



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,  
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(51) МПК

*G02B 5/20* (2006.01)*F21V 9/04* (2006.01)**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**(21), (22) Заявка: **2004123343/28, 28.07.2004**(24) Дата начала действия патента: **28.07.2004**(45) Опубликовано: **10.02.2006 Бюл. № 4**(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **JP 03-168701 A, 22.07.1991. RU 2033571 C1, 20.04.1995. JP 57-163209 A, 07.10.1982.**

Адрес для переписки:

**620002, г.Екатеринбург, ул. Мира, 19, УГТУ - УПИ, центр интеллектуальной собственности, Т.В. Маркс**

(72) Автор(ы):

**Иванов Владимир Юрьевич (RU),  
Шульгин Борис Владимирович (RU),  
Черепанов Александр Николаевич (RU),  
Королева Татьяна Станиславовна (RU),  
Голиков Евгений Георгиевич (RU),  
Кружалов Александр Васильевич (RU),  
Нешов Федор Григорьевич (RU),  
Петров Владимир Леонидович (RU)**

(73) Патентообладатель(ли):

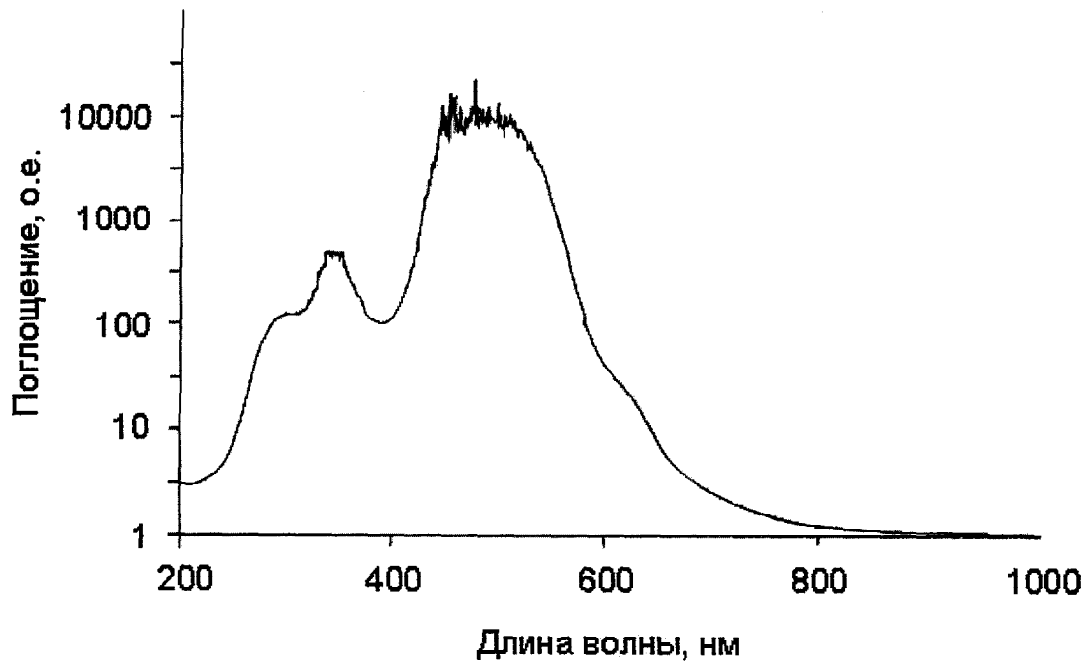
**ГОУ ВПО Уральский государственный  
технический университет - УПИ (RU)**

**(54) СПОСОБ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ИНФРАКРАСНОГО СВЕТОФИЛЬТРА**

(57) Реферат:

Изобретение относится к области светотехники и интегральной оптики, связанной с созданием инфракрасных светофильтров отрезающего и полосового типа, поглощающих видимое излучение и пропускающих коротковолновое и длинноволновое ближнее инфракрасное излучение. Согласно способу изготовления инфракрасного светофильтра кристалл фторида натрия облучают пучком ионов гелия  $He^+$  с

энергией 1,5-4,6 МэВ, причем облучение рабочей грани кристалла ведут до флюенса  $(1,2-3,0) \cdot 10^{16}$  ион/см<sup>2</sup>. После облучения рабочей грани кристалла облучают противоположную ей грань до такого же флюенса. Технический результат - повышение способности поглощать излучение видимого диапазона, возможность эксплуатации в условиях низких температур, устойчивости к радиационным воздействиям. 1 з.п. ф-лы, 1 ил.



