

(19)



Евразийское
патентное
ведомство

(21) 202091998 (13) A1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки
2021.03.03(22) Дата подачи заявки
2018.02.22

(51) Int. Cl. *B05D 3/00* (2006.01)
B05D 3/06 (2006.01)
B05D 5/02 (2006.01)
C08K 3/22 (2006.01)
C08L 83/00 (2006.01)
D06M 11/38 (2006.01)
D21H 21/16 (2006.01)

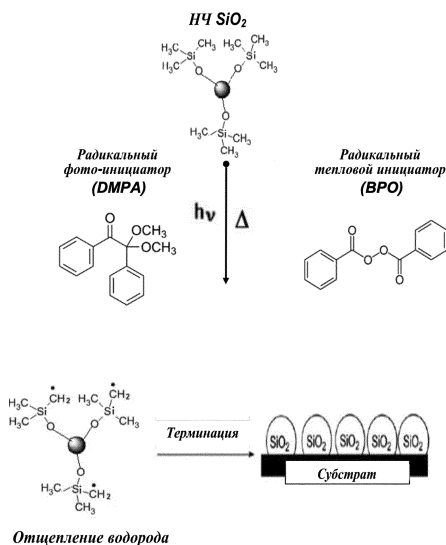
(54) ПРОЧНОЕ СУПЕРГИДРОФОБНОЕ ПОКРЫТИЕ

(86) PCT/IB2018/051090
(87) WO 2019/162723 2019.08.29
(71) Заявитель:
АЗРА СХС ТЕК ИНК. (US)

(72) Изобретатель:
Додиук-Кениг Ханна, Доган Ана,
Кохен Нив, Кениг Шмуэль (IL)

(74) Представитель:
Махлина М.Г. (RU)

(57) Раскрыта композиция супергидрофобного покрытия, содержащая НЧ компонент и радикальный инициатор (РИ), причем НЧ компонент включает НЧ частицы, имеющие органические фрагменты, образующие связь с поверхностью НЧ частиц. Раскрыта также супергидрофобная композиция покрытия, дополнительно содержащая жидкость. Раскрыт также способ получения супергидрофобной (СГ) поверхности, который включает смешивание компонента НЧ по меньшей мере с одним РИ и, возможно, с жидкостью с получением композиции покрытия; нанесение композиции покрытия на субстрат (предварительно покрытый или содержащий оксиды) с получением покрытого субстрата; и облучение покрытой подложки, тем самым получая СГ поверхность, на которой по меньшей мере часть НЧ компонента ковалентно связана, напрямую или косвенно, с субстратом.



A1

202091998

202091998

A1

ПРОЧНОЕ СУПЕРГИДРОФОБНОЕ ПОКРЫТИЕ

ОБЛАСТЬ ТЕХНИКИ, К КОТОРОЙ ОТНОСИТСЯ ИЗОБРЕТЕНИЕ

Настоящее изобретение относится к прочному прозрачному и непрозрачному покрытию. В частности, изобретение относится к прочным супергидрофобным покрытиям, основанным на радикальной химии наночастиц с обработанной поверхностью, в которой наночастицы ковалентно связаны с любым типом поверхности посредством ковалентной связи, индуцированной радикалами.

ПРЕДПОСЫЛКИ СОЗДАНИЯ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Супергидрофобные (СГ) покрытия могут быть получены путем адаптации как химического состава, так и топографии, имитируя, например, лист лотоса. Поверхностные СГ покрытия имеют множество коммерческих и промышленных применений благодаря своим уникальным свойствам, включая эффект самоочищения, антикоррозийное действие, снижение адгезии льда, отталкивание льда и низкое гидродинамическое трение. СГ поверхности также могут быть использованы в качестве шаблонов для направленной самосборки наноматериалов, а также в качестве микроэлектромеханических систем. Применение таких поверхностей связано с автомобильными, строительными, сельскохозяйственными, оптическими, военными и аэрокосмическими системами.

Долговечность СГ покрытий является важнейшей проблемой для коммерческого применения. Однако, как известно сегодня, большинство СГ покрытий обладают ограниченной стойкостью к истиранию. Износостойкость определяется путем оценки изменения статического угла контакта (УК) и угла скольжения (УС) поверхности и является чрезвычайно важным фактором для покрытий, так как при низком уровне покрытия имеют тенденцию отслаиваться от изделия, на которое они наносятся.

За последнее десятилетие для изготовления СГ покрытий использовались различные методики. Одним из типов методов является восходящий аддитивный подход, включающий такие техники, как молекулярная самосборка, осаждение из паровой фазы, золь-гель нанопроизводство, углеродные нанотрубки в термопластах, встроенные наночастицы (НЧ) диоксида кремния в термореактивных матрицах и литой диоксид кремния/POSS во фторалкилсилане. В других известных методах используется нисходящий субтрактивный подход, в том числе методы, основанные на плазменном травлении, мягкой литографии, литографии наноимпринтов, оптической литографии, электронно-лучевой литографии, литографии блок-сополимеров, литографии сканирующего зонда и скользких пористых поверхностях, наполненных жидкостью

(SLIPS).

Все вышеупомянутые методики основаны на нано/микрометрических особенностях для создания шероховатости и низкой поверхностной энергии; однако они приводят к получению покрытий, имеющих плохую механическую прочность и стабильность, особенно в суровых условиях окружающей среды.

Обычно взаимодействие между покрытой подложкой и наноструктурой покрытия влияет на стабильность структуры с покрытием. Если взаимодействие слабое, наноструктурированное покрытие может быть удалено при истирании, снижение супергидрофобности приводит к плохим механическим свойствам покрытия. Следовательно, было бы очень желательно обеспечить шероховатое СГ покрытие, в котором межфазное взаимодействие между покрытой подложкой и наноструктурой покрытия прочное, что обеспечивает прочное СГ покрытие.

СУЩНОСТЬ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Варианты осуществления изобретения направлены на композиции покрытия, содержащие компонент наночастиц (НЧ) и, по меньшей мере, один радикальный инициатор (РИ), где НЧ компонент включает НЧ частицы, имеющие органические фрагменты, связанные с поверхностью НЧ частиц.

Согласно некоторым вариантам осуществления композиция покрытия дополнительно содержит жидкость. Согласно некоторым вариантам осуществления компонент наночастиц включает НЧ диоксида кремния (SiO_2), стеклянные НЧ, НЧ титана, силикатные НЧ, нитридные НЧ, карбидные наночастицы или любую их комбинацию.

Согласно некоторым вариантам осуществления, РИ представляет собой радикальный фотоинициатор (РФИ), радикальный тепловой инициатор (РТИ) или любую их комбинацию.

Некоторые варианты осуществления изобретения относятся к двухслойной композиции покрытия, включающей первый слой и второй слой, причем первый слой содержит праймер, а второй слой содержит компонент наночастиц (НЧ), и, по меньшей мере, один РИ, где НЧ компонент включает НЧ частицы, имеющие органические фрагменты, связанные с поверхностью НЧ частиц.

Согласно некоторым вариантам осуществления РТИ представляет собой пероксид. Согласно некоторым вариантам осуществления праймер представляет собой органический праймер. Согласно некоторым вариантам осуществления жидкость представляет собой

спирт, органический растворитель, воду или любую их комбинацию.

Варианты осуществления изобретения относятся к способу получения супергидрофобной (СГ) поверхности, которая включает:

смешивание НЧ компонента, по меньшей мере, с одним РИ, тем самым образуя композицию покрытия;

нанесение композиции покрытия на субстрат с получением покрытого субстрата; и
облучение покрытого субстрата, тем самым получая СГ поверхность, на которой, по меньшей мере, часть НЧ компонента ковалентно связана, напрямую или косвенно, с субстратом.

В соответствии с некоторыми вариантами осуществления праймер предварительно наносится на подложку и затвердевает на ней, обеспечивая тем самым получение предварительно покрытого субстрата перед нанесением композиции покрытия на субстрат так, что композиция покрытия наносится на предварительно покрытый субстрат и затем ковалентно связывается с праймером, тем самым косвенно связываясь с субстратом.

Согласно некоторым вариантам осуществления НЧ компонент и РИ дополнительно смешиваются с жидкостью, тем самым обеспечивая получение композиции покрытия, которая содержит НЧ компонент, по меньшей мере, один РИ и жидкость.

Варианты осуществления изобретения направлены на СГ поверхность, содержащую НЧ компонент, ковалентно связанный, напрямую или косвенно, с субстратом. В соответствии с некоторыми вариантами осуществления, НЧ компонент ковалентно связан с праймером, который приклеен к основе, тем самым создавая СГ поверхность, в которой НЧ компонент косвенно приклеен к субстрату. Согласно некоторым вариантам осуществления, субстрат содержит оксидные фрагменты, причем НЧ компонент ковалентно связан напрямую с оксидными фрагментами на субстрате в соответствии с радикальной химией.

Варианты осуществления изобретения относятся к ледоталкивающему и/или водоотталкивающему изделию, содержащему СГ поверхность, причем СГ поверхность содержит НЧ компонент, ковалентно связанный, напрямую или косвенно, с субстратом. Варианты осуществления изобретения относятся к самоочищающемуся изделию, содержащему СГ поверхность, причем СГ поверхность содержит НЧ компонент, ковалентно связанный, напрямую или косвенно, с субстратом. Варианты осуществления изобретения относятся к изделию с пониженным трением в потоке воздуха и воды, содержащему СГ поверхность, причем СГ поверхность содержит НЧ компонент,

ковалентно связанный, напрямую или косвенно, с субстратом.

Дополнительные варианты осуществления изобретения относятся к набору, содержащему:

НЧ компонент;

по меньшей мере, один RI; и

листок-вкладыш с инструкциями по подготовке СГ поверхности.

