

# ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



(19) ВУ (11) 235

(13) U

(51)<sup>7</sup> В 23К 26/00

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПАТЕНТНЫЙ  
КОМИТЕТ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

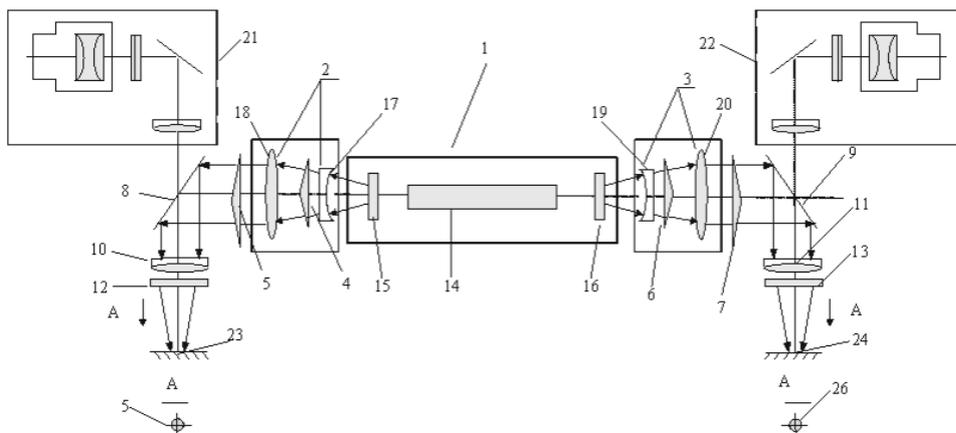
## (54) УСТАНОВКА ДЛЯ ЛАЗЕРНОЙ ОБРАБОТКИ КОЛЬЦЕВЫМ ПУЧКОМ

(21) Номер заявки: u 20000106  
(22) Дата поступления: 2000.06.26  
(46) Дата публикации: 2001.03.30

(71) Заявитель: Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины (ВУ)  
(72) Авторы: Мышковец В.Н., Максименко А.В., Шалупаев С.В., Каморников И.М., Никитюк Ю.В. (ВУ)  
(73) Патентообладатель: Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины (ВУ)

(57)

1. Установка для лазерной обработки кольцевым пучком, содержащая лазер с активным элементом цилиндрической формы и с частично прозрачным резонаторным зеркалом, и расположенные по ходу излучения телескопическую систему, две конические линзы, первая из которых установлена с возможностью перемещения вдоль оптической оси между отрицательной и положительной линзами телескопической системы, а вторая размещена за ее зоной перетяжки, и фокусирующую систему, отличающаяся тем, что второе резонаторное зеркало выполнено частично прозрачным или в виде составного резонаторного зеркала, состоящего из частично прозрачного и непрозрачного резонаторных зеркал и установленного с возможностью перемещения поперечно оптической оси, а установка дополнительно содержит расположенные по ходу излучения за вторым частично прозрачным или составным резонаторным зеркалом вторую телескопическую систему, третью и четвертую конические линзы, первая из которых установлена с возможностью перемещения вдоль оптической оси между отрицательной и положительной линзами второй телескопической системы, а вторая размещена за ее зоной перетяжки, и вторую фокусирующую систему.



Фиг. 1

2. Установка по п. 1, отличающаяся тем, что лазер дополнительно содержит второй активный элемент, установленный соосно первому.

3. Установка по пп. 1, 2, отличающаяся тем, что лазер дополнительно содержит третье частично прозрачное резонаторное зеркало размещенное между активными элементами.

(56)

1. Конора А.Н., Корнеев Е.А., Моизон Б.М., Орехов М.В. Применение конической линзы для получения отверстий большого диаметра с помощью луча лазера // Физика и химия обработки материалов. - 1979. - № 4. - С. 145-147.

2. Заявка на полезную модель РБ 19990024, МПК В 28К 26/00, 1999.

3. Патент РФ на изобретение 2068328, МПК В 23К 26/00, 1996 (прототип).

---

Полезная модель относится к оборудованию для лазерной обработки материалов и может быть использована для прошивки отверстий, сварки, пайки, термоупрочнения изделий в электронной, приборостроительной, радиотехнической и других отраслях промышленности.

