



(51) МПК
C09D 5/26 (2006.01)
C09D 5/33 (2006.01)
C09C 1/02 (2006.01)
C09C 3/06 (2006.01)
B82Y 30/00 (2011.01)
B82B 1/00 (2006.01)
C01F 11/46 (2006.01)
B64G 1/54 (2006.01)

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

C09D 5/26 (2020.01); C09D 5/004 (2020.01); C09D 5/035 (2020.01); C09C 1/027 (2020.01); C09C 3/063 (2020.01); B82Y 30/00 (2020.01); B82B 1/005 (2020.01); C01F 11/462 (2020.01); B64G 1/54 (2020.01)

(21)(22) Заявка: 2019115064, 16.05.2019

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
16.05.2019Дата регистрации:
11.03.2020

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 16.05.2019

(45) Опубликовано: 11.03.2020 Бюл. № 8

Адрес для переписки:

634050, г. Томск, пр. Ленина, 40, ТУСУР,
патентно-информационный отдел

(72) Автор(ы):

Михайлов Михаил Михайлович (RU),
 Юрьев Семен Александрович (RU),
 Лапин Алексей Николаевич (RU),
 Ващенко Илья Сергеевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
 образовательное учреждение высшего
 образования "Томский государственный
 университет систем управления и
 радиоэлектроники" (ТУСУР) (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
 о поиске: RU 2677173 C1, 15.01.2019. RU
 2421490 C1, 20.06.2011. RU 2036208 C1,
 27.05.1995. CN 101781508 B, 28.03.2012. CN
 102675917 B, 28.10.2015.

**(54) ПИГМЕНТ ДЛЯ ТЕРМОРЕГУЛИРУЮЩИХ ПОКРЫТИЙ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ
 НА ОСНОВЕ ПОРОШКА $BaSO_4$, МОДИФИЦИРОВАННОГО НАНОЧАСТИЦАМИ SiO_2**

(57) Реферат:

Изобретение относится к терморегулирующим покрытиям и может быть использовано в космической технике, в строительной индустрии, а также в химической, пищевой, легкой промышленности. Пигмент для терморегулирующих покрытий содержит

порошок сульфата бария $BaSO_4$, модифицированный наночастицами диоксида кремния SiO_2 в количестве 3 мас.%. Удельная поверхность нанопорошка 100 m^2/g . Обеспечивается увеличение радиационной стойкости. 6 пр., 1 табл.



(51) Int. Cl.
C09D 5/26 (2006.01)
C09D 5/33 (2006.01)
C09C 1/02 (2006.01)
C09C 3/06 (2006.01)
B82Y 30/00 (2011.01)
B82B 1/00 (2006.01)
C01F 11/46 (2006.01)
B64G 1/54 (2006.01)

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(52) CPC

C09D 5/26 (2020.01); C09D 5/004 (2020.01); C09D 5/035 (2020.01); C09C 1/027 (2020.01); C09C 3/063 (2020.01); B82Y 30/00 (2020.01); B82B 1/005 (2020.01); C01F 11/462 (2020.01); B64G 1/54 (2020.01)

(21)(22) Application: 2019115064, 16.05.2019

(24) Effective date for property rights:
16.05.2019Registration date:
11.03.2020

Priority:

(22) Date of filing: 16.05.2019

(45) Date of publication: 11.03.2020 Bull. № 8

Mail address:

634050, g. Tomsk, pr. Lenina, 40, TUSUR,
patentno-informatsionnyj otdel

(72) Inventor(s):

Mikhajlov Mikhail Mikhajlovich (RU),
 Yurev Semen Aleksandrovich (RU),
 Lapin Aleksej Nikolaevich (RU),
 Vashchenkov Ilya Sergeevich (RU)

(73) Proprietor(s):

Federalnoe gosudarstvennoe byudzhethnoe
 obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego
 obrazovaniya "Tomskij gosudarstvennyj
 universitet sistem upravleniya i radioelektroniki"
 (TUSUR) (RU)

(54) **PIGMENT FOR THERMAL CONTROL COATINGS OF SPACECRAFTS BASED ON BaSO₄ POWDER, MODIFIED WITH SiO₂ NANOPARTICLES**

(57) Abstract:

FIELD: chemistry.