Согласно некоторым вариантам осуществления, набор дополнительно включает праймер. Согласно некоторым вариантам осуществления набор дополнительно включает субстрат. Согласно некоторым вариантам осуществления, РИ представляет собой РФИ, РТИ или любую их комбинацию. Согласно некоторым вариантам осуществления РТИ представляет собой пероксид. Согласно некоторым вариантам осуществления набор дополнительно содержит жидкость.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

Предмет, рассматриваемый как изобретение, отдельно выделен и четко заявлен в заключительной части описания. Однако изобретение, как в отношении организации, так и в отношении способа работы, вместе с его задачами, особенностями и преимуществами, может быть лучше всего понято при обращении к нижеследующему подробному описанию при чтении с сопровождающими чертежами. Варианты осуществления изобретения проиллюстрированы в качестве примера, а не ограничения на фигурах прилагаемых чертежей, на которых одинаковые номера позиций обозначают соответствующие, аналогичные или подобные элементы и на которых:

На Фиг.1 представлена схема варианта осуществления изобретения, в котором покрытие содержит обработанный SiO₂, BPO и DMPF;

Фигуры 2А, 2В и 2С иллюстрируют способность к смачиванию супергидрофобных покрытий на стеклянных субстратах, выраженную посредством УК и УС: Фигура 2А) 5 мкл капль воды, скатывающихся с СГ поверхности, Фигура 2В) Измерение УК 157°, Фигура 2С) Измерение 30 мкл капль воды УС (<10°);

На Фиг. 3А, 3В и 3С представлены результаты испытаний прочности путем отслаивания ASTM D-3002/3359: фиг. 3А) Влияние субстрата на СГ прочность, фиг. 3В) Влияние типа и концентрации инициаторов на стойкость СГ покрытия (относительно SiO₂ масс.% компонента покрытий), Фиг. 3С) Прочность СГ покрытия, основанного на пяти различных термореактивных материалах в качестве первого слоя, предварительно

нанесенного на субстрат;

На Фиг. 4 представлены спектры ATR-IR СГ покрытия и компонентов: фотоинициатора DMPA, SiO₂, наночастиц и эпоксидной смолы по сравнению с окончательно нанесенным СГ покрытием;

На Фиг. 5А и 5В представлены результаты двух испытаний на прочность: Фиг. 5А) Прочный РС, обработанный СГ, после испытания на истирание по Таберу ASTM D-1044; и Фигурв 5В) Прочность на открытом воздухе (в часах воздействия QUV) образцов РС, обработанных СГ, путем нанесения покрытия погружением по сравнению с покрытием распылением; и

На Фиг. 6 представлены визуальные результаты и результаты определения коэффициента пропускания: правая панель) представляет результаты по коэффициенту пропускания света; и левая панель) иллюстрирует визуальное сравнение двух образцов.

Следует принимать во внимание, что для простоты и ясности иллюстрации, элементы, показанные на фигурах, необязательно нарисованы точно или в масштабе. Например, размеры некоторых элементов могут быть преувеличены по сравнению с другими элементами для ясности, или несколько физических компонентов могут быть включены в один функциональный блок или элемент. Кроме того, если это считается целесообразным, номера позиций могут повторяться на фигурах для обозначения соответствующих или аналогичных элементов.

ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Термин «примерно» определяется здесь как включающий $\pm 10\%$ от раскрытого значения.

Следует отметить, что повсюду, если специально не указано иное, или если это не было бы понято другим специалистом в данной области техники, по меньшей мере, часть наночастиц (НЧ), используемых в соответствии с данным изобретением, представляет собой наночастицы с обработанной поверхностью.

Варианты осуществления изобретения относятся к композиции покрытия, содержащей компонент наночастиц (НЧ) и радикальный инициатор, причем радикальный инициатор (РИ) может быть активирован излучением любого происхождения, которое может создавать радикалы для образования ковалентной связи между НЧ и субстратом, на который нанесена композиция покрытия.

РИ может быть любым типом соединения, которое способно образовывать

радикалы для того, чтобы инициировать радикальное ковалентное связывание между НЧ и субстратом. Например, РИ может быть радикальным фотоинициатором (РФИ), который может быть активирован с образованием радикалов под действием излучения любой подходящей длины. Длина волны излучения, используемая для активации РФИ, может зависеть от типа используемого РФИ. Например, можно использовать УФ, видимый свет и лазерное излучение, в зависимости от типа РФИ, а также других условий системы, например, температуры субстрата.

Согласно некоторым вариантам осуществления, РИ может быть радикальным тепловым инициатором (РТИ), который может быть активирован с образованием радикалов любой подходящей тепловой энергией, включая тепло, микроволны и т. д. Тип используемого тепла, например, его температура может зависеть от типа РТИ в композиции, а также от других условий системы, например, температуры субстрата.

Согласно некоторым вариантам осуществления, РИ может быть комбинацией между любым количеством РИ, включая различные типы РИ, например, комбинацией между любым количеством РФИ и любым количеством РТИ.

Как подробно описано в данной заявке, композиция покрытия может быть нанесена на любой тип субстрата, включая металл, стекло, полимеры и т. д. Согласно некоторым вариантам осуществления, субстрат предварительно покрыт праймером (первый слой), который наносится на основу и затвердевает на ней перед нанесением композиции покрытия на субстрат. В таком варианте ковалентные связи образуются между НЧ и праймером.

Согласно некоторым вариантам осуществления, НЧ компонент содержит НЧ диоксида кремния (SiO_2), НЧ стекла, НЧ диоксида титана, силикатные НЧ, нитридные НЧ, карбидные НЧ или любую их комбинацию. Согласно некоторым вариантам осуществления НЧ имеют органические фрагменты, связанные с их поверхностью. Согласно некоторым вариантам осуществления органические фрагменты представляют собой алкильные цепи, ароматические фрагменты или любую органическую группу, которая может быть активирована до радикальных фрагментов. Согласно некоторым вариантам осуществления органические фрагменты замещены галогенами, например, фтором. Таким образом, согласно некоторым вариантам осуществления, органические фрагменты включают только атомы углерода и водорода. Согласно другим вариантам осуществления органические фрагменты включают углерод, водород и галогены, например, фтор. Согласно некоторым

вариантам осуществления органические фрагменты могут быть выбраны из любого типа термопластичных и/или термореактивных полимеров, любого типа силанов, любого типа углеродных волокон, углеродных нанотрубок и т.п., а также любого органического фрагмента, который может образовывать радикалы при обработке согласно изобретению, как подробно описано здесь.

Согласно некоторым вариантам осуществления размер НЧ составляет примерно от 0,3 нм до 100 нм и до 100 мкм. Согласно некоторым вариантам осуществления размер НЧ составляет примерно от 0,3 нм до 10 нм. Согласно некоторым вариантам осуществления размер НЧ составляет примерно от 10 нм до 20 нм. Согласно некоторым вариантам осуществления размер НЧ составляет примерно от 20 до 30 нм. Согласно некоторым вариантам осуществления размер НЧ составляет примерно от 30 нм до 40 нм. Согласно некоторым вариантам осуществления размер НЧ составляет примерно от 40 нм до 50 нм. Согласно некоторым вариантам осуществления размер НЧ составляет примерно от 50 нм до 60 нм. Согласно некоторым вариантам осуществления размер НЧ составляет примерно от 60 нм до 70 нм. Согласно некоторым вариантам осуществления размер НЧ составляет примерно от 70 нм до 80 нм. Согласно некоторым вариантам осуществления размер НЧ составляет примерно от 80 нм до 90 нм. Согласно некоторым вариантам осуществления размер НЧ составляет примерно от 90 нм до 100 нм. Согласно некоторым вариантам осуществления размер НЧ составляет примерно от 100 нм до 100 мкм.

Согласно некоторым вариантам осуществления, РТИ представляет собой пероксид, который разлагается при нагревании. Следует отметить, что каждый тип пероксида разлагается при разной температуре, и поэтому применяемое тепло будет различным в зависимости от используемого пероксида. Некоторые пероксиды, такие как перекись водорода, разлагаются и образуют радикалы при комнатной температуре. Таким образом, при использовании таких пероксидов применение дополнительного внешнего тепла может не потребоваться. Это характерно как для пероксидов, так и для любого другого типа РТИ, который возможно используется.

Согласно некоторым вариантам осуществления, композиция дополнительно содержит жидкость для равномерного диспергирования и распределения материалов в композиции (например, НЧ, РИ). Жидкость может иметь низкотемпературную летучесть, то есть ниже примерно 150°C, ниже примерно 100°C, ниже примерно 50°C или ниже примерно 25°C. Согласно некоторым вариантам осуществления жидкость представляет

собой спирт, органический растворитель, воду или любую их комбинацию.

Согласно некоторым вариантам осуществления количество жидкости в композиции составляет примерно от 20% до 99% масс. композиции. Согласно некоторым вариантам осуществления количество жидкости в композиции составляет примерно от 20% до 30% масс. композиции. Согласно некоторым вариантам осуществления количество жидкости в композиции составляет примерно от 30% до 40% масс. композиции. Согласно некоторым вариантам осуществления количество жидкости в композиции составляет примерно от 40% до 50% масс. композиции. Согласно некоторым вариантам осуществления количество жидкости в композиции составляет примерно от 50% до 60% масс. композиции. Согласно некоторым вариантам осуществления количество жидкости в композиции составляет примерно от 60% до 70% масс. композиции. Согласно некоторым вариантам осуществления количество жидкости в композиции составляет примерно от 70% до 80% масс. композиции. Согласно некоторым вариантам осуществления количество жидкости в композиции составляет примерно от 80% до 90% масс. композиции. Согласно некоторым вариантам осуществления количество жидкости в композиции составляет примерно от 90% до 99% масс. композиции. Согласно некоторым вариантам осуществления жидкость удаляют из композиции упариванием, вакуумом, нагреванием или любой их комбинацией.

Согласно некоторым вариантам осуществления в качестве РФИ выбран 2,2-диметокси-2-фенилацетофенон (ДМРА), гидроксиацетофенон (НАР), фосфиноксид (ТРО) или любая их комбинация.

Согласно некоторым вариантам осуществления РТИ представляет собой пероксид. Согласно некоторым вариантам осуществления РТИ выбран из бензоилпероксида (ВРО), трет-бутилпероксибензоата, трет-бутилперокси-2-этилгексаноата, перкеталей, такого как 1,1-ди(трет-бутилперокси)циклогексан, или любой их комбинации.

Согласно некоторым вариантам осуществления, праймер выбирается из клея-герметика, вулканизирующегося при комнатной температуре (RTV), силиконакрилата, уретанакрилата, полиуретана, эпоксидной смолы, полиэфира, силанов или любой их смеси. Следует отметить, что в этом документе праймер также может называться связующим веществом.

