



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: 2004104657/22, 17.02.2004

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
17.02.2004

(46) Опубликовано: 10.07.2004

Адрес для переписки:
119991, Москва, ул. Косыгина, 4, Институт
химической физики РАН, патентный отдел

(72) Автор(ы):

Григорьянц А.Г. (RU),
Шиганов И.Н. (RU),
Малов И.Е. (RU),
Шепелев Г.В. (RU),
Евстропов Г.М. (RU),
Западинский Б.И. (RU),
Любимов А.В. (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Московский государственный технический
университет им. Н.Э. Баумана (RU)

(54) ЛАЗЕРНАЯ СТЕРЕОЛИТОГРАФИЧЕСКАЯ УСТАНОВКА

Формула полезной модели

1. Лазерная стереолитографическая установка, содержащая лазер, оптические средства сканирования лазерного луча, бак с фотополимеризующейся композицией (ФПК), платформу с устройством ее вертикального перемещения, выполненным с возможностью дискретного погружения платформы в бак с ФПК на глубину, равную толщине очередного обрабатываемого слоя, и систему компьютерного управления, включающую компьютерную модель для формирования послойного изображения трехмерного изделия, отличающаяся тем, что она дополнительно содержит акустооптический модулятор, размещенный между лазером и оптическими средствами сканирования лазерного луча, термостат для поддержания ФПК в жидком состоянии и систему выравнивания поверхности очередного обрабатываемого слоя ФПК перед сканированием лазерным лучом, при этом лазер выполнен с длиной волны излучения зеленой области спектра, оптические средства сканирования лазерного луча содержат систему перемещения луча порталного типа, компьютерная модель дополнительно содержит информацию о формировании подпорок для изделия, а в качестве ФПК использована композиция, способная полимеризоваться под действием видимого света.

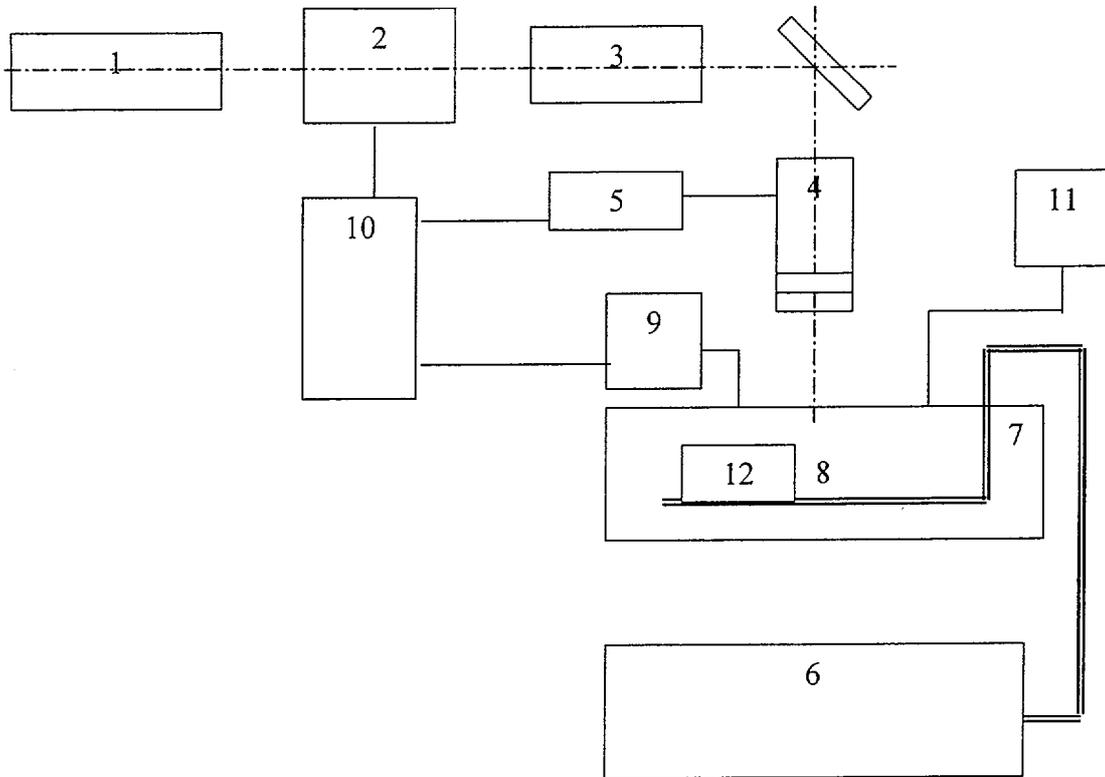
2. Установка по п.1, отличающаяся тем, что длина волны лазерного излучения равна 532 нм.

3. Установка по п.1 или 2, отличающаяся тем, что минимальная глубина погружения платформы составляет 15 мкм.

4. Установка по п.1, отличающаяся тем, что в качестве ФПК, способной полимеризоваться под действием видимого света, использована смесь высоковязкого метакрилизованного диглицидилдифенилолпропана и низковязкого акрилового

полифункционального мономера, включающая иницирующую систему, содержащую краситель и соинициатор, способную передавать энергию с фотовозбужденной молекулы красителя на соинициатор.

