое волокно, и модуль торцевого вывода излучения,

содержащий по меньшей мере одно второе оптическое волокно. Фотонная интегральная схема включает по меньшей мере одно первое углубление, расположенное со стороны модуля торцевого ввода излучения и обеспечивающее фиксацию по меньшей мере одного первого оптического волокна, и включает также по меньшей мере одно второе углубление, расположенное со стороны модуля торцевого вывода излучения и обеспечивающее фиксацию по меньшей мере одного второго оптического волокна. Технический результат - упрощение и повышение точности юстировки одиночных волокон или волоконных массивов относительно элементов ввода сборки ФИС за счет использования углублений в сборке ФИС в качестве встроенных направляющих. 10 з.п. ф-лы, 14 ил.



Фиг. 14

RU 2868431 C1

RU 2868431 C1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC
G02B 6/30 (2026.05)

(21)(22) Application: **2025138893, 27.12.2025**

(24) Effective date for property rights:
27.12.2025

Registration date:
18.08.2026

Priority:

(22) Date of filing: **27.12.2025**

(45) Date of publication: **18.08.2026** Bull. № 23

Mail address:

**105005, Moskva, vn.ter.g. Munitsipalnyj okrug
Basmannyj, ul. 2-ya Baumanskaya, 5, str. 1,
FGAOU VO "MG TU", Amelina Kseniya
Evgenevna**

(72) Inventor(s):

**Rodionov Ilia Anatolevich (RU),
Avdeev Sergei Sergeevich (RU),
Baburin Aleksandr Sergeevich (RU),
Lotkov Evgenii Sergeevich (RU),
Kramarenko Aleksei Borisovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federalnoe gosudarstvennoe avtonomnoe
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego
obrazovaniia "Moskovskii gosudarstvennyi
tekhnicheskii universitet imeni N.E. Baumana
(natsionalnyi issledovatel'skii universitet)" (RU)**

(54) **ASSEMBLY OF PHOTONIC INTEGRATED CIRCUIT WITH END-FACE INPUT AND OUTPUT MODULES**

(57) Abstract:

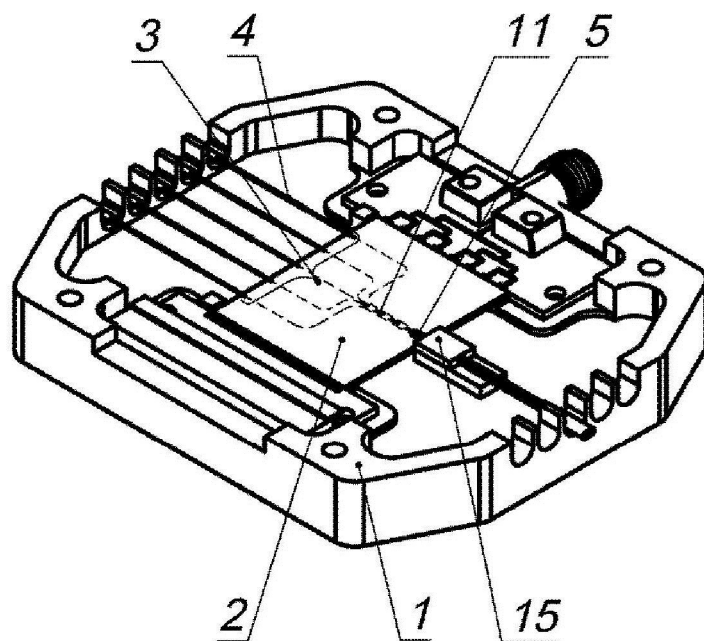
FIELD: photonics and optoelectronics.

SUBSTANCE: invention relates to the design of assemblies of photonic integrated circuits (PIC) with fibre-optic modules for input and output of optical radiation, and can be used in telecommunication transmitting and receiving modules, optical transponders and transponder modules, modules for data processing centres, as well as in systems for measuring and processing optical signals implemented on photonic integrated circuits. An assembly of a photonic integrated circuit with end-type input and output modules for radiation is claimed, comprising a housing, a photonic integrated circuit with a waveguide, an end-type input module for radiation comprising at least one first optical

fibre, and an end-type output module for radiation comprising at least one second optical fibre. The photonic integrated circuit includes at least one first recess located on the side of the end radiation input module and ensuring the fixation of at least one first optical fibre, and also includes at least one second recess located on the side of the end radiation output module and ensuring the fixation of at least one second optical fibre.

EFFECT: simplification and increase in the accuracy of alignment of single fibres or fibre arrays relative to the input elements of the PIC assembly by using recesses in the PIC assembly as built-in guides.

11 cl, 14 dwg



Фиг. 14

RU 2868431 C1

RU 2868431 C1

Изобретение относится к области фотоники и оптоэлектроники, а именно, к конструкциям сборок фотонных интегральных схем (ФИС) с оптоволоконными модулями ввода и вывода оптического излучения и может быть использовано в составе телекоммуникационных передающих и принимающих модулей, оптических
 5 транспондеров и транспондерных модулей, модулей для центров обработки данных, а также в системах измерения и обработки оптических сигналов, реализованных на фотонных интегральных схемах.

Известна сборка торцевого сопряжения волокно - волновод с зоной перекрытия мод для повышения эффективности ввода. Она включает первый соединитель с подложкой
 10 и, по меньшей мере, одним оптическим волокном и межсоединитель, по меньшей мере, с одним волноводом, при этом реализуется геометрия согласования мод и торцевое сопряжение волокно - волновод через указанный межсоединитель. [патент США US 10288812 B1].