Дополнительные варианты осуществления изобретения относятся к способу получения супергидрофобной (СГ) поверхности, который включает:

смешивание НЧ компонента, по меньшей мере, с одним РИ, тем самым образуя композицию покрытия;

нанесение композиции покрытия на субстрат, в результате чего получается покрытый субстрат; и

активация РИ любым типом излучения, тем самым создавая СГ поверхность.

Согласно некоторым вариантам осуществления, праймер (первый слой) предварительно наносится на субстрат и затвердевает на нем, обеспечивая получение предварительно покрытого субстрата перед нанесением композиции покрытия на субстрат так, что композиция покрытия наносится на предварительно покрытый субстрат, предварительно покрытый праймером. Это может быть особенно полезно, если поверхность субстрата совершенно не восприимчива к радикальной химии.

Согласно некоторым вариантам осуществления композиция покрытия, праймер или и то, и другое могут быть нанесены на основу распылением, закрашиванием, окунающим или любым другим подходящим способом покрытия.

Варианты осуществления изобретения относятся к СГ поверхности, содержащей НЧ компонент, ковалентно связанный, напрямую или косвенно, с субстратом. Согласно некоторым вариантам осуществления из-за применяемого излучения НЧ напрямую связываются с субстратом через органические фрагменты, обнаруженные на поверхности наночастиц. В соответствии с некоторыми вариантами осуществления из-за применяемого излучения НЧ компонент ковалентно связывается через органические фрагменты с праймером, который приклеивается к основе, тем самым обеспечивая получение СГ поверхности, на которой НЧ компонент косвенно прикрепляется к подложке. Следует отметить, что в данной заявке, если специально не указано иное или если это не было бы понято другим специалистом в данной области техники, термин «излучение», используемый в данном документе, предназначен для охвата любых подходящих типов излучения, включая тепловое излучение, фоторадиацию и др.

Согласно некоторым вариантам осуществления СГ поверхность согласно изобретению является прозрачной. В соответствии с другими вариантами осуществления СГ поверхность согласно настоящему изобретению является непрозрачной. В этом отношении следует отметить, что любой подходящий тип материала, такой как любая подходящая окраска, может быть добавлен к субстрату или к любому из покрытий, чтобы контролировать прозрачность/непрозрачность СГ поверхности по изобретению.

Согласно некоторым вариантам осуществления, субстрат представляет собой металлический праймер, например, алюминиевый праймер, стальной, титановый или из любого другого металла, который может быть окислен с образованием оксида металла.

Согласно некоторым вариантам осуществления субстрат представляет собой керамический субстрат, такую как стеклянный, выполненный из диоксида кремния или оксида алюминия. Согласно некоторым вариантам осуществления субстрат представляет собой полимерный субстрат, например, поликарбонатный, полипропиленовый, нейлоновый, ABS (акрилонитрилбутадиенстирольный). Согласно некоторым вариантам осуществления субстрат представляет собой субстрат из стекла. Согласно некоторым вариантам осуществления субстрат представляет собой органический субстрат, включая полимерный и т.п.

Согласно некоторым вариантам осуществления субстрат может при обработке образовывать радикалы или быть чувствительным к радикальной химии на поверхности субстрата, тем самым позволяя НЧ компоненту ковалентно связываться с ним, как подробно описано в данном документе. Например, субстрат может включать кислородные фрагменты на своей поверхности. Например, алюминиевый субстрат может содержать Al_2O_3 на своей поверхности. Например, стальной субстрат может включать на своей поверхности фрагменты Fe_2O_3 .

Согласно некоторым вариантам осуществления, субстрат представляет собой покрытый субстрат, включающий, по меньшей мере, два слоя, где первый слой представляет собой стекло, керамику, органический слой, полимер, металл или металлический сплав, а второй слой представляет собой слой праймера, нанесенный на первый слой. Согласно некоторым вариантам осуществления слой праймера представляет собой органический слой, например, эпоксидной смолы, полиуретана, силикона, силиконакрилата, уретанакрилата, полиэфира. Когда субстрат представляет собой покрытый субстрат, смесь наносится на покрытие субстрата, и, следовательно, НЧ ковалентно связываются с покрытием субстрата, т.е. с самым верхним открытым слоем субстрата.

Согласно некоторым вариантам осуществления, субстрат может быть предварительно покрыт любым количеством слоев, причем композиция покрытия по изобретению наносится поверх этих слоев. Кроме того, в соответствии с некоторыми вариантами осуществления на субстрат может быть нанесено любое количество слоев композиции покрытия по изобретению. Согласно некоторым вариантам осуществления каждый слой ковалентно связан со слоем(слоями), к которому(ым) он примыкает.

осуществления тепловое излучение проводится путем нагревания в течение от 200 до 250 секунд. Согласно некоторым вариантам осуществления тепловое излучение проводится путем нагревания в течение от 250 до 300 секунд. Согласно некоторым вариантам осуществления тепловое излучение проводится путем нагревания в течение от 300 до 350 секунд. Согласно некоторым вариантам осуществления тепловое излучение проводится путем нагрева в течение от 350 до 400 секунд. Согласно некоторым вариантам осуществления тепловое излучение проводится путем нагрева в течение от 400 до 450 секунд. Согласно некоторым вариантам осуществления тепловое излучение проводится путем нагрева в течение от 450 до 500 секунд. Согласно некоторым вариантам осуществления тепловое излучение проводится путем нагрева в течение от 500 до 550 секунд. Согласно некоторым вариантам осуществления тепловое излучение проводится путем нагрева в течение от 550 до 600 секунд.

Согласно некоторым вариантам осуществления, когда субстрат представляет собой субстрат с предварительно нанесенным покрытием, излучение вызывает образование радикалов из РИ, которые, в свою очередь, реагируют с покрытием субстрата, например праймером, а также с органическими фрагментами на поверхности НЧ. Это заставляет органические фрагменты реагировать с покрытием субстрата, например, праймером, тем самым образуя ковалентные связи между НЧ компонентом и предварительно покрытой подложкой, тем самым образуя СГ поверхность согласно изобретению.

Согласно некоторым вариантам осуществления концентрация наночастиц составляет примерно от 0,1 до 70% масс. Согласно некоторым вариантам осуществления концентрация наночастиц составляет примерно от 0,1 до 1,0% масс. Согласно некоторым вариантам осуществления концентрация наночастиц составляет примерно от 1,0 до 5,0% масс. Согласно некоторым вариантам осуществления концентрация наночастиц составляет примерно от 5,0 до 10% масс. Согласно некоторым вариантам осуществления концентрация наночастиц составляет примерно от 10 до 20% масс. Согласно некоторым вариантам осуществления концентрация наночастиц НЧ составляет примерно от 20 до 30% масс. Согласно некоторым вариантам осуществления концентрация наночастиц составляет примерно от 30 до 40% масс. Согласно некоторым вариантам осуществления концентрация наночастиц составляет примерно от 40 до 50% масс. Согласно некоторым вариантам осуществления концентрация наночастиц составляет примерно от 50 до 60% масс. Согласно некоторым вариантам осуществления концентрация наночастиц составляет примерно от 60 до 70% масс.

Согласно некоторым вариантам осуществления концентрация РИ составляет примерно от 1 до 70% масс. Согласно некоторым вариантам осуществления концентрация РИ составляет примерно от 1 до 10% масс. Согласно некоторым вариантам осуществления концентрация РИ составляет примерно от 10 до 20% масс. Согласно некоторым вариантам осуществления концентрация РИ составляет примерно от 20 до 30% масс. Согласно некоторым вариантам осуществления концентрация РИ составляет примерно от 30 до 40% масс. Согласно некоторым вариантам осуществления концентрация РИ составляет примерно от 40 до 50% масс. Согласно некоторым вариантам осуществления концентрация РИ составляет примерно от 50 до 60% масс. Согласно некоторым вариантам осуществления концентрация РИ составляет примерно от 60 до 70% масс.

Согласно некоторым вариантам осуществления, РИ включает или представляет собой РФИ, например, DMPA. Согласно некоторым вариантам осуществления концентрация DMPA составляет около 10%. Согласно некоторым вариантам осуществления концентрация DMPA составляет примерно от 8 до 12%. Согласно некоторым вариантам осуществления концентрация DMPA составляет примерно от 6 до 14%.

Согласно некоторым вариантам осуществления концентрация РТИ составляет примерно от 0,5 до 30%. Согласно некоторым вариантам осуществления концентрация РТИ составляет примерно от 0,5 до 5%. Согласно некоторым вариантам осуществления концентрация РТИ составляет примерно от 5 до 10%. Согласно некоторым вариантам осуществления концентрация РТИ составляет примерно от 10 до 15%. Согласно некоторым вариантам осуществления концентрация РТИ составляет примерно от 15 до 20%. Согласно некоторым вариантам осуществления концентрация РТИ составляет примерно от 20 до 25%. Согласно некоторым вариантам осуществления концентрация РТИ составляет примерно от 25 до 30%.

СГ поверхность может быть использована для изготовления требуемого СГ изделия любого типа, например, изделий, имеющих пониженную адгезию к льду, высокую водоотталкивающую способность, самоочищающуюся поверхность, поверхность с пониженным трением в потоке воздуха и воды и т.п.

Согласно некоторым вариантам осуществления угол контакта СГ поверхности составляет $>150^\circ$. Согласно некоторым вариантам осуществления угол скольжения СГ поверхности составляет $<10^\circ$. Согласно некоторым вариантам осуществления отслаивание слоя можно измерить в соответствии с ASTM D-3002/3359, а истирание можно измерить в

соответствии с ASTM D-1044.

Теперь обратимся к фиг. 1, на которой представлена схема варианта осуществления изобретения для изготовления СГ системы. Как показано на фигуре 1, НЧ (в этом примере частицы SiO_2), РФИ (в этом примере DMPA), РТИ (в этом примере BPO) нанесены на полимерную обложку, которая может быть предварительно покрыта грунтовкой. После фотоизлучения и/или теплового излучения, которые способствуют образованию радикалов, вызывая ковалентное связывание НЧ с субстратом (или с праймером, предварительно нанесенным на субстрат), процесс прекращается, в результате чего получается полимерный субстрат с НЧ покрытием, который является примером СГ по изобретению.

