ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ
(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(19) **BY** (11) **13912**
(13) **U**
(45) **2026.02.05**
(51) МПК
C 03B 33/02 (2006.01)

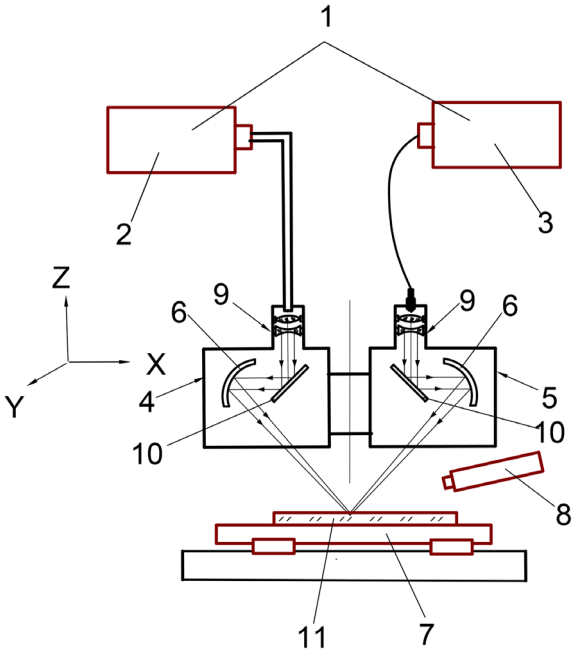
(54) УСТАНОВКА ДЛЯ ДВУХЛУЧЕВОЙ ПОЛИРОВКИ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ХРУПКИХ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ И УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ПОЛИРОВКИ ИЗДЕЛИЙ

(21) Номер заявки: u 20250235
(22) 2025.11.17
(71) Заявитель: Учреждение образования "Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины" (BY)

(72) Авторы: Никитюк Юрий Валерьевич; Прохоренко Владислав Александрович; Середа Андрей Александрович; Усов Пётр Петрович (BY)
(73) Патентообладатель: Учреждение образования "Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины" (BY)

(57)

1. Установка для двухлучевой полировки изделий из хрупких неметаллических материалов и управления процессом полировки изделий, содержащая систему лазерного излучения, состоящую из двух установленных последовательно лазеров, один из которых имеет длину волны, соответствующую интенсивному поверхностному поглощению обрабатываемого материала, другой - соответствующую объемному поглощению, и двух оптически связанных со своим лазером сканирующих модулей, содержащих фокусирующее средство, трехосевую систему позиционирования, технологический стол, тепловизор, систему управления установкой, состоящую из блока управления и компьютера с программными



BY 13912 U 2026.02.05

средствами для управления процессом двухлучевой полировки изделий из хрупких неметаллических материалов, **отличающаяся** тем, что каждый сканирующий модуль снабжен коллиматором лазерного излучения, отклоняющим зеркалом, оптически связанным со своим коллиматором лазерного излучения и фокусирующим средством, при этом каждое фокусирующее средство выполнено в виде сферического или параболического зеркала, выполненного с возможностью поворота и сканирования лазерного пучка, кроме этого, система управления установкой снабжена нейронной сетью, обученной набором параметров обработки, состоящим из подготовленной выборки: параметров зоны обработки в виде плотности мощности лазерного излучения, формируемых коллиматорами лазерного излучения; температурных полей, обеспечивающих поверхностный нагрев обрабатываемого материала и объемное поглощение обрабатываемого материала, формируемых двумя лазерами, одним - с длиной волны, соответствующей поверхностному поглощению, и вторым - с длиной волны, соответствующей объемному поглощению обрабатываемого материала; температур в зоне обработки, полученных тепловизором, и выполнена с возможностью в режиме реального времени определять состояние зоны обработки и формировать команды на получение требуемых параметров обработки установки для полировки изделий из хрупких неметаллических материалов.

2. Установка по п. 1, **отличающаяся** тем, что коллиматор лазерного излучения каждого сканирующего модуля состоит из по меньшей мере двух линз, одна из которых отрицательная, а вторая положительная, при этом положительная или отрицательная линза установлена с возможностью осевого перемещения.

3. Установка по п. 1, **отличающаяся** тем, что отклоняющие зеркала каждого сканирующего модуля выполнены в виде плоских прямоугольных или круглых зеркал и установлены под углом 45° к оптической оси своего коллиматора лазерного излучения.

4. Установка по п. 1, **отличающаяся** тем, что в качестве нейронной сети используют сверточную нейросеть.

5. Установка по п. 1, **отличающаяся** тем, что в качестве лазера, обеспечивающего поверхностный нагрев обрабатываемого материала изделия, используют лазер с длиной волны излучения 10,6 мкм, а в качестве лазера, обеспечивающего объемное поглощение обрабатываемого материала изделия, используют лазер с длиной волны излучения 1,06 мкм.