Ее недостатки заключаются в том, что позиционирование конца волокна относительно торца волновода задаётся через внешние узлы (межсоединитель), что приводит к суммированию допусков и усложняет юстировку при обеспечении минимальных потерь.

Известна также сборка торцевого сопряжения ФИС с внешним оптическим устройством/волоконном посредством линзового массива, закрепляемого на верхней и
 20 боковой поверхностях ФИС. Линзовый элемент имеет выступ с вертикальной стоп-поверхностью, задающей геометрическую привязку фокальных точек линз к кромке волновода на торце ФИС (выравнивание по вертикали и по глубине до кромки волновода) и обеспечивающей модификацию размера пятна для согласования с модой волокна. [патент США US 9,229,169 B2].

Ее недостатки заключаются в том, что добавляется промежуточный оптический элемент (линзовый блок) со своими поверхностями и допусками, повышая требования к чистоте/точности сборки; при этом фиксация и совмещение волокна остаются реализованными во внешнем узле, а не средствами непосредственной фиксации на ФИС.

Известна также сборка ФИС с присоединением, по меньшей мере, одного оптического
 30 волокна к ФИС, содержащая, по меньшей мере, один волновод на ФИС и расположенный у его торца оксидный преобразователь мод, оптически связанный с волноводом. Конец сколотого оптического волокна сплавляют лазерной сваркой с указанным оксидным преобразователем мод, обеспечивая торцевое сопряжение и
 35 согласование мод между волокном и концом волновода. Описан также соответствующий способ присоединения волокна к ФИС. [патент США US 11,789,207].

Ее недостатки заключаются в том, что сборка имеет усложненную и низкую точность юстировки оптических волокон, высокие оптические потери на переходе волокно-волновод, низкую механическую прочность и надежность соединения, большие
 40 габаритные размеры, а также низкие функциональные возможности.

Это устройство выбрано в качестве прототипа предполагаемого изобретения.

Технические результаты изобретения заключаются в том, что:

1. Обеспечивается упрощение и повышение точности юстировки одиночных волокон или волоконных массивов относительно элементов ввода сборки ФИС за счет
 45 использования углублений в сборке ФИС в качестве встроенных направляющих.

2. Обеспечивается снижение оптических потерь на переходе волокно-волновод благодаря прямому торцевому сопряжению через оптический адгезив и применению элементов ввода для преобразования оптической моды.

3. Обеспечивается увеличение механической прочности и надежности соединения за счет распределенной фиксации волокон в углублениях с помощью адгезива, что повышает стойкость к вибрациям и перепадам температуры.

4. Обеспечивается сокращение габаритных размеров и себестоимости сборки ФИС благодаря отказу от отдельных промежуточных компонентов и фиксации волокон непосредственно в фотонной интегральной схеме.

5. Обеспечивается универсальность и масштабируемость сборки ФИС за счет возможности использования как одиночных волокон, так и волоконных массивов на сторонах ввода и вывода, что позволяет адаптировать устройство для систем с любым количеством оптических каналов.

Сущность изобретения заключается в том, что в сборке фотонной интегральной схемы с модулями торцевого ввода и вывода излучения, включающей корпус, фотонную интегральную схему с волноводом, модуль торцевого ввода излучения, содержащий, по меньшей мере, одно первое оптическое волокно, и модуль торцевого вывода излучения, содержащий, по меньшей мере, одно второе оптическое волокно, фотонная интегральная схема включает, по меньшей мере, одно первое углубление, расположенное со стороны модуля торцевого ввода излучения и обеспечивающее фиксацию, по меньшей мере, одного первого оптического волокна и включает также, по меньшей мере, одно второе углубление, расположенное со стороны модуля торцевого вывода излучения и обеспечивающее фиксацию, по меньшей мере, одного второго оптического волокна.

Существует вариант, в котором в фотонной интегральной схеме в зонах первого углубления и второго углубления сформированы элемент ввода и элемент вывода, соответственно, выполненные в виде обратного сужения и обеспечивающие адиабатическое согласование оптической моды между волноводом, фотонной интегральной схемой и первым оптическим волокном, и вторым оптическим волокном.

Существует также вариант, в котором элемент ввода и элемент вывода, имеющие прямоугольный профиль сечения, выполнены с линейным или экспоненциальным изменением ширины вдоль своей длины для обеспечения адиабатического перехода оптической моды.

Существует вариант, в котором первое углубление и второе углубление имеют или прямоугольное, или полукруглое, или треугольное поперечное сечение.

Существует вариант, в котором крепление первого оптического волокна в первом углублении и второго оптического волокна во втором углублении осуществлено с помощью УФ- или термоотверждаемого адгезива.

Существует вариант, в котором модуль торцевого ввода излучения выполнен в виде первого массива волокон, закрепленного в первом модуле ориентации, установленном на корпусе, при этом первый массив волокон выступает за границы первого модуля ориентации, располагаясь в первом углублении и обеспечивая торцевую оптическую связь с элементами ввода фотонной интегральной схемы, причем крепление первого массива волокон в первом углублении осуществлено с помощью УФ- или термоотверждаемого адгезива.

Существует вариант, в котором первый массив волокон содержит оптические волокна различных типов, отличающихся размером оптической моды.

