



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,  
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: 2008106394/28, 18.02.2008

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
18.02.2008

(45) Опубликовано: 20.10.2009 Бюл. № 29

(56) Список документов, цитированных в отчете о  
поиске: US 6335142 В1, 01.01.2002. US 2006274315  
А1, 07.12.2006. JP 2006208057 А, 10.08.2006. JP  
2002311234 А, 23.12.2002. JP 2006330683 А,  
07.12.2006. RU 2231817 С2, 27.06.2004.

Адрес для переписки:

220072, г. Минск, пр-кт Независимости, 68,  
ГНУ "Институт физики им. Б.И. Степанова  
НАН Беларуси", В.В. Кабанову

(72) Автор(ы):

Замковец Анатолий Дмитриевич (BY),  
Качан Светлана Михайловна (BY),  
Понявина Алина Николаевна (BY)

(73) Патентообладатель(и):

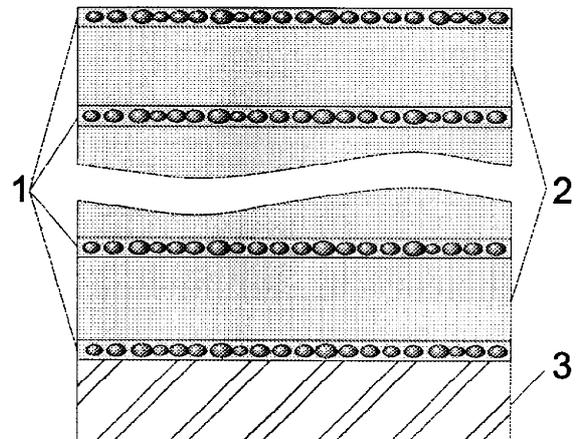
Государственное научное учреждение  
"Институт физики имени Б.И. Степанова  
Национальной академии наук Беларуси" (BY)

## (54) СВЕТОПОГЛОЩАЮЩЕЕ ПОКРЫТИЕ

(57) Реферат:

Оптическое покрытие может быть использовано при изготовлении приемников излучения, преобразователей солнечной энергии, устройств оптической обработки информации и т.д. Покрытие включает дисперсные металлические слои и диэлектрические слои. В качестве дисперсных слоев используют слои из металлических частиц со средним размером  $d_{cp}$ , выполненные в виде плотноупакованных монослоев. Дисперсные и диэлектрические слои расположены поочередно друг с другом. Диапазон изменения  $d_{cp}$  металлических частиц составляет 2-50 нм. Диэлектрические слои выполнены с оптической толщиной  $\lambda_0/4$ , где  $\lambda_0$  - длина волны максимума полосы поверхностного плазмонного поглощения монослоя металлических частиц, для которой коэффициент поглощения дисперсного

металлического слоя превышает коэффициент поглощения массивного металла. Технический результат - повышение спектральной селективности светопоглощающего покрытия при сохранении высоких значений коэффициента поглощения и низкой величине остаточного отражения. 2 ил.



Фиг.1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,  
PATENTS AND TRADEMARKS

(51) Int. Cl.  
*G02B 5/22* (2006.01)  
*B82B 1/00* (2006.01)

**(12) ABSTRACT OF INVENTION**

(21), (22) Application: **2008106394/28, 18.02.2008**

(24) Effective date for property rights:  
**18.02.2008**

(45) Date of publication: **20.10.2009 Bull. 29**

Mail address:

**220072, g.Minsk, pr-kt Nezavisimosti, 68, GNU  
"Institut fiziki im.B.I.Stepanova NAN Belarusi",  
V.V. Kabanovu**

(72) Inventor(s):

**Zamkovets Anatolij Dmitrievich (BY),  
Kachan Svetlana Mikhajlovna (BY),  
Ponjavina Alina Nikolaevna (BY)**

(73) Proprietor(s):

**Gosudarstvennoe nauchnoe uchrezhdenie "Institut  
fiziki imeni B.I. Stepanova Natsional'noj  
akademii nauk Belarusi" (BY)**

