



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ(21), (22) Заявка: **2008115986/12, 22.04.2008**(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
22.04.2008(43) Дата публикации заявки: **27.10.2009**(45) Опубликовано: **20.10.2010** Бюл. № 29(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **US 7175712 B2, 13.02.2007. SU 1462578 A1, 27.02.2000. RU 2180669 C2, 20.03.2002. RU 2045353 C1, 10.10.1995. RU 2182854 C2, 27.05.2002. EP 1690602 A1, 16.08.2006. DE 102004033260 A, 19.01.2006. DE 102004033260 A, 19.01.2006.**Адрес для переписки:
633010, Новосибирская обл., г.Бердск, а/я 12, ООО "Сан", Ю.Н.Мирчеву

(72) Автор(ы):

Мирчев Владислав Юрьевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Мирчев Владислав Юрьевич (RU)**(54) СПОСОБ ОТВЕРЖДЕНИЯ ВЕЩЕСТВА УФ-ИЗЛУЧЕНИЕМ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЕГО ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ**

(57) Реферат:

Изобретение может быть использовано для УФ-отверждения чернил, полимерных покрытий, лаков, в частности, в полноцветной пьезоструйной печати. Способ отверждения вещества УФ-излучением включает воздействие излучением УФ-светодиодов на вещество, включающее фотоинициаторы. Спектр излучения всех УФ-светодиодов выполняется одинаковым, соответствующим максимальной сенсibilизации фотоинициаторов вещества. Управление интенсивностью УФ-излучения подачей на УФ-светодиоды импульсов тока с частотой от 1 кГц до 10 МГц, и управлением частотой,

величиной тока и скважностью импульсов тока так, чтобы средняя рассеиваемая мощность УФ-светодиодов равнялась или приближалась к максимальной, но не превышала критического значения, приводящего к разрушению УФ-светодиодов. Устройство для отверждения вещества УФ-излучением позволяет реализовать заявленный способ. Изобретение предполагается использовать в пьезоструйных полноцветных принтерах с разными типами печатающих головок для получения изображения на поверхностях полимеров, стекла, металла, керамики, дерева и т.п., что обеспечивает высокую скорость отверждения. 2 н. и 3 з.п. ф-лы, 5 ил.



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,
PATENTS AND TRADEMARKS

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(21), (22) Application: **2008115986/12, 22.04.2008**

(24) Effective date for property rights:
22.04.2008

(43) Application published: **27.10.2009**

(45) Date of publication: **20.10.2010 Bull. 29**

Mail address:
**633010, Novosibirskaja obl., g.Berdsk, a/ja 12,
OOO "San", Ju.N.Mirchevu**

(72) Inventor(s):

Mirchev Vladislav Jur'evich (RU)

(73) Proprietor(s):

Mirchev Vladislav Jur'evich (RU)

(54) METHOD OF SOLIDIFYING SUBSTANCE BY UV RADIATION AND DEVICE TO THIS END

(57) Abstract:

FIELD: process engineering.

SUBSTANCE: invention can be used for UV solidification of colour printer inks, polymer coats, vanishes etc. Proposed method comprises subjecting the substance containing photo initiators to radiation of UV-LEDs. Radiation spectrum of all said UV-LEADS is identical and corresponds to maximum sensibilisation of substance photo initiators. Intensity of UV radiation is controlled by feeding to

UV-LEDs current pulses with frequency varying from 1 kHz to 10 MHz, as well as by frequency, current strength and current pulse on-off time ratio so that average dissipated power of said LEDs equal or approximates to maximum value, not exceeding critical value that causes LED failure. Proposed device allows implemented the claimed method.

EFFECT: invention can be used in piezo-jet fill-colour printers with various printing heads.

5 cl, 5 dwg, 2 ex

RU 2 401 703 C2

RU 2 401 703 C2

Изобретение относится к отверждению вещества УФ-излучением и может быть использовано для УФ-отверждения чернил, полимерных покрытий, лаков, в частности, для нанесения изображения или текста методом полноцветной пьезоструйной печати и последующего закрепления оттиска путем
5 фотополимеризации связующего вещества при облучении УФ-излучением в узком спектральном диапазоне. Предлагаемое изобретение позволяет получать полноцветные текстовые, графические и штриховые изображения на плоских поверхностях различных материалов: гибких и листовых полимеров, стекла,
10 металлических, керамических и деревянных изделий и т.п.

Известен выбранный в качестве ближайшего аналога способ отверждения вещества УФ-излучением согласно патенту US №7175712, приоритет от 09.01.2003, при котором на вещество, включающее фотоинициаторы, воздействуют излучением УФ-
15 светодиодов и флуоресцентных ламп в широком диапазоне длин волн, при этом интенсивностью УФ-излучения управляют в зависимости от свойств отверждаемого вещества и условий отверждения, поддерживая постоянную температуру УФ-светодиодов. Способ используется для УФ-отверждения чернил, полимерных покрытий, лаков.

Известно выбранное в качестве ближайшего аналога устройство для отверждения вещества УФ-излучением согласно патенту US №7175712, приоритет от 09.01.2003, которое может быть использовано, например, в струйных принтерах. Устройство
20 содержит источник УФ-излучения, включающий первичный источник УФ-излучения в виде рядов (линеек) соединенных последовательно УФ-светодиодов с различной длиной волны и вторичный источник УФ-излучения, в качестве которого служит одна
25 или несколько флуоресцентных ламп. Ряды светодиодов первичного источника закреплены на подложке, которая установлена на радиаторе с воздушным охлаждением. Датчик температуры расположен на радиаторе и связан с блоком
30 управления УФ-светодиодами. При использовании нескольких рядов светодиодов пространство между прилегающими рядами смещено на величину $1/x$, где x - число рядов, либо светодиоды располагаются в шахматном порядке. Чтобы защитить УФ-светодиоды от УФ-чернил или других веществ используется прозрачный пластиковый защитный лист, который необходимо периодически заменять.

Когда чернила наносятся быстро, то они могут расплываться и подтекать. В этом случае частичное или полное отверждение чернил производят посредством
35 воздействия УФ-излучением от первичного источника излучения для закрепления и частичной полимеризации и/или превращения чернильных капель в гель с тем, чтобы предотвратить расплывание и подтек чернил. Время для закрепления чернил требуется не много. Отверждение чернил завершают путем воздействия первичного источника
40 или вторичного источника УФ-излучения, в качестве которого служат одна или несколько флуоресцентных ламп. Между УФ-утверждаемыми чернилами, покрытиями, лаками и источниками УФ-излучения возможно создание не содержащей
45 кислород зоны из инертного газа, например гелия, которая представляет собой анаэробную область для увеличения производительности УФ-фотоинициаторов.