5. Установка по п.4, отличающаяся тем, что в качестве красителя в иницирующей системе ФПК использована “бенгальская роза”, а в качестве соинициатора - диметиламиноэтанол.



RU 38969 U1

RU 38969 U1

Полезная модель относится к области формирования изделий по геометрической или математической модели, в частности к изготовлению трехмерных объектов сложной формы из отверждающейся под воздействием лазерного излучения жидкой фотополимеризующейся среды.

В настоящее время значительного прогресса достигли технологии послойного формирования трехмерных объектов по их компьютерным моделям, так называемые технологии быстрого прототипирования, основанные на использовании метода лазерной стереолитографии. Получаемые изделия применяются конструкторами и дизайнерами, для точного литья, в медицине, в ювелирной промышленности и т.д.

На сегодняшний день возможно изготовить достаточно сложные по форме отливки. Однако конструкция большинства ныне выпускаемых установок обуславливает ряд принципиальных ограничений в практическом применении лазерной стереолитографии.

Направления, разрабатываемые отечественными и зарубежными фирмами, основаны на технических решениях, которые ограничивают возможности увеличения производительности, а также габаритов выращиваемых изделий. В первую очередь это связано с типом используемого лазера и методом позиционирования лазерного луча.

Наиболее распространенные установки серии SLA и отечественные серии ЛС устроены по одному принципу. Все они используют сканаторную систему перемещения луча, которой присущи следующие недостатки:

1. Облучение поверхности фотополимеризующейся композиции (ФПК) без нарушения фокусировки возможно только в пределах определенного угла отклонения сканатора.

2. Реально размеры поля обработки могут быть не более 508 мм на 508 мм.

3. Непостоянство точности позиционирования луча на разном расстоянии от центра поля обработки.

4. Неперпендикулярность луча к плоскости обработки.

5. Прямопропорциональная зависимость минимально возможного диаметра лазерного луча в фокусе от максимально возможной площади обработки.

До недавнего времени в стереолитографических установках широко использовались газовые лазеры с отпаянной трубкой, которые имеют ограниченный срок службы и низкую стабильность параметров генерации, не отличаются высокой надежностью.

В последние годы используются твердотельные АИГ:Nd лазеры с оптической накачкой. С помощью нелинейных оптических элементов длина волны генерации 1064 нм уменьшается втрое до 355 нм (УФ диапазон). Такие системы требуют водяного охлаждения, имеют достаточно большие габариты и являются весьма дорогостоящими.

Ближайшим аналогом заявленного устройства является установка, включающая систему компьютерного управления, содержащую компьютерную модель для формирования послойного изображения трехмерного изделия, лазер УФ диапазона, оптические средства сканирования лазерного луча, бак с жидкой ФПК, отверждающейся под действием УФ света, и погружающуюся платформу с устройством, обеспечивающим ее дискретное вертикальное перемещение на глубину, равную толщине очередного обрабатываемого слоя (патент США №4575330, МКИ В 29 D 11/00, G 03 C, НКИ 425/174.4, опубл. 11.03.1986).

К недостаткам известного устройства (прототипа) можно отнести невозможность

изготовления изделий с габаритами более 250 мм, низкую стабильность параметров генерации, сложность и громоздкость установки, ограниченный срок службы лазера, что приводит к повышению себестоимости изготовления устройства и изделий.

5 Задачей полезной модели является создание такой установки для лазерной стереолитографии, которая позволит увеличить размеры поля обработки, обеспечит повышение ресурса работы установки и снизит себестоимость изготовления установки и изготовления изделий.

10 Поставленная задача решается тем, что лазерная стереолитографическая установка, содержащая лазер, оптическую систему сканирования лазерного луча, бак с фотополимеризующейся композицией (ФПК), платформу с устройством ее вертикального перемещения, выполненным с возможностью дискретного погружения платформы в бак с ФПК на глубину, равную толщине очередного обрабатываемого слоя, и систему компьютерного управления, включающую компьютерную модель для 15 формирования послойного изображения трехмерного изделия, согласно изобретению, дополнительно содержит акустооптический модулятор, размещенный между лазером и оптическими средствами сканирования лазерного луча, термостат для поддержания ФПК в жидком состоянии и систему выравнивания поверхности очередного 20 обрабатываемого слоя ФПК перед сканированием лазерным лучом, при этом лазер выполнен с длиной волны излучения зеленой области спектра, оптические средства сканирования лазерного луча содержат систему перемещения луча портального типа, компьютерная модель дополнительно содержит информацию о формировании подпорок для изделия, а в

25 качестве ФПК использована композиция, способная полимеризоваться под действием видимого света.

Предпочтительно, чтобы длина волны лазерного излучения в установке была равна 532 нм, а толщина обрабатываемого слоя равна или более 15 мкм.