**(54) LIGHT-ABSORBING COATING**

(57) Abstract:

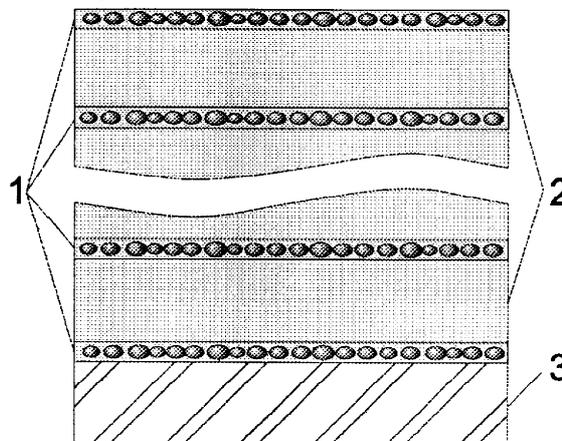
FIELD: physics.

SUBSTANCE: coating includes dispersion metallic layers and dielectric layers. The dispersion layers used are layers of metal particles with average size  $d_{av}$ , made in form of close-packed monolayers. The dispersion and dielectric layers alternate with each other. Average size  $d_{av}$  of metal particles varies in the range 2-50 nm. Dielectric layers have optical thickness of  $\lambda_0/4$ , where  $\lambda_0$  - is the wavelength of the band maximum of surface plasma absorption of the monolayer of metal particles, for which coefficient of absorption of the dispersion metallic layer is greater than coefficient of absorption of solid metal.

EFFECT: increased spectral selectivity of light-absorbing coating with retention of high value

coefficient of absorption and low value of residual reflection.

2 dwg



Фиг.1

RU 2 370 797 C1

RU 2 370 797 C1

Изобретение относится к оптическим покрытиям, характеризующимся высоким уровнем поглощения электромагнитного излучения УФ, видимого или ближнего ИК-диапазона и низким коэффициентом отражения в области поглощения, а также высокой спектральной селективностью, и может быть использовано в лазерно-оптических системах для мониторинга и диагностики, в приборостроении и в электронной технике, при изготовлении приемников излучения, преобразователей солнечной энергии, устройств оптической обработки информации и т.д.

Известно устройство, поглощающее излучение видимого диапазона, представляющее собой композит, состоящий из слоя диэлектрического материала (например, SiO), в котором содержатся наночастицы металла (например, Ti), поглощающие излучение видимого диапазона (И.З.Индутный, П.Е. Шепелявый, Е.В.Михайловская, Ч.В.Парк, Дж.Б.Ли, Я.Р.До. Градиентные светопоглощающие покрытия SiO<sub>x</sub>-Me для дисплейных экранов. Журнал технической физики, 2002, т.72, вып.6, с.67-72). Покрытие получают термическим испарением на подложку в вакууме механической смеси SiO+Ti. Известное устройство характеризуется высоким уровнем поглощения видимого излучения, однако его недостатком является спектральная неселективность поглощения, а также наличие в видимом диапазоне значительного зеркального отражения на границе покрытие-воздух (порядка 4-10%).

Ближайшим техническим решением (прототипом) является многослойное металл-диэлектрическое покрытие, содержащее, по крайней мере, один дисперсный металлический слой (или несколько слоев), выполненных из наночастиц (патент США №US 6335142 B1 от 1.01.2002 «Light absorbing coatings with high absorption capacity»). Для усиления поглощения в состав данного покрытия вводят также толстый сплошной слой металла или используют металлическую подложку. Входящие в состав данного покрытия диэлектрические слои, разделяющие дисперсный и сплошной слои металла, а также слой диэлектрика, граничащий с воздухом, предназначены для уменьшения отражения от многослойной системы. Ослабление излучения в прототипе происходит в металлических слоях (дисперсном и сплошном), причем, величина коэффициента поглощения дисперсного металлического слоя для всей спектральной области ослабления излучения меньше величины коэффициента поглощения массивного металла. Под массивным металлом подразумеваются сплошные (недисперсные) слои металла толщиной более 1 мкм. В известном покрытии достигается достаточно низкое остаточное отражение (порядка 1-2%). Недостатком прототипа является его спектральная неселективность, поскольку для толстого слоя металла ослабление излучения происходит в широком диапазоне длин волн, включая видимую и ближнюю ИК-области спектра.

