



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
B23K 26/03 (2021.08); B23K 26/146 (2021.08)

(21)(22) Заявка: **2020112846, 04.10.2018**

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
04.10.2018

Дата регистрации:
13.01.2022

Приоритет(ы):
(30) Конвенционный приоритет:
05.10.2017 EP 17195003.3

(43) Дата публикации заявки: **09.11.2021** Бюл. № 31

(45) Опубликовано: **13.01.2022** Бюл. № 2

(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на национальной фазе: **06.05.2020**

(86) Заявка РСТ:
EP 2018/077038 (04.10.2018)

(87) Публикация заявки РСТ:
WO 2019/068823 (11.04.2019)

Адрес для переписки:
**101000, Москва, ул. Мясницкая, 13, стр. 5, ООО
"Союзпатент"**

(72) Автор(ы):
**ХИППЕРТ, Давид (СН),
ЛАПОРТ, Грегуар (СН),
ЭПЛЬ, Максимилиан (СН),
ДИЛЬ, Хельги (СН),
РИХЕРЦХАГЕН, Бернольд (СН)**

(73) Патентообладатель(и):
СИНОВА С.А. (СН)

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **US 20170157709 A1, 08.06.2017. WO 2016194071 A1, 08.12.2016. US 20150209900 A1, 30.07.2015. US 6791057 B1, 14.09.2004. DE 10103255 A1, 14.08.2002. RU 2312745 C2, 20.12.2007. RU 2155653 C2, 10.09.2000.**

(54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОБРАБОТКИ ЗАГОТОВКИ РЕЗАНИЕМ С ПОМОЩЬЮ ЛАЗЕРНОГО ЛУЧА

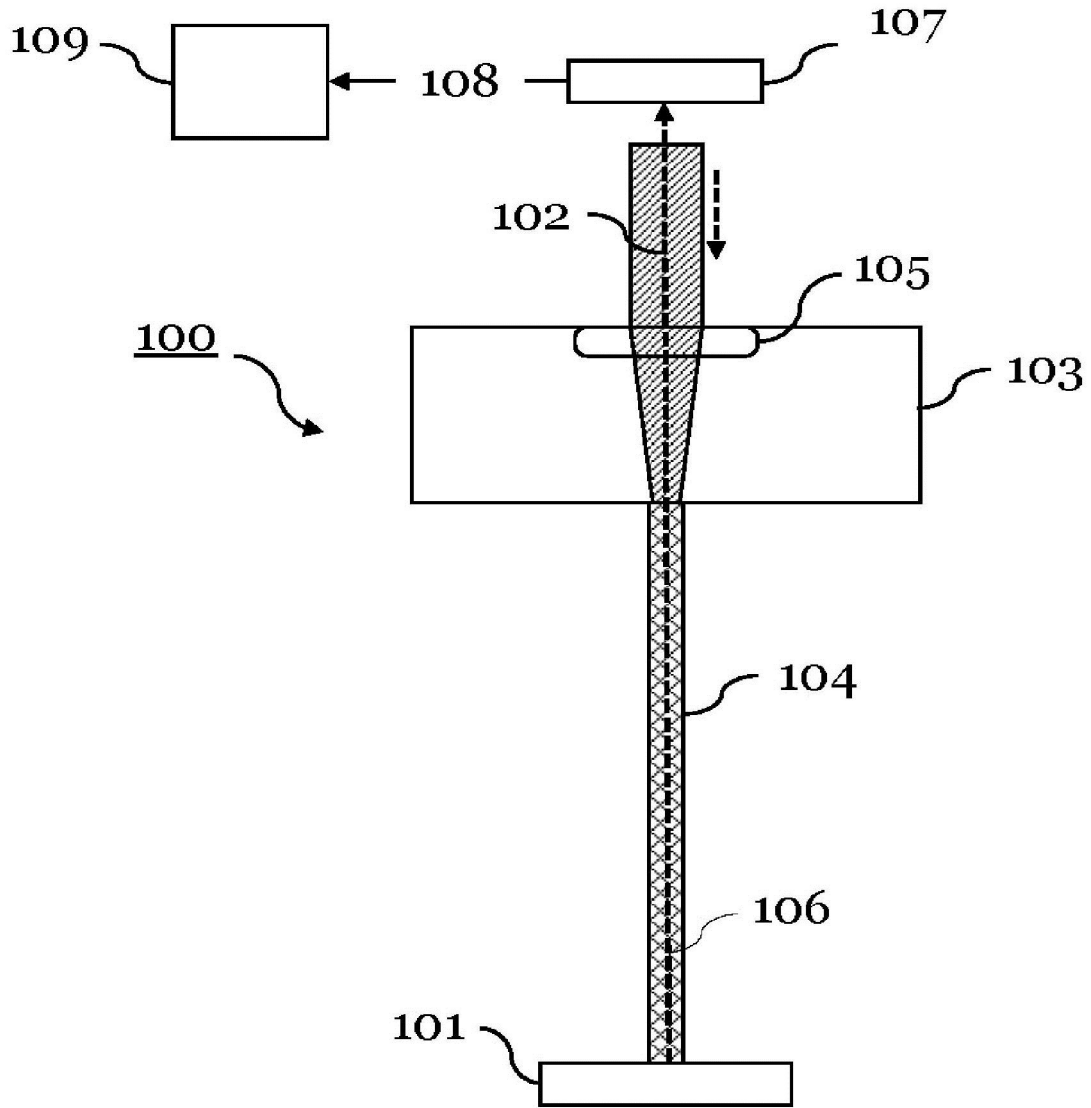
(57) Реферат:

Изобретение относится к устройству (100, 200, 300, 7000) и способу (400) для обработки заготовки (101) резанием с помощью лазерного луча (102). Устройство (100, 200, 300, 700) содержит обрабатывающий блок (103), выполненный с возможностью подавать струю (104) текучей среды под давлением на заготовку (101) и вводить лазерный луч (102) через по меньшей мере один оптический элемент (105) в струю (104) текучей среды в направлении заготовки (101). Измерительный блок (107) устройства выполнен с возможностью приёма

индуцированного лазером электромагнитного излучения (106), распространяющегося от заготовки (101) через струю (104) текучей среды и по меньшей мере через один оптический элемент, и с возможностью преобразования принятого излучения (106) в сигнал (108). Устройство (100, 200, 300, 700) содержит блок (109) обработки сигналов, выполненный с возможностью определения состояния обработки заготовки (101) на основе сигнала (108), направлено на улучшение традиционных устройства и решений. Технический результат

состоит в повышении точности определения состояния обработки заготовки, т.е. прошел ли лазерный луч сквозь материал заготовки, что

позволяет лучше оптимизировать процесс обработки по времени и повысить качество обработки. 2 н. и 14 з.п. ф-лы, 7 ил.



Фиг. 1

RU 2764101 C2

RU 2764101 C2



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.
B23K 26/03 (2006.01)
B23K 26/146 (2014.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC
B23K 26/03 (2021.08); B23K 26/146 (2021.08)

(21)(22) Application: **2020112846, 04.10.2018**

(24) Effective date for property rights:
04.10.2018

Registration date:
13.01.2022

Priority:

(30) Convention priority:
05.10.2017 EP 17195003.3

(43) Application published: **09.11.2021 Bull. № 31**

(45) Date of publication: **13.01.2022 Bull. № 2**

(85) Commencement of national phase: **06.05.2020**

(86) PCT application:
EP 2018/077038 (04.10.2018)

(87) PCT publication:
WO 2019/068823 (11.04.2019)

Mail address:
**101000, Moskva, ul. Myasnitskaya, 13, str. 5, OOO
"Soyuzpatent"**

(72) Inventor(s):

**HIPPERT, David (CH),
LAPORTE, Gregoire (CH),
EPPLER, Maximilian (CH),
DIEHL, Helgi (CH),
RICHERZHAGEN, Bernold (CH)**

(73) Proprietor(s):

SYNOVA S.A. (CH)

(54) **DEVICE FOR PROCESSING WORKPIECE BY CUTTING WITH LASER BEAM**

(57) Abstract:

FIELD: laser systems.

