

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2574723

ЖИДКАЯ КОМПОЗИЦИЯ ФОТОПОЛИМЕРИЗАЦИОННОСПОСОБНОЙ ПЛЕНКИ ДЛЯ ЗАПИСИ ГОЛОГРАММЫ, СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ КОМПОЗИЦИИ

Патентообладатель(ли): *федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики (Университет ИТМО) (RU)*

Автор(ы): *см. на обороте*

Заявка № 2015111471

Приоритет изобретения **30 марта 2015 г.**

Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений Российской Федерации **14 января 2016 г.**

Срок действия патента истекает **30 марта 2035 г.**

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

 Г.П. Ивлиев





ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2015111471/04, 30.03.2015

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
30.03.2015

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 30.03.2015

(45) Опубликовано: 10.02.2016 Бюл. № 4

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 2331095 C1, 10.08.2008. RU 2541521 C2, 20.02.2015. RU 2325680 C2, 27.05.2008. J. Burunkova et. al. Influence of gold nanoparticles on photo-polymerization processes and structure in acrylate nanocomposites. European Polymer Journal, vol.64, 2015, pp.189-195. J. Burunkova et. al. Fabrication and characterization of gold/acrylic polymer nanocomposites. European Polymer Journal, vol. 49, 2013, pp. 3072-3077.

Адрес для переписки:

197101, Санкт-Петербург, Кронверкский пр., 49,
Университет ИТМО, ОИС и НТИ

(72) Автор(ы):

Бурункова Юлия Эдуардовна (RU),
Денисюк Игорь Юрьевич (RU),
Фокина Мария Ивановна (RU),
Жук Дмитрий Иванович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего
образования "Санкт-Петербургский
национальный исследовательский
университет информационных технологий,
механики и оптики (Университет ИТМО)
(RU)

(54) ЖИДКАЯ КОМПОЗИЦИЯ ФОТОПОЛИМЕРИЗАЦИОННОСПОСОБНОЙ ПЛЕНКИ ДЛЯ ЗАПИСИ ГОЛОГРАММЫ, СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ КОМПОЗИЦИИ

(57) Реферат:

Группа изобретений относится к органическим светочувствительным регистрирующим средам, а именно к композициям для получения фотополимеризационноспособных пленок для записи голограмм и способам их получения. Ж и д к а я к о м п о з и ц и я фотополимеризационноспособной пленки для записи голограмм с наночастицами золота, сохраняющими свойства локализованных плазмонов золота, которая формирует изображение за счет модуляции показателя преломления при экспозиции активирующим облучением с длиной волны 325 нм, включает в себя жидкий акриловый мономер с одной акриловой группой, бифункциональный акрилат с двумя метакриловыми группами, фотоинициатор полимеризации с активирующим облучением света с длиной волны 325 нм,

отличается тем, что в композицию включены акриловый мономер с одной акриловой группой, содержащий в боковой цепи предельную углеводородную цепочку - изодецилакрилат в количестве 62,64 вес.%, бифункциональный акрилат с двумя метакриловыми группами содержащий уретановые группы в количестве - 26,90 вес.%, наночастицы SiO₂, имеющие размеры 7 нм, в количестве 9,86 вес.%, функционализированные додекантиолом наночастицы золота, имеющие размер 5 нм - 0,15 вес.%, а также 0,45 вес.% инициатора фотополимеризации, в качестве которого используют 2,2-диметокси-2-фенилацетофенон. Технический результат - группа изобретений решает задачу повышения величины модуляции показателя преломления, что позволяет использовать материал в виде тонкой пленки,

происходит повышение дифракционной
эффективности для пропускающих голограмм до

70%. 2 н.п. ф-лы, 2 табл., 2 пр.

R U 2 5 7 4 7 2 3 C 1

R U 2 5 7 4 7 2 3 C 1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.

