

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2556279

ЧУВСТВИТЕЛЬНЫЙ ЭЛЕМЕНТ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКОГО ДАТЧИКА ТЕМПЕРАТУРЫ

Патентообладатель(ли): *федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики" (Университет ИТМО) (RU)*

Автор(ы): *см. на обороте*

Заявка № 2013144513

Приоритет изобретения **03 октября 2013 г.**

Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений Российской Федерации **16 июня 2015 г.**

Срок действия патента истекает **03 октября 2033 г.**

Врио руководителя Федеральной службы по интеллектуальной собственности

Л.Л. Кирий





ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2013144513/28, 03.10.2013

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
03.10.2013

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 03.10.2013

(43) Дата публикации заявки: 10.04.2015 Бюл. № 10

(45) Опубликовано: 10.07.2015 Бюл. № 19

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: Z.Y.Zhang, K.T.V.Grattan, A.W.Palmer, B.T.Meggitt, T.Sun. Fluorescence decay-time characteristics of erbium-doped optical fiber at elevated temperatures // Rev. Sci. Instrum. 1997. Vol.68, P. 2764.
А.И.Игнатъев, Н.В.Никоноров, В.А.Цехомский, Е.В.Цыганкова Особенности фоточувствительности лазерных фототерморефрактивных наностеклокерамик, (см. прод.)

Адрес для переписки:

197101, Санкт-Петербург, Кронверкский пр., 49,
Университет ИТМО, ОИС и НТИ

(72) Автор(ы):

Агафонова Дарина Сергеевна (RU),
Колобкова Елена Вячеславовна (RU),
Никоноров Николай Валентинович (RU),
Сидоров Александр Иванович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

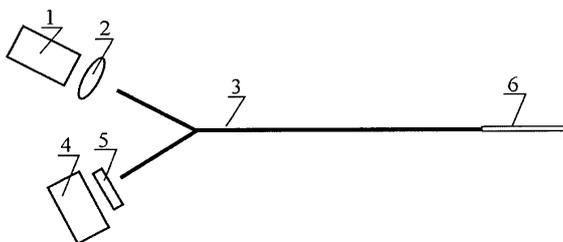
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики" (Университет ИТМО) (RU)

(54) ЧУВСТВИТЕЛЬНЫЙ ЭЛЕМЕНТ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКОГО ДАТЧИКА ТЕМПЕРАТУРЫ

(57) Реферат:

Изобретение относится к волоконно-оптическим датчикам температуры. Чувствительный элемент выполнен в виде волокна из люминесцентного стекла, которое

содержит нейтральные молекулярные кластеры серебра и ионы редкоземельного металла. Технический результат - увеличение температурной чувствительности датчика. 3 ил.



Фиг. 1

(56) (продолжение):

активированных ионами редкоземельных металлов, Оптический журнал, 01, том 76, январь, 2009г. SU 1425473 A1, 23.09.1988. RU 26651 U1, 10.12.2002



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**(21)(22) Application: **2013144513/28, 03.10.2013**(24) Effective date for property rights:
03.10.2013

Priority:

(22) Date of filing: **03.10.2013**(43) Application published: **10.04.2015** Bull. № 10(45) Date of publication: **10.07.2015** Bull. № 19

Mail address:

**197101, Sankt-Peterburg, Kronverkskij pr., 49,
Universitet ITMO, OIS i NTI**

(72) Inventor(s):

**Agafonova Darina Sergeevna (RU),
Kolobkova Elena Vjacheslavovna (RU),
Nikonorov Nikolaj Valentinovich (RU),
Sidorov Aleksandr Ivanovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**federal'noe gosudarstvennoe avtonomnoe
obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego
obrazovaniya "Sankt-Peterburgskij natsional'nyj
issledovatel'skij universitet informacionnykh
tehnologij, mekhaniki i optiki" (Universitet
ITMO) (RU)**(54) **SENSITIVE ELEMENT OF FIBRE-OPTIC TEMPERATURE SENSOR**