SUBSTANCE: invention relates to device (100, 200, 300, 7000) and method (400) for processing workpiece (101) by cutting with laser beam (102). Device (100, 200, 300, 700) contains processing unit (103) made with the possibility of supplying jet (104) of fluid under pressure to workpiece (101) and injecting laser beam (102) through at least one optical element (105) into fluid jet (104) in the direction of workpiece (101). Measuring unit (107) of the device is made with the possibility of receiving laser-induced electromagnetic radiation (106) distributing from workpiece (101) through fluid jet (104) and through at least one optical element, and with the possibility of

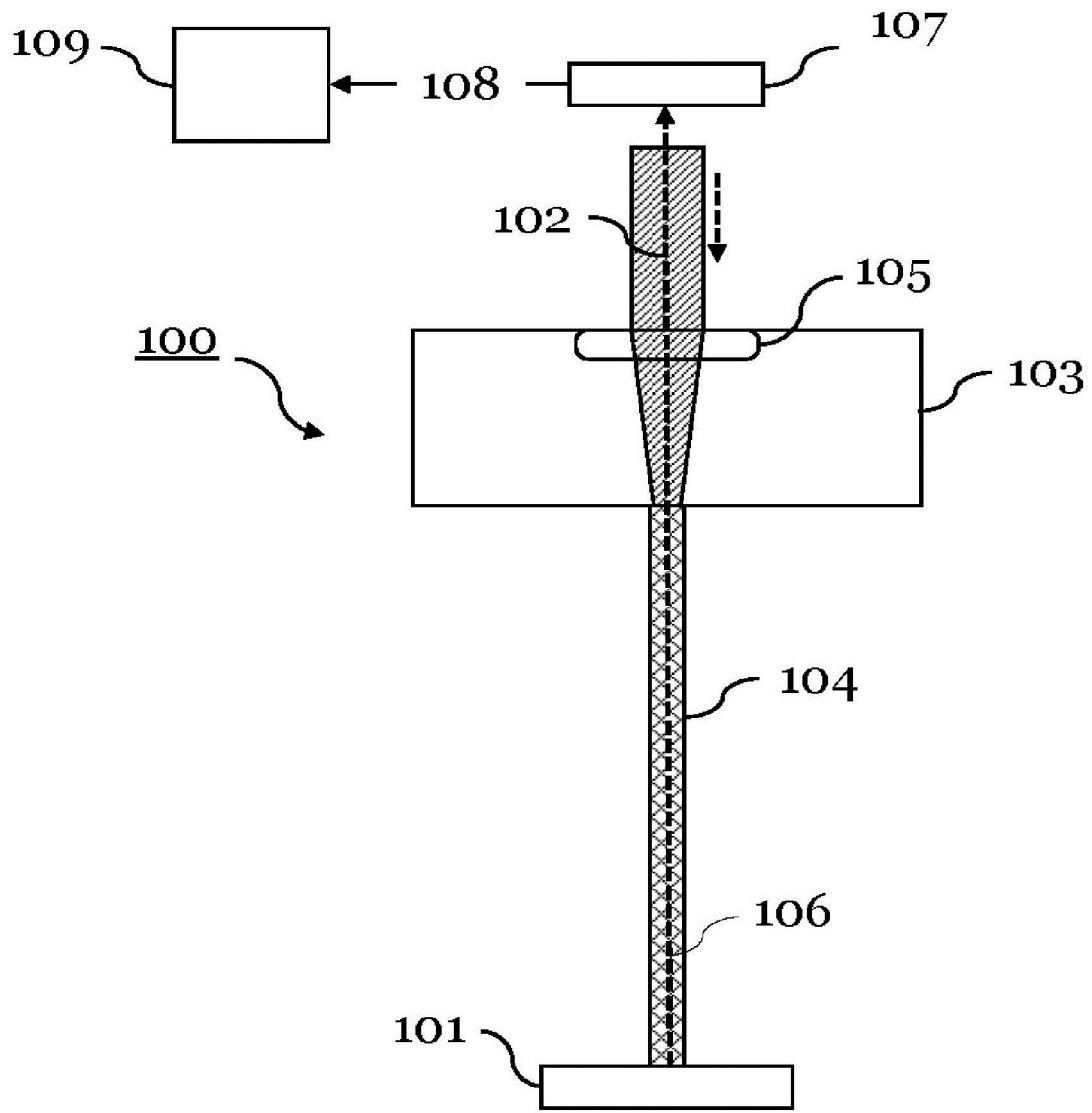
converting received radiation (106) into signal (108). Device (100, 200, 300, 700) contains signal processing unit (109) made with the possibility of determining the processing state of workpiece (101) based on signal (108), aimed at improving traditional devices and solutions.

EFFECT: increase in the accuracy of determining the state of the workpiece processing, i.e., whether the laser beam has passed through workpiece material, which makes it possible to better optimize the processing in time and improve the quality of processing.

16 cl, 7 dwg

RU 2 764 101 C 2

RU 2 764 101 C 2



Фиг. 1

Область техники, к которой относится изобретение

Настоящее изобретение относится к устройству для обработки заготовки резанием с помощью лазерного луча, а также к соответствующему способу обработки. В частности, устройство и способ предназначены для обработки заготовки резанием с помощью лазерного луча, введенного в струю текучей среды. Настоящее изобретение, в частности, относится к управлению процессом обработки резанием с помощью устройства и способа на основе технологического выброса.

Уровень техники

Известно традиционное устройство для обработки заготовки резанием с помощью лазерного луча. Также общеизвестно традиционное устройство для обработки заготовки лазерным лучом, введенным в струю текучей среды, при этом струя текучей среды падает на заготовку.

Проблема, с которой обычно сталкиваются в процессе обработки резанием лазерным лучом с помощью традиционного устройства, состоит в том, что из-за отсутствия механического взаимодействия устройства с заготовкой трудно определить характерные состояния процесса обработки заготовки. Эта трудность часто приводит к значительному увеличению времени обработки. Например, когда используется традиционное устройство для резки заготовки лазерным лучом, проблематично точно определить, прошел ли лазерный луч сквозь материал заготовки и когда это произошло. Таким образом, процесс резки не может быть закончен оптимальным по времени образом. Кроме того, было бы также полезно иметь возможность точно определять другие состояния обработки детали, например, состояния, которые указывают на нестабильность процесса обработки.

Поскольку лазерный луч может рассеиваться в обратном направлении от заготовки неуправляемым образом, определение состояния процесса путем визуального осмотра заготовки является трудным или даже опасным. Кроме того, если в традиционном устройстве используется лазерный луч, введенный в струю текучей среды, дополнительные трудности возникают из-за того, что заготовка находится во влажной окружающей среде. Например, поскольку струя текучей среды может бесконтрольно выплескиваться обратно из заготовки, текучая среда может накапливаться в поверхностных областях заготовки, таким образом, еще более затрудняя определение состояния процесса обработки.

Традиционные решения в значительной степени основаны на визуальном осмотре с помощью камеры, например, расположенной рядом с устройством и/или заготовкой. Однако традиционный визуальный контроль не очень точен из-за вышеупомянутых проблем, связанных с окружающей средой, особенно во влажных средах. Кроме того, существует высокий риск того, что контрольное оборудование, например, камера, повреждается вследствие разбрызгивания текучей среды. Кроме того, устройство в соответствии с этим традиционным решением является довольно большим и неудобно распределенным на множество отдельных компонентов.