(56)

1. ШЕРШНЕВ Е.Б. и др. Исследование лазерной полировки кварцевого стекла. Проблемы физики, математики и техники, 2015, № 4 (25), с. 37.

2. BY 12062 U, 2016 (прототип).

Полезная модель относится к технологии и оборудованию для лазерной полировки пластин из хрупких неметаллических материалов, преимущественно кварцевого стекла, и может быть использована для производства элементов радиоэлектроники и оптики.

Известна установка для лучевой полировки изделий из кварцевого стекла и управления процессом полировки изделий, содержащая лазер, фокусирующий объектив, трехосевую систему позиционирования, технологический стол, систему управления, состоящую из блока управления и компьютера с программными средствами для управления процессом лучевой полировки изделий из кварцевого стекла [1].

Недостаток известной установки заключается в том, что зона обработки поверхности кварцевого стекла формируется лазером с фокусирующим объективом, который фокусирует лазерное излучение в круглое пятно малого размера, что ограничивает зону воздействия лазерного излучения на поверхность обработки изделия и тем самым снижает производительность процесса полировки.

Недостатком данной установки также является то, что ее система управления, состоящая из блока управления и компьютера с программными средствами для управления процессом лучевой полировки изделий из кварцевого стекла, не позволяет в реальном масштабе времени эффективно определять состояние зоны обработки изделия и формировать команды на получение требуемых параметров обработки изделия и тем самым гарантированно получать качественное изделие.

Наиболее близкой по технической сущности и достигаемому результату к заявляемой полезной модели является установка для двухлучевой полировки изделий из хрупких неметаллических материалов и управления процессом полировки изделий, содержащая систему лазерного излучения, состоящую из двух установленных последовательно лазеров, один из которых имеет длину волны, соответствующую интенсивному поверхностному поглощению обрабатываемого материала, другой - соответствующую объемному поглощению, и двух оптически связанных со своим лазером сканирующих модулей, содержащих фокусирующе средство, трехосевую систему позиционирования, технологический стол, тепловизор, систему управления установкой, состоящую из блока управления и компьютера с программными средствами для управления процессом двухлучевой полировки изделий из хрупких неметаллических материалов [2].

Недостатком данной установки является то, что ее сканирующие модули выполнены с фокусирующим средством в виде оптико-механических дефлекторов с вращающимся зеркалом и F_{Θ}-линзой, которые не позволяют эффективно регулировать плотность мощности лазерных пучков в зоне обработки и тем самым снижают технологические возможности и производительность, а также усложняют конструкции сканирующих модулей.

Недостатком данной установки также является то, что ее система управления, состоящая из блока управления и компьютера с программными средствами для управления процессом двухлучевой полировки изделий из хрупких неметаллических материалов, не позволяет в реальном масштабе времени эффективно определять состояние зоны обработки и формировать команды на получение требуемых параметров обработки изделия и тем самым гарантированно получать качественное изделие.

Все эти недостатки не позволяют эффективно и качественно осуществлять процесс полировки изделий из хрупких неметаллических материалов, снижают технологические возможности установки, производительность и качество.

Технической задачей заявляемой полезной модели является создание установки для двухлучевой полировки изделий из хрупких неметаллических материалов и управления процессом полировки с улучшенными функциональными и конструктивными характеристиками, позволяющей расширить технологические возможности, повысить производительность и качество лазерной полировки.

Технический результат, достигаемый полезной моделью, заключается в возможности повышения технологических возможностей, скорости и качества обработки изделий за счет возможности обеспечения более эффективного подбора оптимальных плотностей мощности излучения при двухлучевой полировке изделий, а также более эффективного формирования команд на получение требуемых параметров обработки изделий.

Указанный технический результат достигается установкой для двухлучевой полировки изделий из хрупких неметаллических материалов и управления процессом полировки изделий, содержащей систему лазерного излучения, состоящую из двух установленных последовательно лазеров, один из которых имеет длину волны, соответствующую интенсивному поверхностному поглощению обрабатываемого материала, другой - соответствующую объемному поглощению, и двух оптически связанных со своим лазером сканирующих модулей, содержащих фокусирующе средство, трехосевую систему позиционирования, технологический стол, тепловизор, систему управления установкой, состоящую из блока управления и компьютера с программными средствами для управления процессом двухлучевой полировки изделий из хрупких неметаллических материалов, со-