SUBSTANCE: invention relates to thermal control coatings and can be used in space engineering, in construction industry, as well as in chemical, food and light industry. Pigment for thermoregulatory coatings

contains barium sulphate BaSO₄, modified with nanoparticles of silicon dioxide SiO₂ in amount of 3 wt%. Specific surface area of nanopowder is 100 m²/g.

EFFECT: higher radiation resistance.

1 cl, 6 ex, 1 tbl

Изобретение относится к пигментам для терморегулирующих покрытий, предназначенным для поддержания температуры объектов, на которые они нанесены, в том числе для терморегулирующих покрытий, используемых в области пассивных методов регулирования температуры, а именно для терморегулирующих покрытий космических аппаратов. Изобретение может быть использовано, помимо космической техники, в строительной индустрии, в химической, пищевой, легкой и других отраслях промышленности для терморегулирования устройств или технологических объектов.

Порошки сульфата бария относятся к пигментам, которые перспективны для приготовления терморегулирующих покрытий, так как обладает большой шириной запрещенной зоны, что обеспечивает малое значение интегрального коэффициента поглощения солнечного излучения (a_s). В сочетании с большой интегральной полусферической излучательной способностью (ϵ) они обеспечивают малое значение отношения a_s/ϵ , что позволяет отнести их к перспективным пигментам для ТРП класса «оптические солнечные отражатели». Кроме того, порошки этого соединения обладают относительно высокой радиационной стойкостью, что позволяет использовать их в качестве пигментов ТРП, работающих в условиях действия заряженных частиц космического пространства (КП). Например, на основе пигмента $BaSO_4$ разработано терморегулирующее покрытие класса "солнечные отражатели" [Терморегулирующее покрытие // Патент России №2524384 от 27.07.2014. / Страполова В.Н., Киселева Л.В., Токарь С.В. и др.], предназначенное для использования в системах пассивного или активного терморегулирования внешней поверхности космических аппаратов.

Под действием излучений космического пространства (КП) в сульфате бария образуются радиационные дефекты, что приводит к появлению полос поглощения, обусловленных этими дефектами, уменьшению коэффициента отражения, увеличению коэффициента поглощения a_s , увеличению доли поглощаемой энергии. Температура космических аппаратов при этом будет повышаться, будет нарушаться тепловые режимы работы приборов и устройств, что приведет к сокращению сроков их активного существования. Для повышения устойчивости порошков сульфата бария к действию излучений КП могут быть применены различные способы, например, способы, разработанные для оксидных пигментов.

Порошки сульфата бария, как и порошки оксидов цинка и алюминия, диоксидов титана и циркония не стехиометричны по кислороду [Кофстад П. Отклонение от стехиометрии, диффузия и электропроводность в простых окислах металлов. М, 1975, 450 с.], и в них под действием излучений образуются центры окраски на биографических анионных вакансиях. Такие порошки, помимо отражающих покрытий космических аппаратов и люминофоров, где они подвержены действию потоков заряженных частиц, широко применяются в качестве пигментов в бытовых условиях (краски, бумага, резины), в которых из ионизирующих факторов действует только солнечное электромагнитное излучение.

Выполненные ранее исследования спектров диффузного отражения (ρ_λ) и разностных спектров диффузного отражения ($\Delta\rho_\lambda$) терморегулирующих покрытий на основе порошков-пигментов после облучения электронами с энергией 30 кэВ показали, что изменения спектров происходят, в основном, в тех областях спектра, в которой расположены полосы поглощения дефектов анионной подрешетки-полосы F^- и F^+ -центров.

Этими исследованиями показано, что образование фото- или радиационных дефектов

происходит по ионизационному механизму. Первичные процессы взаимодействия различных видов излучения с порошками ZnO, TiO₂, ZrO₂, Al₂O₃, BaTiO₃ качественно одинаковы: образуются электронодырочные пары, дырки движутся к отрицательно заряженной поверхности, нейтрализуют кислород решетки, который покидает
 5 поверхность с образованием анионных вакансий сначала в поверхностных слоях, затем в объеме зерен порошков [Михайлов М.М. Научные труды, Том 3. Изд-во Томского университета, 2011 г., 338 с.], [Михайлов М.М. Научные труды, Том 4. Нанотехнологии для повышения фото- и радиационной стойкости отражающих порошков. Изд-во Томского университета, 2014 г., 382 с.].