С учетом этих проблем и недостатков настоящее изобретение направлено на улучшение традиционных устройства и решений. Соответственно, задачей настоящего изобретения является создание устройства и способа обработки заготовки резанием с помощью лазерного луча, вводимого в струю текучей среды, которые позволяют сократить продолжительность процесса обработки. В частности, изобретение должно позволить более точно определить состояние процесса обработки. Чем выше точность определения состояния обработки заготовки, тем лучше процесс обработки может быть оптимизирован по времени. В частности, изобретение направлено на надежное

определение того, прошел ли лазерный луч сквозь материал заготовки или нет. Таким образом, задачей настоящего изобретения, в частности, является создание компактного устройства и решения, работе которого не мешает влажная окружающая среда, вызванная струей текучей среды. Соответственно, можно будет избежать повреждений устройства и оборудования.

Сущность изобретения

Задача настоящего изобретения достигается решением, представленным в прилагаемом независимом пункте формулы изобретения. Предпочтительные варианты реализации настоящего изобретения определяются в зависимых пунктах формулы изобретения.

В частности, в настоящем изобретении предлагается обнаруживать состояние обрабатываемой заготовки на основе процесса излучения, то есть на основе индуцированного лазером электромагнитного излучения, которое возникает в результате обработки заготовки лазерным лучом.

Первый аспект настоящего изобретения обеспечивает устройство для обработки заготовки лазерным лучом, причем устройство содержит обрабатывающий блок, выполненный с возможностью подавать струю текучей среды под давлением на заготовку и введения лазерного луча через по меньшей мере один оптический элемент в струю текучей среды в направлении заготовки, измерительный блок, выполненный с возможностью приема индуцированного лазером электромагнитного излучения, распространяющегося от заготовки через струю текучей среды, и по меньшей мере через один оптический элемент, при этом он выполнен с возможностью преобразования принятого излучения в сигнал, блок обработки сигнала, выполненный с возможностью определять состояние обработки заготовки на основе этого сигнала.

В обрабатывающем блоке лазерный луч вводится в струю текучей среды под давлением, которая действует как волновод для лазерного луча и направляет лазерный луч на заготовку посредством полного внутреннего отражения. Струя текучей среды под давлением предпочтительно обеспечивается соплом для текучей среды, и лазерный луч может быть направлен по меньшей мере одним оптическим элементом через сопло для текучей среды в струю для текучей среды и по направлению к заготовке. Сопло для текучей среды и по меньшей мере один оптический элемент могут быть разделены, например, оптическим окном, чтобы предотвратить контакт оптического элемента и текучей среды.

Измерительный блок может быть фотодетекторным устройством или датчиком света и предпочтительно позиционируется таким образом, чтобы он мог обнаруживать индуцированное лазером электромагнитное излучение, которое распространяется вдоль струи текучей среды в направлении, противоположном первичному лазерному лучу, то есть распространяется в направлении от заготовки. В частности, некоторое электромагнитное излучение, индуцированное лазерным лучом, обрабатывающим заготовку, может не распространяться обратно через струю текучей среды, но может проходить где-то еще.

Индуцированное лазером электромагнитное излучение, принимаемое измерительным блоком, обеспечивает очень точный характерный признак различных состояний обработки детали. В частности, сигнал, который, соответственно, выводится с помощью измерительного блока, показывает характерные типы поведения в зависимости от различных состояний обработки заготовки. Следовательно, блок обработки сигнала способен точно и эффективно определять состояния обработки заготовки на основе сигнала. Вследствие этого, он может инициировать соответствующие действия

устройства на основе определенного состояния, чтобы значительно сократить время процесса обработки.

Тот факт, что измерительный блок может принимать индуцированное лазером электромагнитное излучение через струю текучей среды, позволяет обеспечить его безопасность от влажной окружающей среды процесса обработки. Предпочтительно, струя текучей среды действует как волновод также для обратного распространения лазерного излучения и, таким образом, обеспечивает более точное обнаружение этого излучения и, следовательно, анализ или последующую обработку сигнала, который подает измерительный блок при обнаружении этого излучения. Предпочтительно, измерительный блок размещается в устройстве, более предпочтительно таким образом, чтобы он был отделен от любого контура для подачи текучей среды и сопла для текучей среды, чтобы быть защищенным от контакта с текучей среды и, таким образом, иметь увеличенный срок службы. Устройство по первому аспекту может быть выполнено очень компактным образом, и все компоненты устройства предпочтительно могут быть объединены.

В предпочтительной форме реализации устройства блок обработки сигнала выполнен с возможностью определения, в качестве состояния обработки заготовки, прошел ли лазерный луч через заготовку.

Устройство согласно изобретению может, в частности, очень точно и быстро определять, прошел ли лазерный луч через заготовку. Соответственно, время обработки может быть значительно уменьшено, особенно когда устройство используется для резки заготовки лазерным лучом. Это связано с тем фактом, что процесс обработки может быть немедленно остановлен после определения состояния, когда лазерный луч прошел через заготовку. Блок обработки сигналов может быть выполнен с возможностью автоматического предоставления такой инструкции.

В еще одной предпочтительной форме реализации устройства измерительный блок выполнен с возможностью приема индуцированного лазером электромагнитного излучения, распространяющегося через струю текучей среды по меньшей мере через один оптический элемент, который выполнен с возможностью введения лазерного луча в струю текучей среды.

С помощью такого специального способа устройство может быть выполнено особенно компактным. Кроме того, требуется наименьшее количество оптических компонентов.

Устройство может содержать оптическую головку, включающую в себя обрабатывающий блок и измерительный блок. Соответственно, в оптической головке лазерный луч может быть введен с помощью обрабатывающего блока в струю текучей среды, а измерительный блок может воспринимать индуцированное лазером излучение, распространяющееся обратно от заготовки. Блок обработки сигналов в этом случае может располагаться в устройстве, например, в корпусе, но вне оптической головки. Лазерный блок, содержащий лазерный источник и/или лазерный контроллер, может быть частью устройства или не быть частью устройства, но по меньшей мере он отделяется от оптической головки.

В еще одной предпочтительной форме реализации это устройство содержит оптическую головку, включающую в себя обрабатывающий блок и лазерный блок, включающий в себя измерительный блок.

Лазерный блок может содержать лазерный источник и/или лазерный контроллер. В этой форме реализации лазерный луч может подаваться лазерным блоком в оптическую головку, где он вводится в струю текучей среды с помощью обрабатывающего блока.

Индуцированное лазером излучение, распространяющееся обратно от заготовки, может направляться через оптическую головку к лазерному блоку, где оно принимается измерительным блоком. Оптическая головка может быть оптически соединена с лазерным блоком, например, с помощью оптического волокна.

5 Неожиданно было обнаружено, что состояние обработки заготовки может быть точно определено блоком обработки сигнала на основе сигнала, который обеспечивается измерительным блоком на основе принятого индуцированного лазером излучения, даже в том случае, когда измерительный блок располагается в лазерном блоке, т.е. на удалении от оптической головки. Преимущество наличия измерительного блока 107
10 и, по необязательному выбору, связанных с ним оптических элементов, таких как расщепитель луча, оптический разделительный блок, и/или фокусирующая оптика и т.д., обеспеченных в лазерном блоке, состоит в том, что обработка этих элементов и, например, их техническое обслуживание или замена становятся легче. Дополнительное
15 преимущество состоит в том, что оптическая головка может быть заменена без необходимости замены измерительного блока и связанных с ним оптических элементов. Оптическая головка также может быть построена меньше по размеру, а измерительный блок и связанные с ним оптические элементы могут быть построены больше по размеру благодаря большому пространству, доступному в лазерном блоке.

В еще одной предпочтительной форме реализации устройство дополнительно
20 содержит оптический соединительный элемент, в частности оптическое волокно, для оптического соединения оптической головки и лазерного блока, при этом обрабатывающий блок в оптической головке выполнен с возможностью приема лазерного луча через оптический соединительный элемент, а измерительный блок в лазерном блоке выполнен с возможностью приема индуцированного лазером
25 электромагнитного излучения через оптический соединительный элемент.