30 Целесообразно, чтобы в качестве ФПК, способной полимеризоваться под действием видимого света, была использована смесь высоковязкого метакрилированного диглицидилдифенилолпропана и низковязкого акрилового полифункционального мономера, включающая иницирующую систему, содержащую краситель и соинициатор, способную передавать энергию с фотовозбужденной 35 молекулы красителя на соинициатор.

В качестве красителя можно использовать «бенгальскую розу», а в качестве соинициатора - диметиламиноэтанол.

40 Полезная модель поясняется чертежом, где на фиг.1 представлена блок-схема заявленной установки, на фиг.2 схематично изображено выращиваемое на платформе изделие с подпорками, а на фиг.3 схематично представлена система перемещения портального типа.

45 Лазерная стереолитографическая установка содержит твердотельный лазер 1 с генерацией 2-ой гармоники с диодной накачкой, излучающий в зеленом диапазоне спектра, а именно на длине волны 532 нм, акустооптический модулятор 2, размещенный между лазером 1 и оптической системой сканирования лазерного луча и обеспечивающий быстрое включение и выключение излучения. Оптическая система сканирования содержит систему поворотных зеркал 3, фокусирующий объектив 4, 50 обеспечивающий фокусировку лазерного луча на поверхности ФПК в пятно диаметром от 50 до 250 мкм, и систему перемещения портального типа 5, обеспечивающую направление излучения в различные точки поверхности ФПК. Кроме того, установка содержит бак 7, наполненный ФПК, платформу 8, устройство

вертикального перемещения 6 платформы 8, датчик уровня ФПК 9, систему компьютерного управления 10, термостат 11 и систему выравнивания поверхности ФПК (на чертеже не указана).

Работа лазерной стереолитографической установки заключается в следующем.

5 В бак 7 заливается жидкая ФПК. Платформа 8 с помощью устройства вертикального перемещения 6 погружается в ФПК на глубину, равную толщине обрабатываемого слоя. При этом в компьютер системы управления 10 вводят 3-мерную компьютерную модель в виде двух файлов, в одном из которых содержится набор слоев изделия, которое необходимо вырастить, с указанием толщины каждого слоя и параметров лазерного излучения. Во втором файле содержится информация о подпорках для выращиваемого изделия.

15 С помощью системы нагрева, включающей термостат 11, прогревают ФПК и поддерживают рабочую температуру. Далее с помощью системы выравнивания поверхность ФПК выравнивают и сканируют слой ФПК, перемещая лазерный луч перпендикулярно к поверхности с помощью оптической системы сканирования. Лазерный луч вырисовывает изображение в первом слое (подпорки выращиваются параллельно с самим изделием). В месте воздействия лазерного луча инициируется реакция полимеризации, в результате которой ФПК переходит в твердое состояние. Таким образом получается твердая модель первого слоя выращиваемого изделия. 20 Далее платформа 8 погружается в ФПК, перемещаясь вниз на расстояние, равное толщине второго слоя, и процесс повторяется (выравнивание поверхности и лазерное сканирование). После того, как все слои будут отработаны, получают готовое 25 пластиковое изделие 12.

Предлагаемая установка позволяет получать изделия с высокой точностью (до 100 мкм) и в сроки, в 5-10 раз меньшие, чем традиционные технологии.

30 Система перемещения порталного типа 5 позволяет практически неограниченно увеличивать поле сканирования, когда обрабатываемый объект неподвижен по горизонтальным координатам. С помощью системы 5 фокусирующий объектив 4 перемещается в горизонтальной плоскости по двум горизонтальным координатным осям, при этом лазерный луч все время направлен перпендикулярно поверхности ФПК.

35 Система выравнивания поверхности ФПК представляет собой прямой нож, размещаемый вдоль поверхности ФПК так, что плоскость ножа перпендикулярна поверхности ФПК. В силу большой вязкости фоточувствительной композиции естественное растекание образующихся неровностей на ее поверхности занимает 40 значительный период времени, поэтому для ускорения выравнивания поверхности указанный нож двигают по горизонтали и снимают излишки ФПК (подобно ножу бульдозера).

45 Так как послойно выращиваемый объект (изделие) находится в жидкости, его необходимо жестко зафиксировать на платформе, чтобы избежать смещений и даже отрыва от платформы в результате действия гидродинамических сил, которые 50 появляются при движении платформы или при смещении центра масс выращиваемого объекта. Кроме того, большая площадь контакта изделия с платформой затрудняет его отделение от платформы, а зачастую приводит к повреждению выращенного изделия при съеме его с платформы. Чтобы избежать этого, необходимы подпорки, на которых создается изделие. Подпорки, как правило, представляют собой тонкие (0.1-0.5 мм) стенки, которые, пересекаясь друг с другом, образуют жесткую конструкцию. После съема изделия с платформы остатки подпорок удаляются вручную путем

отламывания.

Другое функциональное назначение подпорок заключается в поддержании в процессе построения выступов и «ручек», а также несвязных областей сечения, которые не имеют общих точек с предыдущим слоем. Например, консольные участки изделия могут провисать в процессе построения без подпорок.