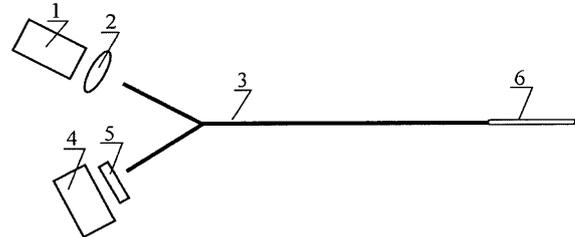
(57) Abstract:

FIELD: measurement equipment.

SUBSTANCE: invention relates to fibre-optic temperature sensors. A sensitive element is made in the form of a fibre from luminescent glass that includes neutral molecular clusters of silver and ions of rare-earth metal.

EFFECT: increase of temperature sensitivity of a sensor.

3 dwg



Фиг. 1

Изобретение относится к измерительной технике и может применяться в волоконно-оптических датчиках температуры, предназначенных для использования в системах аварийной защиты высоковольтного и электрораспределительного оборудования и узлов транспортных средств для индикации перегрева, а также может быть использован для контроля температуры охлаждающей жидкости в энергетических установках и для контроля температуры в химической и пищевой промышленности.

Известен волоконный датчик температуры, включающий в себя источник оптического сигнала, передающие оптические волокна, фотоприемное устройство и чувствительный элемент в виде волокна из люминесцентного стекла, легированного ионами неодима [Z.Y. Zhang, K.T.V. Grattan, A.W. Palmer, B.T. Meggitt // Rev. Sci. Instrum. 1997. Vol.68, P.2759]. Ионы неодима обладают люминесценцией на длине волны 1.06 мкм. Датчик основан на измерении температуры по изменению времени затухания люминесценции при возбуждении люминесценции импульсным источником излучения. Чувствительность датчика составляет 0.13 мкс/°С. Недостатками датчика являются необходимость использования импульсного источника возбуждающего излучения, электронных устройств для формирования электрического импульса для управления источником излучения и синхронизации фотоприемного устройства, включающего в себя быстродействующий фотодиод и амплитудно-временной анализатор, что усложняет конструкцию датчика, а также проведения прецизионного измерения амплитудно-временной характеристики затухания люминесценции.

Известен волоконный датчик температуры, включающий в себя источник оптического сигнала, передающие оптические волокна, фотоприемное устройство и чувствительный элемент в виде волокна из люминесцентного стекла, легированного ионами эрбия [Z. Y. Zhang, K.T.V. Grattan, A.W. Palmer, B.T. Meggitt, T.Sun // Rev. Sci. Instrum. 1997. Vol.68, P.2764]. Ионы эрбия обладают люминесценцией на длине волны 1.5 мкм. Датчик основан на измерении температуры по изменению времени затухания люминесценции при возбуждении люминесценции импульсным источником излучения. Чувствительность датчика составляет 2.5-12 мкс/°С. Недостатками датчика являются необходимость использования импульсного источника возбуждающего излучения, электронных устройств для формирования электрического импульса для управления источником излучения и синхронизации фотоприемного устройства, включающего в себя быстродействующий фотодиод и амплитудно-временной анализатор, что усложняет конструкцию датчика, а также проведения прецизионного измерения амплитудно-временной характеристики затухания люминесценции.

Известен чувствительный элемент волоконного датчика температуры, выбранный в качестве прототипа, состоящий из волокна из люминесцентного стекла, содержащего нейтральные молекулярные кластеры серебра [Д.С. Агафонова, В.И. Егоров, А.И. Игнатъев, А.И. Сидоров // Опт. журн. Т.80. №8. С.51. 2013]. Датчик основан на измерении температуры по изменению интегральной интенсивности люминесценции при возбуждении люминесценции непрерывным источником излучения. Увеличение температуры от 25 до 200°С приводит к уменьшению интегральной интенсивности люминесценции в 10 раз. Недостатком датчика является относительно низкая температурная чувствительность.

