



(19) RU<sup>(11)</sup> 2 201 024<sup>(13)</sup> C2  
(51) МПК<sup>7</sup> H 01 S 5/022

РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО  
ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

(21), (22) Заявка: 2001101129/28 , 16.01.2001

(24) Дата начала действия патента: 16.01.2001

(46) Дата публикации: 20.03.2003

(56) Ссылки: US 5113404, 12.05.1992. RU 2022429, 30.10.1994. US 4722586, 02.02.1988. US 4768199, 30.08.1988.

(98) Адрес для переписки:  
119121, Москва, 1-й Неопалимовский пер., 3/10,  
кв.19, пат.лов. О.Н.Куренной, рег. № 203

(71) Заявитель:

Федеральное государственное унитарное  
предприятие Научно-исследовательский  
институт "Полюс",  
Кобякова Марина Шалвовна,  
Гордова Марина Романовна,  
Коняев Вадим Павлович,  
Кузнецов Андрей Владимирович

(72) Изобретатель: Кобякова М.Ш.,  
Гордова М.Р., Коняев В.П., Кузнецов  
А.В., Чуковский Н.Н., Крюкова И.В., Симаков  
В.А.

(73) Патентообладатель:

Федеральное государственное унитарное  
предприятие Научно-исследовательский  
институт "Полюс",  
Кобякова Марина Шалвовна,  
Гордова Марина Романовна,  
Коняев Вадим Павлович,  
Кузнецов Андрей Владимирович

(71) Заявитель (прод.):

Чуковский Николай Николаевич, Крюкова Ирина Васильевна, Симаков Владимир Александрович

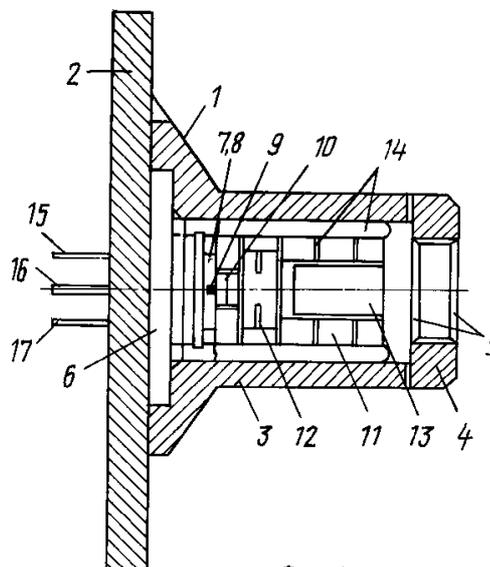
(73) Патентообладатель (прод.):

Чуковский Николай Николаевич, Крюкова Ирина Васильевна, Симаков Владимир Александрович

(54) ОПТИЧЕСКИЙ ПЕРЕДАЮЩИЙ МОДУЛЬ

(57)

Изобретение используется в системах связи, являясь важной частью оптических коммуникационных систем, при создании лазерного технологического оборудования, медицинского оборудования, контрольно-измерительных устройств и т.д. Оптический передающий модуль содержит оптические элементы, согласованные с угловой расходимостью выходного излучения инжекционного лазера. Они закреплены в оригинальной крепежной области, имеющей непрерывный контакт с внутренними стенками корпуса. Элементы крепления универсальны и могут быть использованы для разногабаритных оптических элементов. Технический результат изобретения: значительно упрощена конструкция модуля в целом, упрощены процессы юстировки оптических элементов и сборки изделия, а также снижены затраты на производство модуля. 11 з.п. ф-лы, 4 ил., 1 табл.



Фиг.1



(19) **RU** <sup>(11)</sup> **2 201 024** <sup>(13)</sup> **C2**

(51) Int. Cl.<sup>7</sup> **H 01 S 5/022**

RUSSIAN AGENCY  
FOR PATENTS AND TRADEMARKS

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21), (22) Application: 2001101129/28 , 16.01.2001

(24) Effective date for property rights: 16.01.2001

(46) Date of publication: 20.03.2003

(98) Mail address:  
119121, Moskva, 1-j Neopalimovskij per., 3/10,  
kv.19, pat.pov. O.N.Kurennoj, reg. № 203

(71) Applicant:  
Federal'noe gosudarstvennoe unitarnoe  
predpriyatie Nauchno-issledovatel'skij institut  
"Poljus",  
Kobjakova Marina Shalvovna,  
Gordova Marina Romanovna,  
Konjaev Vadim Pavlovich,  
Kuznetsov Andrej Vladimirovich

(72) Inventor: Kobjakova M.Sh.,  
Gordova M.R., Konjaev V.P., Kuznetsov  
A.V. , Chukovskij N.N., Krjukova I.V., Simakov V.A.