Сочетание использования системы перемещения порталного типа и подпорок позволяет выращивать изделия большого размера.

Твердотельный лазер с диодной накачкой, излучающий в зеленом диапазоне спектра (532 нм), имеет высокий КПД, малые габариты, проще в использовании, более надежен в течение всего срока службы и гораздо дешевле. Зеленое излучение по сравнению с ультрафиолетовым является более удобным для использования в технологических установках. Это объясняется тем, что оптические системы для видимого диапазона хорошо разработаны и позволяют использовать все известные схемы сканирования лазерного луча и световолоконной оптики.

Основным препятствием замены УФ лазера на зеленый являлось отсутствие ФПК, способной полимеризоваться с достаточно высокой скоростью под воздействием излучения с такой длиной волны, в настоящее время авторами необходима ФПК создана, то есть разработана композиция с высокой фоточувствительностью. В ФПК введена иницирующая система, способная начинать полимеризацию при облучении видимым светом: она содержит краситель и соинициатор, при этом краситель, поглощающий видимый свет, выступает в качестве сенсibilизатора - он передает накопленную энергию соинициатору, который под воздействием полученной энергии после ряда химических преобразований распадается на свободные радикалы, начинающие процесс отверждения. Подбором мономеров с различной реакционной способностью можно регулировать скорость процесса полимеризации.

Эксперименты показали, что критическая доза облучения, после которой начинается реакция фотоиницированной полимеризации, составляет 24 мДж/см², что всего в два раза превышает аналогичную дозу традиционной композиции при УФ облучении. Данное отставание является естественным, поскольку зеленое излучение обладает меньшей энергетикой по сравнению с ультрафиолетовым. Использование твердотельного лазера с диодной накачкой и длиной волны излучения 532 нм позволило увеличить мощность излучения со 100 до 200 мВт, что удвоило скорость выхода твердого полимера. В результате удалось обеспечить производительность предлагаемой установки для лазерной стереолитографии, равную или близкую к производительности отечественной установки с УФ газовым лазером.

В ходе экспериментов было установлено, что созданная ФПК позволяет отверждать более тонкие слои (15 мкм), нежели традиционные ФПК (25 мкм), что обеспечивает повышение разрешающей способности заявленной установки и уменьшение шероховатости поверхности получаемых изделий. При этом отверждение производится в воздушной среде, что удобнее технологически и экономичней, в то время как традиционные ФПК позволяют отверждать минимальный по толщине слой (25 мкм) только в среде защитных газов.

По сравнению с известными аналогами заявленная установка обладает следующими преимуществами:

- пониженная энергоемкость процесса вследствие использования экономичного и малогабаритного лазера видимого диапазона;
- улучшенные экологические и санитарные условия реализации процесса вследствие замены УФ-лазера на лазер видимого диапазона;

- повышение точности (разрешения) формирования изделия в результате снижения толщины слоя твердого полимера, образующегося за 1 проход;
- повышенный ресурс работы установки;
- увеличение размеров поля обработки;
- низкая себестоимость изготовления установки и получаемых изделий.

По предварительным экономическим оценкам стоимость заявленной установки может быть примерно в два раза ниже стоимости отечественной установки ЛС-250 и в три раза ниже стоимости установки фирмы «3D Systems».

(57) Реферат

Полезная модель относится к лазерной стереолитографии. Лазерная стереолитографическая установка содержит твердотельный лазер с диодной накачкой, излучающий в зеленом диапазоне спектра, а именно на длине волны 532 нм, оптические средства сканирования лазерного луча, бак с жидкой фотополимеризующейся композицией (ФПК), платформу с устройством ее дискретного вертикального перемещения в баке, систему выравнивания поверхности обрабатываемого слоя ФПК, акустооптический модулятор, размещенный между лазером и оптическими средствами сканирования лазерного луча, содержащими систему перемещения луча портального типа, и систему компьютерного управления. В качестве ФПК использована смесь высоковязкого метакрилированного диглицидилдифенилолпропана и низковязкого акрилового полифункционального мономера, включающая иницирующую систему, способная полимеризоваться с высокой скоростью под действием видимого света. Технический результат - повышение ресурса работы установки, увеличение площади обработки и уменьшение себестоимости установки и изготовления изделий.

Реферат**ЛАЗЕРНАЯ СТЕРЕОЛИТОГРАФИЧЕСКАЯ УСТАНОВКА**

Полезная модель относится к лазерной стереолитографии. Лазерная стереолитографическая установка содержит твердотельный лазер с диодной накачкой, излучающий в зеленом диапазоне спектра, а именно на длине волны 532 нм, оптические средства сканирования лазерного луча, бак с жидкой фотополимеризующейся композицией (ФПК), платформу с устройством ее дискретного вертикального перемещения в баке, систему выравнивания поверхности обрабатываемого слоя ФПК, акустооптический модулятор, размещенный между лазером и оптическими средствами сканирования лазерного луча, содержащими систему перемещения луча портального типа, и систему компьютерного управления. В качестве ФПК использована смесь высоковязкого метакрилированного диглицидилдифенилолпропана и низковязкого акрилового полифункционального мономера, включающая иницирующую систему, способная полимеризоваться с высокой скоростью под действием видимого света. Технический результат – повышение ресурса работы установки, увеличение площади обработки и уменьшение себестоимости установки и изготовления изделий.