10 При малых дозах облучения вклад анионных вакансий в общую концентрацию образованных электронных центров окраски может быть определяющим и даже основным. Поэтому представляются важными исследования, направленные на разработку способов увеличения фото- и радиационной стойкости таких пигментов.

15 Ранее были получены положительные результаты по повышению стабильности спектров диффузного отражения к облучению электронами с энергией 30 кэВ вследствие изменения гранулометрического состава и удельной поверхности пигмента-порошка рутила [Михайлов М.М., Власов В.А. О размерном эффекте оптических свойств порошков TiO₂ // Изв. вузов. Физика, 1998, №12, с. 52-58], [Михайлов М.М. Зависимость
 20 оптических свойств от удельной поверхности и размеров зерен порошков диоксида титана. // Журнал прикладной спектроскопии, 2006, т. 73, №1, с. 73-77].

Перспективным представляется способ повышения стабильности оптических свойств оксидных порошков путем окисления поверхности и насыщения объема кислородом. Внедренный кислород, помимо замещения биографических анионных вакансий, может
 25 быть поставщиком кислорода взамен уходящего при фотолизе или радиоллизе решетки во время облучения обработанных порошков квантами света и заряженными частицами. К настоящему времени известны следующие способы насыщения кислородом поверхности и объема зерен диоксида титана.

Способ №1

30 В работе [Михайлов М.М. О возможности повышения фото- и радиационной стойкости порошков TiO₂ (рутил) прогревом в кислороде // РАН. Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования. 2007, №35, с. 102-106] представлены результаты исследования одного из самых простых способов окисления порошков и насыщения их кислородом - прогрева порошков в кислороде.

35 Радиационную стойкость образцов во всем диапазоне солнечного спектра оценивали по изменению интегрального коэффициента поглощения, солнечного излучения (a_s).

Исследования выполняли на пяти образцах, прогретых в различных режимах порошков TiO₂ квалификации P02. Образец №1 не прогревали, образцы №2-№5 прогревали в
 40 различных режимах: температуру изменяли в пределах 110-150°C, время прогрева - 17-120 мин., давление кислорода - 0,2-760 мм.рт.ст. Измеряли спектры диффузного отражения до и после облучения ($\rho_{\lambda\phi}$) флюенсом электронов $2 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-2}$ с энергией 30 кэВ и рассчитывали изменение интегрального коэффициента поглощения Δa_s .

45 Выполненными исследованиями показано, что прогрев в кислороде приводит к уменьшению интенсивности полос поглощения дефектов анионной подрешетки (F⁻ и F⁺-центры, нейтральные анионные вакансии и электроны проводимости) и слабо влияет на образование дефектов катионной подрешетки при облучении электронами обработанных порошков. Определяющую роль в повышении радиационной стойкости

пигментов при данных условиях их обработки в кислороде, по-видимому, играет диффузия его в объем зерен порошка. Она зависит и от температуры, и от времени прогрева и для получения высокой радиационной стойкости порошков TiO_2 путем прогрева необходимо создать следующие условия: парциальное давления кислорода

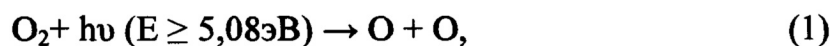
примерно 10^{-1} мм.рт.ст., средняя температуры прогрева около 100°C , время прогрева 120 мин. Наибольшее повышение радиационной стойкости, полученное при таких оптимальных условиях обработки составляет 1,4 раза по сравнению с необработанным образцом.

Недостатком данного способа является большие трудо- и энергозатраты, связанные с необходимостью получения высокого вакуума, напуска кислорода и прогрева порошков в его атмосфере. При этом эффективность способа не очень высокая.

Способ №2

Другим способом повышения фото- и радиационной стойкости оксидных пигментов является их обработка ультрафиолетом в кислороде [Михайлов М.М. О возможности повышения фото- и радиационной стойкости порошков TiO_2 . Обработка ультрафиолетом в кислороде // РАН. Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования. 2007, №8, с. 82-88].