G03F 7/028 (2006.01)*G03F* 7/033 (2006.01)*G03F* 7/07 (2006.01)(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: 2015111471/04, 30.03.2015

(24) Effective date for property rights:
30.03.2015

Priority:

(22) Date of filing: 30.03.2015

(45) Date of publication: 10.02.2016 Bull. № 4

Mail address:

197101, Sankt-Peterburg, Kronverkskij pr., 49,
Universitet ITMO, OIS i NTI

(72) Inventor(s):

Burunkova Julija Ehduardovna (RU),
Denisjuk Igor' Jur'evich (RU),
Fokina Marija Ivanovna (RU),
Zhuk Dmitrij Ivanovich (RU)

(73) Proprietor(s):

federal'noe gosudarstvennoe avtonomnoe
obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego
obrazovaniya "Sankt-Peterburgskij natsional'nyj
issledovatel'skij universitet informatsionnykh
tekhnologij, mekhaniki i optiki (Universitet
ITMO) (RU)(54) **LIQUID COMPOSITION OF PHOTOPOLYMERISATION-CAPABLE FILM FOR HOLOGRAM RECORDING, COMPOSITION OBTAINING METHOD**

(57) Abstract:

FIELD: biotechnologies.

SUBSTANCE: liquid composition of a photopolymerisation-capable film for recording of holograms with gold nanoparticles preserving properties of localised gold plasmons which forms an image due to the modulation of an index of refraction at exposition by activating radiation with the wavelength of 325 nanometres, it comprises a liquid acrylic monomer with one acrylic group, bifunctional acrylate with two methacrylic groups, polymerisation photoinitiator with the activating radiation of the light with the wavelength of 325 nanometres, it differs in that the composition comprises the acrylic monomer with one acrylic group containing a limit hydrocarbonic chain in the side chain - isodecyl acrylate amounting 62.64 by wt %,

bifunctional acrylate with two methacrylic groups containing urethane groups amounting - 2690 wt %, SiO₂ nanoparticles with the sizes of 7 nanometres amounting 986 wt %, dodecyl mercaptan functionalised gold nanoparticles with the size of 5 nanometres - 015 wt %, and also 045 wt % of the photopolymerisation initiator which is 2,2-dimethoxy-2-phenyl acetophenone.

EFFECT: group of inventions solves the problem of the increase of a value of modulation of a refraction index that allows using the material in the form of a thin film, also an increase of diffraction efficiency for transmission holograms has place.

2 cl, 2 tbl, 2 ex

R U 2 5 7 4 7 2 3 C 1

R U 2 5 7 4 7 2 3 C 1

Изобретения относятся к органическим светочувствительным регистрирующим средам, а именно к композициям для получения фотополимеризационноспособных пленок для записи голограмм и способам их получения. Предлагаемая фотополимеризационноспособная пленка формирует изображение за счет изменения показателя преломления и поверхностного рельефа при экспозиции активирующим излучением с длиной волны 325 нм. Показатель преломления вышеуказанной пленки повышен в результате наличия наночастиц золота, входящих в ее состав.

Известны композиции для фотополимеризационноспособной пленки и способы получения фотополимерных пленок для записи голограмм. Их можно разделить на три основные категории: жидкие покрытия, содержащие фотоинициатор и мономер, составы для сухих пленок, содержащие фотоинициирующую систему, мономер и связующий полимерный компонент, формирующий пленку, и составы для сухих пленок, содержащие сшивающий полимер и фотосенсибилизатор или инициатор.

Известны композиция для фотополимеризационноспособной пленки, способ ее получения и способ изготовления фотополимеризационноспособной пленки для записи голограмм (патент РФ №2325680, дата приоритета 22.04.2004, опубл. 27.05.2008, МПК G03F 7/031, G03F 7/028, G03F 7/033, G02B 5/32). Композиция фотополимеризующейся регистрирующей среды состоит из ненасыщенного соединения, способного к ион-радикальной фотополимеризации; системы, обеспечивающей фотоактивацию излучением в спектральной области 400-600 нм и состоящую из фотохромного соединения и соинициатора. Композиция содержит фотохромное соединение с большим временем жизни фотоиндуцированной формы или термически необратимое фотохромное соединение и, необязательно, полимерное связующее, пластификатор и неполимеризационноспособную органическую жидкость с большим показателем преломления.

Способ получения композиции заключается в приготовлении раствора твердого фотохромного соединения ФНХ 1 в N-винилпирролидоне и в добавлении в полученный раствор смеси полимеризационноспособных соединений (ОКМ-2 и ТАТМТ), а также соинициатора ДМЭА. Полученный раствор тщательно перемешивали и вакуумировали.

