



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК  
G02B 6/12007 (2023.02); G02B 6/264 (2023.02)

(21)(22) Заявка: 2022126331, 10.10.2022

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
10.10.2022

Дата регистрации:  
03.05.2023

Приоритет(ы):  
(22) Дата подачи заявки: 10.10.2022

(45) Опубликовано: 03.05.2023 Бюл. № 13

Адрес для переписки:  
620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19, УрФУ,  
Центр интеллектуальной собственности,  
Маркс Т.В.

(72) Автор(ы):  
Легавин Денис Александрович (RU)

(73) Патентообладатель(и):  
Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего  
образования "Уральский федеральный  
университет имени первого Президента  
России Б.Н. Ельцина" (RU)

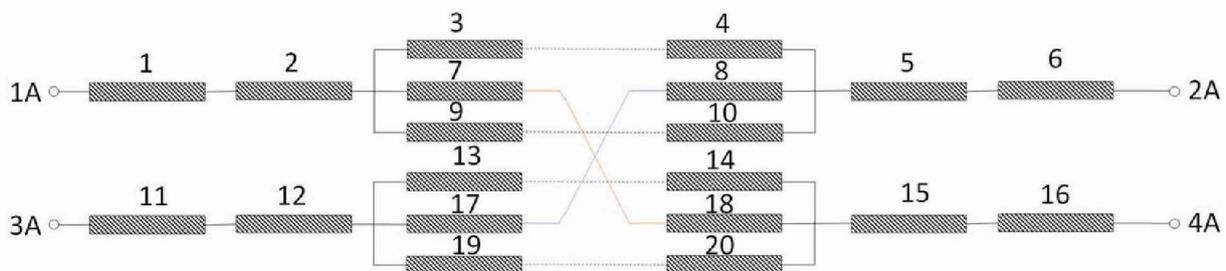
(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: RU 2718669 C1, 13.04.2020. RU 68715  
U1, 27.11.2007. US 10185087 B2, 22.01.2019. WO  
2008063978 A1, 29.05.2008. DE 4230087 A1,  
10.03.1994.

(54) Направленный ответвитель в интегральной оптической схеме

(57) Реферат:

Изобретение относится к интегральной оптике и предназначено для разделения входного света на две части. Устройство включает в себя четыре модифицированных Y-образных делителя, соединенных между собой особым образом, а в случае пересечения волноводов в одном слое используются кроссоверы, выполняющие роль

двух пересекающихся линий. Техническим результатом изобретения является расширение арсенала направленных ответвителей в интегральной оптике, а также расширение полосы рабочих частот, направленных ответвителей. 4 з.п. ф-лы, 3 ил.



Фиг. 3



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.  
*G02B 6/26* (2006.01)  
*G02B 6/12* (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC  
*G02B 6/12007* (2023.02); *G02B 6/264* (2023.02)

(21)(22) Application: **2022126331, 10.10.2022**

(24) Effective date for property rights:  
**10.10.2022**

Registration date:  
**03.05.2023**

Priority:  
(22) Date of filing: **10.10.2022**

(45) Date of publication: **03.05.2023** Bull. № 13

Mail address:  
**620002, g. Ekaterinburg, ul. Mira, 19, UrFU, Tsentr  
intellektualnoj sobstvennosti, Marks T.V.**

(72) Inventor(s):  
**Letavin Denis Aleksandrovich (RU)**

(73) Proprietor(s):  
**Federal State Autonomous Educational  
Institution of Higher Education Ural Federal  
University named after the first President of  
Russia B.N.Yeltsin (RU)**

(54) **DIRECTIONAL COUPLER IN INTEGRATED OPTICAL CIRCUIT**

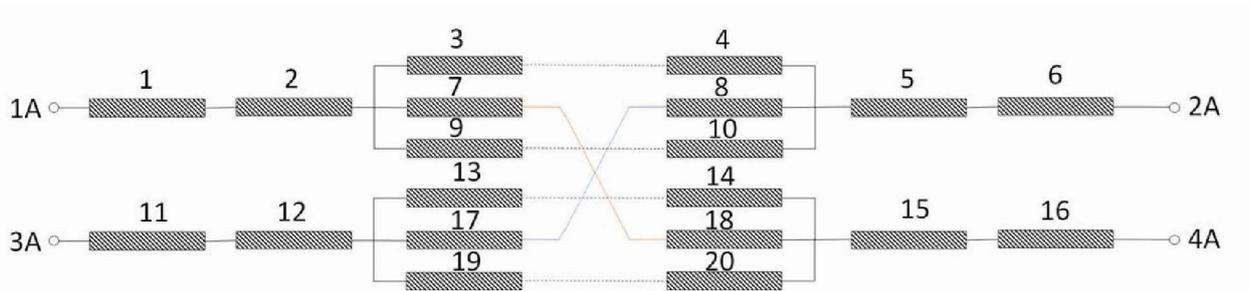
(57) Abstract:

FIELD: integrated optics.