Известна установка для лазерной обработки кольцевым пучком, содержащая последовательно установленные лазер, коническую линзу и оптическую фокусирующую систему [1]. В известной установке изменение диаметров кольцевых контуров осуществляется путем изменения фокусного расстояния. Это приводит к изменению ширины контура, а вместе с тем и к изменению распределения плотности энергии по контуру, что ограничивает технологические возможности, качество и производительность размерной обработки. Также возможно изменение диаметров колец в ограниченном диапазоне за счет расфокусировки излучения. При этом неравномерность распределения энергии ухудшает качество отверстий. При перестройке диаметров колец возникают трудности обеспечения оптимальной и равномерной плотности энергии по кольцевому контуру. Выбор требуемой плотности энергии ограничен регулировкой энергии накачки. В силу этого известная установка пригодна для прошивки отверстий в материалах ограниченной номенклатуры и малоприспособна для операций сварки и термоупрочнения по кольцевому контуру. Номенклатура материалов для прошивки отверстий может быть увеличена за счет выбора более мощного лазера. Однако подобная обработка приводит к непроизводительным затратам энергии, а избыток и неравномерность распределения энергии ухудшает качество краев отверстий.

Известна установка для лазерной обработки кольцевым пучком, содержащая лазер, включающий активный элемент цилиндрической формы, установленный в резонаторе, образованном двумя зеркалами, одно из которых выполнено частично прозрачным, последовательно установленные на оптической оси телескопическую систему с отрицательной и положительной линзами, первую и вторичную конические линзы, расположенные соответственно в телескопической системе с возможностью перемещения и за зоной перетяжки телескопической системы, и оптическую фокусирующую систему [2]. Известная установка обеспечивает возможность плавной перестройки диаметров кольцевых контуров при неизменной величине рабочего отрезка, что обеспечивает высокое качество обработки при прошивке отверстий, сварке, пайке и термоупрочнении изделий. Однако для обеспечения качественной размерной обработки изделий с заданным диаметром кольца необходимо изменять энергию излучения для обеспечения оптимальной плотности энергии. Выбор необходимой энергии излучения достигается изменением энергии накачки, в силу чего имеет ограниченный диапазон. Это не позволяет обрабатывать кольцевыми пучками широкую номенклатуру изделий и материалов. В силу этого реализация известной установки возможна в виде узкоспециализированных устройств, т.е. она имеет ограниченные технологические возможности. Так, устройство, специализированное для прошивки отверстий, имеет ограниченный диапазон применения при сварке и термоупрочнении, а устройство, специализированное для сварки, не всегда имеет достаточные энергетические параметры для прошивки отверстий.

Наличие дополнительного вспомогательного лазера ограничивает возможность модернизации известной установки с целью повышения ее производительности за счет многолучевой обработки.

Наиболее близкой к заявляемой является установка для лазерной обработки по кольцевому контуру, содержащая лазер, включающий активный элемент цилиндрической формы, установленный в резонаторе, образованном двумя зеркалами, одно из которых выполнено частично прозрачным, последовательно установленные на оптической оси телескопическую систему с отрицательной и положительной линзами, первую и вторичную конические линзы, расположенные соответственно в телескопической системе с возможностью перемещения и за зоной перетяжки телескопической системы, и оптическую фокусирующую систему [3]. Известная установка обеспечивает возможность плавной перестройки диаметров кольцевых контуров при неизменной величине рабочего отрезка, что обеспечивает высокое качество при размерной обработке изделий и материалов. Однако известная установка имеет ограниченные технологические возможности, обусловленные ограничениями в выборе оптимальных плотностей мощности энергии при обработке материалов. Установка имеет невысокую производительность при использовании ее в массовом производстве, особенно при сочетании разных видов обработки, типоразмеров и материалов, так как требует подстройки энергии излучения для обеспечения высокого качества изделий. В силу изложенного известная установка имеет ограниченный диапазон в выборе плотностей мощности энергии, оптимальных для обработки, что снижает технологические возможности и сужает область ее применения.

# BY 235 U

Заявляемая полезная модель решает задачу создания установки для лазерной обработки кольцевым пучком. Технический эффект полезной модели заключается в расширении технологических возможностей и повышении производительности размерной обработки за счет более широкого подбора оптимальных плотностей мощности. Следствием указанного технического эффекта является получение технического результата, выражаемого в создании более универсальной по применению и технологическим возможностям установки для лазерной обработки кольцевым пучком.