Если явно не указано иное, описанные здесь варианты осуществления способа не ограничиваются конкретным порядком или последовательностью. Кроме того, некоторые из описанных вариантов осуществления способа или их элементов могут происходить или выполняться одновременно, в один и тот же момент времени или одновременно.

Различные варианты осуществления были представлены. Каждый из этих вариантов осуществления, конечно, может включать в себя функции из других представленных вариантов осуществления, а варианты осуществления, не описанные конкретно, могут включать в себя различные функции, описанные в данном документе.

ПРИМЕРЫ

Пример 1

МАТЕРИАЛЫ

В качестве праймера были изучены пять термореактивных матриц, включая эпоксидную смолу (Araldite 2020 от Huntsman Advanced Materials Europe BVBA), уретанакрилат (UA) (NOA61 от Norland Products Incorporated), силиконакрилат (Si-Acrylate as SiliXan® M150 от SiliXan GmbH), клей-герметик-RTV (Si-RTV как Sylgard® 184 от Sigma-Aldrich) и краску на основе полиуретана (PU) (от Tambour Israel). 2,2-Диметокси-2-фенилацетофенон (DMPA от Sigma-Aldrich) использовали в качестве фотоинициатора, а бензоилпероксид (BPO как Luperox® A75 от Sigma-Aldrich) в качестве радикального инициатора. Также использовали гидрофобный (обработанный алкилом) коллоидный диоксид кремния (CAB-O-SIL TS720, Cabot Corporation, Boston, MA), технический ацетон и изопропиловый спирт (IPA) (Sigma-Aldrich), как подробно описано ниже. В исследование были включены различные субстраты, в том числе поликарбонат (PC),

предметные стекла, алюминий (сплав Al типа 2024) и предметные стекла из боросиликатного стекла (McMaster-Carr с шириной 2,2 см × 7 см в длину).

ПРИГОТОВЛЕНИЕ ПОКРЫТИЯ

СГ покрытие состояло из двух слоев и получалось либо нанесением покрытия погружением (~4,5 мкм), либо нанесением покрытия распылением (~3,5 мкм). Первый слой состоял из разбавленной эпоксидной смолы и отвердителя (алифатического амина). Покрытие наносили на стеклянные подложки с последующим нагреванием в течение одного часа при 100°C. Второй слой состоял из дисперсии 4% масс. НЧ SiO₂ и 0,4% масс. DMRA в IPA. Подложки облучали УФ-излучением до максимальной конверсии. Все обработанные образцы выдерживали при комнатной температуре в течение 24 часов до определения характеристик.

МЕТОДЫ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК

ИК-спектроскопия нарушенного полного внутреннего отражения

Образцы анализировали с использованием инфракрасной спектроскопии нарушенного полного внутреннего отражения (ATR-IR от Bruker Optics Alpha-P), спектры регистрировали в диапазоне от 400 до 4000 см⁻¹ с разрешением 2 см⁻¹ при 24 сканированиях.

Топография и анализ шероховатости

Топографические изображения и анализ профилей проводились с использованием следующих методик:

Сканирующий электронный микроскоп высокого разрешения

Анализ с помощью сканирующего электронного микроскопа высокого разрешения (HRSEM) использовали для определения характеристик морфологии поверхности СГ покрытия (система Zeiss Ultra 55 HRSEM). Перед анализом образцы были криогенно разрушены, смонтированы, скреплены с гранулами Cu с помощью двустороннего углеродного слоя и покрыты золотом.

ПРОФИЛОМЕТР

Профилометрия использовалась для определения характеристик топографии и профилей шероховатости СГ покрытия поверхности (система Veeco Dektak 6m stylus). Анализ проводился до и после испытания на отслаивание и испытания на прочность сцепления со льдом для того, чтобы отслеживать изменения шероховатости. Средние

профили основывались на четырех повторениях для каждой тестируемой поверхности (обработанной и чистой).

Атомно-силовая микроскопия

Атомно-силовая микроскопия (АСМ) (Bruker Innova) использовалась для определения топографии и шероховатости поверхности СГ покрытия с помощью 2D- и 3D-изображений. Тест проводился в полуконтактном режиме с частотой сканирования от 0,5 до 1 Гц. Использовался силовой модуляционный травленный кремниевый зонд с резонансной частотой от 50 до 100 кГц. Результаты были измерены путем анализа поперечного сечения с использованием программного обеспечения для наноскопии АСМ.

Смачиваемость

Измеряли угол контакта (УК, θ) и угол скольжения (УС, α) (система Data-Physics-OCA20). После активации излучением и после каждого испытания на отслаивание, истирание или QUV гониометр использовался для определения свойств покрытия (см. Фигуры 2А, 2В и 2С). УК и УС были измерены с использованием капель деионизированной воды объемом 5 и 30 мкл соответственно. Каждое измерение повторяли пять раз в пяти разных местах на каждой пластине для образцов при комнатной температуре (RT) и относительной влажности (RH) 40%.

Светопропускание

Параметры прозрачности, включая коэффициент пропускания света и помутнение, измеряли с помощью Hazemeter (BYK-Gardner, Германия) в соответствии с процедурой ASTM D1003.

Оценка прочности

Оценка прочности проводилась с использованием следующих методологий:

Тест на отслаивание (методом клейкой ленты)

Набор для теста на отслаивание (BYK Additives and Instruments) использовался для определения адгезионной прочности материала или прочности адгезионного крепления между двумя материалами в соответствии с ASTM D-3002/3359. Тест проводился по пять раз для каждого образца. Стойкость была охарактеризована и оценена путем измерения УК и УС после каждого этапа отслаивания.

Тест на истирание по Таберу

Тест на истирание по Таберу проводился в соответствии с ASTM D-1044. Плоский образец площадью примерно 100 мм был установлен на поворотной платформе, которая вращается на вертикальной оси с фиксированной скоростью. Использовали два

абразивных круга Табера (CALIBRASE CS-10F). Тест проводился пять раз для каждого количества циклов на обработанных поликарбонатных (PC) подложках.

Ускоренный тест на погодостойкость QUV

Прочность на открытом воздухе оценивалась с помощью УФ-камеры для ускорения атмосферных воздействий (Q-LAB Company) в соответствии с ASTM D-4329. Чередующиеся циклы УФ-света и влажности при контролируемых температурах использовались для имитации атмосферных воздействий на открытом воздухе. Испытание представляет собой повреждение, которое происходит в течение месяцев или лет на открытом воздухе с использованием специальных люминесцентных УФ-ламп, когда роса и дождь имитируются за счет конденсации влаги и/или водяных брызг. В этой работе обработанные образцы подвергались воздействию люминесцентных ламп UVA-340 с циклами, включающими восемь часов излучения при 60°C и четыре часа конденсации при 50°C (ASTM D4329-Cycle A). Образцы удаляли из камеры каждые 100 часов для оценки и снова возвращали в камеру до повреждения.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Прочность

Предварительные тесты на отслаивание были проведены для выбора подходящей СГ обработки, как показано на фигуре 3А. Испытание на стойкость к отслаиванию считалось "неудавшимся", если были соблюдены следующие условия: угол контакта (УК) $<150^\circ$ и угол скольжения (УС) $>10^\circ$. Как показано на фигуре 3А, лучшие результаты были получены для стеклянной подложки по сравнению с поликарбонатной и алюминиевой подложками. На фиг. 3В представлено сравнение РФИ DMPA и пероксида ВРО. Как показано на нем, наилучшие результаты отслаивания были получены при использовании 10% масс. DMPA. Результаты смачиваемости водой после испытаний на отслаивание стеклянных субстратов можно увидеть в Таблице 1 ниже. Четыре других полимерных смолы (в дополнение к эпоксидной смоле) были выбраны для исследования в качестве связующих для СГ покрытий. Результаты их долговечности и смачиваемости можно увидеть на фиг. 3С и в таблице 2 соответственно. Как представлено в них, эпоксидная смола и клей-герметик-RTV с 10% масс. DMPA продемонстрировали лучшую прочность, в то время как Si-акрилат, уретанакрилат (UA) и краска на основе полиуретана (PU) показали худшие результаты.

ТАБЛИЦА 1

Смачиваемость (среднее значение УК и УС после того, как образцы не

отслаивались, по сравнению с непроверенными) для СГ покрытий.

Образец	Максимальное количество тестов на отслаивание до повреждения	УК (°)	УС (°)
1 - DMPA	11	151±0,5	15±0,1
2 - BPO	8	154±0,3	13±0,4
3 – эпоксидная смола (исх.)	4	155±0,2	40±0,3
4 – Непроверенные образцы	0	>160	0

ТАБЛИЦА 2

Смачиваемость (средние значения УК и УС после того, как образцы не отслаивались, по сравнению с непроверенными) для СГ покрытий на основе пяти выбранных связующих.

Образец	Максимальное количество тестов на отслаивание до повреждения	УК (°)	УС (°)
1 – Эпоксидная смола	11	151±0,2	15±0,1
2 – Si - RTV	8	154±0,2	12±0,2
3 – Si-Акрилат	3	155±0,1	70±0,4
4 – UA	2	145±0,2	15±1
5 – Краска на основе PU	2	145±0,3	45±0,5
6– Непроверенные образцы	0	>160	0

Анализ ATR-IR был проведен для всех пяти образцов. Спектрографы ATR-IR для эпоксидного и Si-RTV связующих и НЧ SiO₂ показали характерные полосы поглощения симметричного и асимметричного растяжения Si-O, Si-CH₃ и алкила C-H при 800 и 1071 и 1261 см⁻¹ соответственно. Результаты ATR-IR окончательного покрытия на основе эпоксидного связующего и его компонентов представлены на рисунке 4.

Тесты Табера проводились с использованием образцов с покрытием из поликарбоната для измерения сопротивления СГ покрытия механическому истиранию. Можно было заметить различия между покрытиями. Как видно на Фигуре 5А, уровни УК и УС эпоксидного СГ покрытия снизились до 145° и 40° соответственно после четырех циклов.