SUBSTANCE: invention is intended for dividing the input light into two parts. The device includes four modified Y-shaped dividers connected to each other in a special way, and in case of the intersection of waveguides in one layer, crossovers are used that act

as two intersecting lines.

EFFECT: expansion of the arsenal of directional couplers in integrated optics, as well as the expansion of the operating frequency band of directional couplers.  
5 cl, 3 dwg



Фиг. 3

RU 2 795 392 C1

RU 2 795 392 C1

Изобретение относится к интегральной оптике и предназначено для разделения входного света на две части. Устройство включает в себя четыре модифицированных Y-образных делителя, соединенных между собой особым образом, а в случае пересечения волноводов в одном слое используются кроссоверы, выполняющие роль двух  
5 пересекающихся линий.

Световые сигналы могут передаваться по оптическим волокнам. Они также могут распространяться через плоские волноводные структуры, которые могут быть реализованы в виде фотонных волноводов в интегральных схемах. С помощью таких волноводов оптический сигнал передается от одного элемента схемы к другому.

10 Делители играют важную роль в таких схемах. В связи с этим активно проводятся различные исследования делителей и, в частности, направленных ответвителей.

Из уровня техники известен Y-образный делитель, состоящий из входного волновода, разделительной части для разделения света (объединения входного волновода с двумя выходными), поступающего из входного волновода, на две части и пары выходных  
15 волноводов для направления разделенных частей входного света (см. патент US 6707968B2, класс G02B 6/26, опубликованный 16 марта 2004 г.). Этот делитель, в зависимости от схемотехнических решений, может делить входной свет, как с равными коэффициентами, так и с неравномерными коэффициентами деления. Также следует отметить, что этот делитель может выступать в роли сумматора, когда входной волновод  
20 выступает в роли выхода, а два выходных волновода - в качестве входов. Если на оба входа поступает свет с одинаковой амплитудой и фазой, то на выходе будет свет с удвоенной амплитудой. Если световые сигналы сдвинуты по фазе на 180 градусов, то они компенсируют друг друга и на выход ничего не поступит. Когда световой сигнал поступает на один из входов, это приведет к потере половины уровня амплитуды  
25 входного сигнала на выходе.

Недостаток Y-образного делителя в том, что такой делитель не может быть идеально согласован на всех портах.

Известен также направленный ответвитель в интегрально-оптической схеме, состоящей из двух параллельных волноводов, сближающихся друг с другом на  
30 промежутке, равном четверти длины волны (см. патент США US 5146518A, кл. G02B 6/10, опубл. 08.09.1992). Основным недостатком данного решения является узкая полоса частот, в которой осуществляется разделение света, поступающего на вход ответвителя, между его выходами.

Техническим результатом изобретения является расширение арсенала направленных  
35 ответвителей в интегральной оптике, а также расширение полосы рабочих частот, направленных ответвителей.

Техническое решение достигается тем, что направленный ответвитель в интегральной оптической схеме, **характеризующийся тем, что содержит четыре входных оптических волновода и четыре одинаковых делителя оптических сигналов с одним входом и тремя**  
40 **выходами, где первый вход первого входного оптического волновода соединен с первым входом направленного ответвителя, а второй вход первого входного оптического волновода соединен с первым входом второго оптического волновода, являющийся одновременно входом первого делителя, второй вход второго оптического волновода соединен с первыми входами третьего, седьмого и девятого оптических волноводов,**  
45 **второй вход третьего оптического волновода соединен с первым входом четвертого оптического волновода, второй вход седьмого оптического волновода соединен с первым входом восемнадцатого оптического волновода, второй вход девятого оптического волновода соединен с первым входом десятого оптического волновода,**