Способ получения фотополимеризационноспособной пленки включает нанесение приготовленного раствора на лавсановую пленку с разделительной прокладкой заданной толщины и покрытие ее сверху второй лавсановой пленкой. В результате получали триплексный материал.

Недостатки известной композиции-аналога для фотополимеризационноспособной пленки: наличие пластификатора и неполимеризационноспособной органической жидкости с большим показателем преломления определяют диффузию после записи и деградацию записанной голограммы, особенно при повышенных температурах. Использование сложной системы фотоактивации, состоящей из фотохромного соединения и соинициатора, и наличие полимерного связующего усложняет технологическую цепочку. Недостаточная величина модуляции показателя преломления вследствие малой разницы между показателем перемещаемого компонента и матрицы.

Известная композиция для фотополимеризационноспособной пленки, способ получения композиции, выбранные в качестве прототипа (патент РФ №2331095, дата приоритета 08.12.2006, опубл. 10.08.2008, МПК G03F 7/028, G03F 7/033).

Композиция для фотополимеризационноспособной пленки представляет собой жидкий акриловый мономер с одной (мета)акриловой группой; бифункциональный акриловый олигомер с двумя (мета)акриловыми группами; термопластический линейный полимер; фотоинициатор полимеризации при активирующем облучение света с длиной

волны 350-400 нм; низкокипящий растворитель; растворитель, растворяющий термопластический полимерсвязующий компонент.

Недостатком композиции прототипа является наличие термопластического линейного полимера, что усложняет технологическую цепочку и понижает термостабильность готовой голограммы.

Способ получения композиции включает приготовление растворов путем добавления компонентов в растворитель и последующее перемешивание магнитной мешалкой до полного растворения.

Способ получения сухой фотополимеризационноспособной пленки заключается в нанесении композита из низкокипящего растворителя с помощью центрифуги. Растворы наносятся на стеклянную подложку при скорости вращения подложки 8 об/мин с использованием аппликатора и ламинирующей установки. Затем пленка сушится под фольгой при комнатной температуре и окончательно - при 70°C.

Группа изобретений решает задачу повышения величины модуляции показателя преломления Δn , повышения дифракционной эффективности и формирования оптически активных светоиндуцированных трехмерных решеток. Поставленная задача решается использованием фотополимеризующейся мономерной композиции, наполненной наночастицами, фотоиндуцированное перемещение которых приводит к значительной величине Δn в результате значительного различия показателя преломления наночастиц и матрицы, а полимеризация - к фиксации записанной голограммы. Наличие в композиции наночастиц золота влияет на процесс фотоиндуцированного перемещения компонент и формирование структуры нанокомпозита, что обусловлено ярко выраженным эффектом усиления электромагнитного поля непосредственно вблизи наночастиц за счет плазменного резонанса, а также приводит к повышению показателя преломления в области плазменного резонанса и величины его модуляции при фотоиндуцированном перемещении наночастиц золота в композиции.

Жидкая композиция для получения фотополимеризационноспособной пленки с наночастицами золота, сохраняющими свойства локализованных плазмонов золота, для записи голограммы, которая формирует изображение за счет модуляции показателя преломления при экспозиции активирующим облучением с длиной волны 325 нм, содержит 26,90 вес. % смеси линейных жидких уретановых мономеров - диуретан диметакрилат, смесь изомеров (436909 ALDRICH, UDMA), 62,64 вес. % акрилового мономера, состоящего из акрилатной группы в основной цепи и предельной углеводородной цепочки в боковой цепи - изодецилакрилат (408956 ALDRICH, IDA), 9,86 вес. % наночастиц SiO_2 , имеющих размер 7 нм (ALDRICH, S5130, SiO_2), 0,15 вес. % функционализированных додекантиолом наночастиц золота, имеющих размер 5 нм - (Nanoprobes, №3014, Au), а также 0,45 вес. % инициатора фотополимеризации, в качестве которого используют 2,2-диметокси-2-фенилацетофенон.

