

ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ

(19) ВУ (11) 13800

(13) U

(45) 2025.09.05

(51) МПК

B 23K 26/02 (2014.01)

C 03B 33/02 (2006.01)

G 06F 123/00 (2023.01)

(54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ МОНИТОРИНГА ПРОЦЕССА ЛАЗЕРНОЙ РЕЗКИ СТЕКЛА И УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ЛАЗЕРНОЙ РЕЗКИ СТЕКЛА

(21) Номер заявки: u 20250110

(22) 2025.05.15

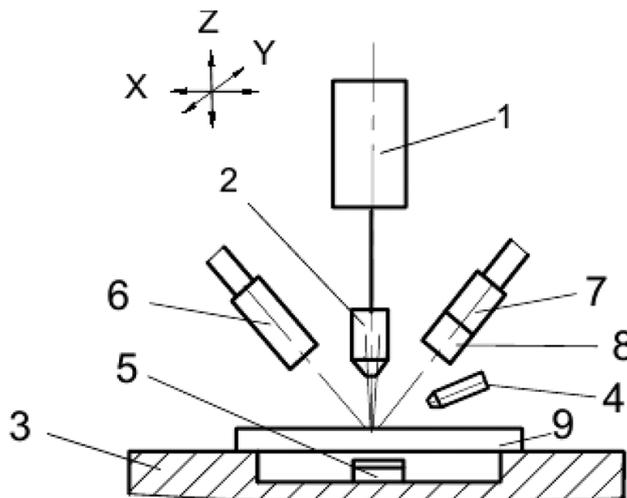
(71) Заявитель: Учреждение образования
"Гомельский государственный уни-
верситет имени Франциска Скори-
ны" (ВУ)

(72) Авторы: Никитюк Юрий Валерьевич;
Прохоренко Владислав Александров-
вич; Серeda Андрей Александрович;
Усов Пётр Петрович (ВУ)

(73) Патентообладатель: Учреждение обра-
зования "Гомельский государственный
университет имени Франциска Скори-
ны" (ВУ)

(57)

1. Устройство для мониторинга процесса лазерной резки стекла и управления процес-
сом лазерной резки стекла, содержащее лазер с фокусирующим объективом, трехосевую
систему позиционирования, технологический стол, систему фиксации изображений зоны
обработки и систему управления, состоящую из блока управления и компьютера с про-
граммными средствами для управления процессом лазерной резки стекла и искусственной
нейронной сетью, обученной набором изображений зоны обработки в режиме реального
времени определять состояние зоны обработки стекла и формировать команды на получе-
ние требуемых параметров обработки стекла, отличающееся тем, что снабжено сред-
ством подачи хладагента в зону обработки, система фиксации изображений зоны обработки



Фиг. 1

ВУ 13800 U 2025.09.05

состоит из источника поляризованного света, размещенного на технологическом столе под обрабатываемым стеклом, и двух видеокамер, установленных с двух сторон зоны обработки и направленных под углом в зону обработки, при этом вторая видеокамера снабжена анализатором и оптически связана с источником поляризованного света, кроме этого, система управления выполнена с искусственной нейронной сетью, обученной набором изображений зоны обработки, состоящим из подготовленной выборки изображений зоны обработки в виде инициализации трещины, нормальном развитии трещины, ненормальном развитии трещины, отсутствии трещины, в режиме реального времени определять состояние зоны обработки стекла и формировать команды на получение требуемых параметров обработки стекла.

2. Устройство по п. 1, **отличающееся** тем, что в качестве хладагента используют воздушно-водяную смесь.

3. Устройство п. 1, **отличающееся** тем, что в качестве лазера используют лазер с длиной волны излучения 1,06 мкм или 10,6 мкм.

4. Устройство по п. 1, **отличающееся** тем, что видеокамеры устанавливаются под углом от 30° до 45° к зоне обработки.

5. Устройство по п. 1, **отличающееся** тем, что в качестве видеокамер используют промышленные камеры ССД.

6. Устройство по п. 1, **отличающееся** тем, что в качестве искусственной нейронной сети используют свёрточную нейросеть.

7. Устройство по п. 1, **отличающееся** тем, что выполнено с трехосевой системой позиционирования, состоящей из системы позиционирования фокусирующего объектива по координатам X и Z системы позиционирования технологического стола по координатам Y.