Первичный источник УФ-излучения включает в себя нескольких рядов УФ-
50 светодиодов, при этом смежные светодиоды имеют разную длину волны не менее, чем в двух разных диапазонах. УФ-светодиоды с разной длиной волны располагаются в произвольном, смешанном или последовательном порядке. Для достижения большего разнообразия длин волн используется вторичный источник УФ-излучения, включающий одну или несколько флуоресцентных ламп, чьи люминофоры призваны

интенсифицировать излучение с заданной длиной волны. Например, тип флуоресцентной лампы 2011С дает излучение с длиной волны 351 нм, тип 2052-371 нм, тип 2092 - 433 нм, а тип 2162 - 420 нм. Используются также УФ-светодиоды с длиной волны более 400 нм, так как с ростом длины волны повышается КПД светодиодов, что позволяет эффективно наращивать мощность УФ-излучения. Предпочтительно УФ-светодиоды чередовать в рядах так, чтобы излучение светодиодов с разными длинами волн находилось в диапазоне между 180 нм и 420 нм. Для отверждения полимеров большой толщины требуется УФ-излучение с большей длиной волны. Отверждение на поверхности требует УФ-излучения с более короткой длиной волны. Пигментные покрытия лучше отверждаются посредством УФ-излучения с длиной волны, отличной от длины волны, поглощаемой пигментами. Это также относится к поглощающим свойствам смол и добавок в чернила, покрытия или клейкие вещества. Кроме того, часть УФ-светодиодов могут излучать свет в видимой части спектра для того, чтобы пользователь мог визуально наблюдать, работает ли устройство. Воздушная система охлаждения предусмотрена для того, чтобы обеспечить заданную температуру УФ-светодиодов при требуемой интенсивности излучения. Воздушная система охлаждения включает в себя радиатор, на которой устанавливаются УФ-светодиоды на подложке и средство обдува радиатора (вентилятор) с тем, чтобы сохранять постоянную температуру УФ-светодиодов. Температуру подложки или интенсивность излучения отслеживают и используют для контроля силы тока или напряжения, подаваемого на работающий вентилятор системы охлаждения подложки. Улучшая охлаждение подложки поддерживают температуру подложки на постоянном уровне, тем самым, стабилизируя постоянную интенсивность излучения, так как нагрев УФ-светодиодов способен привести к снижению интенсивности излучения.

В устройстве также используется индивидуальный подбор УФ-светодиодов по характеристикам с тем, чтобы обеспечить одинаковое падение напряжения на каждом УФ-светодиоде и, соответственно, добиться одинакового тока и излучения в каждом УФ-светодиоде из группы включенных параллельно. Уменьшение тока в прямом направлении между УФ-светодиодами варьируется в пределах 5-10%, тем самым минимизируются потери в отдельных УФ-светодиодах.

Расстояние между источником УФ-излучения и отверждаемым веществом выбирают из условия достижения одинаковой интенсивности излучения во всех точках облучаемой поверхности вещества.

Блок управления УФ-светодиодами предназначен для включения и выключения УФ-светодиодов и служит для стабилизации интенсивности излучения УФ-светодиодов, расположенных на подложке, установленной на радиаторе, посредством отслеживания интенсивности УФ-излучения при помощи датчика интенсивности излучения и контроля силы тока и напряжения в системе воздушного охлаждения, которая воздействует на радиатор в зависимости от интенсивности УФ-излучения. Интенсифицируя охлаждение УФ-светодиодов, тем самым стабилизируют заданную температуру, что обеспечивает постоянство интенсивности излучения УФ-светодиодов, что контролируется сенсором УФ-излучения.

Для предотвращения перегрева УФ-светодиодов электропитание периодически включают и выключают с относительно высокой частотой. Период зависит от интенсивности УФ-излучения.

Вышеописанные способ отверждения вещества УФ-излучением и устройство для его осуществления обладают несколькими существенными недостатками.

Во-первых, известные способ отверждения вещества УФ-излучением и устройство

для его реализации не позволяют отказаться от использования люминесцентных ламп и поэтому обладают всеми недостатками, присущими люминесцентным лампам, такими как низкий КПД, высокая рабочая температура, небольшой временной ресурс, низкая экологичность из-за выделения озона, большая потребляемая мощность.

5 Вышеописанные недостатки приводят к ограничению области применения известного способа отверждения вещества УФ-излучением и устройства для его осуществления из-за невозможности использования, например, в пьезоструйных полноцветных принтерах с различными типами печатающих головок для получения полноцветного
10 изображения на поверхностях из различных материалов, таких как гибкие и листовые полимеры, стекло, металл, керамика, дерево и т.п., при одновременном обеспечении высокой скорости отверждения достаточно толстого слоя УФ-отверждаемого вещества. Использование в качестве источников излучения одновременно и люминесцентных ламп и УФ-светодиодов, кроме того, усложняет устройство и
15 увеличивает себестоимость отверждения вещества УФ-излучением. Повышению себестоимости отверждения вещества УФ-излучением также способствует сложность создания анаэробной области из инертного газа, необходимой для увеличения производительности УФ-фотоинициаторов.

20 Во-вторых, диапазон УФ-излучения слишком широк, при этом не учитывается, что фотоинициатор обладает максимальной сенсбилизацией в узком спектре, т.е. не учитываются его физико-химические свойства. Так как известные фотоинициаторы обладают максимальной сенсбилизацией в диапазоне волн не более чем 365 нм, то использование светодиодов, обладающих излучением с большей длиной волны не
25 эффективно. Использование для отверждения вещества УФ-излучения, обладающего широким спектром излучения, не эффективно, поскольку приводит к снижению интенсивности УФ-излучения в той части спектра, в которой фотоинициаторы, входящие в состав вещества, обладают максимальной сенсбилизацией. Сокращая
30 количество светодиодов, на которые реагирует фотоинициатор, и устанавливая светодиоды с большей длиной волны, например 400 нм, в конечном итоге, получаем снижение эффективной мощности излучения той длины волны, на которую рассчитан фотоинициатор. Использование светодиодов с излучением в видимом спектре для контроля работоспособности излучателя также способствует снижению мощности
35 излучения той длины волны, на которой фотоинициатор обладает наибольшей сенсбилизацией. Кроме того, расположение излучателя таково, что излучаемая и облучаемая поверхности практически не видны при работе излучателя.

В-третьих, контроль интенсивности излучения светодиодов по показаниям датчика
40 интенсивности излучения, а также с использованием обратной связи и стабилизацией температуры не эффективен. В светодиодах с ростом температуры происходит деградация кристалла, причем, чем выше температура, тем больше деградация. Из-за деградации кристалла интенсивность излучения светодиода уменьшается. Когда датчик освещенности фиксирует снижение интенсивности УФ-излучения
45 деградирующего кристалла, система охлаждения старается сильнее охладить радиатор, тем самым, понизить температуру светодиодов и поднять интенсивность излучения светодиодов. Так как увеличения интенсивности УФ-излучения при этом не происходит, то система охлаждения будет работать на максимальной
50 производительности. Такая система контроля интенсивности излучения не эффективна, так как не позволяет предотвратить деградацию кристаллов светодиодов, поскольку они располагаются не на радиаторе, а на подложке, установленной на радиаторе. В результате чего снижается интенсивность излучения УФ-светодиодов.

Система контроля температуры подложки УФ-светодиодов также обладает недостатком. Известно, что с ростом температуры кристалла уменьшается его сопротивление. Так как падение напряжения на кристалле светодиода постоянно, то по закону Ома растёт ток, протекающий через светодиод. Возросший ток ещё больше разогревает кристалл светодиода, способствуя дальнейшему нарастанию тока и температуры, что приводит кристалл к деградации и разрушению. Так как контролируется не температура кристалла, а температура радиатора или подложки (платы), на которой установлены светодиоды, то не учитывается, что между кристаллом и радиатором находятся ещё материалы, обладающие определенным тепловым сопротивлением (подложка кристалла, корпус светодиода, паяльная маска, материал токопроводящих дорожек, слой диэлектрика). Между радиатором и кристаллом существует разность температур, обусловленная тепловым сопротивлением - чем больше температура кристалла, тем больше разность температуры между радиатором и кристаллом. Так как ток, протекающий через кристалл, не ограничивается с ростом температуры, то перепад температур может составлять несколько десятков градусов, при этом система контроля температуры подложки светодиодов не защищает кристалл от деградации, а значит система охлаждения не эффективна, что снижает интенсивность излучения светодиодов.

В-четвертых, так как часть светодиодов включена в параллельные цепочки и при этом светодиоды обладают излучением с разной длиной волны, то ток в цепочках подбирается с отклонением 5% и 10% процентов. Необходимость такого подбора приводит к повышению себестоимости процесса УФ-отверждения вещества. Кроме того, после разогрева светодиодов изменяется их внутреннее сопротивление и, соответственно, ток через светодиоды, в результате чего интенсивность излучения светодиодов различна и в отдельных светодиодах уменьшается. К тому же использование светодиодов различных типов, излучающих свет с различной длиной волны и обладающих различными характеристиками, приводит к усложнению системы управления светодиодами и снижению интенсивности их излучения.