Эффект уменьшения концентрации анионных вакансий в обработанных порошках может проявляться как во время действия ультрафиолета, так и при последующем облучении электронами обработанных в различных режимах порошков. Если уменьшение анионных вакансий происходит во время действия ультрафиолета, когда осуществляется диссоциация кислорода по реакции



то эффект может быть зарегистрирован в спектрах отражения после облучения ультрафиолетом. Если такого проявления не будет, то можно считать, что обработка ультрафиолетом в атмосфере приводит к насыщению решетки атомарным кислородом без замещения им анионных вакансий. Этот кислород будет служить поставщиком кислорода взамен уходящего при облучении, он будет замещать вновь образованные вакансии при облучении пигмента электронами.

Сравнение деградации спектров после облучения электронами образцов квалификации P02, предварительно обработанных ультрафиолетом в кислороде, с деградацией не обработанных кислородом и не выдержанных в кислороде - «свежих» порошков TiO_2 , облученных электронами при таких же значениях флюенса и энергии, показывает существенно большую деградацию «свежих» порошков по сравнению с деградацией любого из обработанных образцов. Установлено, что оптимальное время обработки ультрафиолетом в кислороде порошка P02 составляет 20 мин, при этом улучшение радиационной стойкости по интегральному коэффициенту поглощения составляет 2,2 раза.

Данный способ является высокоэффективным, но обладает существенным недостатком, связанным с необходимостью размещения порошков в вакуумной камере, в которой после получения вакуума следует создать атмосферу кислорода напуском через специальное устройство - натекагель и в ней облучать порошки ультрафиолетом. Материальные и энергозатраты для реализации данного способа заключаются в необходимости приобретения и эксплуатации высоковакуумной система и источника ультрафиолетового излучения.

Способ №3

Указанные в способе №2 недостатки частично устраняются в способе повышения фото- и радиационной стойкости порошков пигментов при обработке ультрафиолетом на воздухе [Михайлов М.М. О возможности повышения радиационной стойкости порошков TiO_2 при обработке УФ-облучением на воздухе // РАН. Поверхность.

5 Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования. 2007, №10, с. 68-72].
Экспериментальное оборудование в этом способе значительно упрощается, так как не требуется вакуумной камеры, необходим только источник ультрафиолетового излучения для насыщения порошков диоксида титана кислородом. Но и эффективность обработки существенно снижается по сравнению со способом №2. Так, экспериментально
10 установлено, обработка в течение 72 час с интенсивностью в 2 раза превышающей интенсивность излучения Солнца, дает повышение радиационной стойкости всего в 1,23 раза при действии электронов с такими же параметрами, что и в способе №2 ($E=30$ кэВ, $\Phi=2 \cdot 10^{16}$ $см^{-2}с^{-1}$).

15 Помимо указанных трех способов повышения фото- и радиационной стойкости путем насыщения решетки порошков кислородом, к настоящему времени разработаны способы, основанные на создании на поверхности зерен и гранул слоев других соединений, выполняющих роль центров релаксации первичных продуктов фотолиза и радиолиза и поглощающих часть энергии излучений, падающих порошок - роль защитных слоев.

20 Способ №4

Изобретение относится к химической промышленности и может быть использовано при изготовлении красок, т.е. таких же покрытий, как и в способах №1-№3. Пигментный композит содержит основу из диоксида титана и слои оксидов циркония и алюминия,
25 полученную суспензию нагревают до 46,11-50°C [Патент РФ №2135536: Частицы TiO_2 диспергируют в воде, добавляют диспергатор (гексаметафосфат натрия)]. Добавляют раствор H_2SO_4 для поддержания pH от 7 до 9. Вводят раствор сульфата циркония. Осаждают 0,1-2,5% гидроксида циркония от массы TiO_2 в пересчете на ZrO_2 . Добавляют водный раствор NaOH для поддержания pH от 7 до 9. Вводят водный раствор алюмината
30 натрия. Осаждают 3,5-4% гидроксида алюминия от массы TiO_2 в пересчете на Al_2O_3 . Полученный продукт отфильтровывают, промывают водой и сушат при 110°C. Измельчают. Пигментный композит имеет улучшенные оптические свойства, такие, как рассеяние, блеск, яркость и цвет, а также стойкость.