8. Устройство по п. 1, **отличающееся** тем, что выполнено с трехосевой системой позиционирования, состоящей из системы позиционирования фокусирующего объектива по координатам X Y Z.

9. Устройство по п. 1, **отличающееся** тем, что выполнено с трехосевой системой позиционирования, состоящей из системы позиционирования технологического стола по координатам X Y Z относительно неподвижно установленного фокусирующего объектива.

(56)

1. ВУ 2283, 2005.

2. ZHAO C. et al. A multimodal information fusion method for real-time monitoring of glass cutting with laser-induced thermal-crack propagation. Optics & Laser Technology, 2025, v. 180, fig. 1.

Полезная модель относится к технологии и оборудованию для резки стекла методом управляемого лазерного термораскалывания стекла, и может быть использовано в электронной, стекольной и авиационной промышленности.

Известно устройство для мониторинга процесса лазерной резки стекла и управления процессом лазерной резки стекла, содержащее по меньшей мере один лазер с фокусирующим объективом, трехосевую систему позиционирования, технологический стол, средство подачи хладагента, систему фиксации изображений зоны обработки, содержащую видеокамеру, выполненную с возможностью наблюдения за процессом обработки, и систему управления, состоящую из блока управления и компьютера с программными средствами для управления процессом лазерной резки стекла и вывода изображений зоны обработки и параметров обработки на монитор компьютера [1].

Недостатком данного устройства является, что оно не позволяет одной видеокамерой получать хорошего качества видеоизображение лазерноиндуцированной трещины.

Недостатком данного устройства также является то, что мониторинг процесса лазерной резки стекла осуществляет оператор на мониторе компьютера, что не позволяет в силу субъективных оценок оператором, зависящих от состояния зрения, невнимательности или усталости оператора, обеспечить надежное определение инициализации лазерноиндуцированной трещины, и тем самым гарантированно получать качественное изделие из стекла.

Все вышеперечисленные недостатки известного устройства для мониторинга процесса лазерной резки стекла и управления процессом лазерной резки стекла снижают технологические, эксплуатационные возможности, производительность и качество изготавливаемых изделий.

Наиболее близким к предлагаемой полезной модели является устройство для мониторинга процесса лазерной резки стекла и управления процессом лазерной резки стекла, содержащее лазер с фокусирующим объективом, трехосевую систему позиционирования, технологический стол, систему фиксации изображений зоны обработки и систему управления, состоящую из блока управления и компьютера с программными средствами для управления процессом лазерной резки стекла и искусственной нейронной сетью, обученной набором изображений зоны обработки в режиме реального времени определять состояние зоны обработки стекла и формировать команды на получение требуемых параметров обработки стекла [2].

Недостатком данного устройства является то, что система получения изображений зоны обработки состоит из видеокамеры и акустического устройства детектирования, содержащего большое количество элементов, включающее соединенные последовательно приемник акустико-эмиссионного сигнала, приемно-усилительный тракт и блок обработки сигнала, что усложняет его обслуживание и удорожает систему обработки. Кроме этого, акустическим устройством детектирования трудно выделять сигналы акустической эмиссии из зоны обработки.

Кроме того, данное устройство требует крепления датчиков устройства детектирования, к каждой ее изготавливаемой детали, что снижает его эксплуатационные возможности и производительность.

Все вышеуказанные недостатки снижают технологические возможности, эксплуатационные характеристики, производительность и качество устройства, а также увеличивают материальные затраты и трудозатраты при его использовании.

Технической задачей предлагаемой полезной модели является создание устройства для мониторинга процесса лазерной резки стекла и управления процессом лазерной резки стекла с улучшенными техническими характеристиками, позволяющими повысить производительность и качество, а также снизить материальные затраты.

Технический результат, достигаемый полезной моделью, заключается в более эффективном распознавании состояния зоны обработки и управлении процессом лазерной резки стекла, позволяющими повысить качество, производительность и эксплуатационные характеристики, а также снизить материальные затраты.