ЛАЗЕРНАЯ СТЕРЕОЛИТОГРАФИЧЕСКАЯ УСТАНОВКА

Полезная модель относится к области формирования изделий по геометрической или математической модели, в частности к изготовлению трехмерных объектов сложной формы из отверждающейся под воздействием лазерного излучения жидкой фотополимеризующейся среды.

В настоящее время значительного прогресса достигли технологии послойного формирования трехмерных объектов по их компьютерным моделям, так называемые технологии быстрого прототипирования, основанные на использовании метода лазерной стереолитографии. Получаемые изделия применяются конструкторами и дизайнерами, для точного литья, в медицине, в ювелирной промышленности и т.д.

На сегодняшний день возможно изготовить достаточно сложные по форме отливки. Однако конструкция большинства ныне выпускаемых установок обуславливает ряд принципиальных ограничений в практическом применении лазерной стереолитографии.

Направления, разрабатываемые отечественными и зарубежными фирмами, основаны на технических решениях, которые ограничивают возможности увеличения производительности, а также габаритов выращиваемых изделий. В первую очередь это связано с типом используемого лазера и методом позиционирования лазерного луча.

Наиболее распространенные установки серии SLA и отечественные серии ЛС устроены по одному принципу. Все они используют сканаторную систему перемещения луча, которой присущи следующие недостатки:

1. Облучение поверхности фотополимеризующейся композиции (ФПК) без нарушения фокусировки возможно только в пределах определенного угла отклонения сканатора.
2. Реально размеры поля обработки могут быть не более 508 мм на 508мм.
3. Непостоянство точности позиционирования луча на разном расстоянии от центра поля обработки.
4. Неперпендикулярность луча к плоскости обработки.
5. Прямопропорциональная зависимость минимально возможного диаметра лазерного луча в фокусе от максимально возможной площади обработки.

До недавнего времени в стереолитографических установках широко использовались газовые лазеры с отпаянной трубкой, которые имеют ограниченный срок службы и низкую стабильность параметров генерации, не отличаются высокой надежностью.

В последние годы используются твердотельные АИГ:Nd лазеры с оптической накачкой. С помощью нелинейных оптических элементов длина волны генерации 1064 нм уменьшается втрое до 355 нм (УФ диапазон). Такие системы требуют водяного охлаждения, имеют достаточно большие габариты и являются весьма дорогостоящими.

Ближайшим аналогом заявленного устройства является установка, включающая систему компьютерного управления, содержащую компьютерную модель для формирования послойного изображения трехмерного изделия, лазер УФ диапазона, оптические средства сканирования лазерного луча, бак с жидкой ФПК, отверждающейся под действием УФ света, и погружающуюся платформу с устройством, обеспечивающим ее дискретное вертикальное перемещение на глубину, равную толщине очередного обрабатываемого слоя (патент США № 4575330, МКИ В29D 11/00, G03С, НКИ 425/174.4, опубл. 11.03.1986).

К недостаткам известного устройства (прототипа) можно отнести невозможность изготовления изделий с габаритами более 250 мм, низкую стабильность параметров генерации, сложность и громоздкость установки, ограниченный срок службы лазера, что приводит к повышению себестоимости изготовления устройства и изделий.

Задачей полезной модели является создание такой установки для лазерной стереолитографии, которая позволит увеличить размеры поля обработки, обеспечит повышение ресурса работы установки и снизит себестоимость изготовления установки и изготовления изделий.

Поставленная задача решается тем, что лазерная стереолитографическая установка, содержащая лазер, оптическую систему сканирования лазерного луча, бак с фотополимеризующейся композицией (ФПК), платформу с устройством ее вертикального перемещения, выполненным с возможностью дискретного погружения платформы в бак с ФПК на глубину, равную толщине очередного обрабатываемого слоя, и систему компьютерного управления, включающую компьютерную модель для формирования послойного изображения трехмерного изделия, согласно изобретению, дополнительно содержит акусто-оптический модулятор, размещенный между лазером и оптическими средствами сканирования лазерного луча, термостат для поддержания ФПК в жидком состоянии и систему выравнивания поверхности очередного обрабатываемого слоя ФПК перед сканированием лазерным лучом, при этом лазер выполнен с длиной волны излучения зеленой области спектра, оптические средства сканирования лазерного луча содержат систему перемещения луча порталного типа, компьютерная модель дополнительно содержит информацию о формировании подпорок для изделия, а в

качестве ФПК использована композиция, способная полимеризоваться под действием видимого света.

Предпочтительно, чтобы длина волны лазерного излучения в установке была равна 532 нм, а толщина обрабатываемого слоя равна или более 15 мкм.