Вышеперечисленные недостатки, присущие известным ближайшим аналогам, приводят к ограничению области применения способа отверждения вещества УФ-излучением и устройства для его осуществления из-за невозможности использования, например, в пьезоструйных полноцветных принтерах с различными типами печатающих головок для получения полноцветного изображения на поверхностях из различных материалов, таких как гибкие и листовые полимеры, стекло, металл, керамика, дерево и т.п., что обусловлено низкой интенсивностью УФ-излучения в той узкой части спектра, в которой фотоинициаторы, входящие в состав вещества, обладают максимальной сенсibiliзацией, и невозможностью обеспечить высокую скорость отверждения достаточно толстого слоя УФ-отверждаемого вещества.

Изобретение направлено на решение задачи расширения области применения способа отверждения вещества УФ-излучением и устройства для его осуществления за счет возможности использования, например, в пьезоструйных полноцветных принтерах с различными типами печатающих головок для получения полноцветного изображения на поверхностях из различных материалов, таких как гибкие и листовые полимеры, стекло, металл, керамика, дерево и т.п., при одновременном обеспечении высокой скорости отверждения достаточно толстого слоя УФ-отверждаемого вещества в узком диапазоне УФ-излучения за счет повышения интенсивности УФ-излучения в той части спектра, в которой фотоинициаторы, входящие в состав вещества, обладают максимальной сенсibiliзацией.

Изобретение направлено также на создание устройства для отверждения вещества УФ-излучением, в котором повышается эффективность системы управления светодиодами и системы охлаждения светодиодов, а также направлено на упрощение устройства, снижение его массо-габаритных показателей и обеспечение возможности 5
монтажа, например, на подвижных частях принтера, снижение себестоимости и повышение технологичности УФ-отверждения вещества, повышение экологичности, снижение энергозатрат, продление срока службы за счет отказа от использования люминисцентных ламп и использования светодиодов с одинаковым спектром 10
излучения, а также за счет исключения необходимости подбора светодиодов с одинаковыми параметрами и создания анаэробных областей.

Сущность изобретения заключается в том, что в способе отверждения вещества УФ-излучением, при котором на вещество, включающее фотоинициаторы, воздействуют излучением УФ-светодиодов, при этом интенсивностью УФ-излучения управляют в 15
зависимости от свойств отверждаемого вещества и условий отверждения, предлагается спектр излучения всех УФ-светодиодов выполнить одинаковым, соответствующим области спектра, в которой фотоинициаторы вещества обладают максимальной сенсбилизацией, предлагается также управлять интенсивностью УФ-излучения, 20
подавая на УФ-светодиоды последовательность импульсов тока, частота которого находится в диапазоне от 1 кГц до 10 МГц, и управляя частотой, величиной тока и скважностью импульсов тока так, чтобы средняя рассеиваемая мощность УФ-светодиодов равнялась или приближалась к максимальной, но не превышала критического значения, приводящего к разрушению УФ-светодиодов.

При этом частотой, величиной тока и скважностью импульсов тока можно управлять в зависимости от параметров из ряда: энергия полимеризации УФ-отверждаемого вещества и его состав; толщина слоя УФ-отверждаемого вещества и способ нанесения слоя; длительность воздействия УФ-излучением на вещество; 25
температура и влажность окружающей среды; характеристики УФ-светодиодов.

Сущность изобретения заключается также в том, что в устройстве для отверждения вещества УФ-излучением, содержащем источник УФ-излучения в виде линеек (рядов) включенных последовательно УФ-светодиодов, радиатор для охлаждения УФ-светодиодов, расположенный на радиаторе датчик температуры, связанный с блоком 35
управления УФ-светодиодами, предлагается источник УФ-излучения снабдить системой оптической фокусировки, а УФ-светодиоды выполнить с одинаковым спектром излучения, блок управления УФ-светодиодами выполнить содержащим управляющий контроллер, связанный с внешними вычислительными устройствами и 40
соединенные с управляющим контроллером своими первыми и вторыми информационными входами силовые модули управления УФ-светодиодами, каждый из которых своими силовыми выводами подключен к соответствующей линейке светодиодов, при этом датчик температуры расположен непосредственно на радиаторе и своим выходом соединен с соответствующим информационным входом 45
контроллера, а каждый из силовых модулей выполнен в виде импульсного управляемого стабилизатора тока, обеспечивающего подачу импульсов тока на соответствующую линейку УФ-светодиодов в диапазоне частот от 1 кГц до 10 МГц, при этом частота, величина тока и скважность импульсов тока устанавливается в 50
зависимости от свойств отверждаемого вещества и условий отверждения.

УФ-светодиоды могут быть закреплены непосредственно на радиаторе, преимущественно, с помощью пайки. Радиатор может быть выполнен в виде жидкостного теплообменника.

Сущность изобретения поясняется также следующими рассуждениями. В настоящее время самым распространенным источником УФ-излучения является люминесцентная ртутная лампа, которая обладает следующими недостатками: высокое тепловыделение, низкий КПД в диапазоне УФ-излучения, широкий неравномерный спектр излучения в диапазоне коротких, средних и длинных волн, малый срок службы. Наибольшим достоинством люминесцентной лампы является низкая стоимость. Однако в связи с совершенствованием технологии изготовления светодиодов, снижением их стоимости на единицу мощности и повышением эффективности, светодиоды становятся наиболее перспективными источниками УФ-излучения.

Диапазон УФ-излучения делится на три поддиапазона - коротковолновой с длиной волны от 200 до 280 нм, средневолновой с длиной волны от 280 до 315 нм и длинноволновой с длиной волны от 315 до 380 нм. Коротковолновое УФ-излучение мало пригодно для отверждения вещества, например чернил в принтерах, ввиду того, что излучение с длиной волны меньше 280 нм вызывает образование озона и вредно для здоровья человека. Средневолновое УФ-излучение по результатам медицинских исследований вредно для здоровья, так как вызывает неизлечимые для человека заболевания, такие как катаракта и рак кожи. Еще одним препятствием к использованию коротковолнового и средневолнового диапазонов является то, что светодиоды в этом диапазоне имеют очень высокую стоимость при КПД меньше 1%.

Наиболее близким к естественному излучению является длинноволновое УФ-излучение, оно наименее вредно для здоровья. Однако его использование сопряжено с рядом трудностей. Первой проблемой является тот факт, что в УФ-отверждаемых веществах наибольшее число (несколько десятков) фотоинициаторов обладает максимальной сенсibiliзацией при длине волны 300-330 нм. С максимальной сенсibiliзацией при длине волны 365 нм существует всего несколько фотоинициаторов, а для длины волны 395-400 нм они полностью отсутствуют. Второй проблемой является то обстоятельство, что с уменьшением длины волны растет стоимость и снижается КПД светодиодов. Стоимость мощного излучателя с длиной волны 300-350 нм очень высока, что экономически нецелесообразно, а при длине волны 375-405 стоимость будет низкой, но при этом отсутствуют фотоинициаторы, максимальная сенсibiliзация которых соответствует такому диапазону. Наиболее перспективным является диапазон 350-375 нм, так как стоимость светодиодов еще не слишком высока, КПД еще не слишком низкий и существуют фотоинициаторы с максимальной сенсibiliзацией в данном диапазоне.