Ускоренное испытание на погодостойкость (QUV) использовалось для оценки стабильности СГ покрытия обработанных образцов РС с использованием покрытия погружением по сравнению с покрытием распылением. Результаты показаны на фигуре 5В. Все покрытия показали небольшое снижение их СГ характеристик после воздействия ускоренных условий со временем. Покрытие погружением превосходило покрытие распылением, так как оно сохраняло СГ в течение 2700 часов. Это может быть связано с большей толщиной, полученной при нанесении покрытия погружением по сравнению с нанесением покрытия распылением. Следует отметить, что средние значения УК и УС отмечены на фигурах 5А и 5В.

Светопроницаемость

Результаты по светопропусканию (LT) можно увидеть на правой панели Фигуры 6. Покрытый РС показал аналогичное LT по сравнению с необработанным РС, в то время как для образцов с покрытием было измерено высокое помутнение. На левой панели рисунка 6 показано визуальное сравнение двух образцов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

СГ покрытие повышенной прочности было синтезировано на основе алифатически обработанных НЧ оксида кремния, непосредственно ковалентно связанных путем активации излучением с полимерным праймером покрытия. Представленные результаты показывают, что предложенный подход привел к получению СГ поверхностей с высоким значением УК >155° и низким УС <5°, то есть обеспечил получение покрытия с повышенной прочностью и эффектом самоочищения. Покрытие распылением продемонстрировало самую высокую светопропускаемость. Обработанные субстраты

были охарактеризованы с помощью гониометрии (УК и УС), мутномера, топографии и характеристик шероховатости (AFM, HRSEM и PROFILOMETER), теста на стойкость к отслаиванию, теста на истирание Табера и теста ускоренных погодных условий (QUV).

Пример 2

СГ поверхность, содержащая субстрат, покрытый двумя слоями, был подготовлен путем нанесения покрытия распылением (четырёхкратное продольное и поперечное распыление с двухминутными перерывами между каждым этапом распыления) и/или покрытия погружением (в течение двух минут), как подробно описано ниже, при этом средняя нанесенная толщина каждого покрытия составляла примерно от 3,5 до 4,5 мкм. В качестве субстратов использовались стеклянные субстраты (тщательно очищенные ацетоном перед нанесением покрытия). Первый слой, нанесенный на стеклянный субстрат, представлял собой слой праймера для обеспечения адгезии к субстрату (пять термореактивных матриц были исследованы в качестве праймеров, как подробно описано ниже), а второй слой представлял собой слой, содержащий НЧ, т. е. композицию покрытия по изобретению. Радикалы получали нагреванием, когда композиция покрытия содержала РТИ (ВРО-бензоилпероксид, в этом примере), или фотоизлучением, когда композиция покрытия содержала РФИ, как подробно описано ниже. Все обработанные образцы хранились при комнатной температуре (RT) в течение 24 часов перед определением любых характеристик.

■ Эпоксидный грунтовочный слой:

○ РФИ (DMPA):

Первый слой состоял из эпоксидной смолы (Araldite 2020 от Huntsman Advanced Materials Europe BVBA). Раствор эпоксидной смолы в ацетоне с аминным отвердителем (соотношение 10:3) [концентрация: эпоксидная смола и аминный отвердитель - 5% масс., ацетон - 95% масс.] наносили распылением на стекло (предметные стекла микроскопа: McMaster-Carr с шириной 2,2 см × 7 см в длину) с последующим нагреванием в течение одного часа при 100°C. Второй слой состоял из дисперсии 4% масс. НЧ SiO₂ (CAB-O-SIL TS720, Cabot Corporation, Boston, MA) и 0,4% масс. DMPA в IPA, нанесенной распылением. Растворитель испарялся с поверхности через одну минуту при комнатной температуре. Подложки облучали УФ-излучением (~365 нм, три минуты) до максимальной конверсии (когда поверхность приобретала молочный цвет, что можно измерить с помощью FTIR, и твердый остаток может быть удален с поверхности).

○ РТИ (ВРО):

Первый слой состоял из разбавленной эпоксидной смолы (ацетоном) с аминным отвердителем (соотношение 10:3) [концентрация: эпоксидная смола и аминный отвердитель - 5% масс., ацетон - 95% масс]. Покрытие наносили на субстрат распылением с последующим нагреванием в течение одного часа при 100°C. Второй слой также наносился распылением и состоял из дисперсии 4% масс. НЧ SiO₂ (CAB-O-SIL TS720, Cabot Corporation, Boston, MA) в IPA и 0,4% масс. бензоилпероксида в ацетоне, растворитель испарялся с поверхности через одну минуту при комнатной температуре, с последующим нагреванием в течение одного часа при 80°C.

■ **Грунтовочный слой из уретанакрилата (UA):**

○ **РФИ (DMPA):**

Первый слой состоял из UA (NOA61 от Norland Products Incorporated) и IPA (концентрация: UA - 6 масс.%, IPA - 94 масс.%). Покрытие наносили погружением стеклянных (предметные стекла: McMaster-Carr с шириной 2,2 см × 7 см в длину) субстратов в раствор UA-IPA с последующим УФ-облучением (~365 нм, 5 минут) до максимальной конверсии (когда поверхность превращается из жидкости в твердую - становится очень жесткой, и при этом конверсия может быть измерена с помощью FTIR реагентов и образования новых связей). Второй слой, нанесенный распылением, состоял из дисперсии 4% масс. НЧ SiO₂ (CAB-O-SIL TS720, Cabot Corporation, Boston, MA) и 0,4% масс. DMPA в IPA. Растворитель испарялся с поверхности через одну минуту при комнатной температуре. Субстраты подвергали УФ-облучению (~365 нм, 3 минуты) до максимальной конверсии (когда поверхность приобретает молочный цвет и твердый остаток может быть очищен с поверхности, что можно измерить с помощью FTIR).

○ **РТИ (BPO):**

Первый слой состоял из UA и IPA (концентрация: UA - 6 масс.%, IPA - 94 масс.%). Покрытие наносили путем погружения субстратов в раствор UA-IPA с последующим УФ-облучением (~365 нм, 5 минут) до максимальной конверсии (когда поверхность становится очень жесткой, и при этом конверсия может быть измерена с помощью FTIR). Второй слой, нанесенный распылением, состоял из дисперсии 4% масс. НЧ SiO₂ (CAB-O-SIL TS720, Cabot Corporation, Boston, MA) в IPA и 0,4% масс. бензоилперекиси в ацетоне. Растворитель испарялся с поверхности через одну минуту при комнатной температуре с последующим нагреванием в течение одного часа при 80°C.

■ **Грунтовочный слой из силиконакрилата:**

○ **РФИ (DMPA):**

Первый слой состоял из силиконакрилата (Si-акрилат, как SiliXan® M150 от SiliXan GmbH) и IPA (концентрация: Si-акрилат - 7 масс.%, IPA - 93 масс.%). Покрытие наносили погружением стеклянных (предметные стекла: McMaster-Carr с шириной 2,2 см × 7 см в длину) субстратов в раствор силиконакрилата - IPA с последующим УФ-облучением (~365 нм, 5 минут) до максимальной конверсии (когда поверхность становится очень жесткой, и при этом конверсия может быть измерена с помощью FTIR). Второй слой, нанесенный распылением, состоял из дисперсии 4% масс. НЧ SiO₂ (CAB-O-SIL TS720, Cabot Corporation, Boston, MA) и 0,4% масс. DMPA в IPA. Растворитель испарялся с поверхности через одну минуту при комнатной температуре. Субстраты подвергали УФ-облучению (~365 нм, 3 минуты) до максимальной конверсии (когда поверхность приобретает молочный цвет и твердый остаток может быть очищен с поверхности, что можно измерить с помощью FTIR).

○ **РТИ (BPO):**

Первый слой состоял из силиконакрилата и IPA (концентрация: Si-акрилат - 7 масс.%, IPA - 93 масс.%). Покрытие наносили путем погружения субстратов в раствор силиконакрилата и IPA с последующим УФ-облучением (~365 нм, пять минут) до максимальной конверсии (когда поверхность становится очень жесткой, и при этом конверсия может быть измерена с помощью FTIR). Второй слой, нанесенный распылением, состоял из дисперсии 4% масс. НЧ SiO₂ (CAB-O-SIL TS720, Cabot Corporation, Boston, MA) в IPA и 0,4% масс. бензоилперекиси в ацетоне. Растворитель испарялся с поверхности через одну минуту при комнатной температуре с последующим нагреванием в течение одного часа при 80°C.

▪ **Грунтовочный слой из клея-герметика-RTV (Si-RTV):**

○ **РФИ (DMPA):**

Первый слой состоял из Si-RTV (полидиметилсилоксановый эластомер, Sylgard® 184 от Sigma-Aldrich) и отвердителя (часть В, состоящая из диметила, метилгидрогенсилоксана, диметилсилоксана, тетраметилтетравинилциклотетрасилоксана с концевыми диметилвиниловыми группами) в соотношении 10:1. Раствор Si-RTV в ацетоне [концентрация: Si-RTV + Часть В - 5% масс., ацетон - 95% масс.] наносили путем распыления на стеклянные (предметные стекла микроскопа: McMaster-Carr с шириной 2,2 см × 7 см в длину) субстраты с последующим нагревом в течение 35 минут до 100°C.

Второй слой состоял из дисперсии 4% масс. НЧ SiO₂ (CAB-O-SIL TS720, Cabot Corporation, Boston, MA) и 0,4% масс. DMPA в IPA и наносился распылением. Растворитель испарялся с поверхности через одну минуту при комнатной температуре. Подложки подвергали УФ-облучению (~365 нм, три минуты) до максимальной конверсии.

- **РТИ (BPO):**

Первый слой состоял из Si-RTV и отвердителя (Часть В, состоящая из диметил, метилгидрогенсилоксана, диметилсилоксана, тетраметилтетравинилциклотетрасилоксана с концевыми диметилвиниловыми группами) (соотношение 10:1), разбавленных ацетоном [концентрация: Si-RTV + Часть В - 5% масс., ацетон- 95% масс.]. Первый слой был нанесен на субстраты распылением с последующим нагреванием в течение 35 минут до 100°C. Второй слой также наносился распылением и состоял из дисперсии 4% масс. НЧ SiO₂ (CAB-O-SIL TS720, Cabot Corporation, Boston, MA) в IPA и 0,4% масс. бензоилперекиси в ацетоне. Растворитель испарялся с поверхности через одну минуту при комнатной температуре с последующим нагреванием в течение одного часа при 80°C.