Задачей изобретения является повышение спектральной селективности светопоглощающего покрытия при сохранении высоких значений коэффициента поглощения и низкой величине остаточного отражения.

Задача решается за счет того, что в предлагаемом покрытии, включающем дисперсные металлические слои и диэлектрические слои, дисперсные слои из металлических частиц со средним размером  $d_{cp}$ , выполненные в виде плотноупакованных монослоев, и диэлектрические слои расположены поочередно друг с другом, диапазон изменения  $d_{cp}$  металлических частиц составляет 2-50 нм, диэлектрические слои выполнены с оптической толщиной  $\lambda_0/4$ , где  $\lambda_0$  - длина волны максимума полосы поверхностного плазмонного поглощения монослоя металлических частиц, для которой коэффициент поглощения дисперсного

металлического слоя превышает коэффициент поглощения массивного металла.

В предлагаемом устройстве поочередное расположение дисперсных слоев из металлических частиц и диэлектрических слоев, оптические толщины которых являются четвертьволновыми относительно длины волны  $\lambda_0$ , соответствующей максимуму полосы поверхностного плазмонного поглощения дисперсных металлических слоев, обеспечивает деструктивную многолучевую интерференцию в многослойном селективно-поглощающем покрытии, за счет чего вблизи этой длины волны одновременно достигаются увеличение поглощения и минимизация отражения падающего электромагнитного излучения.

Значение резонансной длины волны  $\lambda_0$ , а также значения коэффициентов пропускания и отражения дисперсных металлических слоев на этой длине волны зависят от материала металлических наночастиц, их среднего размера  $d_{cp}$  и от значений параметра перекрытия  $\eta$ , характеризующего долю площади монослоя, занятую металлическими наночастицами. Изменение среднего размера частиц в диапазоне 2-50 нм, а их параметра перекрытия в пределах 0.2-0.7 позволяет наиболее эффективно осуществлять деструктивную многолучевую интерференцию в многослойной системе. Выполнение дисперсных металлических слоев с малым отклонением размера частиц от среднего размера  $d_{cp}$  способствует сужению полосы поверхностного плазмонного поглощения. Одинаковый средний размер металлических частиц  $d_{cp}$  во всех дисперсных металлических слоях и одинаковые толщины всех диэлектрических слоев обеспечивают высокую спектральную селективность многослойного покрытия.

В качестве металлических материалов светопоглощающего покрытия могут быть использованы такие металлы, как Ag, Cu, Au, Al, для которых полосы плазмонного поверхностного резонанса дисперсных слоев расположены в оптическом спектральном диапазоне. Величина коэффициента поглощения дисперсных металлических слоев на длине волны  $\lambda_0$  и в прилегающей к  $\lambda_0$  области максимального ослабления оптического излучения превышает коэффициент поглощения соответствующего массивного металла. В качестве диэлектрических материалов могут быть использованы материалы, прозрачные в области проявления поверхностных плазмонных резонансов дисперсных металлических слоев - фториды, окислы, галогениды щелочных металлов.