Изобретение решает задачу увеличения температурной чувствительности волоконного датчика температуры.

Сущность заявляемого изобретения заключается в следующем. Чувствительный элемент волоконно-оптического датчика температуры выполнен в виде волокна из люминесцентного стекла, которое содержит нейтральные молекулярные кластеры

серебра и в его состав введены ионы редкоземельного металла.

Нейтральные молекулярные кластеры серебра (Ag_2 , Ag_3 , Ag_4 и др.) в стеклах обладают интенсивной люминесценцией в видимой области спектра при возбуждении люминесценции излучением с длиной волны 360-410 нм (напр., А.И. Игнатъев, Н.В. Никоноров, А.И. Сидоров, Т.А. Шахвердов // Опт. и спектр. 2013. Т.114, №5, с.838-844.). При увеличении температуры стекол, содержащих нейтральные молекулярные кластеры серебра происходит термическое тушение люминесценции, сопровождающееся уменьшением ее интенсивности без изменения формы полосы люминесценции и ее спектрального положения. В этом случае измерение температуры сводится к измерению интегральной интенсивности люминесценции в спектральной полосе чувствительности фотоприемника. При введении в состав стекла ионов редкоземельного металла в стекле образуются комплексы вида Ag_n-X (X - ион редкоземельного металла). Такие комплексы также обладают люминесценцией, однако, как показали наши исследования, температурное тушение люминесценции в таких комплексах происходит более интенсивно, по сравнению с молекулярными кластерами Ag_n , из-за особенностей переноса энергии в комплексе. Это позволяет увеличить температурную чувствительность датчика температуры.

Совокупность признаков, изложенных в формуле, характеризует чувствительный элемент волоконного датчика температуры, изготовленный из люминесцентного стекла с нейтральными молекулярными кластерами серебра Ag_2 , Ag_3 и Ag_4 и ионами редкоземельного металла. Это позволяет увеличить температурную чувствительность датчика температуры.

Сущность изобретения поясняется фиг.1-3, где представлены:
на фиг.1 - конструкция волоконного датчика температуры, где 1 - источник оптического сигнала, 2 - линза, 3 - передающее оптическое волокно с волоконным разветвителем, 4 - фотоприемное устройство, 5 - оптический фильтр, 6 - чувствительный элемент датчика;

на фиг.2 - зависимость интенсивности люминесценции от длины волны для чувствительного элемента из волокна с нейтральными молекулярными кластерами серебра и ионами Tb^{3+} , где 1 - $t=20^\circ C$, 2 - $t=120^\circ C$, 3 - огибающая спектральной полосы люминесценции молекулярных кластеров серебра; стрелками указаны полосы люминесценции Tb^{3+} ; длина волны возбуждающего излучения 405 нм;

на фиг.3 - нормированная амплитуда сигнала фотоприемного устройства от температуры волокна из стекла с молекулярными кластерами серебра и ионами Tb^{3+} ; длина волны возбуждающего излучения 405 нм.

На фиг.1 показана конструкция волоконного датчика температуры.

Датчик состоит из источника оптического сигнала, возбуждающего люминесценцию 1, представляющего собой непрерывный светодиод с длиной волны излучения 405 нм, линзы 2, расположенной перед входом волоконного разветвителя многомодового волокна из кварцевого стекла 3, фотоприемного устройства 4, представляющего собой кремниевый фотодиод, расположенный у выхода волоконного разветвителя 3, оптического фильтра 5 и чувствительного элемента 6, в виде волокна, изготовленного из стекла с нейтральными молекулярными кластерами серебра и ионами Tb^{3+} .