Целесообразно, чтобы в качестве ФПК, способной полимеризоваться под действием видимого света, была использована смесь высоковязкого метакрилированного диглицидилдифенилолпропана и низковязкого акрилового полифункционального мономера, включающая иницирующую систему, содержащую краситель и соинициатор, способную передавать энергию с фотовозбужденной молекулы красителя на соинициатор.

В качестве красителя можно использовать «бенгальскую розу», а в качестве соинициатора – диметиламиноэтанол.

Полезная модель поясняется чертежом, где на фиг. 1 представлена блок-схема заявленной установки, на фиг. 2 схематично изображено выращиваемое на платформе изделие с подпорками, а на фиг. 3 схематично представлена система перемещения портального типа.

Лазерная стереолитографическая установка содержит твердотельный лазер 1 с генерацией 2-ой гармоники с диодной накачкой, излучающий в зеленом диапазоне спектра, а именно на длине волны 532 нм, акусто-оптический модулятор 2, размещенный между лазером 1 и оптической системой сканирования лазерного луча и обеспечивающий быстрое включение и выключение излучения. Оптическая система сканирования содержит систему поворотных зеркал 3, фокусирующий объектив 4, обеспечивающий фокусировку лазерного луча на поверхности ФПК в пятно диаметром от 50 до 250 мкм, и систему перемещения портального типа 5, обеспечивающую направление излучения в различные точки поверхности ФПК. Кроме того, установка содержит бак 7, наполненный ФПК, платформу 8, устройство вертикального перемещения 6 платформы 8, датчик уровня ФПК 9, систему компьютерного управления 10, термостат 11 и систему выравнивания поверхности ФПК (на чертеже не указана).

Работа лазерной стереолитографической установки заключается в следующем.

В бак 7 заливается жидкая ФПК. Платформа 8 с помощью устройства вертикального перемещения 6 погружается в ФПК на глубину, равную толщине обрабатываемого слоя. При этом в компьютер системы управления 10 вводят 3-х мерную компьютерную модель в виде двух файлов, в одном из которых содержится набор слоев изделия, которое необходимо вырастить, с указанием толщины каждого слоя и параметров лазерного излучения. Во втором файле содержится информация о подпорках для выращиваемого изделия.

С помощью системы нагрева, включающей термостат 11, прогревают ФПК и поддерживают рабочую температуру. Далее с помощью системы выравнивания поверхность ФПК выравнивают и сканируют слой ФПК, перемещая лазерный луч перпендикулярно к поверхности с помощью оптической системы сканирования. Лазерный луч вырисовывает изображение в первом слое (подпорки выращиваются параллельно с самим изделием). В месте воздействия лазерного луча инициируется реакция полимеризации, в результате которой ФПК переходит в твердое состояние. Таким образом получается твердая модель первого слоя выращиваемого изделия. Далее платформа 8 погружается в ФПК, перемещаясь вниз на расстояние, равное толщине второго слоя, и процесс повторяется (выравнивание поверхности и лазерное сканирование). После того, как все слои будут отработаны, получают готовое пластиковое изделие 12.

Предлагаемая установка позволяет получать изделия с высокой точностью (до 100 мкм) и в сроки, в 5-10 раз меньшие, чем традиционные технологии.

Система перемещения портального типа 5 позволяет практически неограниченно увеличивать поле сканирования, когда обрабатываемый объект неподвижен по горизонтальным координатам. С помощью системы 5 фокусирующий объектив 4 перемещается в горизонтальной плоскости по двум горизонтальным координатным осям, при этом лазерный луч все время направлен перпендикулярно поверхности ФПК.

Система выравнивания поверхности ФПК представляет собой прямой нож, размещаемый вдоль поверхности ФПК так, что плоскость ножа перпендикулярна поверхности ФПК. В силу большой вязкости фоточувствительной композиции естественное растекание образующихся неровностей на ее поверхности занимает значительный период времени, поэтому для ускорения выравнивания поверхности указанный нож двигают по горизонтали и снимают излишки ФПК (подобно ножу бульдозера).

Так как послойно выращиваемый объект (изделие) находится в жидкости, его необходимо жестко зафиксировать на платформе, чтобы избежать смещений и даже отрыва от платформы в результате действия гидродинамических сил, которые появляются при движении платформы или при смещении центра масс выращиваемого объекта. Кроме того, большая площадь контакта изделия с платформой затрудняет его отделение от платформы, а зачастую приводит к повреждению выращенного изделия при съеме его с платформы. Чтобы избежать этого, необходимы подпорки, на которых создается изделие. Подпорки, как правило, представляют собой тонкие (0.1-0.5 мм) стенки, которые, пересекаясь друг с другом, образуют жесткую конструкцию. После съема изделия с платформы остатки подпорок удаляются вручную путем отламывания.

Другое функциональное назначение подпорок заключается в поддержании в процессе построения выступов и «ручек», а также несвязных областей сечения, которые не имеют общих точек с предыдущим слоем. Например, консольные участки изделия могут провисать в процессе построения без подпорок.

Сочетание использования системы перемещения порталного типа и подпорок позволяет выращивать изделия большого размера.

