

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ

(19) ВУ (11) 12594

(13) С1

(46) 2009.10.30

(51) МПК (2006)

G 02B 5/00

G 03C 1/00

(54) СВЕТОПОГЛОЩАЮЩЕЕ МНОГОСЛОЙНОЕ ПОКРЫТИЕ

(21) Номер заявки: а 20080109

(22) 2008.01.31

(71) Заявитель: Государственное научное учреждение "Институт физики имени Б.И. Степанова Национальной академии наук Беларуси" (ВУ)

(72) Авторы: Замковец Анатолий Дмитриевич; Качан Светлана Михайловна; Понявина Алина Николаевна (ВУ)

(73) Патентообладатель: Государственное научное учреждение "Институт физики имени Б.И. Степанова Национальной академии наук Беларуси" (ВУ)

(56) US 6335142 В1, 2002.

SU 614050, 1978.

JP 57195207 А, 1982.

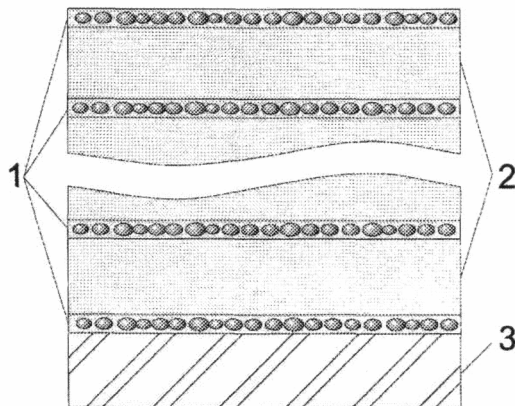
US 4822718, 1989.

ЗАМКОВЕЦ А.Д. и др. Оптический журнал. - 2004. - Т. 71. - № 4. - С. 52-55.

ЗАМКОВЕЦ А.Д. и др. Фундаментальные проблемы оптики: Сб. трудов конференции. - Санкт-Петербург, 14-17 октября 2002. - С. 97-98.

(57)

Светопоглощающее многослойное покрытие, содержащее диэлектрическую подложку, дисперсные металлические слои и диэлектрические слои, отличающееся тем, что дисперсные металлические слои и диэлектрические слои расположены поочередно, при этом каждый дисперсный металлический слой выполнен в виде плотноупакованного монослоя металлических частиц со средним размером частиц d_{cp} , равным 2-50 нм, и параметром перекрытия η , равным 0,2-0,7, а каждый диэлектрический слой выполнен с оптической толщиной $\frac{\lambda_0}{4}$, где λ_0 - длина волны максимума полосы поверхностного плазмонного поглощения монослоя металлических частиц, для которой коэффициент поглощения дисперсного металлического слоя превышает коэффициент поглощения массивного металла.



Фиг. 1

BY 12594 C1 2009.10.30

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 [1]. 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 [2]. 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 диэлектрическую подложку, дисперсные металлические слои и диэлектрические слои, дисперсные металлические слои и диэлектрические слои расположены поочередно, при этом каждый дисперсный металлический слой выполнен в виде плотноупакованного монослоя металлических частиц со средним размером $d_{ср}$, равным 2-50 нм, и параметром перекрытия η , равным 0,2-0,7, а каждый диэлектрический слой выполнен с оптической толщиной $\lambda/4$, где λ_0 - длина волны максимума полосы поверхностного плазменного 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 λ_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.

ВУ 12594 С1 2009.10.30

Значение резонансной длины волны λ_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 η , 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 плазменного поверхностного резонанса дисперсных слоев расположены в оптическом спектральном диапазоне. Величина коэффициента поглощения дисперсных металлических слоев на длине волны λ_0 и в прилегающей к λ_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.

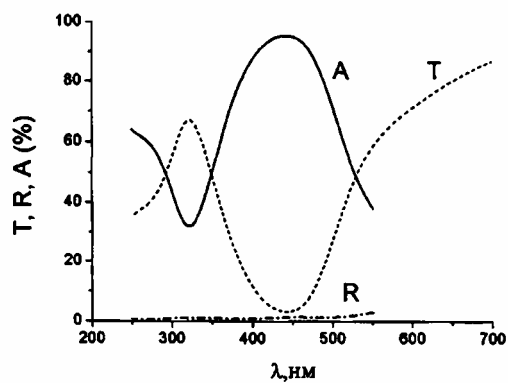
Схема предлагаемого светопоглощающего покрытия представлена на фиг. 1. Светопоглощающее покрытие включает в себя дисперсные металлические слои 1, сплошные диэлектрические слои с оптической толщиной $\lambda_0/4$ 2, диэлектрическую подложку 3. На фиг. 2 представлены спектральные зависимости коэффициентов пропускания, отражения и поглощения светопоглощающего покрытия, состоящего из 7-ми плотноупакованных слоев наночастиц Ag, разделенных слоями КС1. Покрытие получено методом последовательного термического осаждения Ag и КС1 на стеклянную подложку. Средний размер наночастиц Ag в монослое составляет 4 нм, параметр перекрытия $\eta \sim 0,4$. Величина показателя преломления для КС1 в видимом диапазоне составляет $-1,5$. Геометрическая толщина каждого из слоев КС1 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 λ_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 λ_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 λ_0 и формировать полосу поглощения в разных областях УФ, видимого и ближнего ИК диапазонов.

BY 12594 C1 2009.10.30

Источники информации:

1. Индутный И.З., Шепелявый П.Е., Михайловская Е.В., Парк Ч.В., Ли Дж.Б., До Я.Р. Градиентные светопоглощающие покрытия $\text{SiO}_x\text{-Me}$ для дисплейных экранов // Техническая физика. - 2002. - Т. 72. - Вып. 6. - С. 67-72.
2. Патент США 6335142, 2002.



Фиг. 2