35 Способ №5

Изобретение относится к пигментному рутильному диоксиду титана, к способу его получения и может быть использовано в производстве красок, пластмасс и слоистых пластинок на бумажной основе. Сущность изобретения заключается в пигменте, состоящем из частиц диоксида титана с осажденными на них оксидом церия в количестве
40 0,01-1 мас. % и плотным аморфным диоксидом кремния в количестве 1-8 мас. % от количества диоксида титана [Патент РФ №2099372]. Пигмент может быть дополнительно покрыт гидроксидом алюминия в количестве 2-4 мас. % от количества диоксида титана. Далее добавляют водорастворимый силикат в количестве 1-6 мас. % и минеральную кислоту для осаждения, по крайней мере, при pH 8 плотного аморфного
45 диоксида кремния, при этом шлам непрерывно перемешивают и поддерживают температуру 60-100°C на протяжении всего процесса осаждения. Дополнительно к шламу добавляют водный раствор алюмината натрия и серную кислоту для осаждения гидроксида алюминия. Пигмент по изобретению обладает улучшенной прочностью, улучшенной устойчивостью к фотохимическому разложению.

Общим недостатком способов №4-№5 является многоступенчатость химических реакций и большое число реагентов, необходимых для их осуществления, а также отсутствие данных по качеству наносимых слоев на поверхность зерен порошков диоксида титана, что не позволяет определить целесообразность нанесения последующих слоев, после нанесения предыдущих. Например, в способе №5 после нанесения слоя CeO_2 фото- и радиационная стойкость полученной композиции не определялась и не была доказана необходимость нанесения еще слоя SiO_2 , а в способе №6 после нанесения слоя ZrO_2 фото- и радиационная стойкость полученной композиции не определялась и не была доказана необходимость нанесения еще слоя Al_2O_3 .

Радиационную стойкость порошков - пигментов можно увеличить путем удаления с их поверхности физически и химически сорбированных газов и осаждения вместо них молекул кислорода. Для удаления сорбированных газов достаточно прогрева порошков при температуре, обеспечивающей преодоление сил притяжения молекул и разрыв химических связей. Температура десорбции физически сорбированных газов для различных комбинаций молекула газа - тип порошка различная и составляет несколько сотен градусов. Для химически сорбированных газов она выше и колеблется от 400°C до 800°C для различных комбинаций молекула газа - тип порошка [Волькенштейн Ф.Ф. Физикохимия поверхности полупроводников. М: Наука, 1973, 340 с.]. Для осаждения на поверхности и насыщения поверхностных слоев порошков молекулами кислорода достаточно осуществить такой прогрев на воздухе при атмосферном давлении.

Способ №6

Примером увеличения радиационной стойкости порошков - пигментов достигнутого путем прогрева при атмосферном давлении на воздухе являются полученные результаты на порошке диоксида титана [M.M. Mikhailov, S.A. Yuryev, G.E. Remnev, R.V. Sazonov, G.E. Kholodnaya, D.V. Ponomarev. Effect of temperature on radiation resistance of TiO_2 powders during heating and modification by SiO_2 nanoparticles // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms Volume 336, 1 October 2014, Pages 96-101 // DOI: 10.1016/j.nimb.2014.07.002 ISSN: 0168-583X]. В работе выполнен комплекс исследований спектров диффузного отражения и интегрального коэффициента поглощения в солнечном диапазоне и их изменений при облучении порошка диоксида титана, предварительно прогретого в атмосфере при различной температуре. Проведен анализ фазового состава и параметров кристаллической решетки, потерь массы, типов и кинетики изменения концентрации газов, выделяющихся при нагреве порошков, установлена взаимосвязь между изменениями этих свойств и показано положительное влияние прогрева на радиационную стойкость порошков диоксида титана. Прогрев осуществляли при температуре 150, 400, 500, 800 и 1000°C . Определены температурные диапазоны десорбции физически и химически связанных с поверхностью диоксида титана газов. Показано, что основное влияние на увеличение радиационной стойкости оказывает процессы десорбции ОН-групп с поверхности порошка. Предложен способ увеличения радиационной стойкости порошков диоксида титана, заключающийся в прогреве при температуре 800. Данный способ выбран в качестве прототипа.