RU 2269802 C1

RU 2269802 C1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,  
PATENTS AND TRADEMARKS

(51) Int. Cl.

*G02B 5/20* (2006.01)*F21V 9/04* (2006.01)**(12) ABSTRACT OF INVENTION**(21), (22) Application: **2004123343/28, 28.07.2004**(24) Effective date for property rights: **28.07.2004**(45) Date of publication: **10.02.2006 Bull. 4**

Mail address:

**620002, g.Ekaterinburg, ul. Mira, 19, UGTU -  
UPI, tsentr intellektual'noj sobstvennosti,  
T.V. Marks**

(72) Inventor(s):

**Ivanov Vladimir Jur'evich (RU),  
Shul'gin Boris Vladimirovich (RU),  
Cherepanov Aleksandr Nikolaevich (RU),  
Koroleva Tat'jana Stanislavovna (RU),  
Golikov Evgenij Georgievich (RU),  
Kruzhalov Aleksandr Vasil'evich (RU),  
Neshov Fedor Grigor'evich (RU),  
Petrov Vladimir Leonidovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**GOU VPO Ural'skij gosudarstvennyj  
tehnicheskij universitet - UPI (RU)**

**(54) METHOD FOR MANUFACTURING INFRARED LIGHT FILTERS**

(57) Abstract:

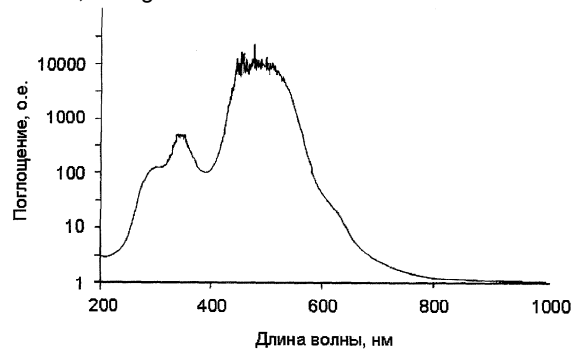
FIELD: engineering of light-based equipment and integration optics, connected to production of infrared light filters of cutting and band types, absorbing visible emission and letting short-wave and long-wave close infrared emission through.

SUBSTANCE: in accordance to method for manufacturing infrared light filter, sodium fluoride crystal is irradiated by beam of Helium ions  $\text{He}^+$  with energy 1,5-4,6 MeV, while irradiation of working facet of crystal is performed up to fluence  $(1,2-3,0) \cdot 10^{16}$  ion/cm<sup>2</sup>.

EFFECT: improved ability to absorb visible range emission, possible operation under

condition of low temperatures, increased resistance to radiation-related effects.

2 cl, 1 dwg



Изобретение относится к области светотехники и интегральной оптики, связанной с созданием инфракрасных светофильтров отрезающего и полосового типа, поглощающих видимое излучение и пропускающих коротковолновое и длинноволновое ближнее инфракрасное излучение и предназначенных для защиты инфракрасных датчиков видеоконтрольных устройств и приборов ночного видения от паразитных помех вследствие излучения видимого диапазона, а также для использования в спектральных системах контроля подлинности документов, в охранных телевизионных системах, системах охранной и пожарной сигнализации, в том числе в системах контроля и разграничения доступа и охраны периметра объектов, видеодомофонах, видеоглазках и тому подобных устройствах.

Известен способ изготовления инфракрасного (ИК) светофильтра на основе целлюлозы (патент США №2418605, кл. F 21 V 9/04, 1970). Известный способ получения ИК-светофильтра на основе целлюлозы заключается в добавлении в целлюлозу органических кубовых красителей. Недостатком известного способа является то, что получаемые по такому способу ИК-светофильтры имеют большие потери полезного длинноволнового ближнего ИК-излучения в области 3-12 мкм, что резко снижает чувствительность видеоконтрольных ИК-устройств на основе кремния в активной части их рабочего ИК-диапазона.

Известен способ изготовления ИК-светофильтра (патент США №2579513, кл. F 21 V 9/04, 1970), заключающийся во введении органических красителей в резину и нанесении резинового покрытия с органическими красителями на стеклянную подложку. Недостатком известного способа является то, что получаемые по такому способу ИК-светофильтры обладают потерями полезного длинноволнового излучения ближнего (в области 3-12 мкм) ИК-диапазона, являющегося частью активного рабочего ИК-диапазона видеоконтрольных устройств.