гласно полезной модели, каждый сканирующий модуль снабжен коллиматором лазерного излучения, отклоняющим зеркалом, оптически связанным со своим коллиматором лазерного излучения и фокусирующим средством, при этом каждое фокусирующее средство выполнено в виде сферического или параболического зеркала, выполненного с возможностью поворота и сканирования лазерного пучка, кроме этого, система управления установкой снабжена нейронной сетью, обученной набором параметров обработки, состоящим из подготовленной выборки: параметров зоны обработки в виде плотности мощности лазерного излучения, формируемых коллиматорами лазерного излучения; температурных полей, обеспечивающих поверхностный нагрев обрабатываемого материала и объемное поглощение обрабатываемого материала, формируемых двумя лазерами, одним - с длиной волны, соответствующей поверхностному поглощению, и вторым - с длиной волны, соответствующей объемному поглощению обрабатываемого материала; температур в зоне обработки, полученных тепловизором, и выполнена с возможностью в режиме реального времени определять состояние зоны обработки и формировать команды на получение требуемых параметров обработки установки для полировки изделий из хрупких неметаллических материалов.

Кроме того, коллиматор лазерного излучения каждого сканирующего модуля состоит из по меньшей мере двух линз, одна из которых отрицательная, а вторая положительная, при этом положительная или отрицательная линза установлена с возможностью осевого перемещения.

Кроме того, отклоняющие зеркала каждого сканирующего модуля выполнены в виде плоских прямоугольных или круглых зеркал и установлены под углом 45° к оптической оси своего коллиматора лазерного излучения.

Кроме того, в качестве нейронной сети используют сверточную нейросеть.

Кроме того, в качестве лазера, обеспечивающего поверхностный нагрев обрабатываемого материала изделия, используют лазер с длиной волны излучения 10,6 мкм, а в качестве лазера, обеспечивающего объемное поглощение обрабатываемого материала изделия, используют лазер с длиной волны излучения 1,06 мкм.

Сопоставление заявленного технического решения с прототипом показывает, что оно отличается от прототипа следующими признаками:

каждый сканирующий модуль снабжен коллиматором лазерного излучения, отклоняющим зеркалом, оптически связанным со своим коллиматором лазерного излучения и фокусирующим средством, при этом каждое фокусирующее средство выполнено в виде сферического или параболического зеркала, выполненного с возможностью поворота и сканирования лазерного пучка;

система управления установкой снабжена нейронной сетью, обученной набором параметров обработки, состоящим из подготовленной выборки: параметров зоны обработки в виде плотности мощности лазерного излучения, формируемых коллиматорами лазерного излучения; температурных полей, обеспечивающих поверхностный нагрев обрабатываемого материала и объемное поглощение обрабатываемого материала, формируемых двумя лазерами, одним - с длиной волны, соответствующей поверхностному поглощению, и вторым - с длиной волны, соответствующей объемному поглощению обрабатываемого материала; температур в зоне обработки, полученных тепловизором, и выполнена с возможностью в режиме реального времени определять состояние зоны обработки и формировать команды на получение требуемых параметров обработки установки для полировки изделий из хрупких неметаллических материалов.

Сопоставление заявляемого технического решения с известными из уровня техники показывает, что отличительные признаки заявляемой установки не вытекают из известного уровня техники.

Следовательно, заявляемое техническое решение соответствует критерию патентоспособности "новизна".

Изложенная сущность заявляемой установки схематично поясняется фигурой.

Установка для двухлучевой полировки изделий из хрупких неметаллических материалов и управления процессом полировки изделий содержит систему лазерного излучения 1, состоящую из двух установленных последовательно лазеров 2 и 3 с различной длиной волны и двух оптически связанных со своим лазером 2 и 3 сканирующих модулей 4 и 5, содержащих фокусирующе средство 6.

Установка также содержит трехосевую систему позиционирования (не показана), технологический стол 7, тепловизор 8, систему управления (не показана), состоящую из блока управления и компьютера с программными средствами для управления процессом двухлучевой полировки изделий из хрупких неметаллических материалов.

Каждый сканирующий модуль 4 и 5 снабжен коллиматором 9 лазерного излучения, отклоняющим зеркалом 10, оптически связанным со своим коллиматором 9 лазерного излучения и фокусирующим средством 6.

Каждое фокусирующее средство 6 выполнено в виде сферического или параболического зеркала, выполненного с возможностью поворота и сканирования лазерного пучка.

Полируемое изделие обозначено цифрой 11.

Система управления установкой снабжена нейронной сетью, обученной набором параметров обработки, состоящим из подготовленной выборки: параметров зоны обработки в виде плотности мощности лазерного излучения, формируемых коллиматорами 9 лазерного излучения; температурных полей, обеспечивающих поверхностный нагрев обрабатываемого материала изделия 11 и объемное поглощение обрабатываемого материала, формируемых двумя лазерами 2 и 3, одним - с длиной волны, соответствующей поверхностному поглощению, и вторым - с длиной волны, соответствующей объемному поглощению обрабатываемого материала; температур в зоне обработки, полученных тепловизором, и выполнена с возможностью в режиме реального времени определять состояние зоны обработки и формировать команды на получение требуемых параметров обработки установки для полировки изделий из хрупких неметаллических материалов.