В качестве чернил для принтеров используется состав, включающий в себя: фотополимер, фотоинициатор и твердый нерастворимый пигмент устойчивый к УФ-излучению (не выцветает под воздействием УФ-излучения, например, сажа для черного цвета). Под воздействием УФ-излучения фотоинициатор разрывает внутренние связи. Вещества, получившиеся в результате распада, вступают в химическую реакцию с фотополимером в результате этой реакции, образуются полимер (пластик). Основной проблемой является то, что пигмент задерживает УФ-излучение, 90% излучения задерживается 1/8 верхнего слоя краски, в результате чего химическая реакция протекает медленно. Увеличение мощности излучения в два раза способно увеличить скорость протекания реакции в несколько раз, основываясь на работах по изучению плотности тока в кристалле, проведенных в институте Иоффе в г. Санкт-Петербург, суть которых сводится к тому, что при соответствующем охлаждении кристалла плотность тока может быть в 5-7 раз выше номинального значения. Следовательно, для достижения высокой мощности излучателя требуется

эффективная система охлаждения, которая позволит эффективно охлаждать кристалл при увеличении мощности и не допустить деградации (разрушения) кристалла и снижения интенсивности излучения на светодиоде. Наиболее эффективной и недорогой системой охлаждения является водяная система охлаждения.

5 Для того чтобы УФ-излучение проникло как можно глубже в слой краски, лучше использовать мощный короткий импульс, чем долговременное облучение поверхности излучением низкой мощности. Оптимальным является использование коротких и мощных импульсов, позволяющих излучению проникать вглубь достаточно толстого
10 слоя краски, которые в то же время обладают большой скважностью для того, чтобы дать остыть кристаллу в светодиодах между импульсами.

Для того чтобы точно знать (рассчитать) мощность импульса и предотвратить перегрев кристалла, применяется стабилизатор тока. Стабилизатор тока предназначен для стабилизации протекающего через светодиоды тока, что позволяет, зная падение
15 напряжения на светодиоде, точно рассчитать мощность импульса и ограничить ток через светодиод, не допустив его разрушения.

Частота следования импульсов рассчитывается из следующих условий. Так как каретка движется над материалом со скоростью 1,5 м/сек, а излучение должно
20 проникать в каждую точку поверхности с учетом ширины отдельного светодиода и излучателя, можно рассчитать частоту работы излучателей. Так, например, за 1 секунду каретка принтера на максимальной скорости перемещается на 1500 мм, при частоте 1000 герц между двумя импульсами, каретка переместится на 1,5 мм, при частоте 10000 герц каретка принтера переместится на 0,15 мм. Для более глубокого
25 проникновения в слой нанесенной краски и ускорения процесса полимеризации (программно) увеличивают величину тока в заданное число раз с соответствующим увеличением скважности для обеспечения охлаждения кристалла светодиода, при этом действующая мгновенная мощность увеличивается в соответствующее число раз.

Частота, скважность и величина импульсов тока через УФ-светодиоды зависят от многих факторов, таких как энергия полимеризации краски (чувствительность зависит от состава и свойств краски или УФ-отверждаемого вещества); применяемый фотополимер; применяемые пигменты с разной способностью поглощать или
30 отражать УФ-излучение и размер частиц пигментов; применяемый фотоинициатор и процент его содержания; различные добавки; внешние факторы, воздействующие на процесс полимеризации; толщина отверждаемого слоя; размер капли отверждаемого вещества, например, чернил (зависит от применяемой печатающей головки); количество головок (цветов наносимых за один проход головки); разрешение
35 печатающей головки (количество сопел на дюйм); режим работы головки; скорость движения излучателя относительно УФ-отверждаемого вещества; частота работы головок; размер сфокусированного пучка УФ-излучения; расстояние от источника УФ-излучения до поверхности УФ-отверждаемого вещества; температура УФ-отверждаемого вещества; температура и влажность окружающей среды; мощность
40 источника излучения.

Устройство для отверждения вещества УФ-излучения может быть использовано в различных областях техники там, где необходимо воздействия УФ-излучения, для
45 отверждения полимерных клеев, лакокрасочных покрытий, чернил, например, в широкоформатных принтерах. Ввиду того что используемые чернила различаются по характеристикам (энергия полимеризации, величина размера частиц и спектр его поглощения, использованные фотополимеры и фотоинициаторы, наличие добавок, толщина отверждаемого слоя), то мощность УФ-излучения и характеристики

излучателя выбирают, исходя из характеристик чернил и применяемых головок. Частота следования импульсов управления УФ-светодиодами рассчитывается из следующих условий. Так как каретка с источником УФ-излучения движется над материалом, на который наносят УФ-отверждаемые чернила, со скоростью 1,5 м/сек, а УФ-излучение должно проникать в каждую точку поверхности материала, учитывая ширину каждого отдельного УФ-светодиода и источника УФ-излучения, можно рассчитать частоту работы источника УФ-излучения. Так, например, за 1 секунду каретка принтера на печатающих головках ХААР 126 на максимальной скорости перемещается на 1500 мм, при частоте 10000 герц между двумя импульсами каретка успеет переместиться на 0,15 мм.

Поскольку точных формул расчета, учитывающих все вышеперечисленные факторы, не существует, то режим работы устройства определяется эмпирическим путем. Ниже приведены примеры для краски "SUN", печатающие головки ХААР 128, капля 40 пикалитров, 6 цветов.

Пример 1. Режим печати 180 dpi, скорость каретки 1,2 м/сек, ток 1 ампер, частота 10 килогерц, скважность 5.

Пример 2. Режим печати 400 dpi, скорость каретки 0,8 м/сек, ток 2 ампера, частота 8 килогерц, скважность 10.

На фиг.1 приведена блок схема устройства для отверждения вещества УФ-излучением. На фиг.2 приведена функциональная схема блока управления УФ-светодиодами. На фиг.3 приведена временная диаграмма импульсов тока на УФ-светодиодах. На фиг.4 приведена блок схема силового модуля. На фиг.5 приведена схема конструктивного исполнения источника УФ-излучения в виде линеек УФ-светодиодов с радиатором в виде жидкостного теплообменника для охлаждения УФ-светодиодов, датчиком температуры и системой оптической фокусировки излучения.

Устройство для отверждения вещества УФ-излучением, приведенное на фиг.1, содержит источник 1 УФ-излучения в виде линеек (рядов) 2 включенных последовательно УФ-светодиодов с одинаковым спектром излучения, соответствующим области спектра, в которой фотоинициаторы отверждаемого вещества обладают максимальной сенсibiliзацией. Линейки 2 УФ-светодиодов расположены на радиаторе 3, выполненном в виде водяного теплообменника для эффективного охлаждения УФ-светодиодов. Датчик 4 температуры расположен непосредственно на радиаторе 3 и служит для того, чтобы контролировать температуру УФ-светодиодов. Источник 1 УФ-излучения снабжен системой 5 оптической фокусировки излучения, выполненной на линзах, как показано на фиг.5. Блок 6 управления УФ-светодиодами предназначен для формирования импульсов управления УФ-светодиодами линеек 2 и содержит контроллер 7 и блок 8 силовых модулей 9. Датчик 4 температуры связан с управляющим входом блока 6 управления, являющимся управляющим входом контроллера 7. Линейки 2 УФ-светодиодов закреплены непосредственно на радиаторе 3, например, с помощью пайки. Тепло от УФ-светодиодов отводится на радиатор 3, который эффективно охлаждается с помощью водяной проточной системы охлаждения (не показана). Все УФ-светодиоды линеек 2 расположены в одной плоскости на одной грани радиатора 3. Используемые в устройстве УФ-светодиоды обладают высокой потребляемой мощностью более 1 ватта на кристалл и установлены на радиаторе 3 с высокой плотностью на минимальном расстоянии между корпусами. Поверхность УФ-светодиодов защищена от повреждения системой 5 оптической фокусировки излучения, которая представляет собой систему линз для увеличения оптической мощности на единицу поверхности,

изготовленных из материалов хорошо пропускающих УФ-излучение, которое направлено в одну сторону.