Способ №7

В качестве прототипа выбрано изобретение «Пигмент на основе порошка BaSO_4 , модифицированного наночастицами SiO_2 », патент РФ №2677173 от 15.01.2019, в котором порошку BaSO_4 добавляют наночастицы SiO_2 различных концентраций в диапазоне от 1 до 10 масс. %. Приготовленную смесь перемешивают в магнитной мешалке в течение

10-12 час, выпаривают в сушильном шкафу при температуре 150°C, охлаждают до комнатной температуры, перетирают в фарфоровой чашке, запрессовывают ручным прессом в металлические подложки при малом давлении, P=1 МПа.

Полученные образцы устанавливают на предметном столике установки-имитатора условий КП «Спектр», в установке получают вакуум $P \leq 10^{-6}$ тор, измеряют спектры диффузного отражения в солнечном диапазоне - от 0,25 до 2,5 мкм в исходном состоянии ($\rho_{\lambda 0}$). Затем все образцы последовательно облучают электронами с энергией 30 кэВ флюенсом $1 \cdot 10^{16}$ см⁻² и после облучения измеряют спектры облученных образцов ($\rho_{\lambda t}$) в вакууме на месте облучения (in situ). По полученным спектрам $\rho_{\lambda 0}$ рассчитывают интегральный коэффициент поглощения солнечного излучения до облучения (a_{s0}) и после облучения (a_{st}) каждого порошка. Коэффициент поглощения a_s рассчитывают по формуле (1):

$$a_s = 1 - R_s = 1 - \frac{\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} I_{\lambda} \rho_{\lambda} d\lambda}{\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} I_{\lambda} d\lambda} = 1 - \sum_{i=1}^n R_i, \quad (2)$$

где R_s - среднеарифметическое значение коэффициента диффузного отражения, рассчитанное по 24 точкам на длинах волн, соответствующих равноэнергетическим участкам спектра излучения Солнца; I_{λ} - спектральная интенсивность излучения солнца; (λ_1 - λ_2) - спектральный диапазон излучения Солнца; n - число точек на шкале длин волн, в которых рассчитывали значения коэффициента диффузного отражения

Изменение коэффициент поглощения a_s после облучения определяют по разности его значений до (a_{s0}) и после ($a_{sф}$) облучения : $\Delta a_s = a_{s0} - a_{sф}$. Получают зависимость значений Δa_s от времени облучения, что является мерой радиационной стойкости порошков.

Результаты расчетов изменений коэффициента поглощения Δa_s по экспериментально полученным спектрам диффузного отражения до и после облучения ускоренными электронами с энергией 30 кэВ флюенсом $1 \cdot 10^{16}$ см⁻² при температуре 25°C порошков показывают, что наибольшей радиационной стойкостью обладает порошок BaSO₄, модифицированный наночастицами SiO₂ при концентрации 3 масс. %.

В предлагаемом изобретении с целью увеличения радиационной стойкости осуществляют модифицирование пигмента BaSO₄ наночастицами SO₂ в количестве 3 масс. 3% с различной удельной поверхностью с целью определения ее оптимального значения.

Пример 1

К порошку BaSO₄ добавляют дистиллированную воду, диспергируют в магнитной мешалке Приготовленную смесь перемешивают в магнитной мешалке в течение 10-12 час, выпаривают в сушильном шкафу при температуре 150°C, охлаждают до комнатной температуры, перетирают в фарфоровой чашке, запрессовывают ручным прессом в металлические подложки при малом давлении, P=1 МПа, прогревают 2 час при температуре 400°C, охлаждают до комнатной температуры, перетирают в фарфоровой чашке, запрессовывают ручным прессом в металлические подложки при малом давлении (P=1 Мпа).

Пример 2

Порошок BaSO₄ смешивают с нанопорошком SO₂ с удельной поверхностью 60 м²/гр.

в количестве 3 масс. %, добавляют дистиллированную воду, диспергируют в магнитной мешалке, прогревают 2 час при температуре 400°C, охлаждают до комнатной температуры, перетирают в фарфоровой чашке, запрессовывают ручным прессом в металлические подложки при малом давлении (P=1 Мпа).