вторые входы четвертого, восьмого и десятого оптических волноводов соединены с первым входом пятого оптического волновода, второй вход пятого оптического волновода соединен с первым входом шестого оптического волновода, второй вход шестого оптического волновода соединен со вторым входом направленного ответвителя, первый вход одиннадцатого входного оптического волновода соединен с третьим входом направленного ответвителя, а второй вход одиннадцатого входного оптического волновода соединен с первым входом двенадцатого оптического волновода, второй вход двенадцатого оптического волновода соединен с первыми входами тринадцатого, семнадцатого и девятнадцатого оптических волноводов, второй вход тринадцатого оптического волновода соединен с первым входом четырнадцатого оптического волновода, второй вход семнадцатого оптического волновода соединен с первым входом восьмого оптического волновода, второй вход девятнадцатого оптического волновода соединен с первым входом двадцатого оптического волновода, вторые входы четырнадцатого, восемнадцатого и двадцатого оптических волноводов соединены с первым входом пятнадцатого оптического волновода, второй вход пятнадцатого оптического волновода соединен с первым входом шестнадцатого оптического волновода, второй вход шестнадцатого оптического волновода соединен с четвертым входом направленного ответвителя.

Y-образные делители могут выполнять деление на два, три или более выходов. В [Purnamaningsih, R.W., Poespawati, N.R., Abuzairi, T., Rahardjo, S., Hamidah, M. & Dogheche, E. 2017, "The effect of waveguide parameters on gan based S-bend Y-junction optical power divider", QiR 2017 - 2017 15th International Conference on Quality in Research (QiR): International Symposium on Electrical and Computer Engineering, pp. 353. DOI 10.1109/QIR.2017.8168510] описан Y-образный делитель на два выхода, в [Wang, T.-., Huang, C.-. & Wang, W.-. 2003, "Wide-angle 1 × 3 optical power divider in LiNbO3 for variable power splitting", IEEE Photonics Technology Letters, vol. 15, no. 10, pp. 1401-1403. DOI 10.1109/LPT.2003.818256 и Wang, T.-., Wang, Y.-. & Wang, W.-. 2000, "Single-mode 1×3 equal-power divider using a substrate microprism and two waveguide expanders", IEEE Photonics Technology Letters, vol. 12, no. 2, pp. 164-166. DOI 10.1109/68.823504] описан Y-образный делитель на три выхода, в [Song, H.-., Oh, T.-., Shin, S.-., Yi, S.-., Jang, W.-. & Rhee, T.H. 1998, "Four-branch single-mode waveguide power divider", IEEE Photonics Technology Letters, vol. 10, no. 12, pp. 1760-1762. DOI 10.1109/68.730494] описан Y-образный делитель на четыре выхода.

На прилагаемых чертежах представлен направленный ответвитель в интегральной оптической схеме, где:

на фиг. 1 - схема делителя входного света на три выхода (используемый в составе ответвителя, в количестве четырех), который, в зависимости от схемотехнических решений, используемых в устройства будет выполнять деление света, как с равными коэффициентами, так и с неравномерными коэффициентами деления.

на фиг. 2 - схема направленного ответвителя, которая имеет 8 пересечений волноводов, и если устройство будет реализовано, необходимо будет установить аналогичное количество кроссоверов (вариант 1);

на фиг. 3 - схема направленного ответвителя, которая имеет 5 пересечений волноводов, и если устройство будет реализовано, необходимо будет установить аналогичное количество кроссоверов (вариант 2). Данный вариант реализации устройства считается более предпочтительным по сравнению с вариантом 1 (т.к. требуется меньше кроссоверов), поскольку в этом случае проще реализовать деление с нужными коэффициентами деления мощности.

Направленный ответвитель на фиг.3, в зависимости от схемотехнических решений

(коэффициентов деления делителя, показанного на фиг. 1), может делить входной свет, как с равными коэффициентами, так и с неравномерными коэффициентами деления.