Известен способ изготовления ИК-светофильтра (патент США №3279938, кл. F 21 V 9/04, 1985), заключающийся в нанесении триселенида сурьмы на прозрачную подложку. Однако сурьяноселенидные светофильтры выделяют вредные продукты разложения при воздействии света и нагревании.

Известен способ изготовления ИК-светофильтра (Advanced illumination system, USA, Хегох Сомр., 1970) на основе многослойных и диэлектрических покрытий на стеклянной подложке. Однако покрытия, получаемые по такому способу, сложны в изготовлении.

Известен способ получения ИК-светофильтров на основе полистирола или полиметилметакрилата (Лаборатория физики полимеров Санкт-Петербургского технологического института (технического университета), интернет-сайт [www.eroxy.newmail.ru](http://www.eroxy.newmail.ru)) в виде пластин окрашенных органических стекол с глянцевым (полированными) или шероховатыми (матовыми) поверхностями путем заливки в соответствующие формы оптически прозрачных эпоксидных композиций с внедренными органическими красителями и последующего отверждения с границей пропускания 0,66-0,75 мкм. Однако получаемые по такому способу ИК-светофильтры имеют большие потери полезного длинноволнового ИК-излучения в области 3-12 мкм, что резко снижает чувствительность видеоконтрольных ИК-устройств на основе кремния в активной части их рабочего ИК-диапазона.

Наиболее близким к заявляемому является известный способ радиационно-лучевого окрашивания кристаллов LiF-U, Me и NaF-U, Me (М.М.Кидибаев. Радиационно-стимулированные процессы в кристаллах (Li, Na)F-U, Me. Каракол; Екатеринбург. Исык-Кульский государственный университет, 1999, 220 с.) путем облучения их пучками ионов He<sup>+</sup> с энергией 1,5-4,6 МэВ плотностью потока  $5 \cdot 10^{12}$ - $5 \cdot 10^{13}$  ион/см<sup>2</sup> и флюенсом  $10^{13}$ - $10^{15}$  ион/см<sup>2</sup>, или импульсными пучками электронов с энергией 0,3 МэВ, током 0,8-10 кА, длительностью импульса 2 нс, или гамма-излучением <sup>60</sup>Со в течение 57 суток с дозой  $2,58 \cdot 10^5$  Кл/кг. Оптическая плотность центров окраски составляла ~ 1000 см<sup>-1</sup>. Этот известный способ окрашивания является основным способом изготовления лазерных элементов на центрах окраски в кристаллах LiF и NaF с полосами поглощения в области

442 нм ( $F_2$  - центры в LiF) и 518-520 нм ( $F_3^+$  - центры в NaF) для миниатюрных лазеров и  
однокристалльных многолучевых лазеров. Однако известный способ окрашивания  
кристаллов LiF и NaF и получения лазерных элементов на их основе путем их  
5 радиационной модификации с помощью ионных или электронных пучков или с помощью  
гамма-излучения не применялся для получения ИК-светофильтров отрезающего и  
полосового типа, поскольку концентрация центров окраски при используемых дозах  
(флюенсах) облучения невысока. Получение лазерного элемента на центрах окраски  
кристалла NaF и получение полосового светофильтра на основе кристалла NaF с центрами  
10 окраски - разные задачи. Лазерный элемент на центрах окраски должен быть прозрачен  
для собственного когерентного излучения, то есть концентрация центров окраски не  
должна превышать определенной величины. Светофильтр, отсекающий видимое  
излучение, напротив, должен иметь максимально достижимую концентрацию центров  
окраски в приповерхностном облученном слое, который должен играть роль запирающего  
(черного) слоя, полностью поглощающего видимое излучение в области 400-750 нм.  
15 Очевидно, что для изготовления светофильтра требуются гораздо более высокие дозы  
облучения.

Предлагаемое изобретение связано с разработкой способа изготовления инфракрасного  
светофильтра на основе монокристалла фторида натрия путем радиационной  
модификации его приповерхностного слоя пучком ионов гелия, приводящей к интенсивному  
20 окрашиванию этого слоя в связи с созданием в нем высокой концентрации центров  
окраски, обеспечивающих поглощение излучения в видимом диапазоне спектра, и  
сохранением прозрачности в ближнем ИК-диапазоне 0,8-12 мкм.