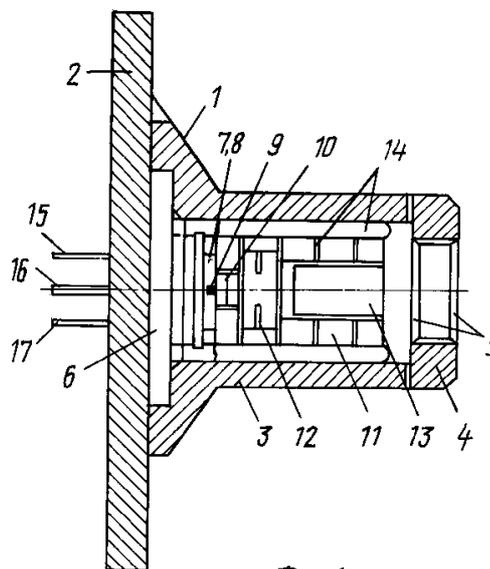
(73) Proprietor:  
Federal'noe gosudarstvennoe unitarnoe  
predpriyatie Nauchno-issledovatel'skij institut  
"Poljus",  
Kobjakova Marina Shalvovna,  
Gordova Marina Romanovna,  
Konjaev Vadim Pavlovich,  
Kuznetsov Andrej Vladimirovich

(71) Applicant (cont.):  
Chukovskij Nikolaj Nikolaevich, Krjukova Irina Vasil'evna, Simakov Vladimir Aleksandrovich

(73) Proprietor (cont.):  
Chukovskij Nikolaj Nikolaevich, Krjukova Irina Vasil'evna, Simakov Vladimir Aleksandrovich

(54) **OPTICAL TRANSMITTING MODULE**

(57) Abstract:  
FIELD: communications engineering;  
optical communication systems important for  
laser-process and medical equipment,  
instrumentation, and the like. SUBSTANCE:  
optical transmitting module has optical  
elements matched with angular divergence of  
injection laser output beam. They are  
secured in unique fixation area which is  
continuously in contact with inner walls of  
case. Fixing members are universal and may  
be used for optical elements of all sizes.  
EFFECT: simplified design, facilitated  
adjustment of optical elements, easy  
assembly procedure, reduced manufacturing  
cost of module. 12 cl, 4 dwg, 1 tbl



Фиг.1

RU  
2  
2  
0  
1  
0  
2  
4  
C  
2

RU  
2  
2  
0  
1  
0  
2  
4  
C  
2

Область техники  
Изобретение относится к квантовой электронной технике, в частности к оптическим передающим модулям с инжекционным лазером как источником излучения.

Предшествующий уровень техники

В настоящее время известно большое число передающих оптических модулей (далее "модуль") [1-7], в которых предложены различные конструкции закрепления оптических элементов и инжекционного лазера в корпусе модуля.

В известном модуле [1] предложено оптические элементы закреплять в металлических элементах крепления, соединяемых между собой резьбовыми соединениями. Различие в температурных коэффициентах линейного расширения (далее "ТКЛР") различных материалов деталей (например, элементов крепления, оптических элементов, корпуса и т.д.) таких соединений при механо-климатических нагрузках приводит к нестабильности получаемой выходной мощности модуля.

В известном передающем оптическом модуле [2] в полупроводниковый элемент крепления вклеена коллимирующая линза на расстоянии 5...200 мкм от активной площадки инжекционного излучателя.

Полупроводниковый элемент крепления соединен с помощью клеевой композиции с монтажной поверхностью инжекционного излучателя.

Известны конструкции передающих оптических модулей (например, [3-7], в которых инжекционный излучатель (например, лазер) и оптические элементы располагают на одной или нескольких монтажных поверхностях, закрепленных на едином основании корпуса. Крепление оптических элементов выполняют при помощи различных припоев, используя микropечи [3], либо различные клеевые композиции [4]. Для надежности юстировки и крепления в монтажных поверхностях выполняют, например, V-образные канавки [4-6] или углубления [7], повторяющие конфигурацию закрепляемых оптических элементов. В конструкциях [3-7] возможно достигнуть весьма малых изменений выходной мощности при механо-климатических нагрузках.

В тоже время до сих пор именно надежность конструктивного решения соединения лазерного диода с большим числом оптических элементов является наиболее трудно решаемой задачей при разработке прибора. Отсутствие надежности крепления и стабильности положения входящих элементов одних по отношению к другим приводит к невозможности получения требуемых параметров при работе прибора.

Наиболее близким по решению поставленной задачи и технической сущности предложения является известный оптический передающий модуль [7], включающий инжекционный лазер, активная площадка которого оптически связана с линзой и с входным торцом градана, которые закреплены в крепежной области средства крепления. Средство крепления оптических элементов представляет собой закрепленные друг на друге платы. Инжекционный лазер установлен и закреплен на монтажной поверхности контактной пластины, установленной на

микрохолодильнике. Платы и микрохолодильник установлены и закреплены на основании, которое крепится в корпусе модуля. Для крепления оптических элементов на монтажных поверхностях соответствующих плат выполнены углубления высокой точности, соответствующие конфигурации каждого данного оптического элемента: сферической линзы вблизи активной площадки инжекционного лазера, оптического изолятора и градана. В этом случае градан имеет продольную опору в нижней своей части.

Выходные параметры оптического передающего модуля зависят от температурной стабильности всей конструкции оптического передающего модуля, включая узел крепления линзы относительно инжекционного лазера, а также от степени надежности крепления линзы и градана.

Известная конструкция [7] может обеспечить задаваемую достаточно хорошую стабильность вывода излучения, но достигается это высокоточным изготовлением полосковых углублений с жесткими допусками по размеру и высокоточным изготовлением большого числа деталей известной конструкции, подбором используемых материалов с близкими ТКЛР. Такая конструкция весьма сложна для практической реализации и дорогостояща.