Коллиматор 9 лазерного излучения каждого сканирующего модуля 4 и 5 состоит из по меньшей мере двух линз (не обозначены), одна из которых отрицательная, а вторая положительная, при этом положительная или отрицательная линза установлена с возможностью осевого перемещения.

Отклоняющие зеркала 10 выполнены в виде плоских прямоугольных или круглых зеркал и установлены под углом 45° к оптической оси своего коллиматора 9.

В качестве нейронной сети используют сверточную нейросеть.

В качестве лазера 2, обеспечивающего поверхностный нагрев обрабатываемого материала изделия 11, используют лазер с длиной волны излучения 10,6 мкм, а в качестве лазера 3, обеспечивающего объемное поглощение обрабатываемого изделия 11, используют лазер с длиной волны излучения 1,06 мкм.

Установка для двухлучевой полировки изделий из хрупких неметаллических материалов и управления процессом полировки изделий может быть выполнена с трехосевой системой позиционирования портального типа различной конструкции.

Трехосевая система позиционирования по координатам XYZ условно на фигуре показана стрелками.

Установка для двухлучевой полировки изделий из хрупких неметаллических материалов и управления процессом полировки изделий работает следующим образом.

Полируемое изделие 11 устанавливают на технологическом столе 7. Включают лазеры 2 и 3 и генерируемые ими лазерные пучки, один из которых имеет длину волны, соответствующую интенсивному поверхностному поглощению обрабатываемого материала, другой - соответствующую объемному поглощению, подают в зону обработки в виде единого пятна одновременно двумя сканирующими модулями 4 и 5.

Коллиматоры 9 лазерного излучения сканирующими модулями 4 и 5 формируют плотности лазерных пучков, преобразуя расходящиеся лазерные пучки в параллельные. Подают указанные пучки коллимированного излучения на отклоняющие зеркала 10, отражаются от них, поступая на фокусирующие средства 6, выполненные в виде сферических или параболических зеркал. Затем пучки коллимированного излучения и сфокусированного сферическими или параболическими зеркалами одновременно подают на поверхность обработки изделия 11. Сканируют поверхность обработки изделия 11 сферическими или параболическими зеркалами и формируют зону обработки изделия 11 в виде полосы. Одновременно фиксируют температуру в зоне обработки тепловизором 8.

Во время обработки изделия 11 формируют обучающий нейронную сеть набор параметров обработки изделия 11, состоящий из подготовленной выборки: параметров зоны обработки в виде плотности мощности излучения, формируемых коллиматорами 9 лазерного излучения; температурных полей, обеспечивающих поверхностный нагрев обрабатываемого материала изделия 11 и объемное поглощение обрабатываемого материала изделия 11, формируемых лазерами 2 и 3 с длиной волны, соответствующей поверхностному поглощению и объемному поглощению обрабатываемого материала изделия 11; температур в зоне обработки, полученных тепловизором 8.

Приводят полученный обучающий набор параметров зоны обработки в формат для ввода в нейронную сеть, вводят полученный обучающий набор параметров зоны обработки в нейронную сеть, проводят обучение нейронной сети полученным обучающим набором параметром зоны обработки.

Затем в режиме реального времени нейронной сетью, обученной набором параметров зоны обработки, определяют состояние зоны обработки и формируют команды на получение требуемых параметров обработки установки для полировки изделий из хрупких неметаллических материалов.

В качестве нейронной сети используют сверточную нейросеть.

В качестве лазера 2, обеспечивающего поверхностный нагрев обрабатываемого материала изделия 11, используют лазер с длиной волны излучения 10,6 мкм, а в качестве лазера 3, обеспечивающего объемное поглощение обрабатываемого материала изделия, используют лазер с длиной волны излучения 1,06 мкм.

В процессе обработки хрупких неметаллических материалов информация о состоянии зоны обработки и информация о требуемых параметрах обработки выводилась на экран монитора компьютера.

Формирование лазерных пучков с помощью сканирующих модулей 4 и 5 предлагаемой конструкции и использования системы управления установкой с программным средством и нейронной сетью позволяет повысить технологические возможности, скорость и качество обработки изделий.

Заявляемое техническое решение пригодно к осуществлению промышленным способом и соответствует условию патентоспособности "промышленная применимость".

Национальный центр интеллектуальной собственности.
220034, г. Минск, ул. Козлова, 20.