Соответственно, один и тот же оптический соединительный элемент, например, оптическое волокно, используется для перемещения лазерного света соответственно для лазерного луча и излучения, индуцированного лазером, внутри устройства, то есть между оптической головкой и лазерным блоком. Тем не менее, состояние обработки
30 заготовки может быть точно определено обрабатывающим блоком на основе сигнала, генерируемого соответствующим образом с помощью измерительного блока.

В еще одной предпочтительной форме реализации устройства по меньшей мере один оптический элемент включает в себя линзу для внесения лазерного луча в струю текучей среды, а измерительный блок выполнен с возможностью приема обратно
35 распространяющегося лазерного электромагнитного излучения через упомянутую линзу.

Следовательно, эта конкретная форма реализации позволяет использовать линзу двойным образом и позволяет позиционировать измерительный блок таким образом, чтобы он был защищен от контакта с текучей средой. Кроме того, устройство может
40 быть выполнено в компактном виде.

В еще одной предпочтительной форме реализации устройство дополнительно содержит блок спектрального разделения, предпочтительно блок оптического фильтра, выполненный с возможностью изоляции только представляющего интерес
электромагнитного излучения, включающего в себя по меньшей мере часть
45 индуцированного лазером электромагнитного излучения на чувствительном блоке и/или для предотвращения достижения исходным лазерным излучением чувствительного элемента.

В частности, блок спектрального разделения выполнен с возможностью приема

излучения, которое представляет собой или включает в себя электромагнитное излучение, индуцированное лазером, распространяющееся от заготовки, при этом он может отделять представляющее интерес электромагнитное излучение из принятого излучения, и может обеспечивать представляющее интерес излучение, включающее в себя по меньшей мере часть упомянутого индуцированного лазером электромагнитного излучения для измерительного блока. Блок спектрального разделения может эффективно воздействовать на то, что состояние обработки детали может быть определено еще более точно и надежно. Блок спектрального разделения предотвращает попадание нежелательного излучения в измерительный блок. Поэтому измерительный блок может более чувствительно и точно обнаруживать представляющее интерес излучение. Представляющим интерес излучением может быть индуцированное лазером электромагнитное излучение с удаленным нежелательным другим излучением, или оно может быть частью индуцированного лазером электромагнитного излучения. Это может, например, выражаться в том, что лазерный луч индуцирует различные виды электромагнитного излучения, вызванного различными механизмами. В этом случае представляющее интерес излучение может представлять собой только электромагнитное излучение, индуцированное лазером, которое вызывается одним конкретным механизмом.

В еще одной предпочтительной форме реализации устройства электромагнитное излучение, индуцированное лазером, включает в себя вторичное излучение, испускаемое частью заготовки, которая обрабатывается лазерным лучом.

Вторичное излучение в этом случае вызывается обработкой заготовки лазерным лучом, например, потому что область обработанной поверхности заготовки преобразуется в плазму. Эта плазма испускает характерное излучение, которое можно легко изолировать на измерительном блоке или с помощью измерительного блока, например, на измерительном блоке с помощью вышеописанного блока спектрального разделения, чтобы позволить особенно точное определение состояния обработки заготовки, особенно в зависимости от того, прошел ли лазерный луч через заготовку.

В еще одной предпочтительной форме реализации устройства электромагнитное излучение, индуцированное лазером, включает в себя первичное лазерное излучение, которое отражается от заготовки.

Это обеспечивает простой способ реализации настоящего изобретения. Свет лазера, отражаемый назад от заготовки, включает в себя, по меньшей мере, часть света первичного лазерного луча и распространяется обратно через струю текучей среды к измерительному блоку. Соответствующий сигнал, преобразованный измерительным блоком, обеспечивает точный характерный признак состояния обработки заготовки, особенно того, прошел ли лазерный луч сквозь заготовку.

В еще одной предпочтительной форме реализации устройства электромагнитное излучение, индуцированное лазером, включает в себя вторичное излучение, генерируемое в результате рассеяния, предпочтительно комптоновского комбинационного рассеяния, лазерного луча в струе текучей среды.

Индуцированное лазером рассеяние в струе текучей среды имеет то преимущество, что оно создается не непосредственно на поверхности заготовки, где условия окружающей среды менее контролируемы, а в ламинарной и/или лучше контролируемой струе текучей среды. Тем не менее, это излучение, индуцированное рассеянием, обеспечивает точный характерный признак состояния обработки заготовки, особенно того, прошел ли лазерный луч сквозь заготовку.

Это может быть случай, когда вторичное излучение, испускаемое частью

обрабатываемой заготовки с помощью лазерного луча, первичное лазерное излучение, отраженное от заготовки, и/или вторичное излучение, генерируемое рассеиванием лазерного луча в струе текучей среды, распространяется от заготовки через струю текучей среды и через по меньшей мере один оптический элемент. В этом случае

5 вышеописанный блок спектрального разделения может использоваться для фильтрации любого нежелательного индуцированного лазером электромагнитного излучения, а также для фокусировки только представляющего интерес индуцированного лазером электромагнитного излучения, например, вторичного излучения, испускаемого частью заготовки, обработанной лазерным лучом, на измерительный блок.

10 В еще одной предпочтительной форме реализации устройства блок обработки сигнала выполнен с возможностью обработки сигнала с временным разрешением менее 0,5 с, предпочтительно менее 0,1 с.

Например, временное разрешение блока обработки сигнала может составлять от 0,2 до 0,5 с, или от 0,1 до 0,5 с, или от 0,1 до 0,2 с, или даже от 0,01 с до 0,1 с. Эти

15 предпочтительные временные разрешения, обеспечиваемые блоком обработки сигналов, позволяют точно определять состояние обработки заготовки и, таким образом, особенно стабильно контролировать процесс обработки. В частности, время процесса обработки может быть даже еще больше уменьшено с помощью такого блока обработки сигналов.

В еще одной предпочтительной форме реализации устройства лазерный луч

20 представляет собой импульсный лазерный луч, при этом измерительный блок выполнен с возможностью преобразования принятого излучения в сигнал для каждого лазерного импульса, а блок обработки сигналов выполнен с возможностью интегрировать множество сигналов во времени, чтобы генерировать интегрированный сигнал и определять состояние обработки детали на основе профиля или изменения профиля в

25 интегрированном сигнале.

Интегрирование сигнала во времени дополнительно повышает надежность определения состояния обработки заготовки. В частности, профили, которые

30 встречаются в одном (неинтегрированном) сигнале, могут быть улучшены в интегрированном сигнале. Кроме того, дополнительные профили, которые появляются только в интегрированном сигнале, могут позволить определять дополнительные состояния или определять состояния более точно. Также чувствительность определения, как правило, повышается, поскольку влияние шума на сигнал уменьшается.

В еще одной предпочтительной форме реализации устройство дополнительно

35 содержит по меньшей мере одно периферийное устройство, предпочтительно контроллер лазера, контроллер подачи текучей среды, контроллер подачи газа и/или контроллер перемещения осей, причем блок обработки сигнала выполнен с возможностью обеспечения по меньшей мере, одного периферийного устройства с командным сигналом, основанным на определенном состоянии обработки заготовки, для запуска, прерывания, остановки и/или повторного запуска действия периферийного устройства.

40 Соответственно, время процесса обработки может быть оптимизировано. В частности, на основе определенного состояния обработки заготовки устройство может быстро реагировать на выполнение необходимых действий. Например, если лазерный луч проходит насквозь через заготовку, устройство может остановить процесс обработки. В качестве дополнительного преимущества - качество процесса обработки может быть

45 улучшено.