Раскрытие изобретения

В основу изобретения поставлена задача создания оптического передающего модуля с повышенной стабилизацией его выходного излучения при сохранении дифракционной расходимости излучения лазерного диода с практически аксиально симметричной формой выходного пучка и с практическим отсутствием астигматизма, в том числе и при механо-климатических воздействиях, при значительном упрощении конструкции модуля в целом, упрощении процессов юстировки оптических элементов и сборки изделия, а также снижении затрат на производство модуля.

Поставленная техническая задача решается тем, что предложен оптический передающий модуль, включающий лазерный диод, на монтажной поверхности монтажной пластины которого закреплен полосковый одномодовый инжекционный лазер, оптические элементы, по крайней мере цилиндрическая линза и градан, оптически связанные с активной площадкой инжекционного лазера, фокус цилиндрической линзы находится на оптической оси модуля, причем абсолютная величина произведения угловой расходимости  $z_{\parallel}^{\ominus}$ , рад, излучения

лазера в горизонтальной плоскости по уровню 0,5 и радиуса R, мкм, цилиндрической линзы выбрана удовлетворяющей условию  $|z_{\parallel}^{\ominus} \cdot zR| \leq z$ , а центр цилиндрической линзы установлен от упомянутой активной площадки на расстоянии не более фокусного.

Отличием являются неочевидное выявленное соотношение между величиной угловой расходимости  $z_{\parallel}^{\ominus}$  рад, в

горизонтальной плоскости одномодового излучения лазерного диода полоскового инжекционного лазера и радиусом R выбранной цилиндрической линзы и ее

расположение. Здесь использовано известное преобразование при помощи цилиндрической микролинзы в сочетании с градиентной оптикой пучка излучения лазерного диода с высокой эллиптичностью в аксиально симметричный пучок (пучок с малой эллиптичностью) при сохранении дифракционной расходимости излучения. Нижние пределы введенных условий ограничиваются требованиями получения дифракционной расходимости пучка излучения и технологическими возможностями изготовления и применения цилиндрических линз малого диаметра.

Поставленная техническая задача решается также тем, что лазерный диод имеет излучение с угловой расходимостью  $\alpha_{\parallel}$ , рад, в горизонтальной плоскости по уровню 0,5 в диапазоне от 0,1 рад до 0,2 рад, а цилиндрическая линза имеет диаметр не более 10 мкм. При этом достигается практически круглый выходной пучок излучения.

Поставленная техническая задача решается тем, что предложен оптический передающий модуль, включающий следующее. Лазерный диод, на монтажной поверхности монтажной пластины которого закреплен полосковый одномодовый инжекционный лазер. Оптические элементы, по крайней мере цилиндрическая линза и градан, оптически связаны с активной площадкой инжекционного лазера, фокус цилиндрической линзы находится на оптической оси оптического передающего модуля, а центр цилиндрической линзы установлен от упомянутой активной площадки на расстоянии не более фокусного. Абсолютная величина произведения угловой расходимости  $\alpha_{\parallel}$ , рад, излучения лазерного

диода в горизонтальной плоскости по уровню 0,5 и радиуса R, мкм, цилиндрической линзы выбрана удовлетворяющей условию  $|\alpha_{\parallel} \cdot R| \leq \alpha$ . Средство крепления

выполнено из по крайней мере двух элементов крепления с параллельными плоскими торцевыми поверхностями и в каждом из них сформировано отверстие с диаметром по любому его поперечному сечению, по крайней мере превышающим апертуру пучка излучения. Элементы крепления соединены параллельными торцевыми поверхностями. Температурный коэффициент линейного расширения материала элементов крепления и температурный коэффициент линейного расширения материала цилиндрической линзы выбраны или равными, или отличными в пределах, не превышающих 1%. В упомянутом средстве крепления в его первом элементе крепления помещена цилиндрическая линза, входная торцевая поверхность первого элемента крепления закреплена на монтажной пластине лазерного диода, а в отверстии по меньшей мере одного другого элемента крепления закреплен градан, его входной торец размещен на заданном расстоянии от цилиндрической линзы и его ось совмещена с оптической осью оптического передающего модуля. Имеется корпус, в котором размещены по крайней мере лазерный диод, средство крепления с элементами крепления, оптические элементы,

а также имеется компаунд, помещенный в местах крепления оптических элементов в элементах крепления, крепления последних друг с другом и с монтажной поверхностью лазерного диода и между средством крепления и внутренними стенками корпуса. Кроме того, имеется узел вывода излучения. Корпус герметизирован.

Под "оптической осью оптического передающего модуля" (далее "модуль") понимается оптическая ось распространения лазерного пучка, лежащая в плоскости р-п перехода инжекционного лазера. Упомянутую плоскость иначе называют "горизонтальной плоскостью" или "плоскостью, параллельной излучающей полоске инжекционного лазера". "Вертикальной плоскостью" называется плоскость, перпендикулярная плоскости р-п перехода. Под средством крепления понимаются элементы крепления, соединенные друг с другом компаундом. Под крепежной областью понимается средство крепления и компаунд (помещенный в местах закрепления оптических элементов в элементах крепления, в местах соединения элементов крепления друг с другом), соединяющий наружные боковые стороны средства крепления с внутренними боковыми стенками корпуса. Понятия "компаунд", "клеевая композиция" и "клеевое вещество" равнозначны. Понятие "цилиндрическая линза" использовано для обозначения цилиндрической микролинзы, имеющей радиус, измеряемый в микронах. Понятие "градан" использовано для обозначения градиентной линзы. Понятие "узел вывода излучения" обозначает выполненные либо в крышке корпуса, либо в его стенке и т.д. либо окно для вывода излучения, либо втулку с оптическим волокном; возможны другие варианты выполнения узла вывода излучения.

