



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

G02B 6/0005 (2019.05); G02B 6/04 (2019.05); G02B 6/102 (2019.05)

(21)(22) Заявка: 2019104278, 15.02.2019

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
15.02.2019Дата регистрации:
17.12.2019

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 15.02.2019

(45) Опубликовано: 17.12.2019 Бюл. № 35

Адрес для переписки:

620002, Свердловская обл., г. Екатеринбург, ул.
Мира, 19, ФГАОУ ВО "УФУ им. первого
Президента России Б.Н.Ельцина", Центр
интеллектуальной собственности, Маркс Т.В.

(72) Автор(ы):

**Жукова Лия Васильевна (RU),
Корсаков Александр Сергеевич (RU),
Корсакова Елена Анатольевна (RU),
Шмыгалев Александр Сергеевич (RU),
Муфтахитдинова Наталья Анатольевна (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: US 5182790 A, 26.01.1993. RU 2634492
C1, 31.10.2017. RU 2340921 C1, 10.12.2008. US
4583821 A, 22.04.1986.(54) СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ИНФРАКРАСНЫХ ВОЛОКОННЫХ СБОРОК НА ОСНОВЕ
ГАЛОГЕНИДСЕРЕБРЯНЫХ СВЕТОВОДОВ

(57) Реферат:

Изобретение относится к области получения ИК волоконных сборок из галогенидсеребряных световодов, предназначенных для передачи теплового изображения в среднем инфракрасном диапазоне (2-20 мкм) и востребованных для применения в промышленной и медицинской термографии с целью визуализации распределения теплового поля от удаленного объекта. Способ получения инфракрасных волоконныхборок на основе галогенидсеребряных световодов включает получение световодов методом экструзии из монокристаллов твердых растворов хлорид-бромид серебра и их упаковку в гексагональную структуру. При этом предварительно из монокристалла вырезают заготовку диаметром 14-16 мм, высотой 15-20 мм,

после чего методом экструзии получают поликристаллическую заготовку с величиной зерна 500-600 нм, диаметром 3 мм, длиной 430±5 мм. Затем вторично экструдировать для получения однослойных световодов диаметром 100 мкм размером зерен 50-60 нм, из которых механической сборкой формируют гексагональную структуру из 19, 37 и 61 световода с последующим их уплотнением, при этом диаметрыборок составляют 500, 700, 900 мкм и длиной 2,7±0,3 м. При этом световоды содержат 25,0-75,0 мас.% хлорида серебра и 75,0-25,0 мас.% бромид серебра. Обеспечивается повышение температурного разрешения, уменьшение оптических потерь и снижение перекрестных помех. 3 пр.



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(19) **RU** (11)**2 709 371** (13) **C1**(51) Int. Cl.
G02B 6/04 (2006.01)(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC

G02B 6/0005 (2019.05); G02B 6/04 (2019.05); G02B 6/102 (2019.05)(21)(22) Application: **2019104278, 15.02.2019**(24) Effective date for property rights:
15.02.2019Registration date:
17.12.2019

Priority:

(22) Date of filing: **15.02.2019**(45) Date of publication: **17.12.2019 Bull. № 35**

Mail address:

**620002, Sverdlovskaya obl., g. Ekaterinburg, ul.
Mira, 19, FGAOU VO "UFU im. pervogo
Prezidenta Rossii B.N.Eltsina", Tsentr
intellektualnoj sobstvennosti, Marks T.V.**

(72) Inventor(s):

**Zhukova Liya Vasilevna (RU),
Korsakov Aleksandr Sergeevich (RU),
Korsakova Elena Anatolevna (RU),
Shmygalev Aleksandr Sergeevich (RU),
Muftakhitdinova Natalya Anatolevna (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) **METHOD OF PRODUCING INFRARED FIBER ASSEMBLIES BASED ON SILVER HALIDE LIGHT GUIDES**

(57) Abstract:

FIELD: physics.

SUBSTANCE: invention relates to production of infrared fiber assemblies of silver-halide light guides intended for transfer of thermal image in middle infrared range (2–20 mcm) and required for use in industrial and medical thermography in order to visualize distribution of thermal field from a remote object. Method of producing infrared fiber assemblies based on silver-halide light guides involves obtaining light guides by extrusion from monocrystals of solid solutions of silver chloride-bromide and packing them into a hexagonal structure. Workpiece with diameter of 14–16 mm and height of 15–20 mm is preliminarily cut from the monocrystal, after which a polycrystalline workpiece

with grain size of 500–600 nm, diameter of 3 mm, length of 430±5 mm is produced by extrusion. Then, it is extruded for production of single-layer light guides with diameter of 100 microns with grain size of 50–60 nm, of which a hexagonal structure of light-emitting diodes 19, 37 and 61 is formed by mechanical assembly with subsequent compaction thereof, diameters of the assemblies being equal to 500, 700, 900 mcm and length of 2.7±0.3 m. Light guides contain 25.0–75.0 wt% silver chloride and 75.0–25.0 wt% silver bromide.