Во втором аспекте настоящего изобретения обеспечивается способ обработки заготовки лазерным лучом, включающий в себя подачу струи текучей среды под давлением на заготовку и введения лазерного луча через по меньшей мере один

оптический элемент в струю текучей среды в направлении заготовки, принимающий индуцированное лазером электромагнитное излучение, распространяющееся от заготовки через струю текучей среды и через по меньшей мере один оптический элемент, а также преобразующий принятое излучение в сигнал, и определение состояния обработки заготовки на основе сигнала.

При использовании способа по второму аспекту могут быть достигнуты те же преимущества и эффекты, что и при использовании устройства по первому аспекту.

В предпочтительной форме реализации способ дополнительно содержит, для определения состояния обработки заготовки, запись множества сигналов, сравнение записанных сигналов с заданными эталонными сигналами и определение состояния обработки заготовки на основе аналогичных или совпадающих эталонных сигналов.

С помощью обеспечения эталонных сигналов и выполнения сравнения с этими эталонными сигналами, можно обеспечить простую реализацию с очень точными результатами.

В еще одной предпочтительной форме реализации способ дополнительно содержит, для определения состояния обработки заготовки, интегрирование множества сигналов во времени для генерирования интегрированного сигнала, оценку профиля или изменения профиля в интегрированном сигнале, а также определение состояния обработки заготовки на основе профиля или изменения профиля.

Таким образом, достигаются те же преимущества и эффекты, что и с соответствующей вышеописанной формой реализации устройства.

В еще одной предпочтительной форме реализации способа электромагнитное излучение, индуцированное лазером, представляет собой вторичное излучение, испускаемое частью заготовки, обработанной лазерным лучом, при этом способ содержит определение, в качестве состояния обработки детали, что лазерный луч прошел насквозь через заготовку, когда значение одиночного сигнала или интегрального сигнала, которое увеличилось после начала обработки заготовки, снова уменьшается ниже определенного порогового значения.

В еще одной предпочтительной форме реализации способа электромагнитное излучение, индуцированное лазером, представляет собой первичное лазерное излучение, отраженное от заготовки, при этом способ содержит определение, в качестве состояния обработки заготовки, что лазерный луч прошел насквозь через заготовку, когда значение одного сигнала или интегрированного сигнала, которое уменьшилось после начала обработки детали, снова увеличивается выше определенного порогового значения.

Было обнаружено, что вышеупомянутые характерные признаки в одиночном сигнале или интегрированном сигнале, то есть профили, отслеживаемые сигналом или интегрированным сигналом, обеспечивают результаты с очень точным определением. Более того, нагрузка при обработке является низкой, поэтому способ можно осуществить очень быстро.

Краткое описание чертежей

Вышеописанные аспекты и предпочтительные формы реализации настоящего изобретения поясняются в последующем описании конкретных вариантов осуществления изобретения применительно к прилагаемым чертежам, на которых

Фиг. 1 показывает устройство, в соответствии с вариантом осуществления настоящего изобретения.

Фиг. 2 показывает устройство, в соответствии с вариантом осуществления настоящего изобретения.

Фиг. 3 показывает устройство, в соответствии с вариантом осуществления настоящего изобретения.

Фиг. 4 показывает способ, в соответствии с вариантом осуществления настоящего изобретения.

5 Фиг. 5 схематично показывает характерные сигнальные профили, используемые в способе, согласно варианту осуществления настоящего изобретения.

Фиг. 6 показывает устройство, в соответствии с вариантом осуществления настоящего изобретения.

10 Фиг. 7 показывает устройство, в соответствии с вариантом осуществления настоящего изобретения.

Подробное описание вариантов осуществления изобретения

На фиг. 1 показано устройство 100, в соответствии с вариантом осуществления настоящего изобретения. В частности, устройство 100 выполнено с возможностью обработки заготовки 101 лазерным лучом 102. Заготовка 101 может быть изготовлена
15 из материала, содержащего, например, металлы, керамику, алмазы, полупроводники, карбиды, сплавы, суперсплавы или сверхтвердые материалы. Заготовка 101, в частности, не является частью устройства 100. Однако заготовка 101 может быть расположена на поверхности обработки, которая является или не является частью устройства 100. В
любом случае устройство 100 может располагаться таким образом, что оно может
20 обрабатывать заготовку 101, расположенную на поверхности обработки. Устройство 100 также может управлять перемещениями поверхности обработки в трех измерениях.

Устройство 100 содержит обрабатывающий блок 103, измерительный блок 107 и блок 109 обработки сигналов. Эти блоки 103, 107 и 109 устройства 100 предпочтительно
все интегрированы в устройство 100, т.е. они предпочтительно располагаются внутри
25 корпуса или кожуха устройства 100. Устройство 100 также может содержать дополнительные блоки, также расположенные внутри того же самого корпуса или кожуха.

Блок 103 обработки выполнен с возможностью подачи струи 104 текучей среды под давлением на заготовку 101 и для введения лазерного луча 102 в струю 104 текучей
30 среды. В частности, лазерный луч 102 вводится в струю 104 текучей среды посредством по меньшей мере одного оптического элемента 105. Этот по меньшей мере один оптический элемент 105 может включать в себя, например, одну или несколько линз, линзовых сборок, светопроводящей оптики, расщепителей луча, зеркал, фильтров или поляризаторов. Лазерный луч 102 направляется предпочтительно с помощью тонкой
35 (т.е. имеющей диаметр в диапазоне мкм) струи 104 текучей среды, в принципе подобно тому, как он направлялся бы в оптическом волокне. Лазерный луч 102 является, например, импульсным лазерным лучом 102, и направляется к заготовке 101 и на нее и, таким образом, может использоваться для точной обработки заготовки 101, в то время как струя 104 текучей среды непрерывно охлаждает заготовку 101 и потенциально
40 удаляет грязь. Например, устройство 100 может быть сконфигурировано для точной резки или придания формы заготовке 101.

Лазерный луч 102 обеспечивается лазером, который может быть частью устройства или который может быть внешним устройством, но вводит лазерный луч 102 в отверстие для подачи лазерного луча устройства 100. Лазерный луч 102 может быть
45 видимым, и, предпочтительно, из зеленого спектра. Например, лазерный луч 102 может иметь длину волны 532 нм.

Измерительный блок 107 выполнен с возможностью приема электромагнитного излучения 106, индуцированного лазером, то есть электромагнитного излучения, которое

возникает, когда заготовка 101 обрабатывается лазерным лучом 102. Таким образом, электромагнитное излучение 106, индуцированное лазером, также может называться «технологическим выбросом». Измерительный блок 107 располагается таким образом, что он может принимать и, таким образом, воспринимать индуцированное лазером электромагнитное излучение 106, распространяющееся от заготовки 101 через струю 104 текучей среды и по меньшей мере через один оптический элемент. Соответственно, технологический выброс 106, распространяющегося в обратном направлении, может достигать измерительного блока 107, при этом он направляется струей 104 текучей среды и проходит через нее. По меньшей мере один оптический элемент, через который измерительный блок 107 может принимать технологический выброс 106, может представлять собой по меньшей мере один оптический элемент 105, который используется для ввода лазерного луча 102 в струю 104 текучей среды. Это показано на фиг. 1 для иллюстрации.

Измерительный блок 107 также выполнен с возможностью преобразования принятого индуцированного лазером электромагнитного излучения 106 в сигнал 108, например, он обеспечивает фототок в качестве выходного сигнала. Таким образом, измерительный блок 107 может быть, например, фотодетектором, но он также может быть любым другим устройством или датчиком света, который способен преобразовывать по меньшей мере представляющее интерес электромагнитное излучение в электрический сигнал. Сигнал 108 подается в блок 109 обработки сигналов для дальнейшего анализа и/или обработки.