Рассмотрим направленный ответвитель с равным делением входного светового потока между выходами устройства. Например, мы будем рассматривать первый вход ответвителя (1А) в качестве входного порта. Также стоит отметить, что все волноводы должны иметь одинаковую физическую длину для того, чтобы световые потоки складывались в фазе. Соединение волноводов 3, 4, 7, 8, 9, 10, 13, 14, 17, 18, 19 и 20 может быть различным, что повлияет на необходимые коэффициенты разделения светового потока на делителях, показанных на фиг.1. Однако наилучшей реализацией будет решение, показанное на фиг.3. Поскольку в этом случае центральный волновод 7 соединен с центральным волноводом 18, и свет проходит без отражения на четвертый выход (4А) ответвителя. Соединенные волноводы 3 и 9 с волноводами 4 и 8 работают как обычный Y-образный делитель и сумматор соответственно. Общий световой поток с выходов волноводов 4 и 8 поступает на второй выход (2А) ответвителя. Стоит отметить, что для реализации пересекающихся волноводов используются кроссоверы (которые могут иметь различную схемно-конструктивную реализацию). Оставшиеся третий выход (3А) ответвителя является развязанным.

Рассмотрим принцип работы ответвителя на фиг.3. Свет, поступающий во входной волновод 1, проходит во 2 волновод (входной волновод делителя), где затем свет разделяется на три части с неравным делением, когда на вход волновода 3 и 9 поступает по  $\frac{1}{4}$  входного светового потока, а на вход волновода 7 поступает оставшиеся  $\frac{1}{2}$  входного светового потока. Поскольку длины волноводов одинаковы, то световые потоки с выходов волноводов 3 и 9 поступают сначала на входы, а потом проходят на выходы волноводов 4, 10, а после за счет одинаковой амплитуды и фазы световые потоки, суммируются на входе волновода 5 и далее  $\frac{1}{2}$  входного светового потока, поступает в 6 выходной волновод и из него на выход ответвителя 2А. Световой поток с выхода 7 волновода поступает сначала на вход, а потом на выход 18 волновода, который проходит на вход 15 волновода, а затем  $\frac{1}{2}$  входного светового потока, поступает в 16 выходной волновод и из него на выход ответвителя 4А. При этом на выход 3А ответвителя ничего не поступает, в случае использования идеальных кроссоверов. Поскольку предлагаемый ответвитель представляет собой симметричное устройство, то аналогичный принцип работы, присущ при подаче света на любой из входов ответвителя.

В случае иного деления входного светового потока, между выходами делителя показанного на фиг.1 можем получать направленный ответвитель с неравным делением светового потока между выходами ответвителя. Также стоит отметить, что смещение световых потоков по фазе (использование волноводов разной длины) может привести к дополнительным потерям.

Неравномерное разделение входного светового потока делителя, показанного на фиг.1 может быть достигнуто различными способами, например, из-за различного поперечного сечения используемых волноводов или за счет того, что формы двух выходных волноводов отличаются друг от друга, как описано в патенте Японии № 8-122547 или в указанных ранее публикациях.

Получается, что для получения, широкополосного направленного ответвителя необходимо использовать модифицированный вариант Y-образного делителя, когда световой поток делится не на два, а на три выхода. Благодаря неравномерному коэффициенту деления можно достичь условия, когда два разных делителя (модифицированные версии Y-образного делителя действующие как сумматор) получают

световые потоки с одинаковой амплитудой и фазой, что позволяет добиться равного  
разделения входного светового потока между выходами ответвителя. В то же время,  
благодаря подключению центральных волноводов, удается избежать отражения, так  
как световой поток проходит непосредственно на выход устройства. Пересечение  
5 волноводов может быть реализовано за счет кроссоверов, которые нетрудно реализовать  
в интегральной оптической схеме.

Благодаря тому, что в схеме используются Y-образные делители, которые делят и  
суммируют световой поток в широкой полосе частот, они должны обеспечить  
аналогичную ширину полосы частот предлагаемого направленного ответвителя.  
10 Использование волноводов с разным поперечным сечением позволит добиться разного  
коэффициента разделения между выходами делителя.

Таким образом, предлагаемый направленный ответвитель в интегральной оптической  
схеме обеспечивает достижение технического результата, выражающегося в расширение  
арсенала направленных ответвителей в интегральной оптике, а также расширение  
15 полосы рабочих частот, направленных ответвителей.