EFFECT: higher temperature resolution, reduced optical losses and reduced crosstalk.

1 cl, 3 ex

RU 2 709 371 C1

RU 2 709 371 C1

Предлагаемый способ относится к области получения ИК волоконных сборок из галогенидсеребряных световодов, получаемых методом экструзии из кристаллов твердых растворов системы AgCl-AgBr. Упорядоченные ИК волоконные сборки предназначены для передачи теплового изображения в среднем инфракрасном диапазоне (2-20 мкм) и востребованы для применения в промышленной и медицинской термографии с целью визуализации распределения теплового поля от удаленного объекта.

Первые работы, посвященные ИК волоконным сборкам (пучкам) на основе двуслойных галогенидсеребряных световодов, опубликованы в статье [Paiss, I. Properties of silver halide core-clad fibers and the use of fiber bundle for thermal imaging / I. Paiss, F. Moser, A. Katzir // *Fiber and Integrated Optics*. – 1991. – Vol. 10. – P. 275–290]. Авторы получали экструзией методом «штабик в трубке» двуслойное волокно из монокристаллов твердых растворов $\text{AgCl}_x\text{Br}_{1-x}$ – состав штабика (сердцевины); состав трубки (матрицы) – $\text{AgCl}_y\text{Br}_{1-y}$, где $y > x$. Затем двуслойные волокна гексагонально укладывали в трубку, экструдировали, нарезали на сегменты, снова экструдировали и процесс повторяли несколько раз с целью получения волоконных сборок из 70 волокон общим диаметром сборки 2 мм и длиной 40 см. Диаметр волокон после многостадийной экструзии составил 80 мкм с расстоянием между их центрами 160 мкм. С помощью тепловизора показана возможность сборки к передаче теплового изображения на длине волны 10,6 мкм (CO_2 лазер). Но авторы не приводят функциональных свойств световодов: оптические потери, химические составы, перекрестные помехи и пространственное разрешение волоконной сборки.

Известен способ получения ИК волоконных сборок общим диаметром 1-3 мм и длиной 100 см. Волоконные сборки изготовлены из 70-250 волокон диаметром 60-100 мкм, которые получены трехкратной экструзией двуслойных галогенидсеребряных световодов, сегменты из которых помещали в трубку из AgCl и снова экструдировали [Paiss, I. Thermal imaging by ordered bundles of silver halide crystalline fibers / I. Paiss, A. Katzir // *Applied Physics Letters*. – 1992. – Vol. 61. – P. 1384–1386]. В этой же работе описаны сборки с плотной упаковкой из 1000-2000 волокон диаметром 20-40 мкм и длиной 30 см. Авторы отмечают, что не удалось добиться хорошей регулярности сборок, поэтому зарегистрированы высокие оптические потери на пропускание, обусловленные пиками поглощения в ИК спектрах. Тем не менее были переданы тепловые изображения по волоконным сборкам при температурном разрешении в 5-10°C.

Также известен модернизированный способ получения ИК волоконных сборок и сообщается о сборке из 100-2500 галогенидсеребряных волокон диаметром 50-250 мкм, полученных многократной экструзией. Оптические потери для сборки из 900 световодов на длине волны 10,6 мкм составили 13,7 дБ/м; пространственное разрешение 4-5 линий на мм [Rave, E. Thermal imaging through ordered bundles of infrared-transmitting silver-halide fibers / E. Rave, D. Shemesh, A. Katzir // *Applied Physics Letters*. – 2000. – Vol. 76, № 14. – P. 1795–1797]. Перекрестные помехи между соседними волокнами - 25%, т.е. перетекание сигнала из одного волокна в другое [Rave, E. Ordered bundles of infrared-transmitting AgClBr fibers: optical characterization of individual fibers / E. Rave, L. Nagli, A. Katzir // *Optics Letters*. – 2000. – Vol. 25, № 17. – P. 1237–1239]. При этом высокие оптические потери 1,92 дБ/см (192 дБ/м) на длине волны 10,6 мкм для сборок из 900 волокон диаметром 25 мкм связаны с избыточным рассеянием на границе волокна и матрицы, а также с ИК излучением, которое передается оболочкой двуслойного волокна. Кроме того, сборки негибкие.

Наиболее близкое техническое решение в качестве выбора прототипа для «Способа

получения инфракрасных волоконных сборок на основе галогенидсеребряных световодов», включает получение экструзией методом «штабик в трубке» двуслойных световодов из монокристаллов твердых растворов системы AgCl-AgBr, упаковку их в гексагональную структуру с последующей экструзией, вырезанием сегментов, которые снова экструдируют.