Существует вариант, в котором модуль торцевого вывода излучения выполнен в виде второго массива волокон, закрепленного во втором модуле ориентации, установленном на корпусе, при этом второй массив волокон выступает за границы второго модуля ориентации, располагаясь во втором углублении и обеспечивая торцевую оптическую связь с элементами вывода фотонной интегральной схемы, причем крепление

второго массива волокон во втором углублении осуществлено с помощью УФ- или термоотверждаемого адгезива.

Существует вариант, в котором второй массив волокон содержит оптические волокна различных типов, отличающихся размером оптической моды.

- 5 Существует вариант, в котором модуль торцевого ввода излучения выполнен в виде первого массива волокон, закрепленного в первом модуле ориентации, установленном на корпусе, при этом первый массив волокон выступает за границы первого модуля ориентации, располагаясь в первом углублении и обеспечивая торцевую оптическую связь с элементами ввода фотонной интегральной схемы, причем модуль торцевого
10 вывода излучения выполнен в виде второго массива волокон, закрепленного во втором модуле ориентации, установленном на корпусе, при этом второй массив волокон выступает за границы второго модуля ориентации, располагаясь во втором углублении и обеспечивая торцевую оптическую связь с элементами вывода фотонной интегральной схемы, причем крепление первого массива волокон в первом углублении и второго
15 массива волокон во втором углублении осуществлено с помощью УФ- или термоотверждаемого адгезива.

Существует вариант, в котором первый массив волокон и второй массив волокон содержат оптические волокна различных типов, отличающихся размером оптической моды.

- 20 На фиг. 1 изображена компоновочная схема сборки фотонной интегральной схемы с модулями торцевого ввода и вывода излучения (вариант с одиночными волокнами в модуле ввода и модуле вывода).

На фиг. 2 изображен вид сбоку сборки фотонной интегральной схемы с модулями торцевого ввода и вывода излучения.

- 25 На фиг. 3 изображено крепление первого оптического волокна в зоне первого углубления с помощью адгезива (вариант с одиночными волокнами в модуле ввода и модуле вывода).

- На фиг. 4 изображено крепление второго оптического волокна в зоне второго углубления с помощью адгезива (вариант с одиночными волокнами в модуле ввода и
30 модуле вывода).

На фиг. 5 изображено углубление с треугольным поперечным сечением.

На фиг. 6 изображено углубление с полукруглым поперечным сечением.

На фиг. 7 изображено углубление с прямоугольным поперечным сечением.

- На фиг. 8 изображена компоновочная схема сборки фотонной интегральной схемы
35 с модулями торцевого ввода и вывода излучения (вариант с одиночным волокном в модуле ввода и массивом волокон в модуле вывода).

На фиг. 9 изображено крепление первого оптического волокна в зоне первого углубления с помощью адгезива (вариант с одиночным волокном в модуле ввода и массивом волокон в модуле вывода).

- 40 На фиг. 10 изображено крепление второго массива волокон в зоне второго углубления с помощью адгезива (вариант с одиночным волокном в модуле ввода).

На фиг. 11 изображена компоновочная схема сборки фотонной интегральной схемы с модулями торцевого ввода и вывода излучения (вариант с массивами волокон в модуле ввода и модуле вывода).

- 45 На фиг. 12 изображено крепление первого массива волокон в зоне первого углубления с помощью адгезива (вариант с массивами волокон в модуле ввода и модуле вывода)

На фиг. 13 изображено крепление второго массива волокон в зоне второго углубления с помощью адгезива (вариант с массивами волокон в модуле ввода и модуле вывода).

На фиг. 14 изображена компоновочная схема сборки фотонной интегральной схемы с модулями торцевого ввода и вывода излучения (изометрическая проекция).

Сборка фотонной интегральной схемы с модулями торцевого ввода и вывода излучения, включает корпус 1 (фиг. 1, фиг. 2) и расположенную в нем ФИС 2. Включает также модуль торцевого ввода излучения 3, содержащий, по меньшей мере, одно первое оптическое волокно 4 (фиг. 3, фиг. 9), и модуль торцевого вывода излучения 5, содержащий, по меньшей мере, одно второе оптическое волокно 6 (фиг. 4). В качестве оптических волокон можно использовать одномодовые оптические волокна, многомодовые оптические волокна, линзированные оптические волокна. В качестве отличительных признаков ФИС 2 включает, по меньшей мере, одно первое углубление 7, расположенное со стороны модуля торцевого ввода излучения 3 и обеспечивающее фиксацию, по меньшей мере, одного первого оптического волокна 4, включает также, по меньшей мере, одно второе углубление 8, расположенное со стороны модуля торцевого вывода излучения 5 и обеспечивающее фиксацию, по меньшей мере, одного второго оптического волокна 6. Габаритные размеры первого углубления 7 и второго углубления 8 могут быть в диапазоне 50-2000 мкм x 50-5000 мкм x 50-200 мкм (ДхШхВ).

Существует вариант, в котором в ФИС 2 в зонах первого углубления 7 и второго углубления 8 сформированы элемент ввода 9 и элемент вывода 10 соответственно, выполненные в виде обратного сужения и обеспечивающие адиабатическое согласование оптической моды между волноводом 11, расположенном в ФИС 2, и первым оптическим волокном 4 и вторым оптическим волокном 6. Волновод 11 может представлять собой прямолинейный канальный волновод из нитрида кремния (Si_3N_4) с поперечным сечением, встроенный в слой диоксида кремния (SiO_2) на кремниевой подложке, и иметь профиль сечения в виде прямоугольника с размерами, шириной от 0,05 до 30 мкм и высотой от 0,05 до 2,0 мкм, что типично для волноводов на основе Si_3N_4 в диапазоне длин волн 0,35-2,0 мкм.