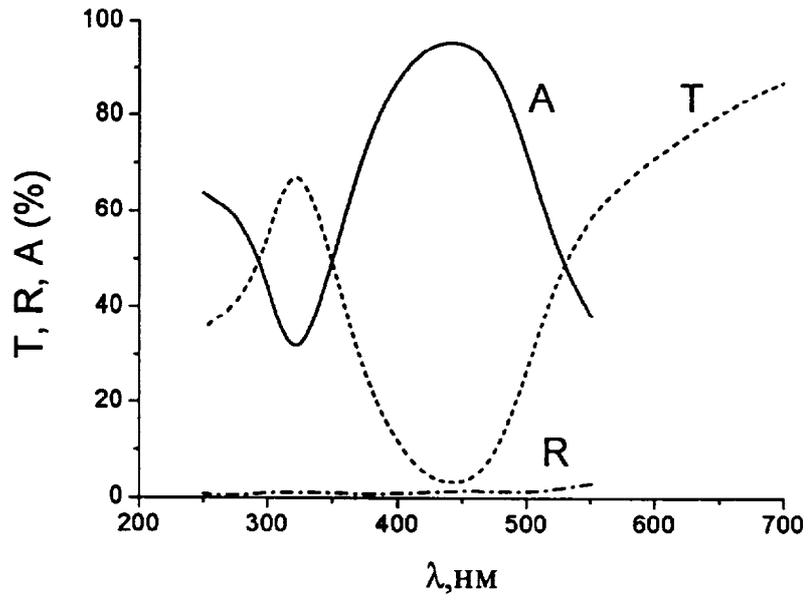
Схема предлагаемого светопоглощающего покрытия представлена на фиг.1. Светопоглощающее покрытие включает в себя дисперсные металлические слои 1, сплошные диэлектрические слои с оптической толщиной  $\lambda_0/4$  2, диэлектрическую подложку 3. На фиг.2 представлены спектральные зависимости коэффициентов пропускания, отражения и поглощения светопоглощающего покрытия, состоящего из семи плотноупакованных слоев наночастиц Ag, разделенных слоями KCl. Покрытие получено методом последовательного термического осаждения Ag и KCl на стеклянную подложку. Средний размер наночастиц Ag в монослое составляет 4 нм, параметр перекрытия  $\eta \sim 0.4$ . Величина показателя преломления для KCl в видимом диапазоне составляет  $\sim 1.5$ . Геометрическая толщина каждого из слоев KCl равна 73 нм. Данные слои являются четвертьволновыми для  $\lambda_0 = 440$  нм, на которой формируется максимум полосы поверхностного плазмонного поглощения для монослоев наночастиц серебра с указанными параметрами. Из фиг.2 видно, что в окрестности длины волны  $\lambda_0$  достигается максимум поглощения (минимум

пропускания) данного устройства. Величина отражающей способности покрытия в данной области спектра не превышает 1.5%. Полуширина полосы поглощения составляет 180 нм. Спектральные области, прилегающие к полосе поглощения как с длинноволновой, так и с коротковолновой сторон, характеризуются высоким уровнем пропускания излучения (коэффициент пропускания >60%). Таким образом, фиг.2 демонстрирует высокую поглощательную способность (95.5% на резонансной длине волны  $\lambda_0$ ) и одновременно высокую спектральную селективность предлагаемого покрытия - полоса поглощения сужена более чем в 2 раза, по сравнению с прототипом.

Изменяя конструктивные параметры покрытия, можно управлять спектральным положением  $\lambda_0$  и формировать полосу поглощения в разных областях УФ, видимого и ближнего ИК-диапазонов.

#### Формула изобретения

Светопоглощающее покрытие, включающее дисперсные металлические слои и диэлектрические слои, отличающееся тем, что дисперсные слои из металлических частиц со средним размером  $d_{cp}$ , выполненные в виде плотноупакованных монослоев, и диэлектрические слои расположены поочередно друг с другом, диапазон изменения  $d_{cp}$  металлических частиц составляет 2-50 нм, диэлектрические слои выполнены с оптической толщиной  $\lambda_0/4$ , где  $\lambda_0$  - длина волны максимума полосы поверхностного плазмонного поглощения монослоя металлических частиц, для которой коэффициент поглощения дисперсного металлического слоя превышает коэффициент поглощения массивного металла.



Фиг. 2