- **Грунтовочный слой из полиуретана (PU):**

- **РФИ (DMPA):**

Первый слой состоял из двухкомпонентного алифатического полиуретана (MIL-C-83286 от Tambour Israel), который включает часть А и часть В в соотношении 2:1, при этом полиуретан был разбавлен рекомендованным разбавителем Tambour Number 11 (Tambour) на 10-15% об. Покрытие наносили распылением на стеклянные (предметные стекла микроскопа: McMaster-Carr шириной 2,2 см × 7 см в длину) субстраты с последующим отвердеванием при комнатной температуре в течение 12 часов. Второй слой состоял из дисперсии 4% масс. НЧ SiO₂ (CAB-O-SIL TS720, Cabot Corporation, Boston, MA) и 0,4% масс. DMPA (PI) в IPA и наносился распылением. Растворитель испарялся с поверхности через одну минуту при комнатной температуре. Субстраты облучали УФ-излучением (~365 нм, три минуты) до максимальной конверсии (когда поверхность становится из жидкой в твердую, и при этом конверсия может быть измерена с помощью FTIR).

- **РТИ (BPO):**

Первый слой состоял из Tambour PU (соотношение частей А и В грунтовки PU 2:1, тот же состав, что и выше), который был разбавлен рекомендованным разбавителем Tambour № 11 до 10-15% об. Покрытие наносили на стеклянные субстраты распылением с

последующим отвердеванием при комнатной температуре в течение 12 часов. Второй слой также наносился распылением и состоял из дисперсии 4% масс. НЧ SiO₂ (CAB-O-SIL TS720, Cabot Corporation, Boston, MA) в IPA и 0,4% масс. бензоилперекиси в ацетоне. Растворитель испарялся с поверхности через одну минуту при комнатной температуре с последующим нагреванием в течение одного часа при 80°C.

Как показано на фиг. 3С, слой PU, покрытый вторым СГ слоем, обеспечивает СГ характеристики конечному продукту для двух испытаний на отслаивание.

Несмотря на то, что здесь были проиллюстрированы и описаны некоторые особенности изобретения, специалисты в данной области могут придумать множество модификаций, замен, изменений и эквивалентов. Таким образом, следует понимать, что прилагаемая формула изобретения предназначена для охвата всех таких модификаций и изменений, которые соответствуют истинной сущности изобретения.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Композиция покрытия, содержащая компонент наночастиц (НЧ) и, по меньшей мере, один радикальный инициатор (РИ), причем компонент НЧ включает частицы НЧ, имеющие органические фрагменты, образующие связь с поверхностью частиц НЧ.

2. Композиция покрытия по п.1, в которой указанная композиция дополнительно содержит жидкость.

3. Композиция покрытия по п.1, в которой компонент наночастиц включает НЧ оксида кремния (SiO_2), стеклянные НЧ, титановые НЧ, силикатные НЧ, нитридные НЧ, карбидные НЧ или любую их комбинацию.

4. Композиция покрытия по п.1, в которой РИ представляет собой радикальный фотоинициатор (РФИ), радикальный тепловой инициатор (РТИ) или любую их комбинацию.

5. Двухслойная композиция покрытия, включающая первый слой и второй слой, где первый слой содержит праймер, а второй слой содержит компонент наночастиц (НЧ), и, по меньшей мере, один (РИ), причем компонент НЧ включает НЧ, имеющие органические фрагменты, образующие связь с поверхностью НЧ.

6. Композиция покрытия по п.4, в которой РТИ представляет собой пероксид.

7. Композиция покрытия по п.5, в которой праймер представляет собой органический праймер.

8. Композиция покрытия по п.1, в которой жидкость представляет собой спирт, органический растворитель, воду или любую их комбинацию.

9. Способ приготовления супергидрофобной (СГ) поверхности, включающий:
смешивание компонента НЧ, по меньшей мере, с одним РИ с получением композиции покрытия;

нанесение композиции покрытия на субстрат с получением покрытого субстрата;
и

облучение покрытого субстрата, получая, тем самым СГ поверхность, на которой, по меньшей мере, часть НЧ компонента ковалентно связана, напрямую или косвенно, с субстратом.

10. Способ по п.9, в котором праймер предварительно наносится на субстрат и затвердевает на нем, обеспечивая тем самым получение предварительно покрытого субстрата перед нанесением композиции покрытия на субстрат так, что композиция для покрытия наносится на предварительно покрытый субстрат и затем ковалентно

связывается с праймером, тем самым косвенно связываясь с субстратом.

11. Способ по п.9, в котором компонент НЧ и РИ дополнительно смешивают с жидкостью, тем самым получая композицию покрытия, которая включает компонент НЧ, по меньшей мере, один РИ и жидкость.

12. СГ поверхность, содержащая НЧ компонент, ковалентно связанный напрямую или косвенно с субстратом.

13. СГ поверхность по п.12, в которой НЧ компонент ковалентно связан с праймером, который приклеивается к субстрату, тем самым образуя СГ поверхность, на которой НЧ компонент косвенно прикрепляется к субстрату.

14. СГ поверхность по п.12, в которой субстрат содержит оксидные фрагменты, и где НЧ компонент ковалентно связан непосредственно с оксидными фрагментами на субстрате.

15. Ледотталкивающее и/или водоотталкивающее изделие, содержащее СГ поверхность, причем СГ поверхность содержит компонент НЧ, ковалентно связанный, непосредственно или косвенно, с субстратом.

16. Самоочищающееся изделие, содержащее СГ поверхность, где СГ поверхность содержит НЧ компонент, ковалентно связанный, непосредственно или косвенно, с субстратом.

17. Изделие с пониженным трением в потоке воздуха и воды, содержащее СГ поверхность, где СГ поверхность содержит НЧ компонент, непосредственно или косвенно, с субстратом.

18. Набор, содержащий

НЧ компонент;

по меньшей мере, один РИ; и

листок-вкладыш с инструкциями по подготовке СГ поверхности.

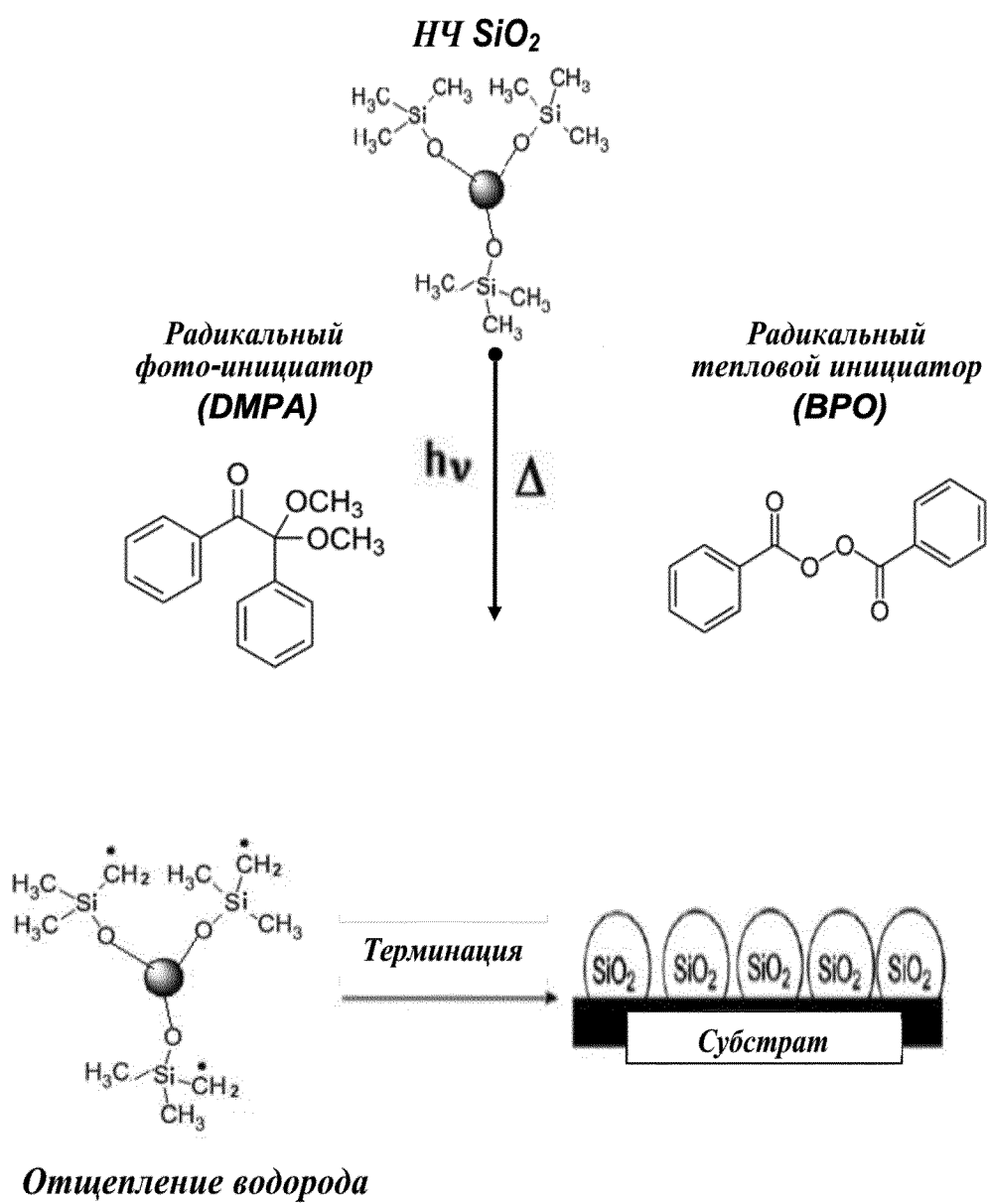
19. Набор по п.18, дополнительно содержащий праймер.

20. Набор по п.18, дополнительно содержащий субстрат.

21. Набор по п.18, в котором РИ представляет собой РФИ, РТИ или любую их комбинацию.