Существует также вариант, в котором элемент ввода 9 и элемент вывода 10, имеющие прямоугольный профиль сечения, выполнены с линейным или экспоненциальным изменением ширины вдоль своей длины для обеспечения адиабатического перехода оптической моды. Размеры элемента ввода 9 и элемента вывода 10 могут быть следующими: начальная ширина в области сопряжения с волокном составляет 0,1-30 мкм, что соответствует диаметру модового поля одномодового оптического волокна, а конечная ширина в области соединения с основным волноводом 11 составляет 0,1-30 мкм, при этом длина элемента ввода/вывода составляет от 5 до 500 мкм для обеспечения плавного адиабатического перехода.

Существует также вариант, в котором первое углубление 7 и второе углубление 8 имеют или прямоугольное (фиг. 5), или полукруглое (фиг. 6), или треугольное (фиг. 7) поперечное сечение. Размеры этих углублений (7, 8) могут быть следующими: длина (вдоль направления ввода излучения) от 50 мкм до 2000 мкм, ширина (или диаметр) от 50 мкм до 5000 мкм, а высота от 50 мкм до 200 мкм, что обеспечивает надежное размещение и фиксацию как одиночных волокон диаметром от 50 до 250 мкм, так и всего массива волокон.

Существует также вариант, в котором крепление первого оптического волокна 4 в первом углублении 7 и второго оптического волокна 6 во втором углублении 8 осуществлено с помощью УФ- или термоотверждаемого адгезива 16, например, оптического эпоксидного клея с показателем преломления близким к показателю преломления оболочки оптического волокна для минимизации френелевских отражений.

Существует также вариант, в котором модуль торцевого ввода излучения 3 выполнен в виде первого массива волокон 12, закрепленного в первом модуле ориентации 14, установленном на корпусе 1. Первый массив волокон 12 может представлять собой стандартный массив волокон с шагом между волокнами от 50 мкм до 250 мкм, содержащий от 1 до 128 одномодовых оптических волокон. Модуль ориентации 14 может быть выполнен в виде прецизионной кварцевой ферулы с отверстиями для фиксации волокон. При этом первый массив волокон 12 выступает за границы первого модуля ориентации 14, располагаясь в первом углублении 7 и обеспечивая торцевую оптическую связь с элементами ввода 9 ФИС 2, причем крепление первого массива волокон 12 в первом углублении 7 осуществлено с помощью УФ- или термоотверждаемого адгезива 16, например, оптического эпоксидного клея с показателем преломления близким к показателю преломления оболочки оптического волокна для минимизации френелевских отражений. Этот вариант целесообразно использовать для многоканальных систем передачи данных, таких как оптические транспондеры или коммутаторы в центрах обработки данных, где требуется высокая плотность портов ввода/вывода.

Существует также вариант, в котором первый массив волокон 12 содержит оптические волокна различных типов, отличающихся размером оптической моды, например, комбинацию одномодовых волокон (оптическое модовое поле диаметром 3-10 мкм), волокон с сохранением поляризации и волокон с увеличенной площадью модового поля для одновременной работы с различными оптическими источниками и приёмниками в гибридных ФИС.

Существует также вариант (фиг. 8, фиг. 14), в котором модуль торцевого вывода излучения 5 (фиг. 10) выполнен в виде второго массива волокон 13, закрепленного во втором модуле ориентации 15, установленном на корпусе 1. Второй массив волокон 13 может представлять собой стандартный массив волокон с шагом между волокнами от 50 мкм до 250 мкм, содержащий от 1 до 128 одномодовых оптических волокон. Модуль ориентации 15 может быть выполнен в виде прецизионной кварцевой ферулы с отверстиями для фиксации волокон. При этом второй массив волокон 13 выступает за границы второго модуля ориентации 15, располагаясь во втором углублении 8 и обеспечивая торцевую оптическую связь с элементами вывода 10 ФИС 2, причем крепление второго массива волокон 13 во втором углублении 8 осуществлено с помощью УФ- или термоотверждаемого адгезива 16, например, оптического эпоксидного клея с показателем преломления близким к показателю преломления оболочки оптического волокна для минимизации френелевских отражений. Этот вариант целесообразно использовать для многоканальных систем передачи данных, таких как оптические транспондеры или коммутаторы в центрах обработки данных, где требуется высокая плотность портов ввода/вывода.

Существует также вариант, в котором второй массив волокон 13 содержит оптические волокна различных типов, отличающихся размером оптической моды, например, комбинацию одномодовых волокон (оптическое модовое поле диаметром 3-10 мкм), волокон с сохранением поляризации и волокон с увеличенной площадью модового поля для одновременной работы с различными оптическими источниками и приёмниками в гибридных ФИС.

Существует также вариант (фиг. 11), в котором модуль торцевого ввода излучения (фиг. 12) 3 выполнен в виде первого массива волокон 12, закрепленного в первом модуле ориентации 14, установленном на корпусе 1. При этом первый массив волокон 12 выступает за границы первого модуля ориентации 14, располагаясь в первом углублении

7 и обеспечивая торцевую оптическую связь с элементами ввода 9 ФИС 2, причем модуль торцевого вывода излучения 5 (фиг. 13) выполнен в виде второго массива волокон 13, закрепленного во втором модуле ориентации 15, установленном на корпусе 1, при этом второй массив волокон 13 выступает за границы второго модуля ориентации 15, располагаясь во втором углублении 8 и обеспечивая торцевую оптическую связь с элементами вывода 10 ФИС 2, причем крепление первого массива волокон 12 в первом углублении 7 и второго массива волокон 13 во втором углублении 8 осуществлено с помощью УФ- или термоотверждаемого адгезива 16 оптического эпоксидного клея с показателем преломления близким к показателю преломления оболочки оптического волокна для минимизации френелевских отражений. Этот вариант целесообразно использовать для двунаправленных систем с высокой плотностью каналов, таких как когерентные приемопередатчики для магистральных линий связи или процессоры для оптических вычислений.