Блок 109 обработки сигналов, например, реализуется с помощью микропроцессора или компьютера и специально сконфигурирован для определения состояния обработки заготовки 101 на основе сигнала 108, который он принимает от измерительного блока 107. В частности, блок 109 обработки сигналов выполнен с возможностью определения, в качестве состояния обработки заготовки 101, прошел ли лазерный луч 102 через заготовку 101. Другими словами, он может определять, когда лазерный луч 102 проходит сквозь заготовку 101. С этой целью блок 109 обработки сигналов может применять процедуру обработки к сигналу 108. Обработка сигналов может включать в себя, например, масштабирование, усреднение, запись по времени, интегрирование по времени или преобразование сигнала 108, и может включать в себя сравнение сигнала 108 или интегрированного сигнала с одним или несколькими эталонными сигналами. Например, блок 109 обработки сигналов может быть выполнен с возможностью записи множества сигналов 108 и сравнения записанных сигналов 108 с предварительно сохраненными эталонными сигналами. Блок 109 обработки сигналов альтернативно или дополнительно может быть выполнен с возможностью интегрирования множества сигналов 108 по времени для получения интегрированного сигнала и оценки профиля или изменения профиля в интегрированном сигнале. Множество сигналов 108 может в каждом случае возникать из-за электромагнитного излучения 106, индуцированного лазерными импульсами, воспринимаемыми измерительным блоком 107, если лазерный луч 102 является импульсным лазерным лучом.

Блок 109 обработки сигналов в этом случае может быть выполнен с возможностью определения состояния обработки заготовки 101 на основе подобных или совпадающих эталонных сигналов (в первом случае) или на основе профиля или изменения профиля (во втором случае). Предпочтительно блок 109 обработки сигналов обеспечивает временное разрешение менее 0,5 с, предпочтительно менее 0,2 с, более предпочтительно менее 0,1 с, поскольку предпочтительно измерительный блок 107 работает с частотой по меньшей мере 10 Гц, более предпочтительно, с частотой по меньшей мере 15 Гц.

На фиг. 2 показано устройство 200, в соответствии с вариантом осуществления настоящего изобретения, которое основано на устройстве 100, показанном на фиг. 1. Идентичные элементы на фиг. 2 и фиг. 1 обозначаются одинаковыми позициями и функционируют аналогичным образом. Соответственно, устройство 200 по фиг. 2
5 включает в себя обрабатывающий блок 103, который выполнен с возможностью подачи струи 104 текучей среды под давлением на заготовку 101 и ввода лазерного луча 102 в струю 104 текучей среды. Оно также включает в себя измерительный блок 107, который выполнен с возможностью приема распространяющегося обратно индуцированного лазером электромагнитного излучения 106 от заготовки через струю 104 текучей среды
10 и через обрабатывающий блок 103, предпочтительно, через по меньшей мере один оптический элемент 105, и преобразования его в сигнал 108. Блок 109 обработки сигналов (здесь называемый «Блок цифровой обработки сигналов+IPC», то есть блок 109 обработки сигналов также может обеспечивать межпроцессное взаимодействие (IPC)), снова выполнен с возможностью определения состояния обработки заготовки
15 101 на основе сигнала 108. Помимо этого, фиг. 2 показывает дополнительные подробности о предпочтительной общей компоновке устройства 200. Устройство 200 по фиг. 2, в частности, включает в себя несколько периферийных устройств.

Устройство 200 может включать в себя лазерный источник 221 и лазерный контроллер 207 для управления лазерным источником 221. Лазерный источник 221 выполнен с
20 возможностью обеспечивать 204 лазерный свет для лазерного луча 102. Лазерный источник 221 также может быть внешним устройством, не включенным в состав устройства 200, но способным подавать 204 лазерный свет в отверстие для подачи лазерного луча устройства 200. В устройстве 200 лазерный луч 102 предпочтительно направляется оптическим блоком 201 устройства 200, который предпочтительно является
25 расщепителем луча, и предпочтительно располагается на оптическом пути между обрабатывающим блоком 103 и измерительным блоком 107, в направлении к обрабатываемому блоку 103. В обрабатываемом блоке 103 лазерный луч 102 вводится в струю 104 текучей среды. Также индуцированное лазером электромагнитное излучение 106, распространяющееся обратно от заготовки, предпочтительно проходит через этот
30 оптический блок 201, но направляется к измерительному блоку 107.

Устройство 200 предпочтительно включает в себя также блок 202 спектрального разделения, который выполнен с возможностью выделять только представляющее
интерес электромагнитное излучение 203, включающее индуцированное лазером электромагнитное излучение 106, на измерительном блоке 107. Блок 202 спектрального
35 разделения предпочтительно расположен на оптическом пути между обрабатывающим блоком 103 и измерительным блоком 107, в результате чего он может принимать индуцированное лазером электромагнитное излучение 106, распространяющееся от заготовки 101 через струю 104 текучей среды, и по меньшей мере через один оптический элемент 105, и может выводить на измерительный блок 107 представляющее интерес
40 излучение 203, которое включает в себя по меньшей мере часть принятого индуцированного лазером электромагнитного излучения 106. Блок 202 спектрального разделения может представлять собой блок оптического фильтра, который может состоять из одного или нескольких оптических фильтров и может быть выполнен с возможностью фильтрации нежелательного электромагнитного излучения, т.е.
45 предназначается для предотвращения попадания электромагнитного излучения определенных (нежелательных) длин волн в измерительный блок 107. Представляющее интерес электромагнитное излучение 203, в частности, может представлять собой только индуцированное лазером электромагнитное излучение 106, при этом другое

электромагнитное излучение, которое случайно достигает блока 202 спектрального разделения (и достигало бы измерительного блока 107 без блока 202 спектрального разделения), отфильтровывается. Представляющее интерес электромагнитное излучение 203 также может быть частью индуцированного лазером электромагнитного излучения 106, которое достигает блока 202 спектрального разделения (и достигало бы измерительного блока 107 без блока 202 спектрального разделения), при этом индуцированное лазером электромагнитное излучение, которое является излучением, не представляющим интереса, отфильтровывается. Если индуцированное лазером электромагнитное излучение представляет собой вторичное излучение или включает его в свой состав, блок 202 спектрального разделения может быть выполнен с возможностью предотвращения попадания лазерного излучения в измерительный блок 107. То есть блок 202 спектрального разделения может быть выполнен с возможностью отфильтровывать свет с той же длиной волны, которая обеспечивается лазерным источником 221. В частности, в изобретении предусмотрены три механизма, которые создают представляющее интерес лазерное электромагнитное излучение 106, которое может обеспечить точный характерный признак состояния обработки заготовки 101.

Во-первых, индуцированное лазером электромагнитное излучение 106 может представлять собой или включать в себя вторичное излучение 206а, которое испускается из участка заготовки 101, который обрабатывается лазерным лучом 102. Участок обработанной поверхности заготовки 101, например, может быть преобразована в плазму с помощью лазерного луча 102, причем эта плазма является источником вторичного излучения 206а. Как правило, это вторичное излучение 206а относится к желтому и/или оранжевому спектру. Соответственно, блок 202 спектрального разделения в этом случае может быть сконфигурирован таким образом, чтобы свет из желтого и/или оранжевого спектра достигал измерительного блока 107, в то время как свет из других частей спектра блокировался, особенно блокируется лазерное излучение, например, из зеленого спектра. Таким образом, представляющее интерес излучение 203 может включать в себя только вторичное излучение 206а. В этом случае измерительный блок 107 может быть сконфигурирован таким образом, чтобы он был особенно чувствительным к желтому и/или оранжевому спектру.