Чувствительный элемент датчика 6 представляет собой волокно диаметром 150 мкм и длиной 3 см. Волокно изготовлено из оксифторидного стекла, имеющего следующий состав: $SiO_2-AlF_3-PbF_2-CdF_2-ZnF_2$ с добавками $AgNO_3$ (5 мол.%) и TbF_3 (2 мол.%).

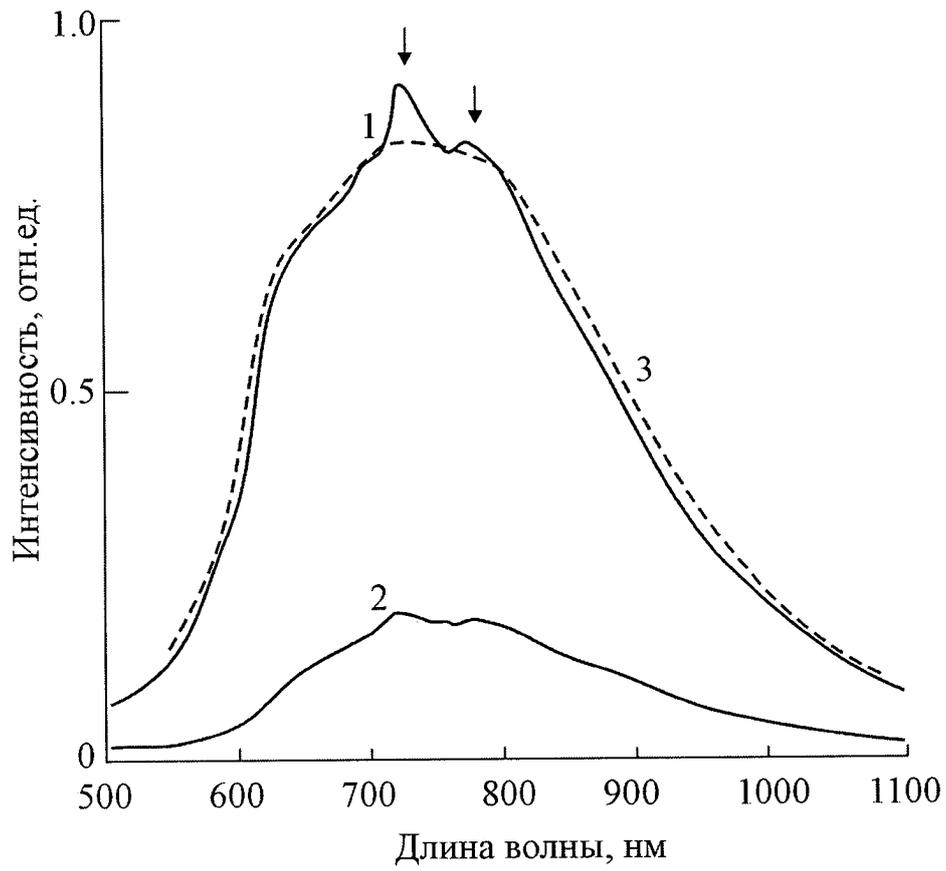
Датчик температуры работает следующим образом. Чувствительный элемент датчика помещают в область, в которой необходимо провести измерение температуры. Оптический сигнал, возбуждающий люминесценцию, с выхода светодиода 1 с помощью линзы 2 фокусируется на вход волоконного разветвителя 3 и по передающему оптическому волокну поступает в чувствительный элемент 6. Оптический сигнал возбуждает люминесценцию молекулярных комплексов Ag_n-Tb^{3+} в чувствительном элементе 6 в спектральном интервале 550-1000 нм, что соответствует спектральной области чувствительности кремниевого фотодиода 4. Оптический сигнал люминесценции из чувствительного элемента 6 по передающему волокну 3 поступает на выход волоконного разветвителя 3, проходит через оптический фильтр 5, отсекающий паразитное возбуждающее излучение и регистрируется кремниевым фотодиодом 4. При изменении температуры чувствительного элемента 6 происходит изменение интенсивности люминесценции в чувствительном элементе 6 и изменение амплитуды электрического сигнала кремниевого фотодиода 4.