Указанный технический результат достигается тем, что устройство для мониторинга процесса лазерной резки стекла и управления процессом лазерной резки стекла, содержащее лазер с фокусирующим объективом, трехосевую систему позиционирования, технологический стол, систему фиксации изображений зоны обработки и систему управления, состоящую из блока управления и компьютера с программными средствами для управлением процессом лазерной резки стекла и искусственной нейронной сетью, обученной набором изображений зоны обработки в режиме реального времени с возможностью определять состояние зоны обработки стекла и формировать команды на получение требуемых параметров обработки стекла, согласно полезной модели, снабжено средством подачи хладагента в зону обработки, система фиксации изображений зоны обработки, состоит из источника поляризованного света, размещенного на технологическом столе

под обрабатываемым стеклом, и двух видеокамер, установленных с двух сторон зоны обработки и направленных под углом в зону обработки, при этом вторая видеокамера снабжена анализатором и оптически связана с источником поляризованного света, кроме этого, система управления выполнена с искусственной нейронной сетью, обученной набором изображений зоны обработки, состоящим из подготовленной выборки изображений зоны обработки в виде инициализации трещины, нормальном развитии трещины, ненормальном развитии трещины, отсутствии трещины, в режиме реального времени определять состояние зоны обработки стекла и формировать команды на получение требуемых параметров обработки стекла.

Кроме того, в качестве хладагента использовали воздушно-водяную смесь.

Кроме того, в качестве лазера используют лазер с длиной волны излучения 1,06 мкм или 10,6 мкм.

Кроме того, видеокамеры устанавливаются под углом от 30° до 45° к зоне обработки.

Кроме того, в качестве видеокамер используют промышленные камеры CCD.

Кроме того, в качестве искусственной нейронной сети используют свёрточную нейросеть.

Кроме того, устройство выполнено с трехосевой системой позиционирования, состоящей из системы позиционирования фокусирующей головки по координатам X и Z системы позиционирования технологического стола по координатам Y.

Кроме того, устройство выполнено с трехосевой системой позиционирования, состоящей из системы позиционирования фокусирующей головки по координатам X Y Z.

Кроме того, устройство выполнено с трехосевой системой позиционирования, состоящей из системы позиционирования технологического стола по координатам X Y Z относительно неподвижно установленной фокусирующей головки.

Сопоставление заявляемого технического решения с известными из уровня техники показывает, что устройство для мониторинга процесса лазерной резки стекла и управления процессом лазерной резки стекла отличается от известных из уровня техники новыми существенными признаками:

снабжено средством подачи хладагента в зону обработки;

система фиксации изображений зоны обработки, состоит из источника поляризованного света, размещенного на технологическом столе под обрабатываемым стеклом, и двух видеокамер, установленных с двух сторон зоны обработки и направленных под углом в зону обработки, при этом вторая видеокамера снабжена анализатором и оптически связана с источником поляризованного света;

система управления выполнена с искусственной нейронной сетью, обученной набором изображений зоны обработки, состоящим из подготовленной выборки изображений зоны обработки в виде инициализации трещины, нормальном развитии трещины, ненормальном развитии трещины, отсутствии трещины, в режиме реального времени с возможностью определять состояние зоны обработки стекла и формировать команды на получение требуемых параметров обработки стекла.

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

Изложенная сущность заявляемой полезной модели поясняется фигурами, на которых схематично представлены:

Фиг. 1 - общий вид устройства для мониторинга процесса лазерной резки стекла и управления процессом лазерной резки стекла;

Фиг. 2 - показан пример картины зоны обработки в пластине из стекла, при нормальном развитии трещины.

Устройство для мониторинга процесса лазерной резки стекла и управления процессом лазерной резки стекла содержит по меньшей мере один лазер 1 с фокусирующим объективом 2, трехосевую систему позиционирования (не показана), технологический стол 3,

BY 13800 U 2025.09.05

средство подачи хладагента 4, систему фиксации изображений зоны обработки, состоящую из источника 5 поляризованного света и двух видеокамер 6 и 7, установленных с двух сторон зоны обработки и направленных под углом в зону обработки, и систему управления (не показана).

Вторая видеокамера 7 снабжена анализатором 8 и оптически связана с источником 5 поляризованного света, размещенным на технологическом столе 3 под обрабатываемым стеклом 9.

Система управления, состоит из блока управления и компьютера с программными средствами для управлением процессом лазерной резки стекла и искусственной нейронной сетью, обученной набором изображений зоны обработки в режиме реального времени определять состояние зоны обработки стекла и формировать команды на получение требуемых параметров обработки стекла.