Существует также вариант, в котором первый массив волокон 12 и второй массив волокон 13 содержат оптические волокна различных типов, отличающихся размером оптической моды, например, комбинацию одномодовых волокон (оптическое модовое поле диаметром 3-10 мкм), волокон с сохранением поляризации и волокон с увеличенной площадью модового поля для одновременной работы с различными оптическими источниками и приёмниками в гибридных ФИС.

Устройство работает следующим образом. Оптическое излучение от внешнего источника (например, лазера) поступает в первое оптическое волокно 4 (или соответствующий канал первого массива волокон 12). Излучение выходит из торца волокна, который расположен в первом углублении 7. Заполняющий углубление адгезив 16 (например, оптический клей) минимизирует френелевские отражения на границе. Далее излучение попадает в элемент ввода 9, представляющий собой обратный сужающийся волновод на ФИС 2. Этот элемент выполняет плавное (адиабатическое) преобразование моды излучения, расширяя ее от размера, согласованного с модовым полем волокна, до размера, согласованного с модой волновода 11 ФИС 2. Волновод 11 проводит оптический сигнал к функциональным элементам ФИС 2, где сигнал обрабатывается. После обработки сигнал поступает в элемент вывода 10, который выполняет обратное адиабатическое преобразование моды: сужает ее от размера волновода 11 до размера, согласованного с вторым оптическим волокном 6 (или соответствующим каналом второго массива волокон 13). Излучение проходит через слой адгезива 16 во втором углублении 8 и вводится во второе оптическое волокно 6 (или второй массив волокон 13), по которому выводится из устройства к внешнему фотоприемнику. Углубления 7 и 8 выполняют роль прецизионных механических упоров и направляющих, обеспечивая первоначальное точное позиционирование волокон относительно элементов ввода/вывода 9, 10 на этапе сборки, что упрощает последующую финальную юстировку.

То, что в сборке фотонной интегральной схемы с модулями торцевого ввода и вывода излучения, включающей корпус 1, ФИС 2 с волноводом 11, модуль торцевого ввода излучения 3, содержащий, по меньшей мере, одно первое оптическое волокно 4, и модуль торцевого вывода излучения 5, содержащий, по меньшей мере, одно второе оптическое волокно 6, ФИС 2 включает, по меньшей мере, одно первое углубление 7, расположенное со стороны модуля торцевого ввода излучения 3 и обеспечивающее фиксацию, по меньшей мере, одного первого оптического волокна 4 и включает также, по меньшей мере, одно второе углубление 8, расположенное со стороны модуля торцевого вывода излучения 5 и обеспечивающее фиксацию, по меньшей мере, одного второго оптического

волокна 6, приводит к упрощению и повышению точности юстировки, а также повышению механической прочности соединения. Это достигается за счет того, что углубления 7, 8, выполненные непосредственно в теле ФИС 2, служат встроенными монтажными пазами и упорами. Они задают и ограничивают положение торцов

5 оптических волокон 4, 6 по нескольким координатам (глубина, вертикальное смещение), сокращая число степеней свободы для юстировки и снижая требования к точности модулей ориентации 14, 15. Фиксация волокна в углублениях 7,8 адгезивом 16 создает распределенное по длине соединение, повышающее устойчивость к механическим нагрузкам. Точное позиционирование и фиксация оптических волокон 4, 6 адгезивом

10 16 в углублениях 7, 8 обеспечивает минимальный зазор и снижает оптические потери на стыке ФИС 2 (между оптическими волокнами 4, 6 и элементами ввода/вывода 9, 10). Отказ от промежуточных компонентов за счет использования углублений непосредственно в ФИС 2 сокращает общие габариты устройства.

То, что в ФИС 2 в зонах первого углубления 7 и второго углубления 8 сформированы

15 элемент ввода 9 и элемент вывода 10 соответственно, выполненные в виде обратного сужения и обеспечивающие адиабатическое согласование оптической моды между волноводом 11, ФИС 2 и первым оптическим волокном 4 и вторым оптическим волокном 6, приводит к снижению оптических потерь на стыке ФИС 2 (между оптическими волокнами 4, 6 и элементами ввода/вывода 9, 10). Адиабатический переход

20 плавно преобразует профиль моды от оптических волокон 4, 6 к волноводу 11 ФИС 2 (и обратно), минимизируя потери на рассеяние и отражение, что особенно критично для высококонтрастных волноводов на основе нитрида кремния.

То, что элемент ввода 9 и элемент вывода 10, имеющие прямоугольный профиль сечения, выполнены с линейным, или степенным, или экспоненциальным изменением

25 ширины вдоль своей длины для обеспечения адиабатического перехода оптической моды, приводит к оптимизации процесса согласования мод и расширению рабочего спектрального диапазона устройства. Контролируемое изменение ширины позволяет создать максимально короткие элементы ввода/вывода 9,10, что обеспечивает плавный и эффективный переход света. Это сокращает размеры ФИС 2 и снижает зависимость

30 работы устройства от длины волны.