Во-вторых, индуцированное лазером электромагнитное излучение 106 может быть первичным лазерным излучением 206b, отраженным от заготовки 101, особенно от поверхности заготовки, или включать в себя такое излучение. Поскольку свет лазерного излучения предпочтительно относится к зеленому спектру, блок 202 спектрального разделения в этом случае может быть сконфигурирован таким образом, чтобы позволить свету из зеленого спектра достигать измерительного блока 107, в то время как он блокирует свет из других частей спектра. Таким образом, представляющее интерес излучение 203 может включать в себя только вторичное излучение 206b. В этом случае измерительный блок 107 может быть сконфигурирован таким образом, чтобы быть особенно чувствительным к излучению зеленого спектра.

В-третьих, индуцированное лазером электромагнитное излучение 106 может быть вторичным излучением 206с, генерируемым путем рассеяния лазерного луча 102 в струе 104 текучей среды или включать в себя это излучение. В частности, это вторичное излучение 206с может быть вызвано комптоновским комбинационным рассеянием лазерного луча 102. Как правило, это вторичное излучение 206с является излучением красного спектра. Соответственно, блок 202 спектрального разделения в этом случае может быть сконфигурирован таким образом, чтобы свет из красного спектра достигал измерительного блока 107, в то время как он блокирует свет из других частей спектра,

особенно от лазерного излучения, например, из зеленого спектра. Таким образом, представляющее интерес излучение 203 может включать в себя только вторичное излучение 206с. В этом случае измерительный блок 107 может быть сконфигурирован таким образом, чтобы быть особенно чувствительным к излучению из красного спектра.

5 При этом вторичное излучение 206а и лазерное отраженное излучение 206b исходят от заготовки 101, в частности, от обрабатываемой части поверхности заготовки, в то время как вторичное излучение 206с исходит от струи 104 текучей среды, в частности, из одного или нескольких разных мест вдоль струи 104 текучей среды.

Устройство 200 может дополнительно включать в себя несколько периферийных устройств, а блок 109 обработки сигналов предпочтительно выполнен с возможностью обеспечения одного или нескольких периферийных устройств командными сигналами на основании определенного состояния обработки заготовки 101. Таким образом, блок обработки сигналов 109 может управлять периферийными устройствами в зависимости от определенного состояния и может, например, выдавать команду этим периферийным устройствам запускать, отключать, останавливать и/или перезапускать соответствующие действия этих устройств.

Например, устройство 200, показанное на фиг. 2, имеет в качестве периферийных устройств лазерный контроллер 207, контроллер 205 подачи текучей среды (здесь, необязательно, интегрированный с насосом для текучей среды), контроллер 223 подачи газа (здесь «контроллер защитного газа», поскольку газ предпочтительно используется для защитного окружения струи 104 текучей среды) и контроллер 208 осей перемещения (в данном случае «Компьютерное числовое управление (CNC)»), который может быть выполнен с возможностью перемещения в перпендикулярных направлениях X, Y и Z и/или направлениях a, b, c вращения поверхности обработки, на которую надета заготовка 101, или, альтернативно, перемещения самой заготовки 101.

Блок 109 обработки сигналов выполнен с возможностью обеспечивать соответствующие командные сигналы различным периферийным устройствам. Предпочтительно, блок 109 обработки сигналов может управлять лазерным контроллером 207 посредством сигнала 217, контроллером 205 подачи текучей среды - сигналом 214, контроллером 223 подачи газа - сигналом 216, и контроллером 208 осей перемещения - сигналом 213. Блок 109 обработки сигналов предпочтительно управляет периферийными устройствами независимо друг от друга, и без какого-либо внешнего ввода, но только на основе сигнала 108 и определенного состояния обработки заготовки 101. Тем не менее, дополнительно возможно, что устройство 200 включает в себя интерфейс 210 человек-машина (HMI), который может принимать входные данные 204 от человека/набора символов, чтобы обеспечить дополнительные инструкции для блока 109 обработки сигнала через сигнал 212.

В соответствии с инструкциями, обеспечиваемыми блоком 109 обработки сигналов на основании определенного состояния обработки заготовки 101, периферийные устройства могут выполнять предписанные инструкциями действия. Например, лазерный контроллер 207 может запускать, приостанавливать или останавливать подачу лазерного излучения для лазерного луча 102. Контроллер 205 подачи текучей среды может управлять клапаном 215 управления давлением текучей среды, чтобы запускать, прерывать или останавливать подачу 222 текучей среды, которая предпочтительно является водой, в блок 103 обработки. Контроллер 223 подачи газа может управлять клапаном 211 управления защитным газом, чтобы запускать, прерывать или останавливать подачу 219 газа, который предпочтительно является гелием, к блоку обработки 103. Контроллер 208 осей перемещения может обеспечивать конкретное

перемещение заготовки 101, то есть он может управлять поверхностью обработки, на которой располагается заготовка 101.

Фиг. 3 показывает устройство 300, в соответствии с вариантом осуществления настоящего изобретения, которое основано на устройстве 100, показанном на фиг. 1, и устройстве 200, показанном на фиг. 2. Идентичные элементы на фиг. 3 и на фиг. 1 и/или фиг. 2 обозначены одинаковыми позициями и функционируют аналогичным образом. В частности, фиг. 3 дает более подробную информацию об оптической схеме и контуре подачи текучей среды устройства 300, в частности, обеспечиваемые в обрабатывающем блоке 103. Обрабатывающий блок 103 может, в частности, включать в себя линзу 305 для ввода лазерного луча 102 в струю 104 текучей среды. Кроме того, индуцированное лазером электромагнитное излучение 106, распространяющееся обратно от заготовки, предпочтительно передается через струю 104 текучей среды и через эту линзу 305, а затем далее передается к измерительному блоку 107. Таким образом, излучение 106 предпочтительно проходит от линзы 305 через оптический блок 201 к блоку 202 спектрального разделения, и далее, в качестве представляющего интерес излучения 203, содержащего по меньшей мере часть излучения 106, - к измерительному блоку 107.

Обрабатывающий блок 103 может также включать в себя оптически прозрачное защитное окно 301, чтобы отделять оптическую схему, в данном случае, например, линзу 305, от контура подачи текучей среды и области обрабатывающего блока 103, где создается струя 104 текучей среды. Для создания струи 104 текучей среды, обрабатывающий блок 103 предпочтительно включает в себя сопло 302 для текучей среды. Это сопло 302 для текучей среды обеспечивается текучей средой через источник 222 подачи текучей среды, который может быть реализован в виде канала через корпус или кожух устройства 300. Для этой цели сопло 302 для текучей среды включает в себя отверстие для текучей среды, которое определяет ширину струи 104 текучей среды. Диаметр отверстия предпочтительно составляет 10-200 мкм, а струя 104 текучей среды предпочтительно имеет диаметр, имеющий кратность около 0,6-1 относительно диаметра отверстия для текучей среды. Давление для струи 104 текучей среды под давлением обеспечивается через источник 222 для подачи текучей среды. Предпочтительно, давление составляет 50-800 бар.

На фиг. 3 также можно увидеть, что защитный газ, предпочтительно гелий, может подаваться через подвод 219 газа в обрабатывающий блок 103, в частности в пространство, обеспеченное внутри обрабатывающего блока 103, через которое сформированная струя 104 текучей среды проходит после выхода из сопла 302 для текучей среды. Здесь защитный газ может охватывать струю 104 текучей среды, обеспечивая ее защиту до того, как струя 104 текучей среды выходит из обрабатывающего блока 103 через нижнее выходное отверстие, а затем перемещается дальше по направлению к заготовке 101 и на нее.