Сущность предлагаемого способа заключается в том, что радиационную модификацию  
приповерхностного слоя кристалла фторида натрия ведут при комнатной температуре с  
25 помощью пучка ионов гелия с энергией 1,5-4,6 МэВ до флюенса (дозы)  
 $1,2 \cdot 10^{16}$ - $3 \cdot 10^{16}$  ион/см<sup>2</sup>. Радиационная обработка поверхности рабочей грани кристалла  
NaF ионами гелия приводит к эффективному накоплению в приповерхностном слое  
толщиной 5-10 мкм простых центров окраски (F-типа) и агрегатных электронных центров  
30 окраски  $F_2$  и  $F_3^+$  типа, поглощающих свет ближнего ультрафиолетового (от 250 нм и выше)  
и видимого диапазона (250-780 нм) в широких полосах при 310 нм (F-центр), при 442 нм  
( $F_2$ -центр) и при 518 нм ( $F_3^+$  - центр), чертеж. По достижении флюенса  $1,2 \cdot 10^{16}$   
 $10^{16}$  ион/см<sup>2</sup> концентрация центров окраски  $F_2$  и  $F_3^+$ -типа в приповерхностном слое  
толщиной 5-10 мкм возрастает в 10000 раз, что делает кристалл NaF непрозрачным для  
35 видимого света как сине-голубого диапазона (420-500 нм), так и желто-оранжевого (550-  
590 нм). В ближнем инфракрасном диапазоне длин волн 0,8-12 мкм для кристалла NaF с  
модифицированной поверхностью поглощение излучения не наблюдалось. Предлагаемый  
способ включает в себя не только режим облучения поверхности одной рабочей грани  
кристалла, но и режим последовательного облучения вначале рабочей грани кристалла, а  
40 затем противоположной ей грани до флюенса  $(1,2-3,0) \cdot 10^{16}$  ион/см<sup>2</sup> на каждую грань. Это  
обеспечивает повышенную способность и надежность светофильтров поглощать излучение  
видимого диапазона даже при механическом нарушении приповерхностного  
модифицированного излучением слоя рабочей грани кристалла. Предлагаемый способ  
позволяет изготовить инфракрасный светофильтр, пропускающий излучение в рабочей  
45 области приборов ночного видения и видеоконтрольных устройств, - в области 0,8-12  
мкм, и защищает эти приборы и устройства от засветки за счет прямого действия солнца  
(желто-оранжевый диапазон спектра), так и от засветки вследствие релеевского  
рассеянного света голубого неба (диапазон 420-500 нм), что необходимо для снижения и  
устранения паразитных помех.

50 Важной особенностью светофильтров, получаемых по предлагаемому способу, является  
возможность их эксплуатации в условиях низких температур открытого космоса, поскольку  
центры окраски, обеспечивающие их работоспособность (поглощающие излучение  
видимого диапазона), устойчивы вплоть до температуры жидкого гелия (4,2 К). Другой

важной особенностью светофильтров на основе облученных кристаллов NaF является их прозрачность не только в ИК-диапазоне, но и достаточно высокая прозрачность в вакуумном ультрафиолетовом (ВУФ) (120-200 нм) и ультрафиолетовом (УФ) диапазонах. Они пригодны для обеспечения функционирования видеоконтрольных устройств,

5 осуществляющих наведение и слежение одновременно в ИК и УФ (ВУФ) диапазонах.

Кроме выше названных, предлагаемый способ обеспечивает еще ряд дополнительных преимуществ. Получаемые по предлагаемому способу ИК-светофильтры негигроскопичны и химически инертны, они устойчивы в условиях морского тумана. Кроме того, они обладают повышенной радиационной стойкостью, поскольку именно радиация является

10 необходимой "питательной" средой для создания центров окраски в кристаллах NaF, обеспечивающих их функциональные рабочие характеристики поглощения излучения в видимом диапазоне. ИК-светофильтры на основе кристаллов NaF, полученные по предлагаемому способу, устойчивы к радиационным ударам и долговременным радиационным воздействиям.

15 Дополнительным преимуществом предлагаемого изобретения является возможность выполнения получаемыми ИК-светофильтрами не только функции покрытие-фильтр (роль покрытия выполняет модифицированный приповерхностный слой, насыщенный агрегатными центрами окраски), но и функции линза-фильтр. Последнее достигается, если облучаемый ионами He<sup>+</sup> кристалл фторида натрия изготавливают изначально в форме

20 линзы.