Мощные УФ-светодиоды линейки 2 имеют высокое тепловыделение. Для обеспечения эффективного охлаждения УФ-светодиоды, образующие линейки 2, припаиваются припоем (или приклеиваются теплопроводящим клеем) непосредственно к радиатору 3. Подвод напряжения к аноду и катоду УФ-светодиодов производится проводниками, изолированными от радиатора 3. Для обеспечения активного охлаждения УФ-светодиоды монтируются на охлаждаемой поверхности радиатора 3, выполненного в виде водяного теплообменника. Другая сторона теплообменника охлаждается жидкостью. Водяная система охлаждения имеет небольшие габариты и позволяет эффективно охлаждать мощные УФ-светодиоды.

Управление мощными УФ-светодиодами с потребляемой мощностью более 1 ватта на кристалл производится с помощью блока управления 6. Контроллер 7 блока 6 связан своим информационным входом с внешними устройствами управления, в качестве которых используются, например, кнопка «пуск» или персональный компьютер (не показаны). Первый и второй входы блока 8 силовых модулей 9 соединены с управляющими выходами контроллера 7 - с выходом аналогового сигнала «установка тока» и с выходом цифрового сигнала «импульсы управления» соответственно. Силовые выводы каждого из силовых модулей 9 подключены к соответствующей линейке 2 УФ-светодиодов (фиг.2).

Каждый силовой модуль 9 выполнен в виде импульсного управляемого стабилизатора тока с широтно-импульсной модуляцией (ШИМ) и обеспечивает подачу импульсов тока на соответствующую линейку 2 УФ-светодиодов в диапазоне частотой от 1 кГц до 10 МГц, при этом частота 1/T, величина тока и скважность импульсов тока устанавливается в зависимости от свойств отверждаемого вещества и условий отверждения. Силовой модуль 9 выполнен в виде импульсного управляемого стабилизатора тока с ШИМ (фиг.4) и содержит задающий генератор 10, RS триггер 11, первую схему сравнения 12, ключ 13, индуктивность 14, датчик 15 тока, источник 17 опорного тока, вторую схему 16 сравнения и обратный диод 18. Каждый силовой модуль 9 формирует стабильный заданный ток через соответствующую линейку 2 УФ-светодиодов независимо от внешних факторов (температуры). Установка заданного тока I_m производится по сигналу «установка тока» от контроллера 7. Силовой модуль 9 включается (управляется) импульсами с переменной скважностью по сигналу «импульсы управления» от контроллера 7. Путем изменения скважности импульсов управления и величины тока, протекающего через УФ-светодиоды возможна плавная регулировка мощности УФ-светодиодов. Включение (управление) УФ-светодиодами производится от внешних устройств управления программно (дистанционно) либо вручную от кнопки «пуск» (не показано).

Силовой модуль 9 работает следующим образом. Когда приходит импульс управления от контроллера 7, задающий генератор 10 переводит RS-триггер 11 во взведенное состояние (на выходе RS-триггера 11 устанавливается сигнал логической единицы) и на схему сравнения 12 поступают два единичных сигнала, в результате чего на выходе схемы 12 сравнения формируется сигнал низкого уровня, который открывает ключ 13. Ток протекает через индуктивность 14, УФ-светодиоды линейки 2, датчик 15 тока. От быстрого нарастания тока УФ-светодиоды линейки 2 защищает индуктивность 14, в которой накапливается энергия. Сигнал с датчика 15 тока усиливается усилителем датчика тока (не показан) и сравнивается на схеме 16 сравнения с сигналом источника 17 опорного тока, который устанавливается либо

ручной регулировкой, либо с выхода ЦАП контроллера 7, и сравнивается на схеме 16 сравнения. Как только ток достигнет заданной величины, схема 16 сравнения сбрасывает RS-триггер 11, в результате чего ключ 13 выключается. Как только ключ 13 выключается, энергия, накопленная в катушке 14 индуктивности, поддерживает ток в УФ-светодиодах линейки 2, который протекает по цепи: катушка 14 индуктивности, УФ-светодиоды линейки 2, обратный диод 18. В результате чего ток через УФ-светодиоды линейки 2 начинает плавно уменьшаться.

Следующим импульсом с задающего генератора 10 RS-триггер 11 переводится во взведенное состояние. На выходе схемы 12 сравнения устанавливается сигнал логического нуля, так как ключ 13 выключен и через датчик 15 ток не протекает и процессы повторяются. При разогреве УФ-светодиодов линейки 2 падает их внутреннее сопротивление, в результате чего ток, протекающий через линейку 2, тоже растёт, что может привести к лавинообразному процессу. Уменьшение внутреннего сопротивления обуславливает большую величину тока, большой ток еще сильнее разогревает кристалл и так до тех пор, пока УФ-светодиод не выйдет из строя. Однако при использовании стабилизации тока этого не происходит. Датчик 15 тока позволяет удерживать заданную величину тока и предотвратить перегрев кристалла. Импульсы управления имеют программируемую частоту и скважность. Ток на УФ-светодиодах имеет форму, приведенную на фиг.3.

Предлагаемый способ отверждения вещества УФ-излучением осуществляется следующим образом.

На УФ-отверждаемое вещество, включающее фотоинициаторы, воздействуют излучением УФ-светодиодов, образующих линейки 2, при этом спектр излучения всех УФ-светодиодов соответствует области спектра, в которой фотоинициаторы вещества обладают максимальной сенсбилизацией, например соответствуют длине волны 365 нм. Интенсивностью источника 1 УФ-излучения управляют в зависимости от свойств отверждаемого вещества и условий отверждения. Для этого на УФ-светодиоды линеек 2 подают последовательность импульсов тока, частота которых находится в диапазоне от 1 кГц до 10 МГц, и с помощью блока 6 управления управляют частотой, скважностью и величиной импульсов тока так, что средняя рассеиваемая мощность УФ-светодиодов равна или приближается к максимальной. Например, для УФ-светодиодов, производимых японской фирмы NICHIA, тип NCCU 033 с длиной волны 365 нм, максимальная рассеиваемая мощность составляет 3,3 Вт, но не превышает критического значения, приводящего к разрушению УФ-светодиодов (для УФ-светодиодов типа NCCU 033 экспериментально установлено, что критическое значение рассеиваемой мощности составляет 4,1 Вт). При этом частотой, величиной тока и скважностью импульсов тока управляют в зависимости от параметров из ряда: энергия полимеризации УФ-отверждаемого вещества и его состав; толщина слоя УФ-отверждаемого вещества и способ нанесения слоя; длительность воздействия УФ-излучением на вещество; температура и влажность окружающей среды; характеристики УФ-светодиодов.

Устройство, реализующее вышеописанный способ, работает следующим образом. Через интерфейс связи с внешними устройствами управления, например с компьютером (не показан), в контроллер 7 блока 6 управления передаются данные о параметрах работы блока 6: частота импульсов управления, их скважность, максимальная рабочая температура и мощность УФ-светодиодов. Эти параметры записываются в энергонезависимую память контроллера 7. Включение (управление) блоком 6 производится от внешних устройств управления программно