Отличием являются неочевидное выявленное соотношение между величиной угловой расходимости  $\alpha_{\parallel}$  в горизонтальной плоскости излучения одномодового, полоскового инжекционного лазера и радиусом выбранной цилиндрической линзы, ее расположением, а также ее закрепление и закрепление других оптических элементов в неочевидных элементах крепления, выбор материалов цилиндрической линзы и элементов крепления (в отношении значений температурных коэффициентов линейного расширения (далее "ТКЛР") материалов), неочевидные предложенные средство крепления и созданная единая крепежная область между оптическими элементами и металлическим или керамическим корпусом. Именно гибкое конструктивное решение предложенных единообразных элементов крепления и всего средства крепления, а также использование единообразного крепежного материала (компаунда) позволили создать единую крепежную область с надежным закреплением оптических элементов различных размеров относительно излучающей полоски инжекционного лазера. Все это позволило при механо-климатических воздействиях повысить стабильность мощности выходного излучения модуля, сохранить дифракционную расходимость излучения инжекционного лазера, повысить стабильность создаваемой аксиально симметричной формы пучка при практическом отсутствии астигматизма. Предложенная

крепежная область заполняет почти всю полость корпуса (кроме области распространения излучения) и имеет контакт с внутренними боковыми стенками корпуса в каждой точке, что обеспечивает равномерность передачи внешних напряжений и приводит при механо-климатических воздействиях к стабилизации положений оптических элементов относительно излучающей полоски на активной площадке инжекционного лазера.

Поставленная техническая задача решается тем, что цилиндрическая линза выполнена из кварца и элементы крепления выполнены из кварца. Это гарантирует равенство ТКЛР.

Поставленная техническая задача решается также тем, что лазерный диод имеет излучение со значениями угловой расходимости  $2\theta_{\parallel}$ , рад, в горизонтальной

плоскости по уровню 0,5, находящимися в диапазоне от 0,1 рад до 0,2 рад. При этом целесообразно цилиндрическую линзу подбирать диаметром не более 10 мкм. Наилучшие результаты получены при диаметрах цилиндрической линзы 10 мкм. Нижний предел ограничивается требованиями получения дифракционной расходимости пучка излучения и технологическими возможностями изготовления и применения цилиндрических линз малого диаметра.

Поставленная техническая задача решается тем, что между первым и упомянутым другим элементами крепления может быть установлен по меньшей мере один элемент крепления. Такие элементы крепления могут быть использованы для соединения на различных требуемых расстояниях цилиндрической микролинзы и градана, введения каких-либо дополнительных оптических или других элементов.

При этом предложено выходную торцевую поверхность каждого элемента крепления, помещенного ближе к инжекционному лазеру, закреплять относительно входной торцевой поверхности последующего элемента крепления, причем упомянутые выходная и входная торцевые поверхности параллельны друг другу.

В одном случае, в отверстии одного из элементов крепления может быть закреплена диафрагма и указанный элемент крепления установлен между элементом крепления с цилиндрической линзой и элементом крепления с граданом так, что ось диафрагмы совпадает с оптической осью модуля.

В другом случае, в отверстии по меньшей мере одного из элементов крепления закреплено оптическое волокно и указанный элемент крепления установлен после элемента крепления с граданом, причем входной торец оптического волокна размещен на заданном расстоянии от выходного торца градана, а ось оптического волокна совпадает с оптической осью модуля.

Кроме того, градан может быть закреплен в отверстиях нескольких элементов крепления, что также приводит к повышению надежности и стабилизации выходной мощности.

В каких-либо модификациях выполнения может иметься крышка, герметично соединенная с корпусом.

Узел вывода излучения может быть

выполнен как в крышке, так и непосредственно в корпусе. В одном случае предложено окно для вывода излучения закреплять в крышке корпуса, в другом случае - в части корпуса. При выводе излучения через оптическое волокно втулка для вывода оптического волокна может быть закреплена либо непосредственно в части корпуса, либо в крышке корпуса. При этом крышка или упомянутая часть корпуса расположены напротив выходного торца градана или какого-либо другого выходного оптического элемента.

Существом настоящего изобретения является оригинальный выбор отличительных существенных признаков, которые не являются очевидными.

Не очевидность состоит в необычном выявленном соотношении между величиной угловой расходимости в горизонтальной плоскости излучения однододового, полоскового инжекционного лазера и радиусом цилиндрической линзы, надежно закрепляемой наряду с другими оптическими элементами в предложенной оригинальной однородной конструкции средства крепления и выборе материалов элементов крепления и цилиндрической линзы, необычной предложенной единой крепежной области, ее практически полном контакте с внутренними боковыми стенками корпуса. Это приводит при механо-климатических воздействиях к стабилизации выходного излучения модуля при сохранении его дифракционной расходимости и аксиально симметричной формы пучка, практическому отсутствию астигматизма. Получена стабилизация положений оптических элементов относительно излучающей полоски на активной площадке инжекционного лазера при механо-климатическом воздействии.

Совокупность существенных отличительных признаков предложенного модуля в соответствии с формулой изобретения определила его основные упомянутые достоинства.