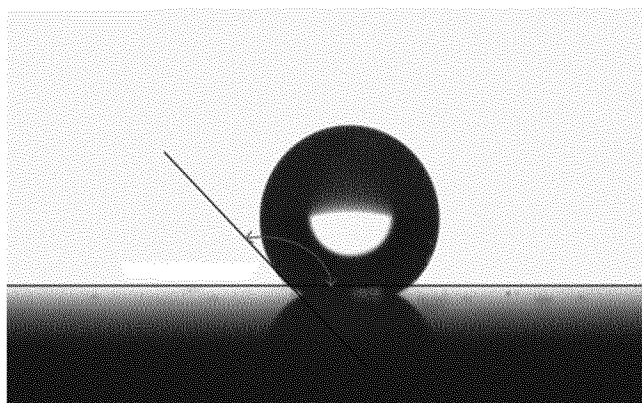
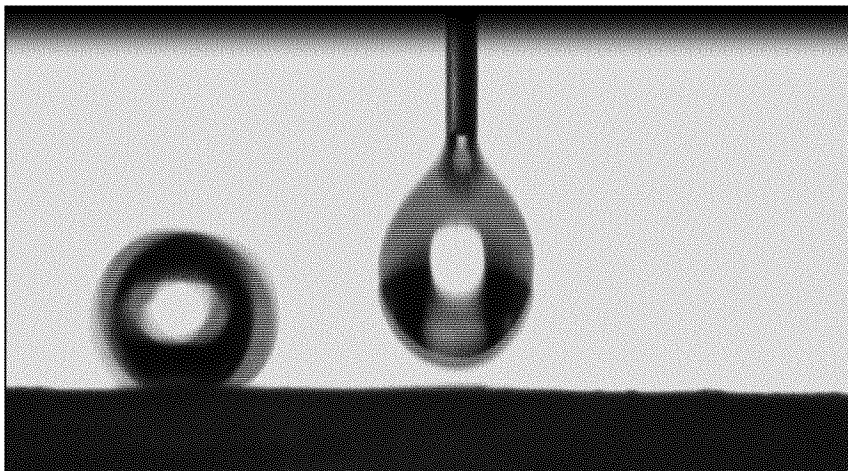
22. Набор по п.21, в котором РТИ представляет собой пероксид.

23. Набор по п.18, дополнительно содержащий жидкость.