Спектры люминесценции чувствительного элемента при $t=20^{\circ}C$ и $t=150^{\circ}C$ показаны на фиг.2. Спектры люминесценции измерены с помощью волоконного спектрометра EPP2000-UVN-SR (StellarNet) с возбуждением люминесценции непрерывным полупроводниковым светодиодом ($\lambda=405$ nm). Из фиг.2 видно, что при увеличении температуры волокна интенсивность люминесценции уменьшается без спектрального сдвига и без изменения формы полосы люминесценции. Амплитуда сигнала фотоприемного устройства в этом случае пропорциональна интегральной интенсивности люминесценции. Это позволяет использовать для регистрации изменения интенсивности люминесценции кремниевый фотодиод. На фиг.3 показана зависимость нормированного сигнала кремниевого фотодиода от температуры чувствительного элемента. Из фиг.3 видно, что при изменении температуры чувствительного элемента от $20^{\circ}C$ до $250^{\circ}C$ сигнал фотодиода уменьшается в 50 раз. Для температурного интервала $25-200^{\circ}C$ изменение интенсивности люминесценции в 3.3 раза больше в сравнении с прототипом. Для температурного интервала $20-250^{\circ}C$ изменение интенсивности люминесценции в 3 раза больше в сравнении с оксифторидным стеклом, содержащем молекулярные ионы серебра, но не содержащем ионы Tb^{3+} . Температурная зависимость интенсивности люминесценции не имеет температурного гистерезиса и многократно воспроизводится.

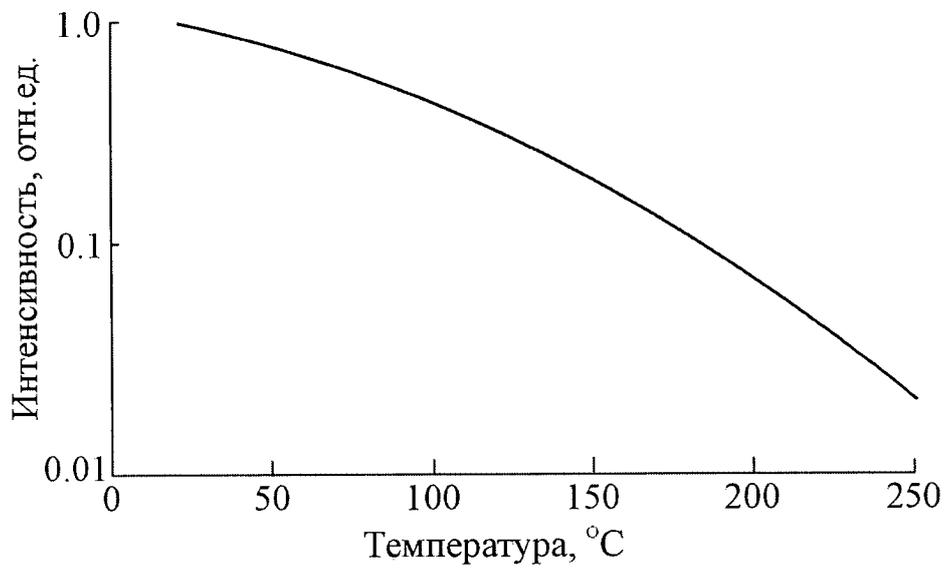
Таким образом, предлагаемое техническое решение позволяет увеличить температурную чувствительность волоконного датчика температуры более, чем в 3 раза по сравнению с прототипом.

Формула изобретения

Чувствительный элемент волоконно-оптического датчика температуры, выполненный в виде волокна из люминесцентного стекла, содержащего нейтральные молекулярные кластеры серебра, отличающийся тем, что в состав стекла введены ионы редкоземельного металла.



Фиг.2



Фиг. 3