Способ получения вышеупомянутой жидкой композиции для получения фотополимеризационноспособной пленки включает смешивание компонентов: диуретан диметакрилата (436909 Aldrich, UDMA) и изодецилакрилата (408956 ALDRICH, IDA) в течение 2 часов. В смесь порционно вводят указанное количество наночастиц SiO_2 и добавляют толуол для уменьшения вязкости смеси и тщательно перемешивают до исчезновения осадка наночастиц. На 1 г наночастиц SiO_2 требуется 10 мл толуола. Далее перемешивают 8 час, далее перемешивают в течение 10 циклов, состоящих из чередующихся - 30 мин перемешивания и 30 мин обработки на ультразвуковой ванне (УЗВ). Далее добавляют указанное выше количество наночастиц золота в толуоле.

Концентрация такого раствора - 0,257 г наночастиц золота на 100 мл толуола. Далее перемешивают 8 час, и далее перемешивают в течение 10 циклов. Далее добавляют указанное количество инициатора фотополимеризации и перемешивают в течение 5 циклов. Далее выпаривают толуол при температуре 50°C до постоянного веса.

5 Полученную композицию сохраняют при температуре 25°C.

Сущность заявляемых изобретений поясняется следующим.

В результате проведенных научных исследований найдены основные факторы, оказывающие влияние на оптические и другие важные эксплуатационные свойства пленки.

10 Первый важный фактор - химическая структура мономерных компонентов. Необходимым условием, препятствующим агрегации наночастиц золота, является наличие N-H групп у одного из компонентов композиции и предельной цепочки углеводородов у другого.

Второй фактор - наличие 9,86 вес. % наночастиц оксида кремния, который влияет на совместимость наночастиц золота со смесью мономеров композиции, повышая их предельную концентрацию.

Третий фактор - функционализация поверхности наночастиц золота додекантиолом, что определяет размер и совместимость со всей композицией без агрегации наночастиц золота, позволяя им проявлять в мономерном и полимерном состоянии эффект

20 поверхностного локализованного плазмона. Четвертый фактор, который влияет на качество пленки - метод инициирования трехмерной радикальной полимеризации компонентов, определяющий скорость инициирования, концентрацию свободных радикалов, константы скорости процесса полимеризации.

25 Для решения поставленной задачи необходимо осуществить синтез нанокомпозигов, подходящих для получения фотополимеризационноспособной пленки, создать гомогенную композицию из вышеупомянутых акриловых компонентов и наночастиц, выбрать фотоинициатор радикальной полимеризации вышеупомянутых мономерных компонентов при экспозиции активирующим излучением с длиной волны в области

30 325 нм. В предлагаемых изобретениях для достижения необходимых свойств вышеупомянутой фотополимеризационноспособной нанокомпозиционной пленки используется композиция полимеризационноспособных компонентов и наночастиц. В общем виде композиция состоит из:

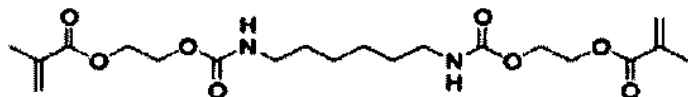
- 35 - смеси мономеров,
- наночастиц (SiO_2 и Au),
- инициатора фотополимеризации.

Смесь мономеров выполняет роль матрицы, в которой происходит однородное распределение наночастиц и наблюдается их стабилизация. Аминогруппы диуретан диметакрилатных мономеров (UDMA) активно взаимодействуют с SiO_2 наночастицами и модифицируют их поверхность таким образом, что позволяет улучшить совместимость неорганических наночастиц с органической акриловой матрицей. Наличие в растворе мономера UDMA также позволяет сформировать полимерную сетку. Мономер IDA, относящийся к акриловым линейным мономерам с боковой цепочкой из предельных

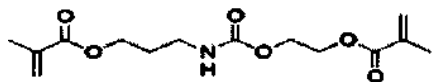
40 углеводородов повышает совместимость системы с оболочкой наночастиц золота и выступает в роли модификатора смеси мономеров и наночастиц, позволяющего варьировать вязкость смеси, и таким образом можно влиять на скорость фотоиндуцированной диффузии наночастиц при записи. Важно, что IDA совместим с

UDMA, но не взаимодействует с наночастицами. Показатель преломления наночастиц существенно отличается от показателя преломления мономерной матрицы, что определяет значительную величину модуляции показателя преломления при перераспределении наночастиц.