Твердотельный лазер с диодной накачкой, излучающий в зеленом диапазоне спектра (532 нм), имеет высокий КПД, малые габариты, проще в использовании, более надежен в течение всего срока службы и гораздо дешевле. Зеленое излучение по сравнению с ультрафиолетовым является более удобным для использования в технологических установках. Это объясняется тем, что оптические системы для видимого диапазона хорошо разработаны и позволяют использовать все известные схемы сканирования лазерного луча и световолоконной оптики.

Основным препятствием замены УФ лазера на зеленый являлось отсутствие ФПК, способной полимеризоваться с достаточно высокой скоростью под воздействием излучения с такой длиной волны. В настоящее время авторами необходимая ФПК создана, то есть разработана композиция с высокой фоточувствительностью. В ФПК введена иницирующая система, способная начинать полимеризацию при облучении видимым светом: она содержит краситель и соинициатор, при этом краситель, поглощающий видимый свет, выступает в качестве сенсбилизатора – он передает накопленную энергию соинициатору, который под воздействием полученной энергии после ряда химических преобразований распадается на свободные радикалы, начинающие процесс отверждения. Подбором мономеров с различной реакционной способностью можно регулировать скорость процесса полимеризации.

Эксперименты показали, что критическая доза облучения, после которой начинается реакция фотоиницированной полимеризации, составляет 24 мДж/см^2 , что всего в два раза превышает аналогичную дозу традиционной композиции при УФ облучении. Данное отставание является естественным, поскольку зеленое излучение обладает меньшей энергетикой по сравнению с ультрафиолетовым. Использование твердотельного лазера с диодной накачкой и длиной волны излучения 532 нм позволило увеличить мощность излучения со 100 до 200 мВт, что удвоило скорость выхода твердого полимера. В результате удалось обеспечить производительность предлагаемой установки для лазерной стереолитографии, равную или близкую к производительности отечественной установки с УФ газовым лазером.

В ходе экспериментов было установлено, что созданная ФПК позволяет отверждать более тонкие слои (15 мкм), нежели традиционные ФПК (25 мкм), что обеспечивает повышение разрешающей способности заявленной установки и уменьшение шероховатости поверхности получаемых изделий. При этом отверждение производится в воздушной среде, что удобнее технологически и экономичней, в то время как традиционные ФПК позволяют отверждать минимальный по толщине слой (25 мкм) только в среде защитных газов.

По сравнению с известными аналогами заявленная установка обладает следующими преимуществами:

- пониженная энергоемкость процесса вследствие использования экономичного и малогабаритного лазера видимого диапазона;
- улучшенные экологические и санитарные условия реализации процесса вследствие замены УФ-лазера на лазер видимого диапазона;
- повышение точности (разрешения) формирования изделия в результате снижения толщины слоя твердого полимера, образующегося за 1 проход;
- повышенный ресурс работы установки;
- увеличение размеров поля обработки;
- низкая себестоимость изготовления установки и получаемых изделий.

По предварительным экономическим оценкам стоимость заявленной установки может быть примерно в два раза ниже стоимости отечественной установки ЛС-250 и в три раза ниже стоимости установки фирмы «3D Systems».



Фиг. 1

Авторы:

Григорьянц А.Г.

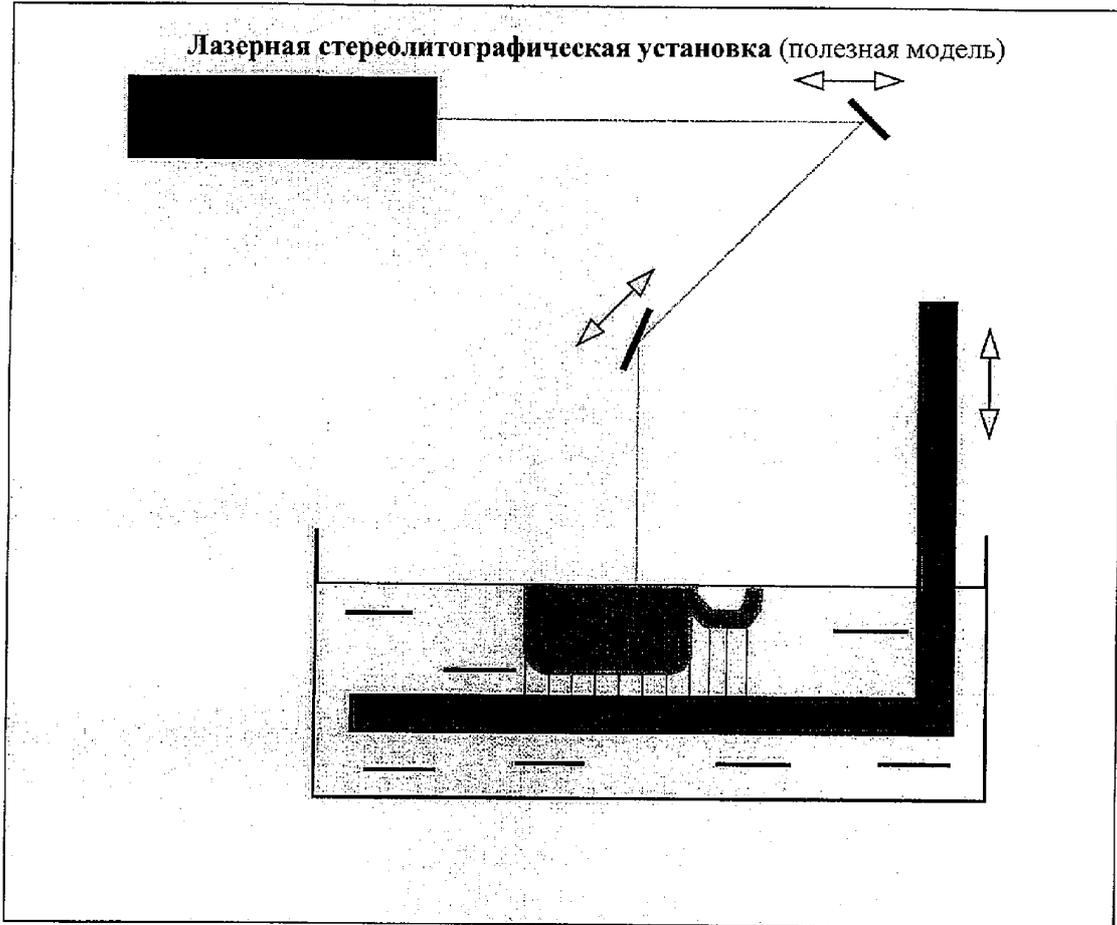
Шиганов И.Н.