(дистанционно) с помощью соответствующей команды от компьютера либо вручную кнопкой (не показана). По команде на включение на аналоговом выходе блока 6 управления появляется аналоговый сигнал, соответствующий заданной программно величине тока I_m , протекающего через линейку 2 УФ-светодиодов. На цифровом
5 выходе контроллера 7 формируется сигнал «импульсы управления» в соответствии с заданной частотой и скважностью управляющих импульсов. Контроллер 7 формирует сигнал «импульсы управления» до тех пор, пока не будет снята команда на включение, или до тех пор, пока температура УФ-светодиодов не достигнет
10 максимальной заданной температуры. Контроллер 7 отслеживает температуру УФ-светодиодов по сигналу с датчика 3 температуры, расположенному на радиаторе 4, к которому прикреплены линейки 2 УФ-светодиодов. Когда сигнал с датчика 3 температуры достигнет заданного значения максимальной рабочей температуры, которое хранится в памяти контроллера 7, последний в соответствии с управляющей
15 программой либо прекращает подачу сигналов «импульсы управления», либо увеличивает скважность импульсов управления с целью снижения выходной мощности УФ-светодиодов, либо уменьшает уровень сигнала на аналоговом выходе контроллера 7 с целью снижения тока, протекающего через каждую линейку 2
20 светодиодов. Сигнал «установка тока» с аналогового выхода контроллера 7 одновременно поступает на все силовые модули 9, задавая величину тока в линейках 2 УФ-светодиодов. Цифровые выходы контроллера 7 соединены соответственно с каждым силовым модулем 9, что позволяет включать каждый модуль 9 с задержкой относительно друг друга для снижения пиковой мощности источника питания
25 устройства (не показан). Силовой модуль 9 при поступлении на него управляющих сигналов от контроллера 7 формирует импульсы тока в линейке 2 УФ-светодиодов такой величины и скважности, которые соответствуют управляющим сигналам контроллера 7. При протекании импульсов тока через УФ-светодиоды линеек 2,
30 последние вырабатывают УФ-излучение и тепло. Тепло, вырабатываемое УФ-светодиодами, отводится на радиатор 3 с водяным охлаждением и там рассеивается. УФ-излучение, проходя через оптическую систему 5 фокусировки, собирается в пучок, т.е. фокусируется. Сфокусированное УФ-излучение направляют на материал, на
35 который нанесено УФ-отверждаемое вещество.

Таким образом, известный способ отверждения вещества УФ-излучением и устройство для его реализации, во-первых, позволяют отказаться от использования люминесцентных ламп и поэтому обладают более высоким КПД, стабильной рабочей температурой, большим временным ресурсом, повышенной экологичностью из-за
40 устранения озона, меньшей потребляемой мощностью. За счет чего расширяется область применения предлагаемого способа отверждения вещества УФ-излучением и устройства для его осуществления. Кроме того, использование в качестве источника излучения только УФ-светодиодов упрощает устройство и снижает себестоимость отверждения вещества УФ-излучением.

45 Снижению себестоимости отверждения вещества УФ-излучением также способствует отсутствие необходимости создания анаэробной области из инертного газа для увеличения производительности УФ-фотоинициаторов.

Во-вторых, использование УФ-светодиодов с одинаковым диапазоном УФ-излучения обеспечивает его полное соответствие длине волны, на которой
50 фотоинициатор обладает максимальной сенсбилизацией, что повышает эффективность отверждения вещества.

В-третьих, контроль интенсивности излучения светодиодов по показаниям датчика

тока УФ-светодиодов, а не по интенсивности излучения, а также с использованием обратной связи и стабилизацией температуры позволяет уменьшить деградацию кристалла и повысить интенсивность излучения УФ-светодиодов. Эффективность системы контроля интенсивности излучения повышается также за счет того, что УФ-светодиоды располагаются непосредственно на радиаторе, а не на подложке, установленной на радиаторе. Уменьшению деградации кристалла также способствует и то, что датчик температуры расположен непосредственно на радиаторе, а не на подложке.

В-четвертых, так как все УФ-светодиоды включены последовательно и все УФ-светодиоды обладают излучением с одной и той же длиной волны, то отсутствует необходимость подбирания тока в линейках светодиодов, что снижает себестоимость процесса УФ-отверждения вещества. Кроме того, при этом повышается стабильность тока через УФ-светодиоды, а следовательно, и стабильность интенсивности излучения светодиодов. К тому же использование светодиодов одного типа, излучающих свет с одной длиной волны и обладающих одинаковыми характеристиками, приводит к упрощению системы управления светодиодами и повышению интенсивности их излучения.

Следовательно, предлагаемое изобретение обеспечивает создание устройства для отверждения вещества УФ-излучением, в котором повышается эффективность системы управления светодиодами и системы охлаждения светодиодов за счет снижения степени деградации кристаллов светодиодов, а также обеспечивает упрощение устройства, снижение его массо-габаритных показателей и обеспечение возможности монтирования, например, на подвижных частях принтера, снижение себестоимости и повышение технологичности УФ-отверждения вещества, повышение экологичности, снижение энергозатрат, продление срока службы за счет отказа от использования люминисцентных ламп и использования светодиодов с одинаковым спектром излучения, а также за счет исключения необходимости подбора светодиодов с одинаковыми параметрами и создания анаэробных областей.

В итоге, предлагаемое изобретение позволяет расширить область применения способа отверждения вещества УФ-излучением и устройства для его реализации за счет возможности использования, например, в пьезоструйных полноцветных принтерах с различными типами печатающих головок для получения полноцветного изображения на поверхностях из различных материалов, таких как гибкие и листовые полимеры, стекло, металл, керамика, дерево и т.п., при одновременном обеспечении высокой скорости отверждения достаточно толстого слоя УФ-отверждаемого вещества в узком диапазоне УФ-излучения.

Формула изобретения

1. Способ отверждения вещества УФ-излучением, при котором на вещество, включающее фотоинициаторы, воздействуют излучением УФ-светодиодов, при этом интенсивностью УФ-излучения управляют в зависимости от свойств отверждаемого вещества и условий отверждения, отличающийся тем, что на вещество, включающее фотоинициаторы, воздействуют УФ-излучением с одинаковым спектром излучения всех УФ-светодиодов, соответствующим области спектра, в которой фотоинициаторы вещества обладают максимальной сенсibiliзацией, при этом на УФ-светодиоды подают последовательность импульсов тока, частота которых находится в диапазоне от 1 кГц до 10 МГц, и управляют интенсивностью УФ-излучения за счет управления частотой, величиной тока и скважностью импульсов тока, так, чтобы средняя

рассеиваемая мощность УФ-светодиодов равнялась или приближалась к максимальной, но не превышала критического значения, приводящего к разрушению УФ-светодиодов.