То, что первое углубление 7 и второе углубление 8 имеют или прямоугольное, или полукруглое, или треугольное поперечное сечение, приводит к технологичности и универсальности процесса сборки устройства. Различные формы сечения могут быть оптимально реализованы стандартными методами микромеханической обработки

35 (например, реактивно-ионное травление для прямоугольных, анизотропное химическое травление для треугольных) и обеспечивают хорошее механическое сопряжение с цилиндрической поверхностью оптического волокна или с гранью массива волокон.

То, что крепление первого оптического волокна 4 в первом углублении 7 и второго оптического волокна 6 во втором углублении 8 осуществлено с помощью УФ- или термоотверждаемого адгезива 16, приводит к повышению механической надежности соединения и технологичности процесса сборки устройства. Адгезивное соединение демпфирует вибрации, компенсирует тепловые расширения и позволяет проводить фиксацию быстро и с использованием стандартного оборудования, в отличие от трудоемкой лазерной сварки.

То, что модуль торцевого ввода излучения 3 выполнен в виде первого массива волокон 12, закрепленного в первом модуле ориентации 14, установленном на корпусе 1, при этом первый массив волокон 12 выступает за границы первого модуля ориентации 14, располагаясь в первом углублении 7 и обеспечивая торцевую оптическую связь с

элементом ввода 9 ФИС 2, причем крепление первого массива волокон 12 в первом углублении 7 осуществлено с помощью УФ- или термоотверждаемого адгезива 16, приводит к упрощению и повышению точности коллективной юстировки множества оптических каналов, уменьшению габаритов устройства и снижению её стоимости для многоканальных систем. Этот результат достигается за счет того, что первый массив волокон 12, как единый модуль, позиционируется одним действием относительно общего первого углубления 7, которое выступает в роли прецизионного направляющего паза. Это исключает необходимость индивидуальной юстировки каждого волокна, радикально сокращает время процесса сборки устройства и позволяет реализовать высокую плотность портов ввода в компактном объеме. Фиксация первого массива волокон 12 адгезивом 16 непосредственно в углублении 7 на ФИС 2 обеспечивает прочное и стабильное соединение, устойчивое к механическим воздействиям.

То, что первый массив волокон 12 содержит оптические волокна различных типов, отличающихся размером оптической моды, приводит к повышению универсальности и гибкости конфигурации устройства. Этот результат достигается за счет возможности одновременного подключения к ФИС 2 различных внешних компонентов (например, лазеров с разным диаметром модового поля, усилителей или волокон с сохранением поляризации) через разные каналы одного и того же массива волокон 12. Это позволяет создавать гибридные системы, обрабатывающие разнотипные оптические сигналы, без необходимости разработки отдельных специализированных интерфейсов для каждого типа волокна, что расширяет функциональность и область применения устройства.

То, что модуль торцевого вывода излучения 5 выполнен в виде второго массива волокон 13, закрепленного во втором модуле ориентации 15, установленном на корпусе 1, при этом второй массив волокон 13 выступает за границы второго модуля ориентации 15, располагаясь во втором углублении 8 и обеспечивая торцевую оптическую связь с элементами вывода 10 ФИС 2, причем крепление второго массива волокон 13 во втором углублении 8 осуществлено с помощью УФ- или термоотверждаемого адгезива 16, приводит к упрощению и повышению точности коллективной юстировки множества выходных каналов, уменьшению габаритов и снижению стоимости для систем с высокой плотностью выходных портов. Углубление 8 служит общим ориентиром для всего второго массива волокон 13, что обеспечивает их точное одновременное позиционирование и надежную фиксацию, позволяя эффективно выводить множество оптических потоков из устройства.

То, что второй массив волокон 13 содержит оптические волокна различных типов, отличающихся размером оптической моды, приводит к повышению универсальности и адаптивности на стороне модуля торцевого вывода излучения 5 устройства. Этот результат достигается за счет возможности направлять обработанные сигналы с ФИС 2 по разным каналам второго массива волокон 13 на различные типы приемного оборудования (например, стандартные фотодетекторы, многомодовые входы или специализированные анализаторы), оптимально согласованные с характеристиками выходного сигнала.

То, что модуль торцевого ввода излучения 3 выполнен в виде первого массива волокон 12, закрепленного в первом модуле ориентации 14, установленном на корпусе 1, при этом первый массив волокон 12 выступает за границы первого модуля ориентации 14, располагаясь в первом углублении 7 и обеспечивая торцевую оптическую связь с элементами ввода 9 ФИС 2, причем модуль торцевого вывода излучения 5 выполнен в виде второго массива волокон 13, закрепленного во втором модуле ориентации 15, установленном на корпусе 1, при этом второй массив волокон 13 выступает за границы

второго модуля ориентации 15, располагаясь во втором углублении 8 и обеспечивая торцевую оптическую связь с элементами вывода 10 ФИС 2, причем крепление первого массива волокон 12 в первом углублении 7 и второго массива волокон 13 во втором углублении 8 осуществлено с помощью УФ- или термоотверждаемого адгезива 16, приводит к комплексному достижению технических результатов для полноценной двуправленной многоканальной системы: максимальному упрощению процесса сборки устройства за счет симметричной конструкции, значительному уменьшению габаритов и стоимости, а также обеспечению высокой механической надежности всех соединений ввода-вывода. Результат достигается благодаря применению единого конструктивного принципа (фиксация массивов волокон (12, 13) в углублениях (7, 8) ФИС 2) на обоих торцах ФИС 2, что стандартизирует и ускоряет процесс сборки устройства, а также создает компактную и симметричную архитектуру, оптимальную для высокопроизводительных приемопередающих модулей.