Достижение указанного технического результата и технического эффекта обеспечивается тем, что в установке для лазерной обработки кольцевым пучком, содержащей лазер, включающий активный элемент цилиндрической формы, резонатор, одно из зеркал которого выполнено частично прозрачным, и расположенные по ходу излучения телескопическую систему, две конические линзы, первая из которых установлена с возможностью перемещения вдоль оптической оси между отрицательной и положительной линзами телескопической системы, а вторая размещена за ее зоной перетяжки, и фокусирующую систему, второе резонаторное зеркало выполнено частично прозрачным или в виде составного резонаторного зеркала, состоящего из частично прозрачного и непрозрачного резонаторного зеркал и установленного с возможностью перемещения поперечно оптической оси, а установка дополнительно содержит расположенные по ходу излучения за вторым частично прозрачным или составным зеркалом, вторую телескопическую систему, третью и четвертую конические линзы, первая из которых установлена с возможностью перемещения вдоль оптической оси между отрицательной и положительной линзами второй телескопической системы, а вторая размещена за зоной ее перетяжки, и вторую фокусирующую систему. Кроме того, лазер дополнительно содержит второй активный элемент цилиндрической формы, установленный соосно первому. Дополнительно к этому лазер содержит третье частично прозрачное резонаторное зеркало, расположенное между активными элементами,

Предлагаемая полезная модель лазерной установки для обработки кольцевым пучком обеспечивает более широкий по сравнению с известным выбор плотностей мощности излучения в кольцевом контуре в сочетании с широким диапазоном диаметров контуров обработки и при их плавной перестройке. Благодаря этим свойствам, заявляемая установка позволяет подобрать наиболее оптимальные для обрабатываемого материала энергетические параметры обработки в зависимости от его вида, требуемого размера зоны обработки, что расширяет ее технологические возможности и область применения. Вторым важным преимуществом заявляемой установки является ее более высокая производительность в случаях многократной обработки, например при пробивке множества отверстий в изделиях. Последнее преимущество обеспечивается двухлучевой обработкой. Расширение технологических возможностей при двухлучевой обработке достигается за счет одновременной обработки в двух каналах кольцевыми пучками разных диаметров. И наконец, расширение технологических возможностей и рост производительности достигается за счет как двух, так и однолучевой обработки. Указанные технические преимущества полезной модели обеспечивают создание более универсальной установки вместо нескольких специализированных, что позволяет потребителям экономить средства при приобретении лазерного технологического оборудования.

В техническом плане предлагается двухлучевая лазерная установка, у которой выполнение двух резонаторных зеркал частично прозрачными, обеспечивает два луча обработки кольцевыми пучками. При этом технологические возможности установки определяются мощностью лазера, выбранным диаметром (диаметрами) кольцевого контура обработки, подобранной с помощью энергии накачки плотности энергии. При недостатке плотности энергии для заданных видов обработки и материалов используется лазер с двумя соосными активными элементами, что позволяет вдвое увеличить мощность. Выполнение лазера с двумя активными элементами и расположенным между ними полупрозрачным резонаторным зеркалом позволяет реализовать схему генератор-усилитель с умножением мощности. Это позволяет выбрать установку для обработки кольцевым пучком с более высокой мощностью лазерного излучения, необходимой для обработки тугоплавкого материала.

Выполнение второго резонаторного зеркала в виде составного, состоящего из частично прозрачного и непрозрачного резонаторных зеркал и установленных с возможностью перемещения поперечно оптической оси, позволяет перестроить двухлучевую установку в однолучевую и обратно. Благодаря этому можно проводить обработку изделий из разных по термическим свойствам материалов и/или сочетая виды обработки. Например, можно сочетать сварку по кольцевому контуру с пробивкой отверстий, пробивку отверстий с термоупрочнением и т.п. Производительность в этом случае повышается за счет сокращения затрат времени на установку, настройку, юстировку нескольких технологических установок, вместо одной заявляемой.

При указанных преимуществах заявляемой двухлучевой установки ее вариант с составным резонаторным зеркалом имеет более широкие технологические возможности. Последние определяются также наличием двух телескопических систем, четырех конических линз, двух фокусирующих систем, расположенных вышеуказанным способом, благодаря чему в каждом из плеч сохраняются все полезные свойства установки-прототипа.