Для приготовления составов были использованы следующие мономеры: 1.) Диуретан диметакрилат, смесь изомеров (436909 ALDRICH, UDMA)



UDMA 1

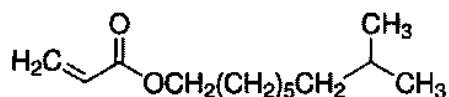


UDMA 2



UDMA 3

2.) Изодецилакрилат (408956 ALDRICH, IDA)



Исследования показали: любой известный инициатор радикальной полимеризации может использоваться для отверждения жидкой композиции по данному изобретению, конкретные инициаторы, обеспечивающие наилучшие характеристики записи для конкретных областей спектра:

2,2-диметокси-2-фенилацетофенон (Aldrich No. 19, 611-8, In2), излучение 320-380 нм.

Для приготовления составов были использованы следующие наночастицы:

1.) Оксиды кремния, имеющие размер наночастиц 7 нм (ALDRICH, S5130, SiO₂).

2.) Наночастицы золота, функционализированные додекантиолом, имеющие размер 5 нм, (Nanoprobe, №3014, Au)

Соотношение компонентов в жидкой композиции представлено в таблице 1.

Таблица 1. Состав жидкой композиции

Состав мономеров	Наночастицы	Инициатор
26,90 вес.% UDMA	9,86 вес.% SiO ₂	0,45 вес.%
62,64-вес.% IDA	0,15 вес.% Au	

Способ получения фотополимеризационноспособной пленки для записи голограммы включает нанесение вышеуказанной жидкой композиции в виде капли на стекло, закрывание ее полиэстеровой пленкой. Наличие спайсеров определенной толщины позволяет контролировать толщину. Далее вальцами раскатывают композицию до толщины соответствующей спайсерам.

Пример способа приготовления жидкой композиции.

Основные компоненты - 9,86 вес.% SiO₂ наночастицы, 0,15 вес. % Au наночастицы, 26,90 вес. % UDMA, 62,64 вес. % IDA, 0,45 вес. % In2.

При комнатной температуре сначала при постоянном перемешивании производится размешивание компонентов: диуретан диметакрилата (436909 Aldrich, UDMA) и изодещилакрилата (408956 ALDRICH, IDA) в течение 2 часов. В смесь порционно вводят указанное количество наночастиц SiO_2 и добавляют толуол для уменьшения вязкости смеси и тщательно перемешивают до исчезновения осадка наночастиц. На 1 г наночастиц SiO_2 требуется 10 мл толуола. Далее перемешивают 8 час, далее перемешивают в течение 10 циклов, состоящих из 30 мин перемешивания и 30 мин обработки на ультразвуковой ванне. Далее добавляют указанное выше количество наночастиц золота в толуоле. Концентрация такого раствора - 0,257 г наночастиц золота на 100 мл толуола. Далее перемешивают 8 час, далее перемешивают в течение 10 циклов. Далее добавляют указанное количество инициатора фотополимеризации и перемешивают в течение 5 циклов. Далее выпаривают толуол при температуре 50°C до постоянного веса. Полученную композицию сохраняют при температуре 25°C .

Пример получения фотополимеризационноспособной пленки.

Способ получения фотополимеризационноспособной пленки для записи голограммы, включает нанесение вышеуказанной жидкой композиции в виде капли на стекло, закрывание ее полиэстеровой пленкой. Наличие спайсеров определенной толщины позволяет контролировать толщину. Далее вальцами раскатывают композицию до толщины соответствующей спайсерам.

Описание голографической записи периодических структур на разработанной жидкой композиции.

Предлагаемую жидкую композицию, помещенную между стеклом и полиэстером, экспонировали излучением гелий-кадмиевого лазера ГКЛ-40(И) с длиной волны 325 нм, выходной мощностью 15 мВт при плотности энергии $3 \cdot 10^{-2}$ Дж/см², при углах между интерферирующими пучками 3° - 45° , длительностях экспозиций 2-700 с, толщинах слоев 20-100 мкм. Получали пропускающие голограммы, дифракционную эффективность определяли отношением интенсивности излучения в первом порядке дифракции к интенсивности падающего излучения на длине волны 633 нм. После записи в интерференционном поле (экспонирование) проводили засветку ртутной лампой в течение пяти минут. Дифракционную эффективность определяли после записи в интерференционном поле или после записи и засветки ртутной лампой. В нижеуказанных примерах приведены результаты голографической записи, проведенной на разработанной жидкой композиции.