Техническая реализация изобретения основана на известных базовых технологических процессах, которые к настоящему времени хорошо разработаны и широко применяются при изготовлении лазерных диодов и модулей. Предложенное настоящим изобретением устройство применимо по крайней мере для всех известных в настоящее время диапазонов длин волн лазерного излучения.

Краткое описание чертежей

Настоящее изобретение поясняется чертежами, изображенными на фиг.1-4.

На фиг.1 схематично изображен продольный разрез оптического передающего модуля с выводом излучения через окно в крышке.

На фиг.2 схематично изображен продольный разрез оптического передающего модуля с выводом излучения через оптическое волокно.

На фиг. 3 изображена оптическая схема микрообъектива оптического передающего модуля в плоскости, параллельной р-п переходу.

На фиг. 4 изображена оптическая схема микрообъектива оптического передающего модуля в плоскости, перпендикулярной р-п переходу.

Варианты осуществления изобретения

В дальнейшем изобретение поясняется описанием конкретных исполнений со ссылками на прилагаемые чертежи на фиг.1-4. Приведены примеры исполнения, позволившие получить лучшие результаты, но они не являются единственными.

Модуль, первая модификация которого изображена на фиг.1, состоит из металлического корпуса 1, имеющего основание 2, боковые стенки 3, из металлической крышки 4 с окном (стекло) 5 для вывода излучения. На внутренней части основания 2 установлен лазерный диод 6 с монтажной пластиной 7 из меди. На монтажной поверхности 8 монтажной пластины 7 закреплен инжекционный лазер 9. В данном конкретном случае в качестве источника излучения использован лазерный диод с длиной волны излучения  $\lambda$ , равной 820 нм, угловой расходимостью  $2\theta_{\perp}$  в вертикальной плоскости, равной  $45^{\circ}$ , и угловой расходимостью  $2\theta_{\parallel}$  в

горизонтальной плоскости, равной  $6^{\circ}$ , т.е.  $\approx 0,1$  рад. По предложенному условию  $|z_{\theta_{\parallel}} \cdot z_{\theta_{\perp}}| \leq z$  был определен радиус R цилиндрической линзы 10, равным 10 мкм. В данном конкретном примере исполнения цилиндрическая линза 10 выполнена из кварца.

Элементы крепления 11 в данном случае выполняли из кварца в виде практически одинаковых полых цилиндров, при этом их торцевые плоскости параллельны между собой и перпендикулярны образующим как внутренним, так и наружным. Размещены они так, что их торцевые поверхности были параллельны оптической оси модуля, элементы крепления центрированы, поэтому юстировать оптические элементы можно преимущественно по оптической оси модуля. Цилиндрическое отверстие каждого из элементов крепления 11 сформировано диаметром по любому его поперечному сечению, по крайней мере превышающим апертуру пучка излучения. Предусмотрено, что элементы крепления 11 должны последовательно соединяться параллельными торцевыми поверхностями. В данном случае при размещении элементов крепления 11 в модуле торцевые поверхности будут перпендикулярны оптической оси модуля, а образующие - параллельны ей. Возможны другие варианты выполнения элементов крепления 11.

В один из элементов крепления 11 вклеена при помощи компаунда цилиндрическая микролинза 10, выполненная в данном случае из кварца. В другой элемент крепления 11 вклеена диафрагма 12 при помощи компаунда. В три элемента крепления 11, соединенные между собой при помощи компаунда, вклеен градан 13. Везде, где использован компаунд (или иначе называемый клеевой композицией или клеевым веществом) образованы клеевые прослойки 14. При расположении оптических элементов 10 и 13 в модуле их оси помещают на оптической оси распространения пучка излучения лазера, т.е. на оптической оси модуля, лежащей в плоскости p-n перехода инжекционного лазера 9.

Входной торец элемента крепления 11 с

цилиндрической линзой 10, установленного первым со стороны лазерного диода 6, скреплен с монтажной пластиной 7 с помощью клеевой композиции, образующей клеевую прослойку 14. Одна из поперечных осей линзы 10 расположена на оптической оси модуля. При этом фокус цилиндрической линзы 10 находился на оптической оси модуля, а центр цилиндрической линзы 10 от активной площадки инжекционного лазера 9 - на расстоянии  $2 \pm 0,2$  мкм. В общем случае фокальная поверхность может располагаться как на активной площадке инжекционного лазера 9, так и внутри инжекционного лазера 9. Однако должно быть учтено требование сохранения дифракционной расходимости выходного пучка модуля и технологически допустимое расстояние между цилиндрической линзой 10 и активной площадкой инжекционного лазера 9.

Выходной торец первого элемента крепления 11 соединен с помощью клеевой композиции с входным торцом следующего второго элемента крепления 11 с диафрагмой 12 и она установлена в модуле так, что ее ось совпадает с оптической осью модуля. Выходной торец второго элемента крепления 11 соединяют с свободным входным торцом элементов крепления 11 с граданом 13, размещая его ось по оптической оси модуля, а торец градана 13 на расстоянии порядка 5 мм от цилиндрической линзы 10.

Соединенные компаундом элементы крепления 11 образуют средство крепления. Свободные наружные боковые поверхности средства крепления соединяют с помощью компаунда (область 14) с внутренними боковыми стенками корпуса, образуя единую крепежную область в корпусе модуля.

Корпус 1 закрывается герметично крышкой 4, в которой размещен узел вывода излучения - окно 5 для вывода излучения. Крышка 4 расположена напротив выходного торца градана. Между свободным выходным торцом градана 13 и крышкой 4 клеевая прослойка отсутствует. Позиции 15-17 указывают на электрические выводы модуля.

