

# ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



(19) ВУ (11) 65

(13) U

(51)<sup>6</sup> В 23К 26/00,  
В 23К 26/06,  
А 61N 5/06

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПАТЕНТНЫЙ  
КОМИТЕТ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

(54)

## УСТАНОВКА ДЛЯ ЛАЗЕРНОЙ ОБРАБОТКИ

(21) Номер заявки: u 19990024

(22) Дата поступления: 1999.03.16

(46) Дата публикации: 1999.12.30

(71) Заявитель: Гомельский государственный университет  
имени Франциска Скорины (ВУ)

(72) Авторы: Мышковой В.Н., Максименко А.В., Шалу-  
паев С.В. (ВУ)

(73) Патентообладатель: Гомельский государственный  
университет имени Франциска Скорины (ВУ)

(57)

Установка для лазерной обработки, включающая рабочий лазер, состоящий из цилиндрического активного элемента и резонаторных зеркал, оптическую систему для формирования лазерного пучка заданной геометрии и фокусирующую систему, отличающаяся тем, что она дополнительно содержит вспомогательный лазер с длиной волны видимого диапазона, соответствующей области прозрачности активного элемента и резонаторных зеркал рабочего лазера, причем вспомогательный и рабочий лазеры последовательно расположены на одной оптической оси установки.

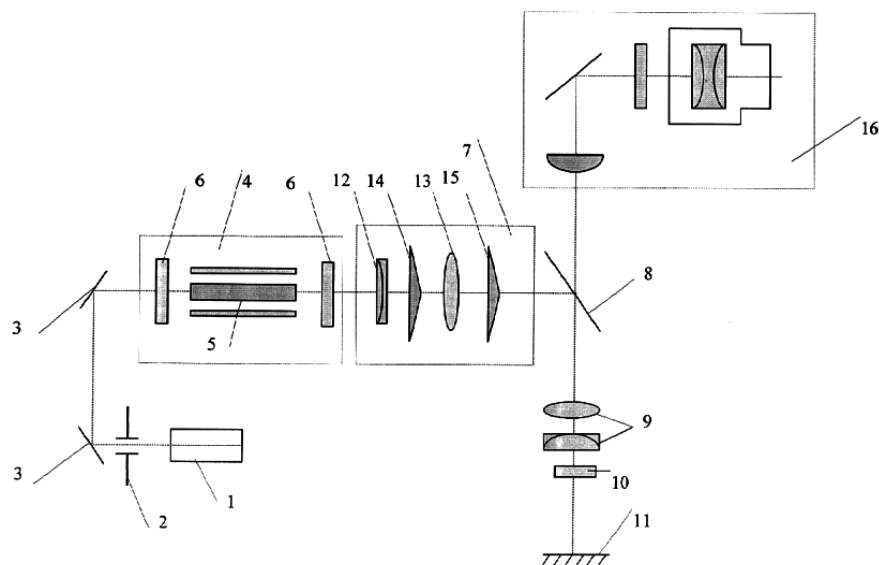
(56)

1. Якубович О.В., Матюшков В.Е. и др. Пайка лучом лазера изделий электронной техники// Автоматическая сварка. - 1981. - № 4.

2. Техническое описание и инструкция по эксплуатации лазерной установки «Ромашка 1».

3. А. с. СССР 1092858, МПК В23 К 26/14, 1993.

4. Патент РФ на изобретение 2068328, МПК<sup>6</sup> В23К 26/00, 1996 (прототип).



Фиг. 1

Полезная модель относится к оборудованию для лазерной обработки пучками заданной геометрии при использовании лазерного излучения видимой, ближней инфракрасной и ультрафиолетовой части спектра и

может быть использована для лазерной сварки, пайки, пробивки отверстий, термообработки и других видов размерной обработки изделий и материалов в электронной, радиотехнической, приборостроительной и других отраслях промышленности, а также в биологии и медицине для лучевой терапии и хирургии.

Известна установка для лазерной обработки, содержащая лазер и оптическую систему, формирующую пучок заданной геометрии [1].

В известной установке оптическая система состоит из цилиндрических линз и обеспечивает формирование прямоугольного контура обработки. В случае применения для обработки по заданному контуру лазерного излучения инфракрасной области спектра контур обработки становится невидимым, что усложняет использование известного устройства, снижает его производительность и затрудняет оценку работоспособности установки. При отказе оптического элемента системы возможна обработка искаженным лазерным излучением, что может привести к браку продукции и непроизводительным потерям.