Система управления выполнена с искусственной нейронной сетью, обученной набором изображений зоны обработки, состоящим из подготовленной выборки изображений зоны обработки в виде инициализации трещины, нормальном развитии трещины, ненормальном развитии трещины, отсутствии трещины, в режиме реального времени определять состояние зоны обработки стекла и формировать команды на получение требуемых параметров обработки стекла.

В качестве хладагента использовали воздушно-водяную смесь.

В качестве лазера используют лазер с длиной волны излучения 1,06 мкм или 10,6 мкм.

Видеокамеры 6 и 7 устанавливаются под углом от 30° до 45° к зоне обработки.

В качестве видеокамер 6 и 7 используют промышленные камеры CCD.

В качестве искусственной нейронной сети используют сверточную нейросеть.

Интерференционная картина зоны обработки в пластине из стекла 9 (фиг. 2) указаны стрелкой.

Устройство для мониторинга процесса лазерной резки стекла может быть выполнено с трехосевой системой позиционирования различной конструкции.

Устройство для мониторинга процесса лазерной резки стекла и управления процессом лазерной резки стекла может быть выполнено с трехосевой системой позиционирования, состоящей из системы позиционирования фокусирующего объектива 2 по координатам X и Z системы позиционирования технологического стола 3 по координатам Y.

Устройство для мониторинга процесса лазерной резки стекла и управления процессом лазерной резки стекла может быть выполнено с трехосевой системой позиционирования, состоящей из системы позиционирования фокусирующего объектива 2 по координатам X Y Z.

Устройство для мониторинга процесса лазерной резки стекла и управления процессом лазерной резки стекла может быть выполнено с трехосевой системой позиционирования, состоящей из системы позиционирования технологического стола 3 по координатам X Y Z относительно неподвижно установленного фокусирующего объектива 2.

Трехосевая система позиционирования по координатам XYZ условно показана стрелками (фиг. 1).

Предлагаемое устройство для мониторинга процесса лазерной резки стекла и управления процессом лазерной резки стекла работает следующим образом.

Устанавливают стекло 9 на технологический стол 3. Включают лазер 1 и осуществляют локальную обработку стекла 9, нагревая линию реза лазерным пучком и охлаждая зону нагрева хладагентом. В качестве лазера 1 используют лазер с длиной волны излучения 1,06 мкм или 10,6 мкм. В качестве хладагента используют воздушно-водяную смесь.

В процессе обработки стекла первая видеокамера 6 фиксирует изображение лазерно-индуцированной трещины, а вторая видеокамера 7 снабженная анализатором 8 и оптически связанная с источником 5 поляризованного света, фиксирует интерференционную

BY 13800 U 2025.09.05

картину зоны обработки, формируемую поляризационно-оптическим методом. В качестве видеокамер 6 и 7 используют промышленные камеры CCD.

Основа поляризационно-оптического метода заключается в измерении двойного лучепреломления, чаще называемым пьезооптическим эффектом, возникающего в зоне обработки стекла 9 от теплового воздействия лазерного излучения. Так как стекло 9, когда в нем возникают напряжения или деформации от теплового воздействия лазерного излучения становятся оптически анизотропными как кристаллы.

После этого в режиме реального времени, на основании полученных с двух видеокамер 6 и 7 изображений зоны обработки, искусственная нейронная сеть, обученная набором изображений зоны обработки, состоящим из подготовленной выборки изображений зоны обработки в виде инициализации трещины, нормальном развитии трещины, ненормальном развитии трещины, отсутствии трещины, в режиме реального времени определяет состояние зоны обработки стекла 9 и формирует команды на получение требуемых параметров обработки стекла.

При этом, в качестве искусственной нейронной сети используют свёрточную нейросеть, которая обрабатывает изображения зоны обработки с обеих видеокамер 6 и 7 с помощью свёрточных слоев, которые выделяют ключевые визуальные признаки зоны обработки, как из обычных изображений, так и из поляризованных.

В процессе обработки стекла, информация о состоянии зоны обработки и информация о требуемых параметрах обработки стекла, в режиме реального времени, выводилась на экран монитора компьютера.

Предложенное техническое решение основано на современных достижениях в области машинного обучения искусственных нейронных сетей и компьютерного зрения и пригодно к осуществлению промышленным способом.



Фиг. 2