Пример 1. Светофильтр на основе кристалла NaF, получаемый путем облучения одной из граней (рабочей грани) кристалла пучком ионов гелия He<sup>+</sup> с энергией 3 МэВ до флюенса 1,2·10<sup>16</sup> ион/см<sup>2</sup>. Спектр поглощения светофильтра в диапазоне 200-1000 нм показан на

25 чертеже. Светопоглощающий слой имеет толщину 5-7 мкм. Интенсивное поглощение излучения наблюдается в диапазоне длин волн 300-600 нм. Основным максимумом поглощения приходится на область 450-550 нм. Начиная с 0,8 мкм, поглощение вплоть до 12 мкм отсутствует.

Пример 2. Светофильтр на основе кристалла NaF, получаемый путем облучения одной из граней кристалла пучком ионов гелия He<sup>+</sup> с энергией 4,6 МэВ до

30 флюенса 3·10<sup>16</sup> ион/см<sup>2</sup>. Светопоглощающий слой имеет толщину 8-10 мкм. Светофильтр прозрачен для ИК-излучения в диапазоне длин волн 0,8-12 мкм, в области длин 300-600 нм происходит практически полное поглощение излучения. Коэффициент поглощения не ниже 10<sup>4</sup>-10<sup>5</sup> см<sup>-1</sup>. Пропускается лишь слабая компонента красного излучения в области

35 длин волн 650-750 нм. Свечение, соответствующее спектру солнца и спектру дневного неба, практически полностью поглощается.

Пример 3. Светофильтр на основе кристалла NaF, получаемый путем последовательного облучения вначале рабочей грани кристалла, а затем противоположной ей грани пучком ионов гелия He<sup>+</sup> с энергией 1,5 МэВ до флюенса 2·10<sup>16</sup> ион/см<sup>2</sup> для

40 каждой грани. Светопоглощающий слой имеет толщину 5-8 мкм. Светофильтр прозрачен для ИК-излучения в диапазоне длин волн 0,8-12 мкм, в области длин 300-600 нм происходит практически полное поглощение излучения. Коэффициент поглощения 2·10<sup>4</sup>-10<sup>5</sup> см<sup>-1</sup>. Пропускается лишь слабая компонента красного излучения в области длин волн 650-750 нм. Свечение, соответствующее спектру солнца и спектру

45 дневного неба, практически полностью поглощается.

Пример 4. Светофильтр на основе кристалла NaF, получаемый путем облучения одной из граней кристалла пучком ионов гелия He<sup>+</sup> с энергией 3 МэВ до флюенса 2·10<sup>15</sup> ион/см<sup>2</sup>. Светопоглощающий слой имеет толщину 4-5 мкм. Светофильтр прозрачен для ИК-

50 излучения в диапазоне длин волн 0,8-12 мкм. Наблюдается поглощение излучения видимого диапазона в области 300-600 нм, однако коэффициент поглощения невелик, он не превышает 1000 см<sup>-1</sup>, и функции полного поглощения видимого света не выполняются, т.е. видимый свет не отфильтровывается.

Пример 5. Светофильтр на основе кристалла NaF, получаемый путем облучения одной

из граней кристалла пучком ионов гелия  $\text{He}^+$  с энергией 4,6 МэВ до флюенса  $5,1 \cdot 10^{16}$  ион/см<sup>2</sup>. Светопоглощающий слой имеет толщину 8-10 мкм. Светофильтр прозрачен для ИК-излучения в диапазоне длин волн 0,8-12 мкм, в области длин 300-600 нм происходит практически полное поглощение излучения. Коэффициент поглощения не ниже  $5 \cdot 10^4$ - $10^5$  см<sup>-1</sup>. Пропускается лишь слабая компонента красного излучения в области длин волн 650-750 нм. Свечение, соответствующее спектру солнца и спектру дневного неба, практически полностью поглощается. Особых преимуществ перед примером 2 этот пример не имеет. Однако время облучения в примере 5 возрастает в 1,7 раза, что ведет к неоправданному удорожанию изготовления светофильтров.

#### Формула изобретения

1. Способ изготовления инфракрасного светофильтра на основе кристалла фторида натрия путем облучения кристалла фторида натрия пучком ионов гелия  $\text{He}^+$  с энергией 1,5-4,6 МэВ, отличающийся тем, что облучение рабочей грани кристалла ведут до флюенса  $(1,2-3,0) \cdot 10^{16}$  ион/см<sup>2</sup>.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что последовательно облучают вначале рабочую грань кристалла, а затем противоположную ей грань до флюенса  $(1,2-3,0) \cdot 10^{16}$  ион/см<sup>2</sup> на каждую грань.