Известна установка для лазерной обработки, содержащая рабочий лазер инфракрасного диапазона длин волн, вспомогательный лазер видимого диапазона длин волн и фокусирующий объектив [2].

Известная установка используется в медицине и содержит в качестве рабочего лазера CO<sub>2</sub>-лазер. При этом совмещение и передача рабочего и вспомогательного лазерного излучения осуществляется с помощью германиевой отражательной оптики, а для прохождения вспомогательного излучения через объектив в последнем имеется отверстие. В силу этого известная установка позволяет лишь визуально определить зону воздействия рабочего пучка по месту падения вспомогательного излучения и не обеспечивает возможность проверки работоспособности установки. Для обнаружения отказа лазера или объектива и устранения причин отказа требуется специальное оборудование и время для его установки и наладки, что ограничивает производительность известной установки. Отсутствие оптической системы формирования лазерного пучка заданной геометрии ограничивает технологические возможности известного устройства.

Известна установка для лазерной обработки материалов, содержащая рабочий и вспомогательный лазеры, оптически связанные с фокусирующим объективом [3].

В известной установке с помощью двух вспомогательных лазеров и систем сканирования лазерных лучей формируют светящиеся координатные линии для наведения рабочего лазерного излучения. При использовании в установке рабочего лазерного излучения ближней инфракрасной или ультрафиолетовой области спектра отказы оптических элементов, формирующих рабочее излучение, дефокусировка рабочего излучения в процессе работы могут привести к браку обработки и другим непроизводительным потерям вследствие сложности оценки работоспособности установки. Сложность оценки работоспособности установки при использовании невидимого рабочего излучения ограничивает надежность ее работы, а необходимость применения дополнительного оборудования для юстировки при восстановлении работоспособности снижает ее производительность. Отсутствие оптической системы формирования лазерного пучка заданной геометрии ограничивает технологические возможности и область применения известного устройства.

Наиболее близким к заявляемому является установка для лазерной обработки пучками заданной геометрии, содержащая лазер в виде активного элемента и резонаторных зеркал, оптическую систему для формирования лазерного пучка заданной геометрии и фокусирующую систему [4].

Известная установка обеспечивает возможность лазерной обработки материалов и изделий цилиндрическим и кольцевыми пучками разных типоразмеров. Установление другого диаметра обработки кольцевых контуров, чем позволяет оптическая система, требует замены оптической формирующей системы. Вследствие старения и лучевого разрушения оптических элементов изменяются оптические свойства элементов, приводящие к изменению геометрических размеров, формы и плотности лазерного излучения, а также к отказу элементов. Зафиксировать эти изменения при импульсной работе рабочего лазера крайне затруднительно. Выявление причин, влияющих на снижение оптических свойств, и замена элементов требуют применения оборудования для определения работоспособности и юстировки, которое в известной установке отсутствует, что увеличивает время простоя установки, а значит, снижает в целом ее производительность. Несвоевременная оценка и профилактика работоспособности увеличивают вероятность возникновения брака продукции при обработке и снижают надежность работы установки. При этом технологическое применение известной установки для обработки материалов и изделий, медицинских применений предполагает использование в ней также лазерного излучения ближнего инфракрасного или ультрафиолетового диапазона длин волн. В указанных диапазонах оценка работоспособности установки еще более затруднена в силу невидимости рабочего лазерного излучения.

Предлагаемая полезная модель решает задачу создания установки для лазерной обработки пучками излучения заданной геометрии материалов, изделий и биологических объектов.

Технический эффект полезной модели заключается в повышении эффективности оценки работоспособности установки в процессе ее эксплуатации путем визуализации сечения лазерного пучка. Следствиями указанного технического эффекта являются повышение надежности работы установки, рост ее производительности за счет увеличения времени эксплуатации и сокращения времени простоя и наладки, снижение вероятности брака продукции и непроизводительных потерь энергии.

# BY 65 U

Достижение указанного технического результата обеспечивается тем, что установка для лазерной обработки, включающая рабочий лазер, состоящий из цилиндрического активного элемента и резонаторных зеркал, оптическую систему для формирования лазерного пучка заданной геометрии и фокусирующую систему, дополнительно содержит вспомогательный лазер с длиной волны видимого диапазона, соответствующей области прозрачности активного элемента и резонаторных зеркал рабочего лазера, причем вспомогательный и рабочий лазеры последовательно расположены на одной оптической оси установки.