Заметим, что узел вывода излучения может быть выполнен как в крышке 4 (как в данном конкретном примере исполнения), так и непосредственно в корпусе 1. Так окно 5 для вывода излучения может быть закреплено в части корпуса 1, которая также как крышка 4 расположена напротив выходного торца градана 13 или какого-либо другого выходного оптического элемента.

В другом примере конкретного исполнения передающий оптический модуль, вторая модификация которого изображена на фиг.2, аналогичен рассмотренному с той разницей, что исключен элемент крепления 11 с диафрагмой 12, входной торец градана 13 размещен на расстоянии порядка 1,5 мкм от цилиндрической линзы 10 и введено оптическое волокно 18, закрепленное в двух элементах крепления 11. Его ось установлена по оптической оси модуля, а входной торец размещен на расстоянии порядка 1,5 мкм от выходного торца градана 13. В крышке 4 корпуса 1 закреплена втулка 19 для крепления оптического волокна 18, используемого в данной модификации для вывода излучения. Здесь втулка с оптическим волокном являются узлом вывода излучения. Также при выводе излучения через оптическое волокно

18 втулка 19 для закрепления и вывода оптического волокна 18 может быть закреплена непосредственно в корпусе 1 (при другой конструкции корпуса).

Нами в обеих модификациях использована цилиндрическая линза 10 вместо сферической и градан 13. Здесь использована известная возможность преобразования при помощи цилиндрической микролинзы 10 в сочетании с градиентной оптикой пучка излучения лазера 6 с высокой эллиптичностью в практически аксиально симметричный пучок, т.е. пучок с малой эллиптичностью.

Возможность получения пучка с круглым поперечным сечением определяется как диаметром D цилиндрической линзы 10, так и исходной угловой расходимостью  $z_{\perp}$  в

горизонтальной плоскости, параллельной р-п переходу. Ход лучей в горизонтальной и вертикальной плоскостях в модуле изображен на фиг.3 и 4. Следовательно, основное изменение пространственных параметров излучения лазерного диода 6 происходит в плоскости, перпендикулярной р-п переходу. Угловая расходимость  $z_{\perp}$  излучения в

плоскости, параллельной р-п переходу, практически не изменяется и определяется исходной угловой

расходимостью  $z_{\perp}$  излучения лазерного

диода 6. Для выбранного лазерного диода 6 (см. выше) в таблице приведены экспериментальные значения угловой расходимости  $2\theta_{\perp}$  в вертикальной плоскости в зависимости от диаметра цилиндрической линзы 10.

Следовательно, использование по крайней мере цилиндрической линзы 10 позволяет получать достаточно малую угловую расходимость  $2\theta_{\perp}$  в плоскости, перпендикулярной р-п переходу. По предложенному нами

условию  $|z_{\perp} \cdot 2R| \leq z$  при  $z_{\perp}$ , равном

0,1 рад радиус R цилиндрической линзы 10 должен быть равен 10 мкм и нами в примере выбрана цилиндрическая линза диаметром D, равным 20 мкм. В соответствии с таблицей (см. строки 3 и 4) это позволит получить практически аксиально симметричный выходной пучок излучения рассматриваемого конкретного модуля. Нами определено, что при значениях угловой

расходимости  $z_{\perp}$  исходного излучения

лазерного диода 6 в горизонтальной плоскости по уровню 0,5, находящимися в диапазоне от 0,1 рад до 0,2 рад (т.е. от 5,7° до 10°) лучше всего использовать цилиндрические линзы 10 диаметром D, равным 25 мкм. . . 10 мкм, которые позволят требуемым образом преобразовать излучение (см. таблицу). При малых значениях расходимости в горизонтальной плоскости возможно использование больших диаметров D цилиндрической линзы 10, но не целесообразно более 60 мкм.

Рекомендованные нами выбор размера цилиндрической линзы и ее расположение в зависимости от исходной угловой

расходимости  $z_{\perp}$  в горизонтальной

плоскости выбранного лазерного диода и в связи этим выбор крепежной области позволяют сохранять дифракционную расходимость практически аксиально симметричного пучка выходного излучения модуля (с практическим отсутствием астигматизма) при механо-климатических нагрузках. В единой крепежной области все оптические элементы в равной степени подвержены механо-климатическим воздействиям и поэтому наблюдается стабилизация максимальной выходной мощности излучения модуля. Проведены механо-климатические испытания различных модификаций предложенного передающего оптического модуля, корпуса которых были выполнены из различных материалов. Оптические элементы, элементы крепления, компаунд имели различия ТКЛР используемых материалов до 20%, кроме ТКЛР материала элементов крепления и цилиндрической линзы, которые, как нами предложено, были выбраны или равными, или отличными в пределах, не превышающих 1%. Показано, что предложенный передающий оптический модуль обеспечивает в высокой степени стабильную выходную мощность излучения при достаточно высоких механо-климатических нагрузках.

Обычно для получения стабильной выходной мощности при механо-климатических воздействиях в известных устройствах используют конструкцию с прецизионными деталями и выполняют все элементы крепления оптических элементов и корпуса из одних и тех же материалов (см., например, [4, 5]). При сравнительных испытаниях передающих оптических модулей, при изготовлении которых использовано какое-либо другое средство крепления (см., например, [4, 5]), выяснено, что достигнуть стабильной передачи заданной мощности излучения при различиях ТКЛР используемых материалов более 5% не представляется возможным.