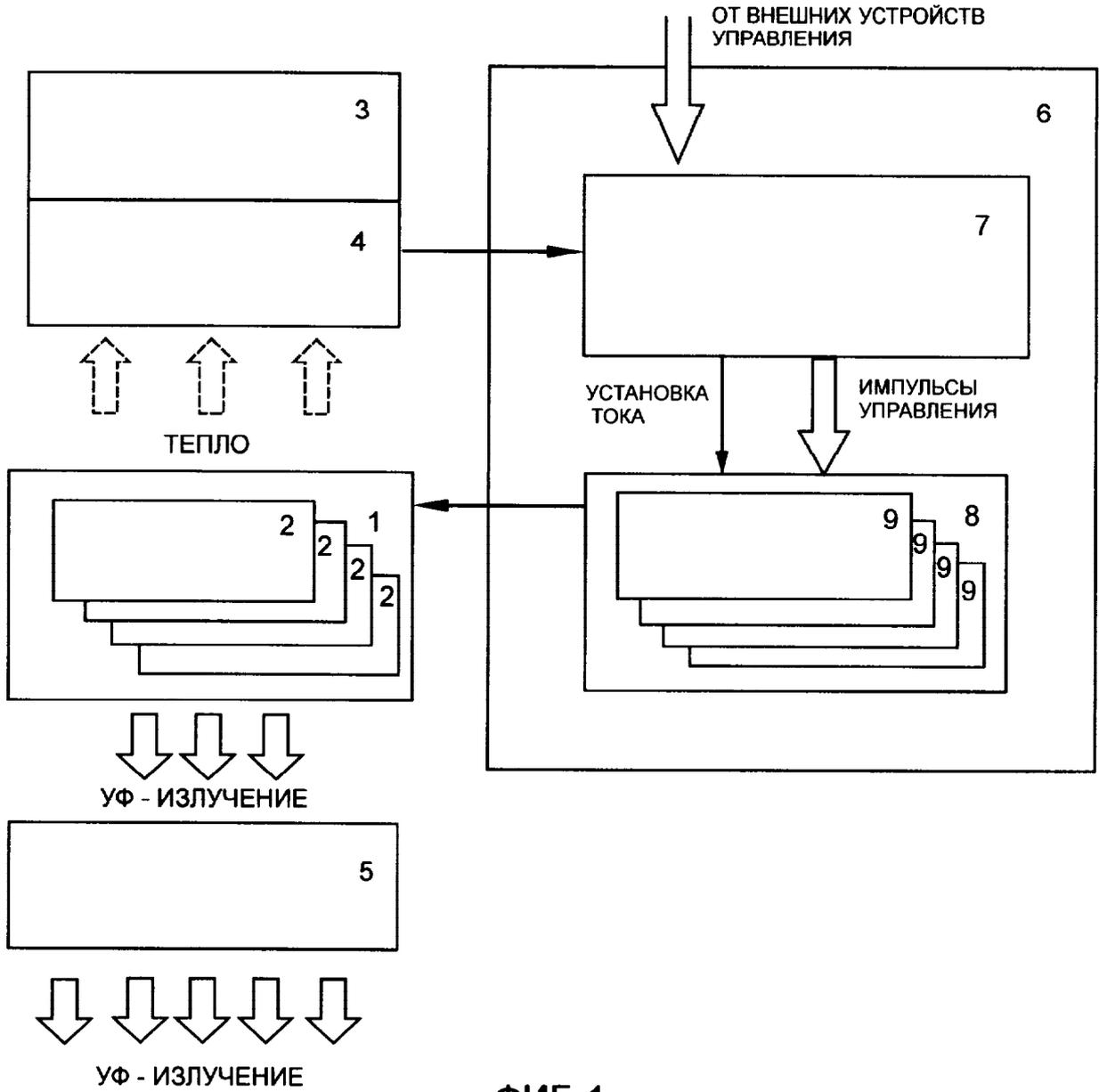
5 2. Способ отверждения вещества УФ-излучением по п.1, отличающийся тем, что частотой, величиной тока и скважностью импульсов тока управляют в зависимости от параметров из ряда: энергия полимеризации УФ-отверждаемого вещества и его состав; толщина слоя УФ-отверждаемого вещества и способ нанесения слоя; длительность воздействия УФ-излучением на вещество;

10 температура и влажность окружающей среды;
характеристики УФ-светодиодов.

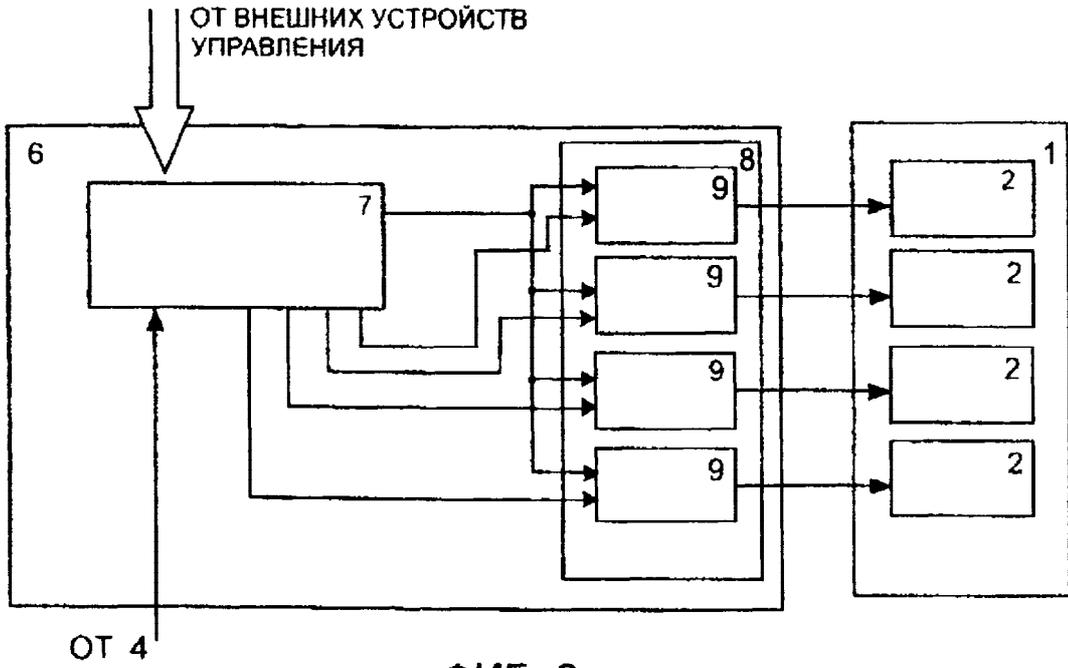
3. Устройство для отверждения вещества УФ-излучением, содержащее источник УФ-излучения в виде линеек (рядов) включенных последовательно УФ-светодиодов, радиатор для охлаждения УФ-светодиодов, датчик температуры, связанный с блоком управления УФ-светодиодами, отличающееся тем, что источник УФ-излучения снабжен системой оптической фокусировки, а УФ-светодиоды выполнены с одинаковым спектром излучения, блок управления УФ-светодиодами содержит управляющий контроллер, связанный с внешними вычислительными устройствами и соединенные с управляющим контроллером своими первыми и вторыми информационными входами силовые модули управления УФ-светодиодами, каждый из которых своими силовыми выводами подключен к соответствующей линейке светодиодов, при этом датчик температуры расположен непосредственно на радиаторе и своим выходом соединен с соответствующим информационным входом контроллера, а каждый из силовых модулей выполнен в виде импульсного управляемого стабилизатора тока, обеспечивающего подачу импульсов тока на соответствующую линейку УФ-светодиодов в диапазоне частоты от 1 кГц до 10 МГц, при этом частота, величина тока и скважность импульсов тока устанавливается в зависимости от свойств отверждаемого вещества и условий отверждения.

4. Устройство для отверждения вещества УФ-излучением по п.3, отличающееся тем, что УФ-светодиоды закреплены непосредственно на радиаторе преимущественно с помощью пайки.

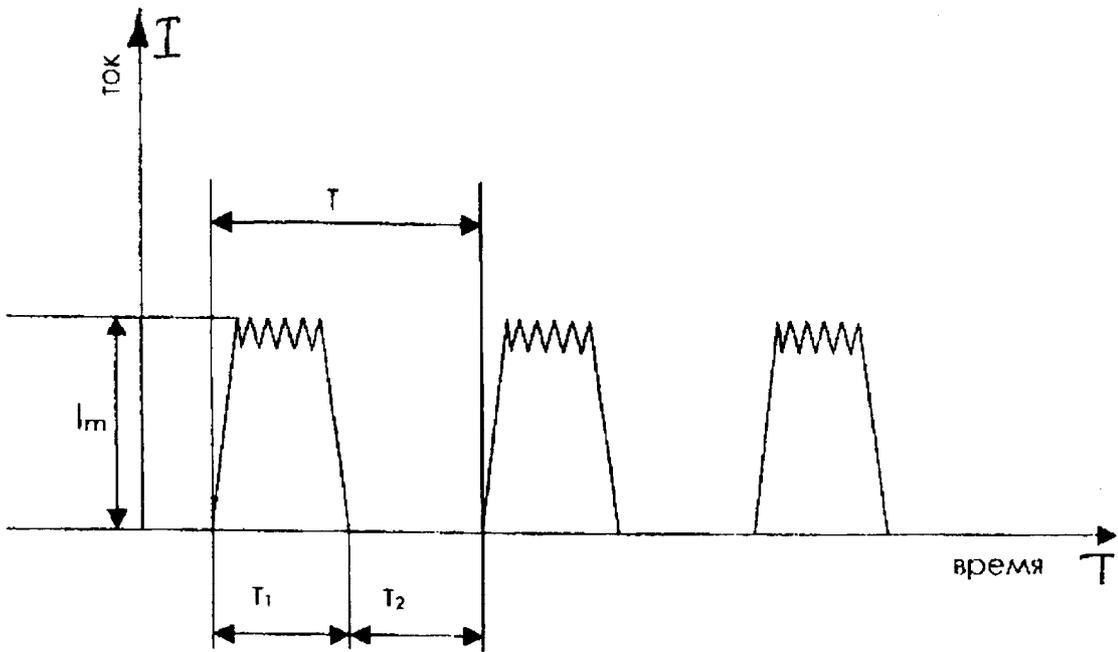
5. Устройство для отверждения вещества УФ-излучением по п.3, отличающееся тем, что радиатор выполнен в виде жидкостного теплообменника.