# BY 235 U

На фиг. 1 изображена оптическая схема установки, фиг. 2 и 3 иллюстрируют варианты выполнения лазера с несколькими активными элементами, а фиг. 4 - один из вариантов выполнения составного резонаторного зеркала.

Установка для лазерной обработки кольцевым пучком содержит (см. фиг. 1) лазер 1, установленные на его оптической оси по ходу распространения пучков первую 2 и вторую 3 телескопические системы, первую 4, вторую 5, третью 6 и четвертую 7 конические линзы, первое 8 и второе 9 поворотные зеркала, первую 10 и вторую 11 фокусирующие системы, первую 12 и вторую 13 плоскопараллельные защитные пластины. Лазер 1 состоит из активного элемента 14 цилиндрической формы, установленного в резонаторе, состоящего из первого 15 и второго 16 частично прозрачных резонаторных зеркал. Первая телескопическая система 2 состоит из отрицательной 17 и положительной 18 линз и расположена за первым 15 частично прозрачным резонаторным зеркалом. Между отрицательной 17 и положительной 18 линзами установлена с возможностью перемещения вдоль оптической оси первая 4 коническая линза, а за зоной перетяжки на выходе телескопической системы 2 неподвижно размещена вторая 5 коническая линза, которая через поворотное зеркало 8 оптически связана с первой фокусирующей системой 10. Вторая телескопическая система 3 состоит из отрицательной 19 и положительной 20 линз и расположена за вторым 16 частично прозрачным резонаторным зеркалом. Между отрицательной 19 и положительной 20 линзами телескопической системы 3 установлена с возможностью перемещения вдоль оптической оси третья 6 коническая линза, а за зоной перетяжки телескопической системы 3 неподвижно размещена четвертая 7 коническая линза, которая через второе поворотное зеркало 9 оптически связана со второй фокусирующей системой 11. Кроме того, установка содержит первую систему визуального наблюдения 21, оптически связанную через частично прозрачное в видимом диапазоне первое поворотное интерференционное зеркало 8 с первой фокусирующей системой 10, и вторую систему визуального наблюдения 22, оптически связанную через второе частично прозрачное в видимом диапазоне поворотное интерференционное зеркало 9 со второй фокусирующей системой 11. Позициями 23 и 24 отмечены обрабатываемые изделия. Позициями 25 и 26 - получаемые кольцевые контуры. Наиболее приемлемым типом систем визуального наблюдения является бинокулярная.

Установка работает следующим образом. Вначале устанавливают минимальную энергию накачки. Лазер 1 генерирует два цилиндрической формы пучка со сплошным круговым сечением. Первый цилиндрический пучок, выходящий из резонаторного зеркала 15, пройдя через отрицательную линзу 17, первую коническую линзу 4, положительную линзу 18 первой телескопической системы 2 перераспределяется в кольцевой пучок за счет преломления на конической поверхности линзы 4. Затем этот пучок направляется на вторую коническую линзу 5, которая за счет расположения и выбора параметров формирует кольцевой пучок распространяющийся параллельно оптической оси с равномерным распределением плотности энергии по кольцевому контуру. Далее поворотным зеркалом 8 кольцевой пучок направляется на фокусирующую систему 10, которая фокусирует его на обрабатываемом изделии 23. Перемещением первой конической линзы 4 вдоль оптической оси устанавливаем требуемый диаметр кольцевого контура обработки. Одновременно аналогично первому второй цилиндрический пучок, выходящий из резонаторного зеркала 16, пройдя через отрицательную линзу 19, третью коническую линзу 6, положительную линзу 20 второй телескопической системы 3, четвертую коническую линзу 7, поворотное зеркало 9 преобразуется в кольцевой пучок с равномерным распределением плотности энергии по контуру, который фокусируется второй фокусирующей системой 11 на втором обрабатываемом изделии 24. Перемещением третьей конической линзы 6 вдоль оптической оси устанавливаем второй требуемый диаметр контура обработки. Увеличивают энергию излучения лазера до требуемой оптимальной для обработки данного материала величины, устанавливают оптимальную частоту следования импульсов. С помощью систем визуального наблюдения 21 и 22 наблюдают за ходом обработки и определяют ее завершение.

Защитные пластинки 12, 13 защищают фокусирующие системы 10, 11 от продуктов испарения.