Предложенные определение вида цилиндрической линзы, средство крепления и крепежная область позволили ввести в градан и далее, при его наличии, в оптическое волокно максимальную выходную мощность при минимальных затратах на изготовление элементов крепления, средства крепления и их юстировку, сборку. При механо-климатических воздействиях получено повышение стабильности мощности выходного излучения модуля, сохранена исходная дифракционная расходимость излучения лазерного диода, повышена стабильность создаваемой аксиально симметричной формы пучка излучения при практическом отсутствии астигматизма.

Промышленная применимость

Предложенные передающие оптические модули используются в системах связи, являясь важной частью оптических коммуникационных систем, при создании лазерного технологического оборудования, медицинского оборудования, контрольно-измерительных устройств и т.д.

Источники информации

1. "Laser Diode Module", Laser Focus World, October 1996, p.56.
2. Патент США 4653847 (MOTOROLA, INC.), 31.03.1987, 350/96.20, G 02 B 6/42.

3. Патент РФ 1757345 (КУРЛЕНКОВ С. С.), 18.06.1990, G 02 B 6/42.

4. Патент США 4768199 (SIEMENS AG), 30.08.1988, 372/36, H 01 S 3/19.

5. Патент США 4722586 (TEKTRONIX, INC.), 02.02.1988, G 02 B 6/365.

6. Патент Франции 2658923 (TEKTRONIX, INC.), 12.04.1985, G 02 B 6/42.

7. Патент США 5113404 (AT&T BELL LABORATORIES), 12.05.1992, 372/36, H 01 S 3/19.

### Формула изобретения:

1. Оптический передающий модуль, включающий лазерный диод, на монтажной поверхности монтажной пластины которого закреплен полосковый одномодовый инжекционный лазер, оптические элементы, по крайней мере цилиндрическая линза и градан, оптически связанные с активной площадкой инжекционного лазера, фокус цилиндрической линзы находится на оптической оси модуля, а центр цилиндрической линзы установлен от упомянутой активной площадки на расстоянии не более фокусного, причем абсолютная величина произведения угловой расходимости  $2\Theta_{||}$ , рад, излучения лазерного диода в горизонтальной плоскости по уровню 0,5 и радиуса R, мкм, цилиндрической линзы удовлетворяет условию  $|2\Theta_{||} \cdot 2R| \leq 2$ , средство крепления, выполненное из по меньшей мере двух элементов крепления с параллельными плоскими торцевыми поверхностями и в каждом из них сформировано отверстие с диаметром по любому его поперечному сечению, превышающим апертуру пучка излучения, элементы крепления соединены параллельными торцевыми поверхностями, причем температурные коэффициенты линейного расширения материалов элементов крепления и цилиндрической линзы или равны, или отличны в пределах, не превышающих 1%, в упомянутом средстве крепления в его первом элементе крепления помещена цилиндрическая линза, входная торцевая поверхность первого элемента крепления закреплена на монтажной пластине лазерного диода, а в отверстии по меньшей мере одного другого элемента крепления закреплен градан, его входной торец размещен на заданном расстоянии от цилиндрической линзы и его ось совмещена с оптической осью модуля, корпус с размещенными в нем по крайней мере лазерным диодом, средством крепления с элементами крепления, оптическими элементами и компаундом, помещенным в местах крепления оптических элементов в элементах крепления, крепления последних друг с другом и с монтажной поверхностью лазерного диода, и между средством

крепления и внутренними стенками корпуса, а также узел вывода излучения, причем корпус герметизирован.

2. Модуль по п. 1, отличающийся тем, что цилиндрическая линза выполнена из кварца.

3. Модуль по любому из предшествующих пунктов, отличающийся тем, что элементы крепления выполнены из кварца.

4. Модуль по любому из предшествующих пунктов, отличающийся тем, что лазерный диод имеет излучение со значениями угловой расходимости  $2\Theta_{||}$ , рад, в горизонтальной плоскости по уровню 0,5, находящимися в диапазоне от 0,1 до 0,2 рад, а цилиндрическая линза имеет диаметр не более 10 мкм.

5. Модуль по любому из предшествующих пунктов, отличающийся тем, что между первым и упомянутым другим элементами крепления может быть установлен по меньшей мере еще один элемент крепления.

6. Модуль по любому из предшествующих пунктов, отличающийся тем, что выходная торцевая поверхность каждого элемента крепления, помещенного ближе к инжекционному лазеру, закреплена относительно входной торцевой поверхности последующего элемента крепления, причем упомянутые выходная и входная торцевые поверхности параллельны друг другу.

7. Модуль по п. 5 или 6, отличающийся тем, что в отверстии одного из элементов крепления закреплена диафрагма и указанный элемент крепления установлен между элементом крепления с цилиндрической линзой и элементом крепления с граданом так, что ось диафрагмы совпадает с оптической осью модуля.

8. Модуль по любому из предшествующих пунктов, отличающийся тем, что градан закреплен в отверстиях нескольких элементов крепления.