То, что первый массив волокон 12 и второй массив волокон 13 содержат оптические волокна различных типов, отличающиеся размером оптической моды, приводит к максимальной степени универсальности и гибкости устройства в целом. Этот результат достигается благодаря тому, что устройство получает возможность независимого и оптимального согласования как на входе, так и на выходе с широким спектром внешнего оптического оборудования. Это позволяет одной базовой конструкции ФИС 2 адаптироваться под различные комбинации источников и приемников сигналов, что сокращает номенклатуру разрабатываемых устройств.

(57) Формула изобретения

1. Сборка фотонной интегральной схемы с модулями торцевого ввода и вывода излучения, включающая корпус, фотонную интегральную схему с волноводом, модуль торцевого ввода излучения, содержащий по меньшей мере одно первое оптическое волокно, и модуль торцевого вывода излучения, содержащий по меньшей мере одно второе оптическое волокно, отличающаяся тем, что фотонная интегральная схема включает по меньшей мере одно первое углубление, расположенное со стороны модуля торцевого ввода излучения и обеспечивающее фиксацию по меньшей мере одного первого оптического волокна, и включает также по меньшей мере одно второе углубление, расположенное со стороны модуля торцевого вывода излучения и обеспечивающее фиксацию по меньшей мере одного второго оптического волокна.

2. Сборка по п. 1, отличающаяся тем, что в фотонной интегральной схеме в зонах первого углубления и второго углубления сформированы элемент ввода и элемент вывода соответственно, выполненные в виде обратного сужения и обеспечивающие адиабатическое согласование оптической моды между волноводом, фотонной интегральной схемой и первым оптическим волокном и вторым оптическим волокном.

3. Сборка по п. 2, отличающаяся тем, что элемент ввода и элемент вывода, имеющие прямоугольный профиль сечения, выполнены с линейным или экспоненциальным изменением ширины вдоль своей длины для обеспечения адиабатического перехода оптической моды.

4. Сборка по п. 1, отличающаяся тем, что первое углубление и второе углубление имеют или прямоугольное, или полукруглое, или треугольное поперечное сечение.

5. Сборка по п. 1, отличающаяся тем, что крепление первого оптического волокна в первом углублении и второго оптического волокна во втором углублении осуществлено с помощью УФ- или термоотверждаемого адгезива.

6. Сборка по п. 1, отличающаяся тем, что модуль торцевого ввода излучения

выполнен в виде первого массива волокон, закрепленного в первом модуле ориентации, установленном на корпусе, при этом первый массив волокон выступает за границы первого модуля ориентации, располагаясь в первом углублении и обеспечивая торцевую оптическую связь с элементом ввода фотонной интегральной схемы, причем крепление
5 первого массива волокон в первом углублении осуществлено с помощью УФ- или термоотверждаемого адгезива.

7. Сборка по п. 6, отличающаяся тем, что первый массив волокон содержит оптические волокна различных типов, отличающихся размером оптической моды.

8. Сборка по п. 1, отличающаяся тем, что модуль торцевого вывода излучения
10 выполнен в виде второго массива волокон, закрепленного во втором модуле ориентации, установленном на корпусе, при этом второй массив волокон выступает за границы второго модуля ориентации, располагаясь во втором углублении и обеспечивая торцевую оптическую связь с элементами вывода фотонной интегральной схемы, причем крепление второго массива волокон во втором углублении осуществлено с помощью УФ- или
15 термоотверждаемого адгезива.

9. Сборка по п. 8, отличающаяся тем, что второй массив волокон содержит оптические волокна различных типов, отличающихся размером оптической моды.

10. Сборка по п. 1, отличающаяся тем, что модуль торцевого ввода излучения выполнен в виде первого массива волокон, закрепленного в первом модуле ориентации,
20 установленном на корпусе, при этом первый массив волокон выступает за границы первого модуля ориентации, располагаясь в первом углублении и обеспечивая торцевую оптическую связь с элементами ввода фотонной интегральной схемы, причем модуль торцевого вывода излучения выполнен в виде второго массива волокон, закрепленного во втором модуле ориентации, установленном на корпусе, при этом второй массив
25 волокон выступает за границы второго модуля ориентации, располагаясь во втором углублении и обеспечивая торцевую оптическую связь с элементами вывода фотонной интегральной схемы, причем крепление первого массива волокон в первом углублении и второго массива волокон во втором углублении осуществлено с помощью УФ- или термоотверждаемого адгезива.