При недостатке плотности мощности для обработки материала используют варианты установки, в которых лазер 1 состоит (см. фиг. 2) из активного элемента цилиндрической формы 14, соосно установленного ему активного элемента цилиндрической формы 27, резонаторных частично прозрачных зеркал 15, 16 и системы накачки (на фигуре не показана) либо из активного элемента цилиндрической формы 14, соосно установленного ему второго активного элемента цилиндрической формы 27 и расположенного между ними частично прозрачного резонаторного зеркала 28 (см. фиг. 3). Работа лазерной установки в этих вариантах исполнения аналогична вышеописанной.

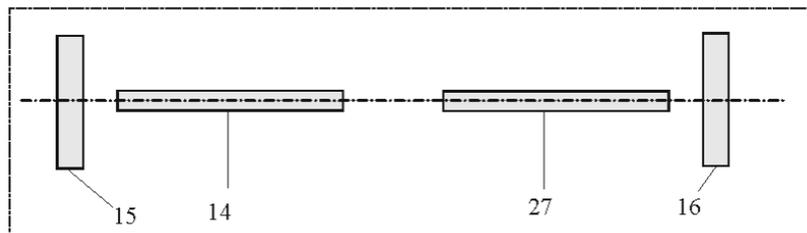
Установка для лазерной обработки кольцевым пучком может содержать в качестве второго резонаторного зеркала 16 составное резонаторное зеркало. Составное резонаторное зеркало (см. фиг. 4) состоит из частично прозрачного зеркала 29 и непрозрачного зеркала 30, расположенных в одной плоскости в общей обойме 31, и установленных с возможностью перемещения поперечно оптической оси лазера (механизм перемещения на фигуре не показан). В остальном данный вариант установки аналогичен вышеописанному на фиг. 1.

# ВУ 235 U

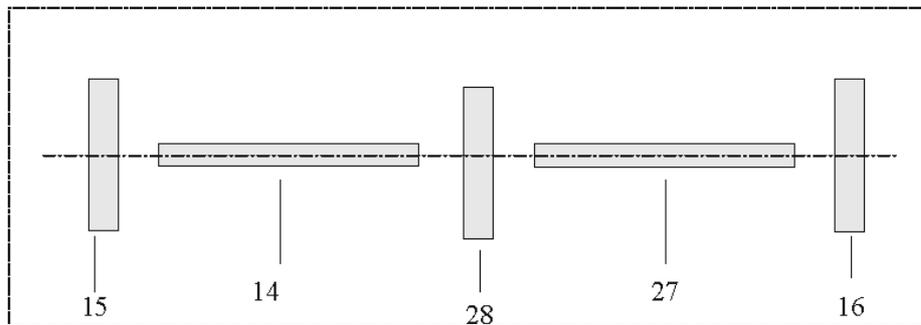
Установка при этом работает следующим образом. Устанавливают составное резонаторное зеркало таким образом, что в резонаторе находится частично прозрачное зеркало 29. Далее работа установки аналогична вышеописанной (см. фиг. 1). В случае необходимости лазер отключают, перемещают составное зеркало таким образом, чтобы в резонаторе располагалось зеркало 30, включают лазер, увеличивают энергию накачки до нужного предела и производят обработку изделия более мощным лазерным излучением, распространяющимся от лазера через первую телескопическую систему 2, конические линзы 4-5, фокусирующую систему 10. После окончания обработки изделия 23 лазер выключают и возвращают зеркало 29 в первоначальное положение в резонаторе лазера. Подобная технологическая схема имеет преимущества, например при пробивке отверстий в материале разной толщины или из разнородных материалов, когда нельзя обеспечить независимое друг от друга позиционирование обрабатываемых изделий 23, 24.

Составное резонаторное зеркало может быть выполнено в виде одного плоскопараллельного зеркала, состоящего из двух участков: частично прозрачного и непрозрачного. Возможны иные варианты выполнения составного зеркала.

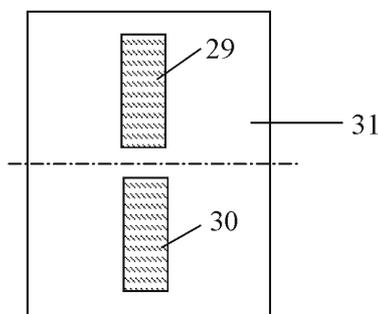
Совершенно очевидно, что в качестве лазера 1 в данном варианте установки можно использовать лазеры с несколькими активными элементами (фиг. 2, 3).



Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4