В итоге получают гибкую волоконную сборку длиной до 2 м, наружным диаметром 0,7 мм, содержащую 36 волокон с диаметром 40 мкм. Оптические потери сборки (коэффициент затухания) на длине волны 10,6 мкм составили 0,5 дБ/см (50 дБ/м), пространственное разрешение 4,3 линии на мм, перекрестные помехи – 30% [Rave, E. Ordered bundles of infrared transmitting silver halide fibers: attenuation, resolution and crosstalk in long and flexible bundles / E. Rave, A. Katzir // Optical Engineering. – 2002. – Vol. 41, № 7. – P. 1467–1468]. В этой же работе представлена волоконная сборка длиной до 2 м, диаметром 0,9 мм, содержащая 100 волокон диаметром 70 мкм. Оптические потери сборки на длине волны 10,6 мкм – 0,7 дБ/см (70 дБ/м), разрешение 6,5 линий на мм, перекрестные помехи – 45%. При этом, авторы отмечают, что исходное двуслойное волокно имело оптические потери в размере 0,2 дБ/м в диапазоне длин волн 9-11 мкм, но не указан диапазон прозрачности волоконных сборок в среднем ИК диапазоне, их радиус изгиба, а также химический состав волокон.

Таким образом, разработанные ИК волоконные сборки состава твердых растворов системы AgCl-AgBr имеют неудовлетворительные для практического применения оптические свойства. Конкретно, высокие оптические потери на длине волны 10,6 мкм, высокие перекрестные помехи и низкое температурное разрешение.

Существует проблема получения длинных и гибких волоконных сборок для промышленной и медицинской термографии на основе галогенидсеребряных световодов определенного химического состава, прозрачных в среднем ИК диапазоне, обладающих низкими оптическими потерями, перекрестными помехами, высоким пространственным и температурным разрешением.

Решение проблемы достигается тем, что в способе получения инфракрасных волоконных сборок на основе галогенидсеребряных световодов, включающем получение световодов методом экструзии из монокристаллов твердых растворов хлорид-бромид серебра, их упаковку в гексагональную структуру, отличающимся тем, что предварительно из монокристалла вырезают заготовку диаметром 14-16 мм, высотой 15-20 мм, после чего методом экструзии получают поликристаллическую заготовку с величиной зерна 500-600 нм, диаметром 3 мм, длиной 430 ± 5 мм и вторично экструдируют для получения однослойных световодов диаметром 100 мкм размером зерен 50-60 нм, из которых механической сборкой формируют гексагональную структуру из 19, 37 и 61 световода с последующим их уплотнением, при этом диаметры сборок составляют 500, 700, 900 мкм и длиной $2,7 \pm 0,3$ м, причем, световоды содержат ингредиенты при следующем соотношении в мас. %:

хлорид серебра	25,0–75,0;
бромид серебра	75,0–25,0.

Сущность изобретения состоит в том, что из монокристаллов определенного состава системы AgCl-AgBr вырезают заготовку, экструдируют ее с целью получения наноразмерной поликристаллической структуры (500-600 нм). Затем, поликристаллическую заготовку вновь экструдируют для создания нанокристаллического размера зерен (50-60 нм) в однослойных световодах диаметром 100 мкм, которые в определенном количестве механически собирают в гексагональную

структуру, уплотняют и получают регулярные волоконные сборки для дистанционной передачи теплового изображения в инфракрасном спектральном диапазоне.

Существующая проблема решена за счет того, что разработан способ получения волоконныхборок, прозрачных в среднем инфракрасном диапазоне от 2,0 до 20,0 мкм, обладающих низкими оптическими потерями на длине волны 10,6 мкм – 0,4–0,5 дБ/м и низкими перекрестными помехами между соседними волокнами – 4,5–5%. Пространственное разрешение в сборке составляет 5 линий на мм. Вследствие получения методом экструзии световодов нанокристаллической структуры, из пластичных монокристаллов твердых растворов системы AgCl-AgBr, волоконные сборки являются гибкими.

Пример 1.

Из монокристалла состава 25,0 % хлорида серебра, 75,0 % бромида серебра (в мас. %) вырезают заготовку диаметром 14 мм, высотой 20 мм и экструдировывают ее для получения поликристаллической заготовки с величиной зерна 500 нм диаметром 3 мм и длиной 425 мм. Затем заготовку вновь экструдировывают через специально изготовленную фильеру и получают световод $d = 100$ мкм, длиной 50 м.

Световод имеет нанокристаллическую структуру с размером зерен 50 нм, его разрезают на отрезки длиной 2,4 м и собирают механическим способом волоконную сборку диаметром 500 мкм, содержащую 19 световодов с последующим уплотнением сборки.