5 Пример 3

Порошок BaSO₄ смешивают с нанопорошком SO₂ с удельной поверхностью 100 м²/гр. в количестве 3 масс. %, добавляют дистиллированную воду, диспергируют в магнитной мешалке, прогревают 2 час при температуре 400°C, охлаждают до комнатной температуры, перетирают в фарфоровой чашке, запрессовывают ручным прессом в
10 металлические подложки при малом давлении (P=1 Мпа).

Пример 4

Порошок BaSO₄ смешивают с нанопорошком SO₂ с удельной поверхностью 110 м²/гр. в количестве 3 масс. %, добавляют дистиллированную воду, диспергируют в магнитной мешалке, прогревают 2 час при температуре 400°C, охлаждают до комнатной температуры, перетирают в фарфоровой чашке, запрессовывают ручным прессом в
15 металлические подложки при малом давлении (P=1 Мпа).

Пример 5

Порошок BaSO₄ смешивают с нанопорошком SO₂ с удельной поверхностью 115 м²/гр. в количестве 3 масс. %, добавляют дистиллированную воду, диспергируют в магнитной мешалке, прогревают 2 час при температуре 400°C, охлаждают до комнатной температуры, перетирают в фарфоровой чашке, запрессовывают ручным прессом в
20 металлические подложки при малом давлении (P=1 Мпа).

Пример 6

Порошок BaSO₄ смешивают с нанопорошком SO₂ с удельной поверхностью 150 м²/гр. в количестве 3 масс. %, добавляют дистиллированную воду, диспергируют в магнитной мешалке, прогревают 2 час при температуре 400°C, охлаждают до комнатной температуры, перетирают в фарфоровой чашке, запрессовывают ручным прессом в
30 металлические подложки при малом давлении (P=1 Мпа).

Полученные в примерах 1-6 образцы устанавливают на предметном столике установки - имитатора условий КП «Спектр», получают вакуум в камере установки не хуже 10⁻⁶ тор, измеряют спектры диффузного отражения в солнечном диапазоне - от
35 0,25 до 2,5 мкм в исходном состоянии ($\rho_{\lambda 0}$). Затем все образцы последовательно облучают электронами с энергией 30 кэВ и измеряют спектры облученных образцов ($\rho_{\lambda t}$) в вакууме на месте облучения - in situ. По полученным спектрам $\rho_{\lambda 0}$ рассчитывают интегральный коэффициент поглощения солнечного излучения до облучения (a_{s0}) по формуле (1).

После каждого периода облучения рассчитывают по спектрам диффузного отражения интегральный коэффициент поглощения солнечного излучения облученных порошков
40 (a_{sf}), а его изменение после облучения определяют по разности значений коэффициента поглощения до (a_{s0}) и после облучения: $\Delta a_s = a_{sf} - a_{s0}$. Получают зависимость значений Δa_s от флюенса электронов, что является мерой радиационной стойкости порошков.

Результаты расчетов изменений коэффициента поглощения Δa_s , по экспериментально
45 полученным спектрам диффузного отражения до и после облучения ускоренными электронами с энергией 30 кэВ флюенсом $2 \cdot 10^{16}$ см⁻² при температуре 25°C приведены в таблице.

Таблица - Зависимость изменений интегрального коэффициента поглощения Δa_s после облучения электронами модифицированных порошков $BaSO_4$ от величины удельной поверхности используемых для модифицирования наночастиц SiO_2

$S_{m^2/гр.}$	Не модиф	60	100	110	115	150
Δa_s	0,047	0,036	0,035	0,038	0,037	0.043

Из таблицы следует, что значения Δa_s модифицированных порошков меньше по сравнению с не модифицированным. Наименьшее значение получено для порошка, модифицированного наночастицами SiO_2 с удельной поверхностью $100 \text{ м}^2/\text{гр.}$

(57) Формула изобретения

Пигмент для терморегулирующих покрытий космических аппаратов класса «солнечные оптические отражатели», приготовленный из порошка сульфата бария, модифицированного наночастицами SiO_2 в количестве 3 мас.%, отличающийся тем, что с целью увеличения радиационной стойкости используют нанопорошок с удельной поверхностью $100 \text{ м}^2/\text{г.}$