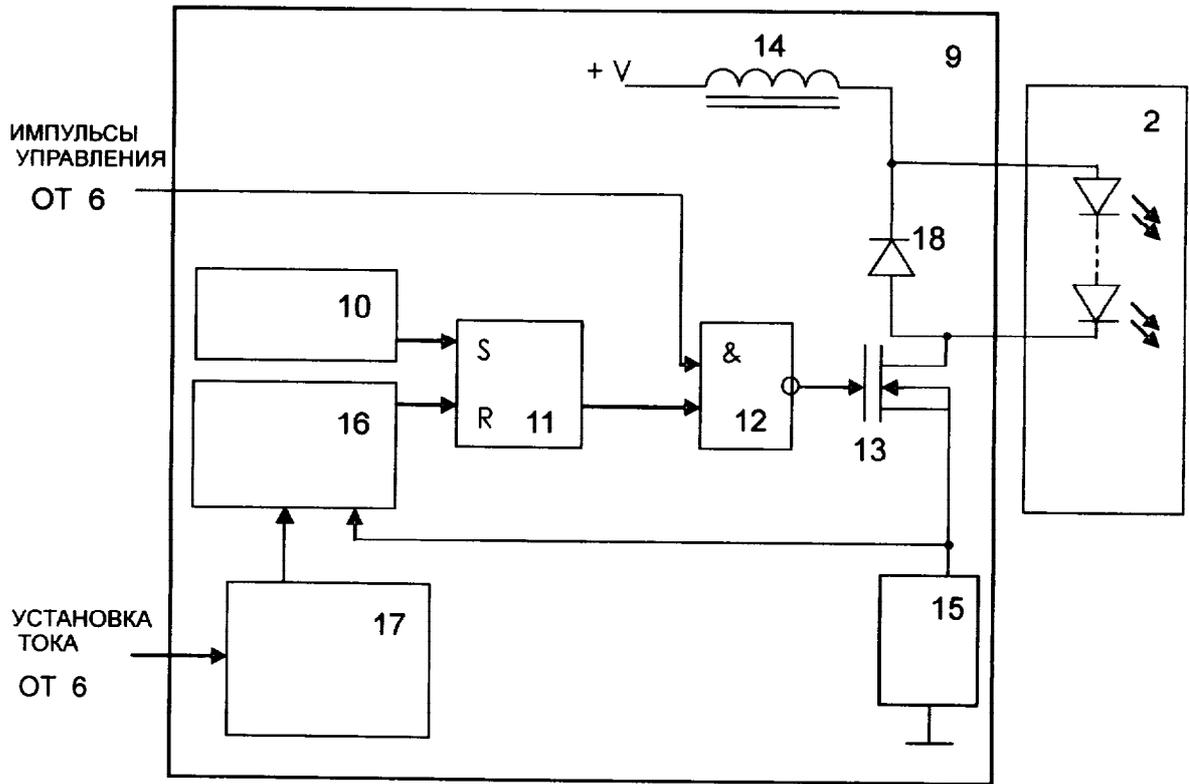
ФИГ. 1



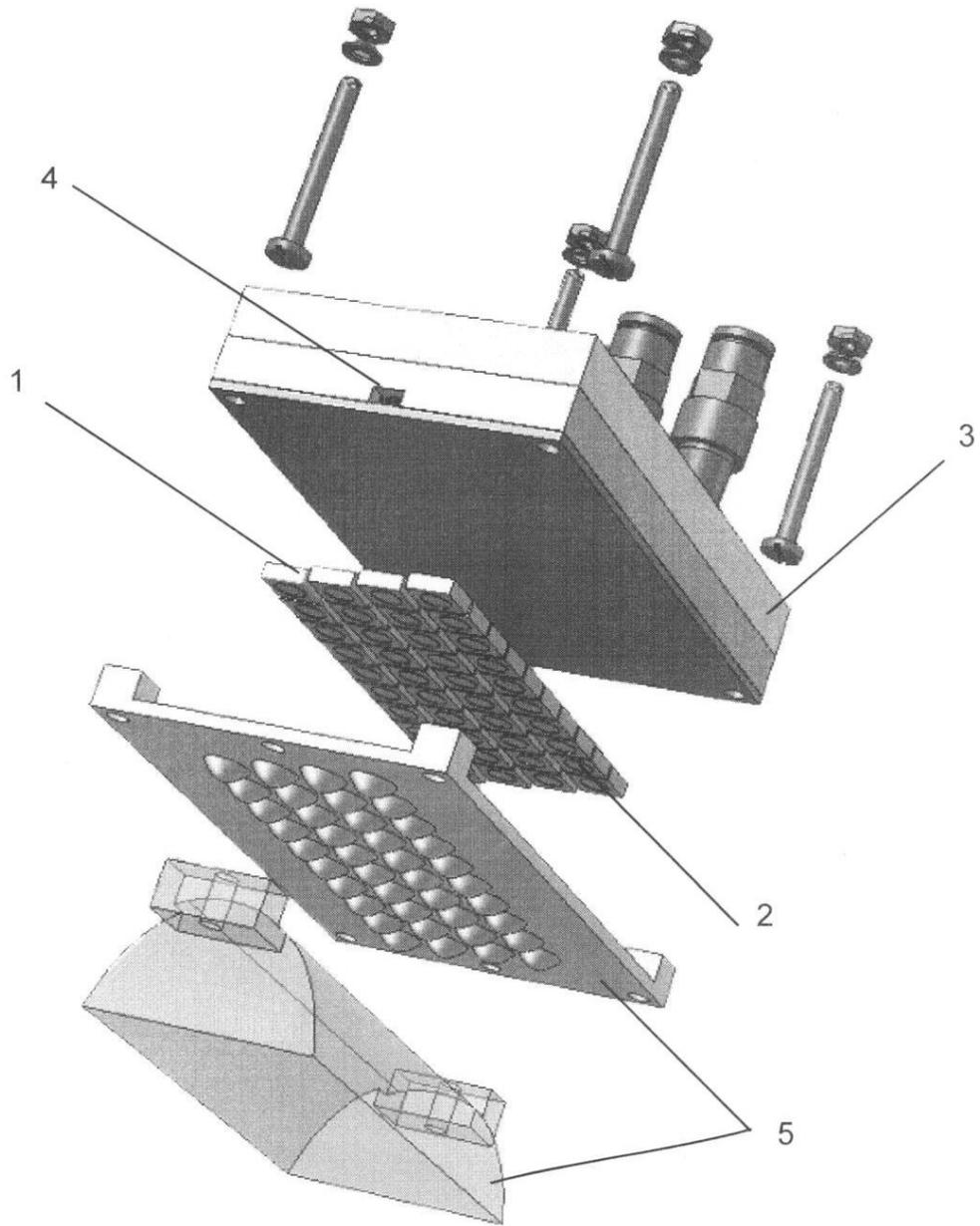
ФИГ. 2



ФИГ. 3



ФИГ. 4



ФИГ. 5