1.) Пример 1.

Материалы экспонировали (по п.п. 1), дифракционную эффективность определяли после экспонирования.

2.) Пример 2.

Материалы экспонировали (по п.п. 1,2) и засвечивали УФ излучением ртутной лампы с длиной волны 365 нм при освещенности 10 Вт/м² в течение 5 мин, дифракционную эффективность определяли после засветки.

В таблице 2 приведены максимальные значения дифракционной эффективности для пропускающих голограмм, полученных по п.п. 1,2.

Таблица 2 Максимальные значения дифракционной эффективности для пропускающих голограмм, полученных по п.п. 1,2

Состав	ДЭ _{max} , % Пример 1	ДЭ _{max} , % Пример 2
9,86 вес. % SiO ₂ наночастиц; 0,15 вес.% Au наночастиц; 26,90 вес. % UDMA; 62,64 вес.% IDA; 0,45 вес. % In ₂	70	70

Таким образом, заявляемые композиции фотополимеризационноспособной пленки для записи голограммы, способ получения этой композиции, а также способ получения вышеуказанной пленки обеспечивают запись голограммы, не требующей обработки после экспонирования, обладающей большой величиной Δn и, следовательно, обеспечивающей достаточно высокое значение дифракционной эффективности до 70% при толщине 60 мкм.

Влагостойкость предлагаемой жидкой композиции существенно выше, чем у известных голографических полимеров по причине отсутствия в составе композиции гидрофильных и наличия неорганических наночастиц, химически связанных с полимером.

Формула изобретения

1. Жидкая композиция фотополимеризационноспособной пленки для записи голограмм с наночастицами золота, сохраняющими свойства локализованных плазмонов золота, которая формирует изображение за счет модуляции показателя преломления при экспозиции активирующим облучением с длиной волны 325 нм, включающая в себя жидкий акриловый мономер с одной акриловой группой, бифункциональный акрилат с двумя метакриловыми группами, фотоинициатор полимеризации с активирующим облучением света с длиной волны 325 нм, отличающаяся тем, что в композицию включены акриловый мономер с одной акриловой группой, содержащий в боковой цепи предельную углеводородную цепочку - изодецилакрилат в количестве 62,64 вес.% (408956 ALDRICH, IDA), бифункциональный акрилат с двумя метакриловыми группами, содержащий уретановые группы в количестве - 26,90 вес.% (436909 Aldrich, UDMA), наночастицы SiO₂, имеющие размеры 7 нм, в количестве 9,86 вес.% (ALDRICH, S5130, SiO₂), функционализированные додекантиолом наночастицы золота, имеющие размер 5 нм - 0,15 вес.%, а также 0,45 вес.% инициатора фотополимеризации, в качестве которого используют 2,2-диметокси-2-фенилацетофенон.

2. Способ получения жидкой композиции фотополимеризационноспособной пленки для записи голограмм по п. 1, включающий смешивание вышеуказанных компонентов при комнатной температуре, отличающийся тем, что сначала производится перемешивание компонентов: диуретан диметакрилата (436909 Aldrich, UDMA) и изодецилакрилата (408956 ALDRICH, IDA) в течение 2 часов, потом в смесь порционно вводят указанное количество наночастиц оксида кремния и добавляют толуол для уменьшения вязкости смеси и тщательно перемешивают до исчезновения осадка наночастиц (на 1 г наночастиц SiO₂ требуется 10 мл толуола), далее перемешивают 8 часов, потом перемешивают в течение 10 циклов (30 мин перемешивания и 30 мин обработки на ультразвуковой ванне), далее добавляют указанное выше количество

наночастиц золота в толуоле (концентрация раствора - 0,257 г наночастиц золота на 100 мл толуола), далее перемешивают 8 час, далее перемешивают в течение 10 циклов, далее добавляют указанное количество инициатора фотополимеризации и перемешивают в течение 5 циклов, далее выпаривают толуол при температуре 50°C до постоянного веса, полученную жидкую композицию сохраняют при температуре 25°C.

10

15

20

25

30

35

40

45