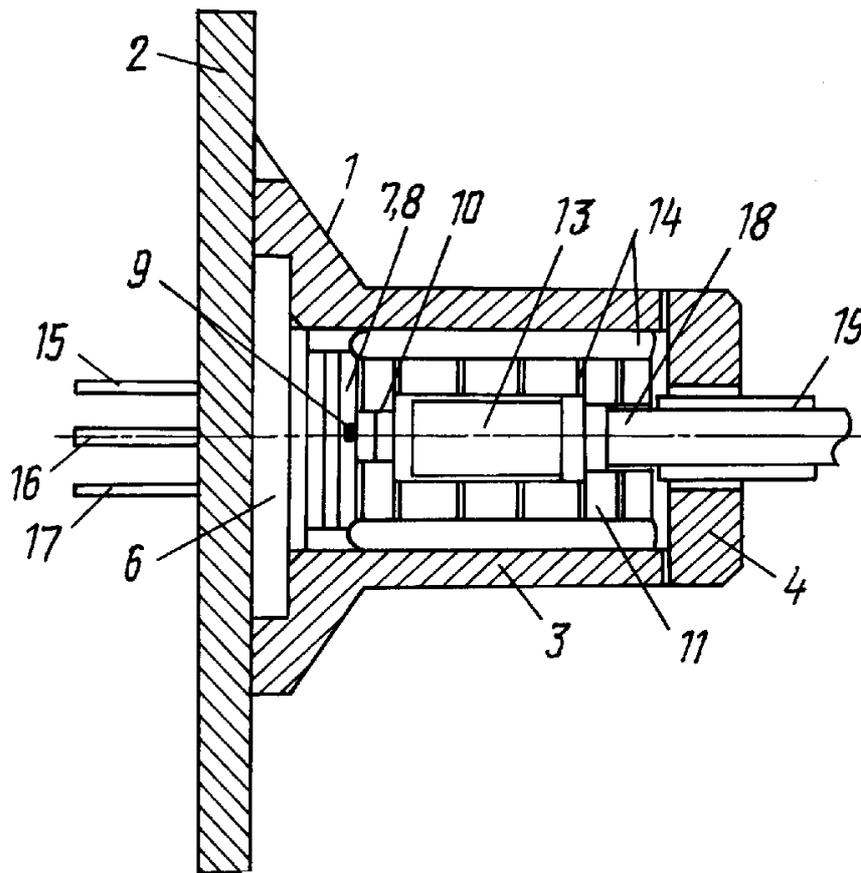
9. Модуль по любому из предшествующих пунктов, отличающийся тем, что имеется крышка, герметично соединенная с корпусом.

10. Модуль по любому из предшествующих пунктов, отличающийся тем, что в отверстии по меньшей мере одного из элементов крепления закреплено оптическое волокно и указанный элемент крепления установлен после элемента крепления с граданом, причем входной торец оптического волокна размещен на заданном расстоянии от выходного торца градана, а ось оптического волокна совпадает с оптической осью модуля.

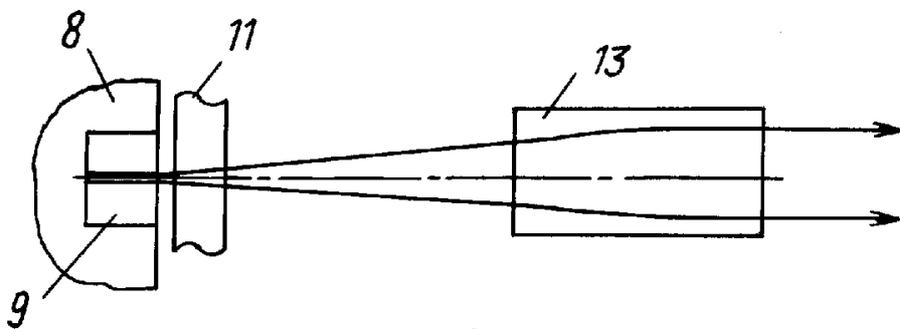
11. Модуль по любому из пп. 1-9, отличающийся тем, что имеется окно для вывода излучения либо в корпусе, либо в крышке.

12. Модуль по п. 10, отличающийся тем, что имеется втулка для вывода оптического волокна либо в корпусе, либо в крышке.

| 2R, мкм | $2\theta_{\perp}$ (2R), рад | $2\theta_{\perp}$ (2R), град |
|---------|-----------------------------|------------------------------|
| 60      | 0,040 + 0,006               | 1,2° + 0,2°                  |
| 40      | 0,060 + 0,010               | 3,5° + 0,6°                  |
| 30      | 0,080 + 0,012               | 4,6° + 0,7°                  |
| 20      | 0,120 + 0,020               | 7,6° + 1,1°                  |
| 15      | 0,16                        | 9°                           |
| 10      | 0,24                        | 13°                          |



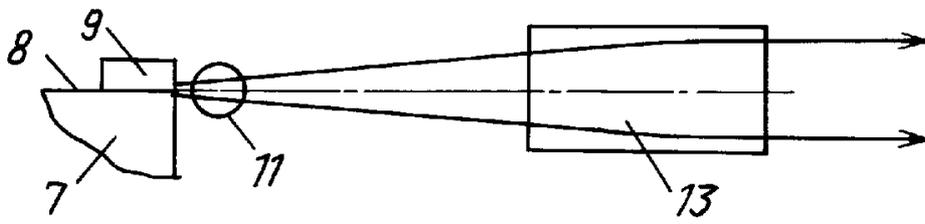
Фиг. 2



Фиг. 3

RU 2201024 C2

RU 2201024 C2



Фиг. 4

RU 2201024 C2

RU 2201024 C2