Введение вспомогательного лазера с указанными характеристиками излучения и его расположения обеспечивает возможность «просвечивания» вспомогательным лазерным излучением как рабочего лазера, так и всех последующих оптических элементов установки.

Вспомогательный лазерный пучок обеспечивает возможность ускоренного выявления дефектных оптических элементов и возможность юстировки лазерной установки в процессе замены оптических элементов и систем, а также возможность оценки работоспособности установки в процессе ее работы (т.е. работы рабочего лазера и оптических систем) и профилактического осмотра. Вспомогательный и рабочий лазерные пучки имеют одинаковую цилиндрическую форму сечения, что обеспечивает формирование подобной формы сечения пучков оптической системой формирования пучков заданной геометрии. Рекомендуется использовать пучки равных диаметров, в силу чего и рабочий и вспомогательный пучки формируются в идентичные по сечению пучки в зоне обработки, что обеспечивает полную визуализацию сечения рабочего пучка ближнего инфракрасного или ультрафиолетового диапазона (а также видимого диапазона с малой частотой следования импульсов). При размерной обработке материалов используют вспомогательное излучение (непрерывное или с высокой частотой следования) со слабыми энергетическими характеристиками, не оказывающее влияние на обрабатываемое изделие (материал). Благодаря визуализации сечения обработки, появляется возможность контролировать работоспособность установки, включая точность воспроизведения формы и размеров контура обработки, преимущественно по изменению (стабильности) параметров вспомогательного пучка. При этом, как правило, не требуется силовое высокоэнергетическое воздействие на изделие, приводящее к повреждению последнего. Последняя особенность заявляемой установки важна для ее применения в области биологии и медицины, где требуется предварительная визуализация лазерного воздействия.

На фиг. 1 изображена оптическая схема заявляемой установки. Фиг. 2 иллюстрирует вариант выполнения оптической системы для формирования цилиндрического лазерного пучка заданной геометрии.

Установка для лазерной обработки (см. фиг. 1) состоит из последовательно установленных вдоль оптической оси вспомогательного лазера 1, диафрагмы 2, поворотных зеркал 3, рабочего лазера 4 с активным элементом 5 цилиндрической формы и резонаторными зеркалами 6, оптической системы 7 для формирования лазерного пучка заданной геометрии, поворотного зеркала 8, фокусирующей системы 9, защитного стекла 10. Позицией 11 обозначена плоскость обработки изделия.

Оптическая система 7 выполнена в виде отрицательной 12 и положительной 13 линз, образующих телескопическую систему, и конических линз 14 и 15, причем коническая линза 14 установлена в телескопической системе с возможностью перемещения вдоль оптической оси, а коническая линза 15 расположена за зоной перетяжки телескопической системы. Параметры оптической системы 7 подобраны так, чтобы обеспечить возможность плавного изменения диаметров кольцевых контуров при сохранении максимальной длины рабочего отрезка. Длина волны вспомогательного лазера 1 соответствует видимому диапазону спектра. Длина волны рабочего лазера 4 соответствует инфракрасной области спектра, причем его активный элемент 5 и резонаторные зеркала 6 оптически прозрачны для излучения лазера 1. Диапазоны излучения лазеров 1 и 4 таковы, что соответствуют области прозрачности оптических систем установки.

В качестве вспомогательного лазера 1 может быть использован маломощный гелий-неоновый лазер, а в качестве рабочего 4 - твердотельный лазер на  $\text{YAG:Nd}^{+3}$  или неодимовом стекле высокой мощности.

Кроме того, установка содержит систему 16 визуального наблюдения, например бинокулярную, оптически совместимую через поворотное зеркало 8 с фокусирующей системой 9.

Установка работает следующим образом.