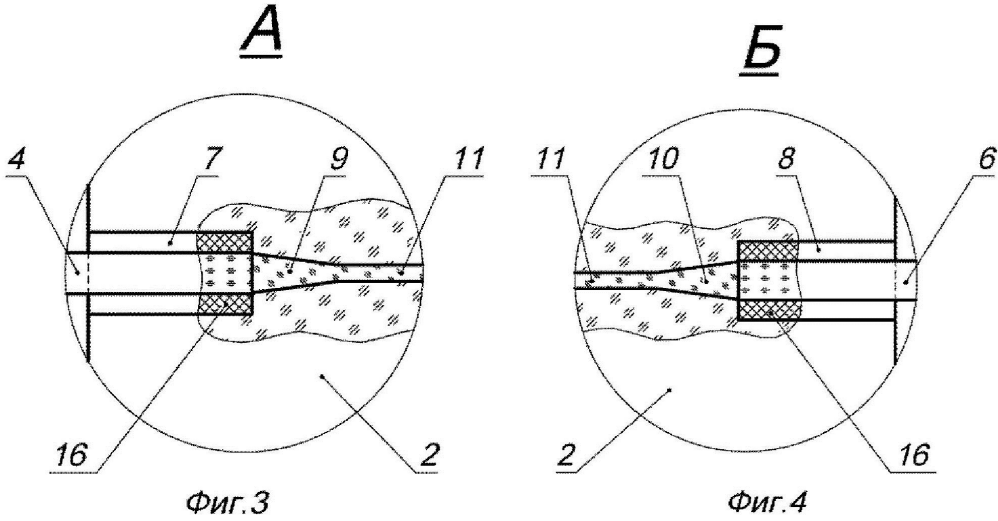
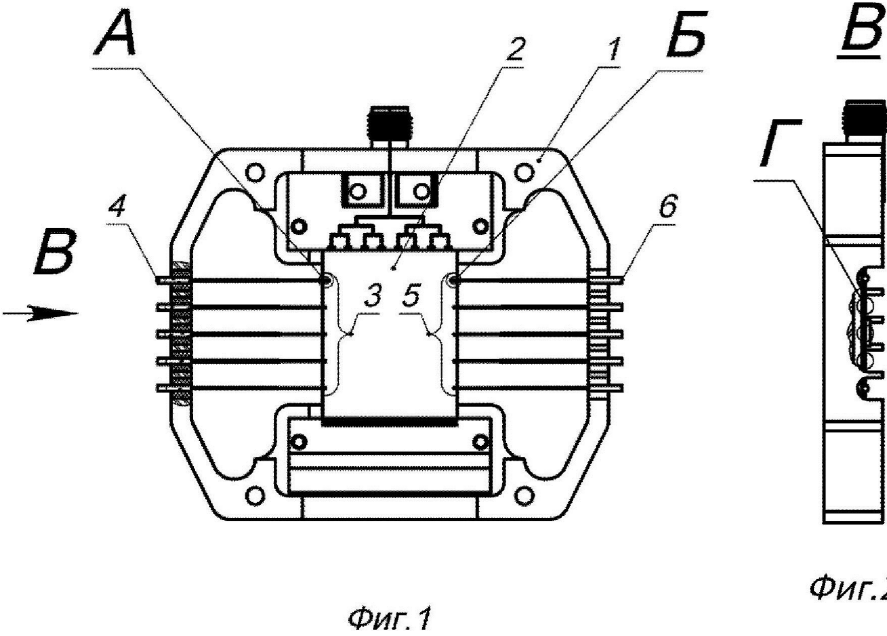
30 11. Сборка по п. 10, отличающаяся тем, что первый массив волокон и второй массив волокон содержат оптические волокна различных типов, отличающихся размером оптической моды.

35

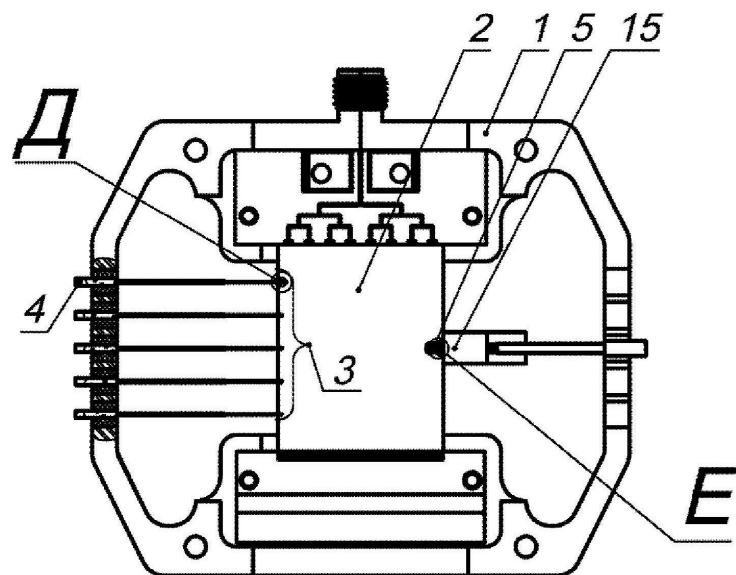
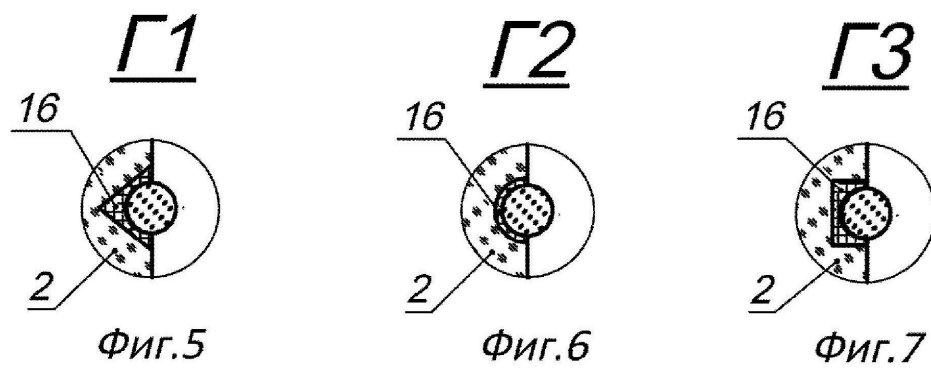
40

45

1



2



Фиг.8