Волоконная сборка прозрачна в спектральном диапазоне от 2 до 20 мкм, оптические потери на длине 10,6 мкм составляют 0,4 дБ/м, перекрестные помехи – 4,5%, пространственное разрешение – 5 линий на мм, температурное разрешение равно 0,2 °С.

Пример 2.

Из монокристалла состава 75,0 % хлорида серебра, 25,0 % бромида серебра (в мас. %) вырезают заготовку диаметром 16 мм и высотой 15 мм, экструдировывают ее для получения поликристаллической заготовки (размер зерна 600 нм) диаметром 3 мм и длиной 435 мм, которую вновь экструдировывают для получения световода нанокристаллической структуры (60 нм) диаметром 100 мкм, длиной 50 м. Световод разрезают на отрезки длиной 3,0 м в количестве 61 шт, собирают и уплотняют регулярную волоконную сборку с внешним диаметром 900 мкм.

Функциональные свойства сборки:

- диапазон прозрачности от 2 до 20 мкм;
- оптические потери на длине 10,6 мкм составляют 0,45 дБ/м;
- перекрестные помехи – 5%;
- пространственное разрешение – 5 линий на мм;
- температурное разрешение равно 0,25 °С.

Пример 3.

Эксперименты проводили так же, как в примере 1, но монокристаллическая заготовка диаметром 15 мм и высотой 17 мм имела состав в мас. %: хлорида серебра – 50,0, бромида серебра – 50,0. После ее экструзии получили поликристаллическую заготовку (размер зерна 550 нм) диаметром 3 мм, длиной 430 мм, а в результате повторной экструзии изготовили 50-метровой длины нанокристаллический световод диаметром 100 мкм (размер зерна 55 нм). Световод разрезали на отрезки длиной 2,7 м и механической укладкой с последующим уплотнением сформировали регулярную волоконную сборку гексагональной структуры диаметром 700 мкм, содержащую 37 волокон.

Волоконная сборка прозрачна в ИК диапазоне 2,0-20,0 мкм, имеет оптические потери на длине волны 10,6 мкм 0,43 дБ/м, перекрестные помехи 4,8%, пространственное разрешение 5 линий на мм, температурное разрешение 0,3°С.

В случае изготовления ИК волоконныхборок по условиям и режимам, не соответствующим формуле изобретения и подтвержденной примерами, не удается получать сборки с требуемыми оптическими свойствами, которые необходимы для практического применения.

Технический результат

Разработанный способ получения ИК волоконныхборок на основе галогенидсеребряных световодов имеет следующие преимущества перед прототипом:

1. Сокращен в 2-3 раза по времени и трудозатратам процесс изготовленияборок. В прототипе и аналогах осуществляют многократную экструзию получения двуслойных световодов, вырезания сегментов и, снова, повторения процесса экструзии с целью получения волокон определенного диаметра. В предлагаемом способе используется двукратная экструзия.

2. Разработана и изготовлена уникальная оснастка для создания нанокристаллической структуры однослойных галогенидсеребряных световодов малого диаметра 100 мкм и длиной до 50 м и более.

3. Волоконные сборки предназначены для работы в среднем ИК диапазоне (от 2,0 до 20,0 мкм); в прототипе диапазон прозрачности волоконныхборок не указан.

4. При сохранении сопоставимого пространственного разрешения для волоконныхборок на уровне 5 линий на мм (для прототипа – 4,3 – 6,5 линий на мм) происходит улучшение следующих параметров:

- повышается температурное разрешение для волоконныхборок до значений 0,2 – 0,3°С против прототипа – 5 – 10°С;
- уменьшаются оптические потери на длине волны 10,6 мкм в сборках 0,4-0,5 дБ/м, в прототипе – 50-70 дБ/м;
- снижаются перекрестные помехи в способе 4,5-5%, в прототипе – 30-45%.

(57) Формула изобретения

Способ получения инфракрасных волоконныхборок на основе галогенидсеребряных световодов, включающий получение световодов методом экструзии из монокристаллов твердых растворов хлорид-бромид серебра, их упаковку в гексагональную структуру, отличающийся тем, что предварительно из монокристалла вырезают заготовку диаметром 14-16 мм, высотой 15-20 мм, после чего методом экструзии получают поликристаллическую заготовку с величиной зерна 500-600 нм, диаметром 3 мм, длиной 430±5 мм и вторично экструдировать для получения однослойных световодов диаметром 100 мкм с размером зерен 50-60 нм, из которых механической сборкой формируют гексагональную структуру из 19, 37 и 61 световода с последующим их уплотнением, при этом диаметрборок составляет 500, 700, 900 мкм, длиной 2,7±0,3 м, причем световоды содержат ингредиенты при следующем соотношении, мас. %:

хлорид серебра	25,0–75,0
бромид серебра	75,0–25,0