Малов И.Е.

Евстропов Г.М.

Западинский Б.И.

Любимов А.В.



Фиг.2

Авторы:

Григорьянц А.Г.

Шиганов И.Н.

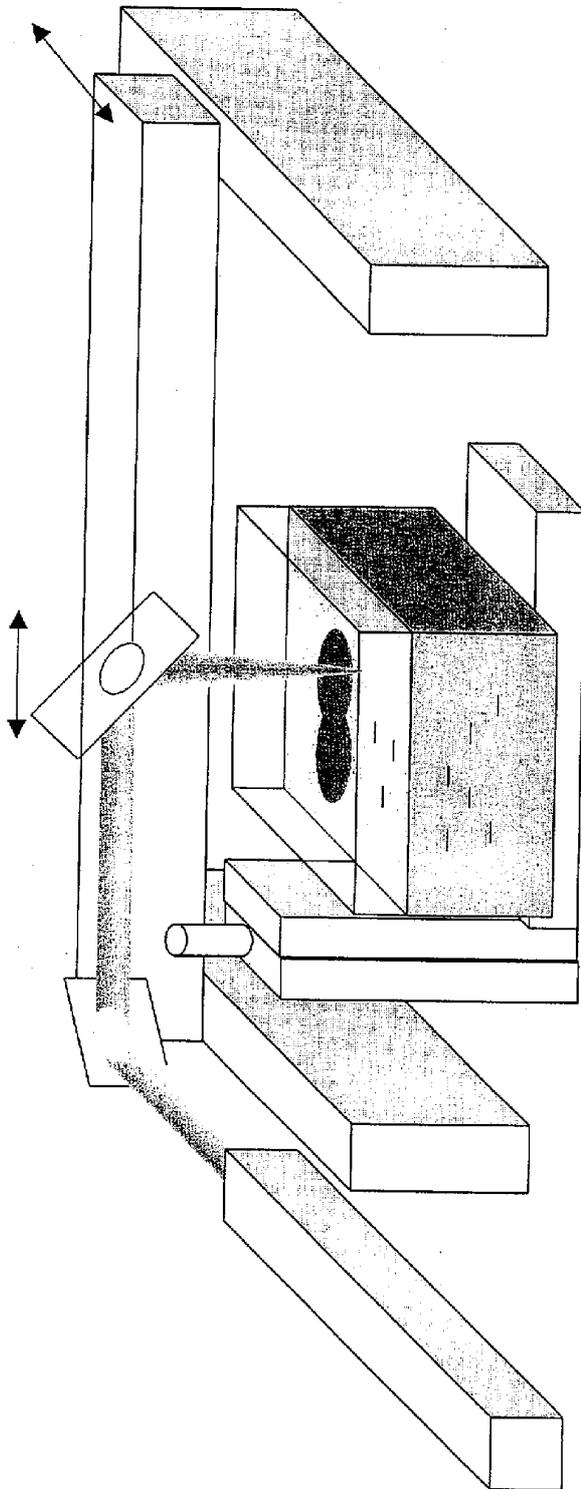
Малов И.Е.

Евстропов Г.М.

Западинский Б.И.

Любимов А.В.

Лазерная стереолитографическая установка (полезная модель)



Фиг. 3

Авторы:
Григорьянц А.Г.
Шиганов И.Н.
Малов И.Е.
Евстропов Г.М.
Западинский Б.И.
Любимов А.В.