Фиг. 1

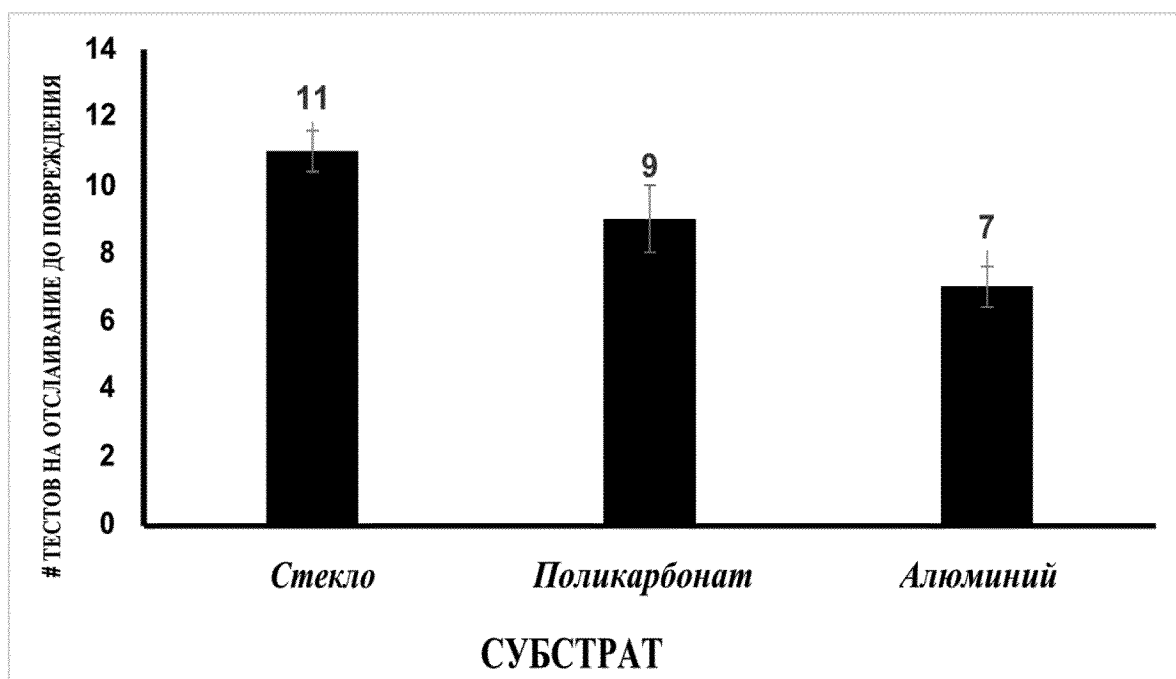
Фиг. 2А



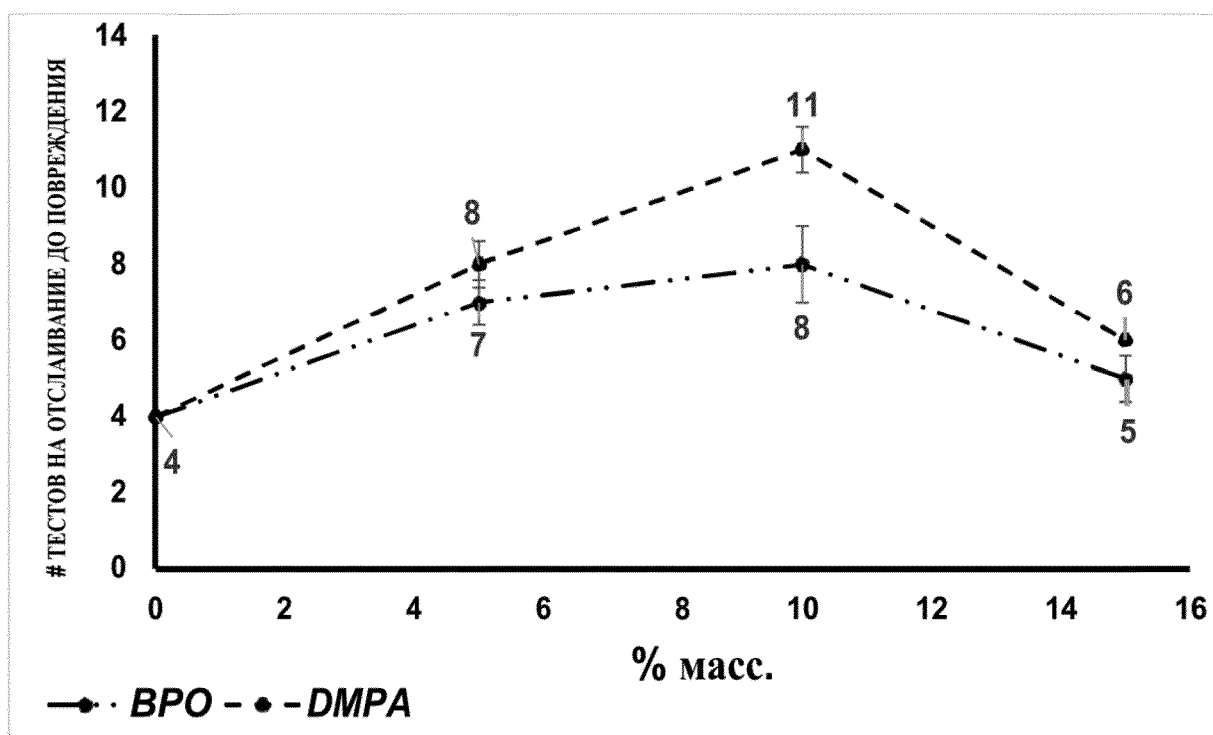
Фиг. 2В



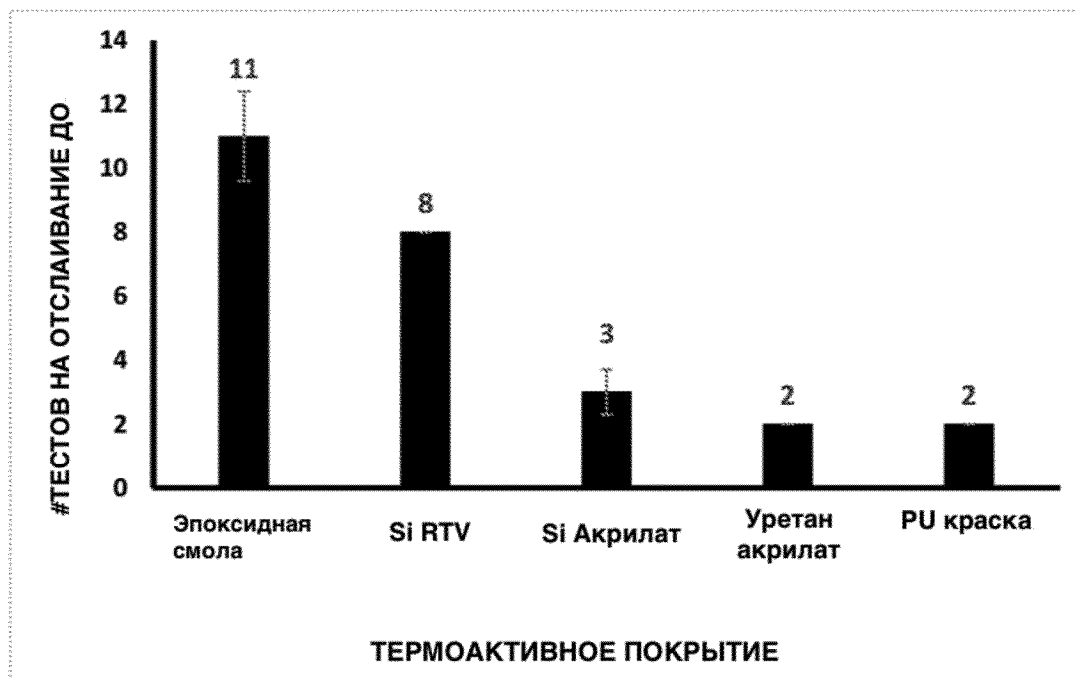
Фиг. 2С



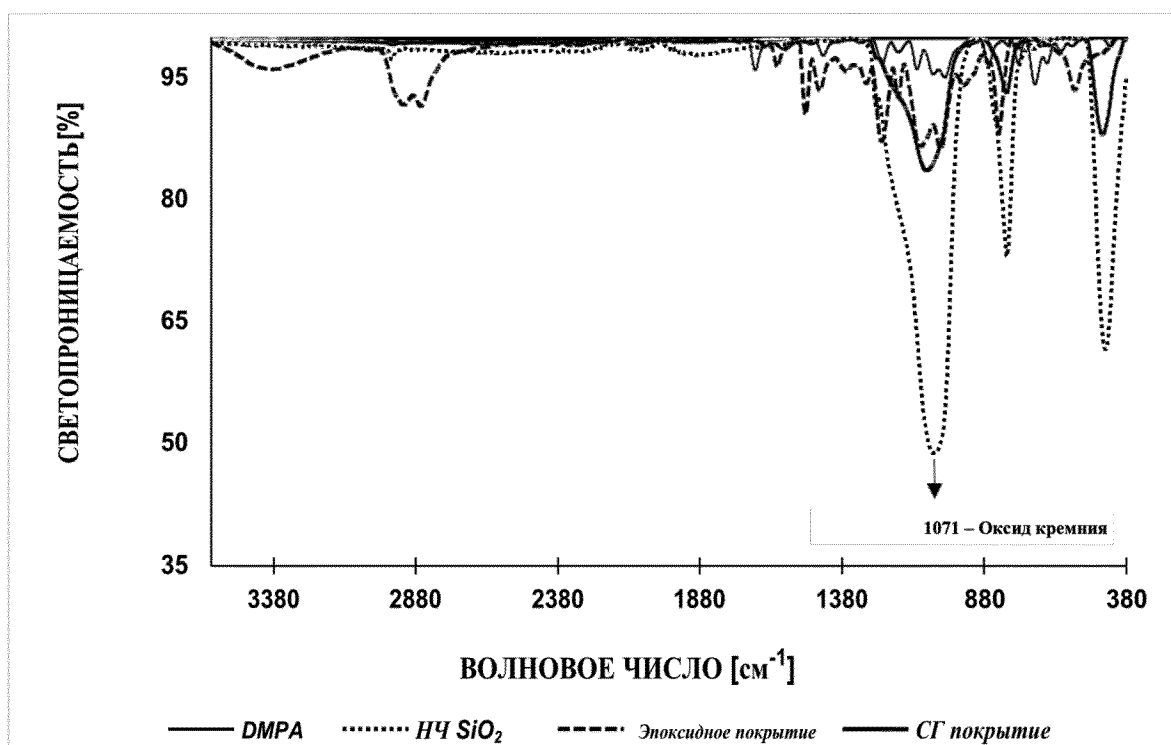
Фиг. 3А



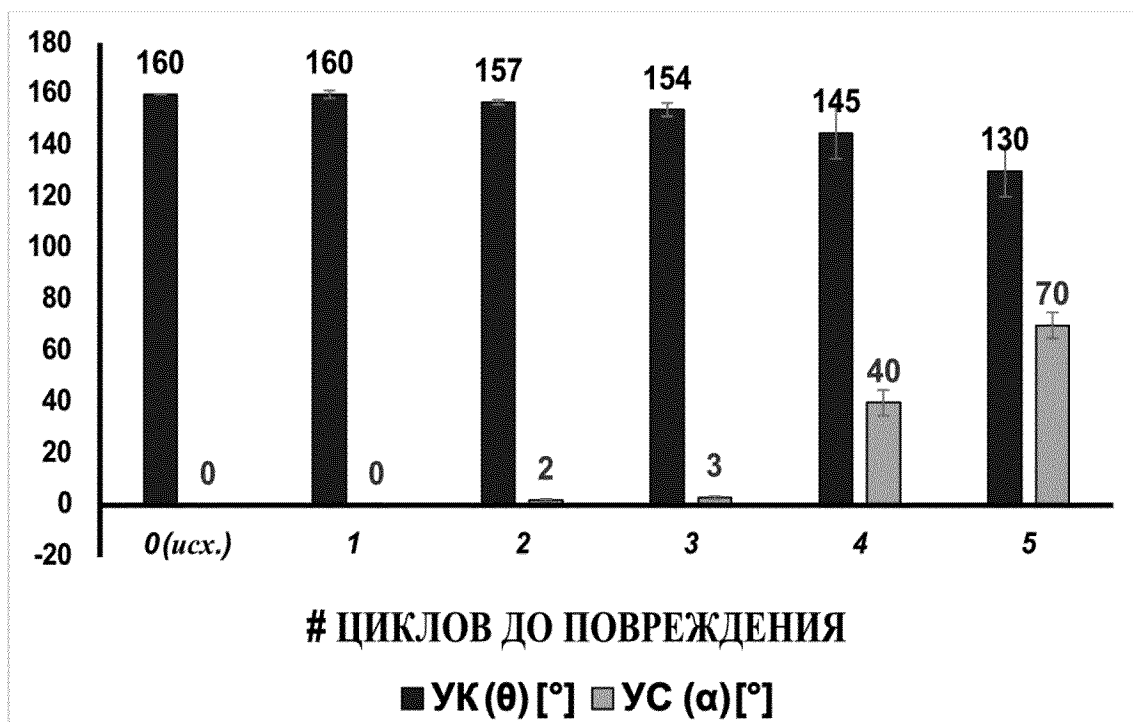
Фиг. 3В



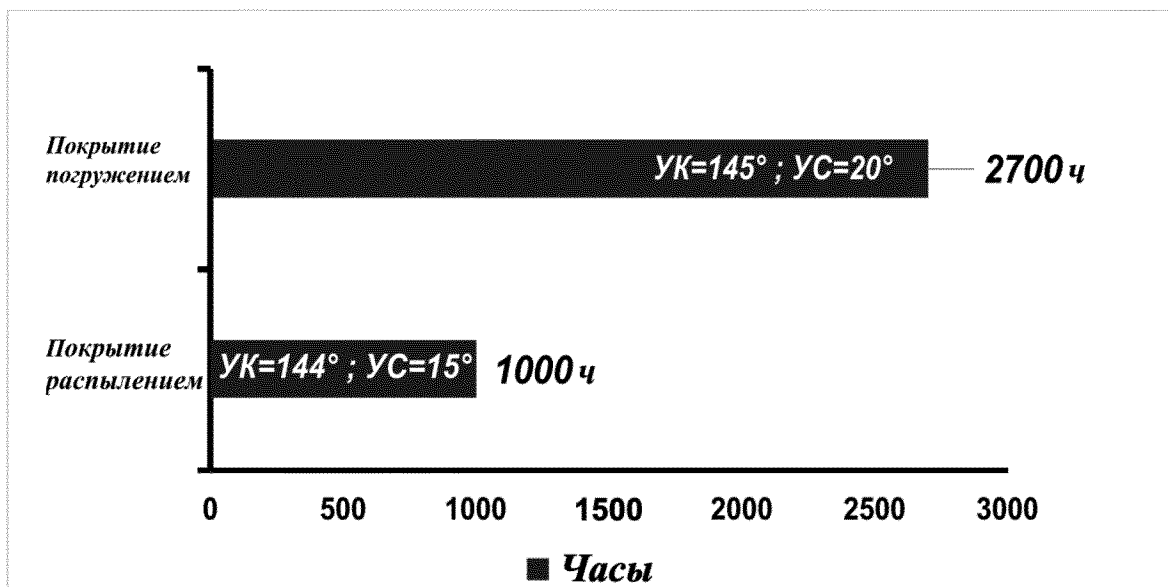
Фиг. 3С



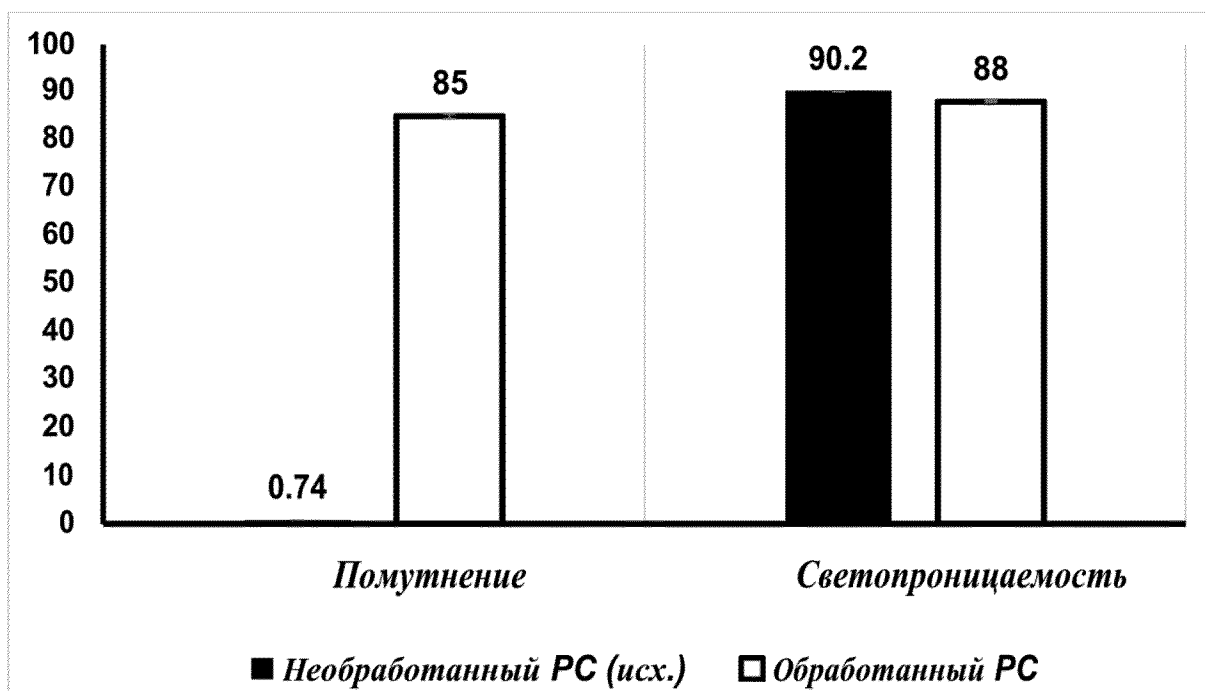
Фиг. 4



Фиг. 5А



Фиг. 5В



Фиг. 6