Включают вспомогательный лазер 1. Лазер генерирует цилиндрический пучок со сплошным круговым сечением. С помощью диафрагмы 2 устанавливают диаметр пучка, соответствующий диаметру цилиндрического пучка, генерируемого рабочим лазером 4. При прохождении вспомогательного лазерного пучка через оптическую систему 7 перемещением конической линзы 14 и фокусировкой фокусирующей системы 9 устанавливают требуемый диаметр и ширину кольцевого контура обработки, которые проверяют с помощью микрометрической шкалы бинокулярной системы 16 или (в общем случае) с помощью размерных шаблонов. Затем устанавливают обрабатываемое изделие в требуемое положение, включают рабочий лазер 4, который генерирует невидимый лазерный пучок цилиндрической формы со сплошным круговым сечением. Оптическая система 7 обеспечивает преобразование указанного цилиндрического пучка в пучок кольцевого сече-

# BY 65 U

ния, который поворотным зеркалом 8 направляется на фокусирующую систему 9 и фокусируется последней на обрабатываемом изделии в плоскости обработки 11. Защитное стекло 10 обеспечивает защиту фокусирующей системы 9 от продуктов испарения.

При необходимости плавной перестройки в процессе обработки диаметров кольцевых контуров изменение осуществляется за счет перемещения конической линзы 14. При этом соответственно плавно изменяется и диаметр кольцевого контура обработки, а в видимом диапазоне обеспечивается его визуальное наблюдение.

При отказе оптического элемента или изменении оптических свойств оптических элементов рабочего лазера 4, систем и элементов 7-10 изменяются форма, размеры пучка, распределение энергии либо исчезает пучок видимого излучения. Указанные изменения могут быть обнаружены визуально в процессе фокусировки рабочего лазера 4, в процессе обработки либо в период профилактических остановок, что позволяет своевременно обнаруживать отклонения и вносить коррективы в технологию обработки. При обнаружении искажений и/или замене дефектных элементов используют пучок излучения лазера 1. При этом для повышения эффективности выявления дефектных элементов и/или юстировке системы целесообразно изменять диаметр цилиндрического пучка лазера 1 с помощью диафрагмы 2.

Наличие вспомогательного лазера 1 обеспечивает возможность ускоренной юстировки установки при замене оптической системы 7 на другую. Необходимость замены последней возникает при необходимости использования для обработки иного диапазона диаметров кольцевых контуров.

При револьверной системе подачи при замене оптических систем 7 возможно ускоренное введение установки в режим, что расширяет ее технологические возможности, поскольку лазер 1 обеспечивает постоянный контроль работоспособности.

Необходимость замены системы 7 возникает и при обработке пучком цилиндрического сечения. Перемещением конической линзы 14 можно добиться вырождения кольцевого пучка в цилиндрический пучок малого диаметра. Для обеспечения возможности обработки цилиндрическими пучками больших диаметров используют оптическую систему 7, предложенную на фиг. 2. Система 7 состоит в этом случае из отрицательной 12 и положительной 13 линз, образующих телескопическую систему. Изменением расстояния между линзами 12, 13 добиваются требуемого размера сечения цилиндрического пучка.

Работа установки в этом случае аналогична вышеизложенному.

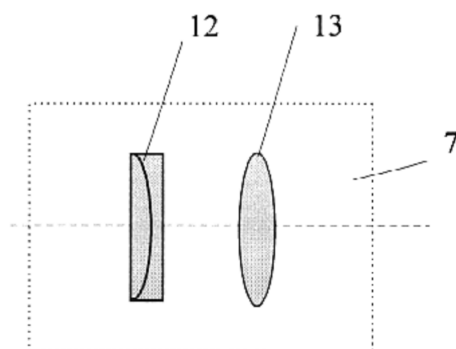
Конструкция установки допускает возможность получения и других форм (контуров) сечений обработки. Для этого необходимо заменять и согласовывать как оптическую систему 7, так и фокусирующую систему 9.

Совершенно очевидно, что в этом случае использование вспомогательного лазера 1 обеспечит вышеуказанные преимущества и высокие параметры надежной работы.

Следует отметить, что применение зеркал 3 и/или системы 16 визуального наблюдения 1 в ряде вариантов не является обязательным.

В качестве рабочего лазера 4 может быть использован лазер УФ-диапазона, а также лазер видимого диапазона, работающий в импульсном режиме, с длиной волны, отличающейся от длины волны вспомогательного лазера 1.

При работе лазера видимого диапазона в импульсном режиме непрерывное вспомогательное излучение, согласно изобретению, обеспечивает надежную визуализацию сечения рабочего пучка, а следовательно, все вышеуказанные преимущества.



Фиг. 2