### (57) Формула изобретения

1. Направленный ответвитель в интегральной оптической схеме, характеризующийся  
тем, что содержит четыре входных оптических волновода и четыре одинаковых делителя  
20 оптических сигналов с одним входом и тремя выходами, где первый вход первого  
входного оптического волновода соединен с первым входом направленного ответвителя,  
а второй вход первого входного оптического волновода соединен с первым входом  
второго оптического волновода, являющийся одновременно входом первого делителя,  
второй вход второго оптического волновода соединен с первыми входами третьего,  
25 седьмого и девятого оптических волноводов, второй вход третьего оптического  
волновода соединен с первым входом четвертого оптического волновода, второй вход  
седьмого оптического волновода соединен с первым входом восемнадцатого  
оптического волновода, второй вход девятого оптического волновода соединен с  
первым входом десятого оптического волновода, вторые входы четвертого, восьмого  
30 и десятого оптических волноводов соединены с первым входом пятого оптического  
волновода, второй вход пятого оптического волновода соединен с первым входом  
шестого оптического волновода, второй вход шестого оптического волновода соединен  
со вторым входом направленного ответвителя, первый вход одиннадцатого входного  
оптического волновода соединен с третьим входом направленного ответвителя, а  
35 второй вход одиннадцатого входного оптического волновода соединен с первым входом  
двенадцатого оптического волновода, второй вход двенадцатого оптического волновода  
соединен с первыми входами тринадцатого, семнадцатого и девятнадцатого оптических  
волноводов, второй вход тринадцатого оптического волновода соединен с первым  
входом четырнадцатого оптического волновода, второй вход семнадцатого оптического  
40 волновода соединен с первым входом восьмого оптического волновода, второй вход  
девятнадцатого оптического волновода соединен с первым входом двадцатого  
оптического волновода, вторые входы четырнадцатого, восемнадцатого и двадцатого  
оптических волноводов соединены с первым входом пятнадцатого оптического  
волновода, второй вход пятнадцатого оптического волновода соединен с первым  
45 входом шестнадцатого оптического волновода, второй вход шестнадцатого оптического  
волновода соединен с четвертым входом направленного ответвителя.

2. Направленный ответвитель в интегральной оптической схеме по п. 1, отличающийся  
тем, что волноводы выполнены с одинаковыми поперечными сечениями.

3. Направленный ответвитель в интегральной оптической схеме по п.1, отличающийся тем, что волноводы выполнены с разными поперечными сечениями.

4. Направленный ответвитель в интегральной оптической схеме по п.1, отличающийся тем, что все используемые волноводы имеют одинаковую длину.

5. Направленный ответвитель в интегральной оптической схеме по п.1, отличающийся тем, что все используемые волноводы имеют разную длину.

10

15

20

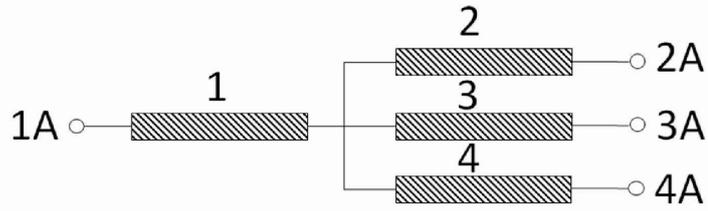
25

30

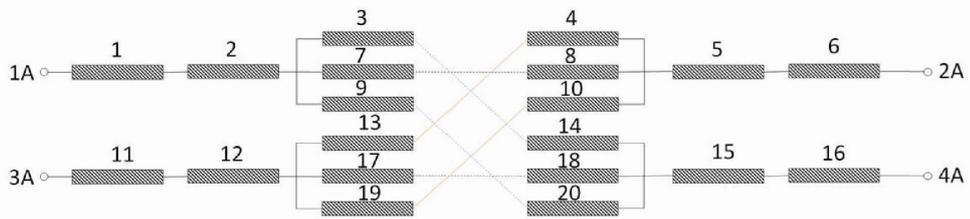
35

40

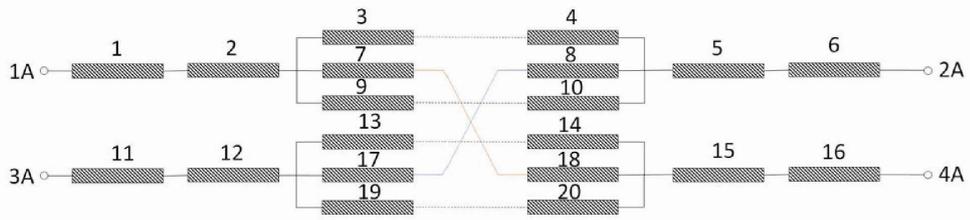
45



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3