Устройство 300, показанное на фиг. 3, также содержит фокусирующую оптику 300, предпочтительно расположенную на оптическом пути между блоком 202 спектрального разделения и измерительным блоком 107, и предназначенную для направления света на измерительный блок 107. В частности, индуцированное лазером электромагнитное излучение 106, распространяющееся обратно от заготовки через струю 104 текучей среды и через линзу 305, предпочтительно проходит оптический блок 201, затем оптический разделительный блок 202, и оставшееся отфильтрованное электромагнитное излучение 203, представляющее интерес, фокусируется с помощью фокусирующей оптики 300 на измерительный блок 107, в частности на светочувствительную область

измерительного блока 107. Фокусирующая оптика 300 предпочтительно включает в себя или представляет собой по меньшей мере одну линзу, но может также содержать другой оптический элемент, или быть таким оптическим элементом, как например, параболическое зеркало. Измерительный блок 107 выполнен с возможностью преобразования принятого отфильтрованного представляющего интерес излучения 203 в сигнал 108 для дальнейшего анализа и/или обработки блоком 109 обработки сигналов (который здесь не показан).

Фиг. 3 также показывает, что вышеописанные элементы устройства 300 могут размещаться внутри кожуха, в частности, внутри оптической головки 303. То есть устройство 300 может дополнительно содержать оптическую головку 303, которая может включать в себя обрабатывающий блок 103 и измерительный блок 107. Оптическая головка 303 также может включать в себя оптический блок 201, блок 202 спектрального разделения и/или фокусирующую оптику 300.

На фиг. 4 показан способ 400, соответствующий варианту осуществления настоящего изобретения. Способ 400 включает этап 401 подачи струи 104 текучей среды под давлением на заготовку 101 и ввода лазерного луча 102 через по меньшей мере один оптический элемент 105 в струю 104 текучей среды в направлении заготовки 101. Кроме того, способ 400 включает этап 402 приема индуцированного лазером электромагнитного излучения 106, распространяющегося от заготовки 101 через струю 104 текучей среды и через по меньшей мере один оптический элемент, предпочтительно, по меньшей мере один оптический элемент 105, используемый для ввода лазерного луча 102 в струю 104 текучей среды. Кроме того, способ 400 включает этап 403 преобразования принятого излучения в сигнал 108. И наконец, способ 400 включает этап 404 определения состояния обработки заготовки на основе сигнала 108.

Способ 400 может быть осуществлен устройством 100, 200 или 300, показанным на фиг. 1, 2 и 3 соответственно. В частности, этап 401 может выполняться обрабатывающим блоком 103, этапы 402 и 403 - измерительным блоком 107, а этап 404 - блоком 109 обработки сигналов.

Способ 400 может, в частности, включать автоматическую временную запись множества сигналов 108, причем каждый сигнал 108 может быть вызван одним из множества лазерных импульсов. То есть лазерный луч 102 является импульсным лазерным лучом. Лазерные импульсы могут обеспечиваться регулярно и могут иметь длительность порядка нс. Каждый сигнал 108 может быть представлен одним числовым значением или последовательностью значений в виде временной зависимости.

Множество полученных сигналов 108 также могут быть интегрированы по времени для получения интегрированного сигнала. Способ 400 может дополнительно включать автоматическое сравнение полученных сигналов 108 с эталонными сигналами, которые считываются из запоминающего устройства для эталонных сигналов, например, из памяти блока 109 обработки сигналов. Способ 400 в этом случае может включать оценку профиля или изменения профиля в полученных сигналах 108 или интегрированном сигнале, и может определять состояние обработки заготовки 101 на основе указанного профиля или изменения профиля. Необязательно, способ 400 может включать автоматическое формирование командных сигналов или кодов команд и последующую передачу их на одно или несколько периферийных устройств, чтобы эти периферийные устройства запускали, прерывали, останавливали или перезапускали соответствующие действия.

На фиг. 5 схематично показаны два конкретных сигнальных профиля 500a и 500b для сигналов, которые предпочтительно используются в способе 400 (или блоком 109

обработки сигналов устройства 100, 200, 300), чтобы определять состояние обработки заготовки 101.

В частности, предпочтительно использовать левый сигнальный профиль 500a, если индуцированное лазером электромагнитное излучение 106 является или содержит вышеуказанное вторичное излучение 206a, испускаемое из участка заготовки 101, который обрабатывается лазерным лучом 102. Сигнальный профиль 500a показывает, что лазерный луч прошел насквозь через заготовку 101, если сигнал 108 или интегрированный сигнал сначала увеличивается после «начала» (“Start”) обработки заготовки 101 в направлении временного отрезка «в процессе» (“In-Process”), а затем уменьшается после отрезка времени «In-Process». Когда сигнал 108 или интегрированный сигнал падает ниже определенного порогового значения, достигается «окончание» (“Finish”) процесса, то есть можно определить, что лазерный луч прошел насквозь через заготовку 101.

Аналогичным образом правый сигнальный профиль 500b предпочтительно используется в том случае, если индуцированное лазером электромагнитное излучение 106 является или включает в себя первичное лазерное излучение 206b, отраженное от заготовки 101. Сигнальный профиль 500b показывает, что лазерный луч прошел сквозь заготовку 101, если сигнал 108 или интегрированный сигнал сначала уменьшается после «начала» (“Start”) обработки заготовки 101 по направлению к временному отрезку «в процессе» (“In-Process”), а затем увеличивается от временного отрезка «в процессе». Когда сигнал 108 или интегрированный сигнал поднимается выше определенного порогового значения, достигается «окончание» (“Finish”) процесса, то есть лазерный луч прошел через заготовку 101.

Фиг. 6 показывает устройство 200, в соответствии с вариантом осуществления настоящего изобретения, которое основано на устройстве 200, показанном на фиг. 2. Идентичные элементы на фиг. 2 и фиг. 6 обозначены одинаковыми позициями и функционируют аналогичным образом.

Фиг. 6 показывает, в частности, что устройство 200 может дополнительно иметь кожух, в частности и оптическую головку 600, которая может включать в себя обрабатывающий блок 103 и измерительный блок 107. Следовательно, оптическая головка 600 может также включать в себя оптический блок 201 и блок 202 спектрального разделения. Как уже было описано со ссылкой на фиг. 2, лазерное излучение для лазерного луча 102 может обеспечиваться 204 лазерным блоком 601 (содержащим лазерный источник 201 и/или лазерный контроллер 207), например, через оптическое волокно к отверстию подачи лазерного излучения в устройстве 200 (если лазерный блок 601 не является частью устройства 200) или к оптической головке 600, например, к отверстию подачи лазерного излучения оптической головки 600 (если лазерный блок 601 является частью устройства 200).

Фиг. 7 показывает устройство 700, в соответствии с вариантом осуществления изобретения, которое основано на устройстве 100, показанном на фиг. 1, и имеет элементы, общие с устройством 200 по фиг. 2 и фиг. 6. Идентичные элементы на фиг. 7 и на фиг. 1, 2 и/или 6 обозначены одинаковыми позициями и функционируют аналогичным образом.

Устройство 700 по фиг. 7 имеет конфигурацию, отличающуюся от конфигурации устройства 200, показанного на фиг. 6. В частности, устройство 700 содержит оптическую головку 701, которая включает обрабатывающий блок 103. Однако оптическая головка 701 не содержит измерительный блок 107. Измерительный блок 107 обеспечивается в лазерном блоке 703 (включающем лазерный источник 221 и/или лазерный контроллер

207). В частности, лазерный блок 703 может быть сформирован посредством лазерного контроллера 207, обеспечиваемого в лазерном источнике 221, или наоборот. Лазерный блок 703 является частью устройства 700. Обработывающий блок 103 в оптической головке 701 выполнен с возможностью ввода лазерного луча 102 в струю 104 текучей среды. Измерительный блок 107 в лазерном блоке 703 выполнен с возможностью принимать индуцированное лазером электромагнитное излучение 106 (например, вторичное излучение 206а, испускаемое участком заготовки 101, обработываемом лазерным лучом 102, или первичное лазерное излучение 206b, отраженное от заготовки 101, или вторичное излучение 206с, генерируемое посредством рассеивания лазерного луча 102 в струе 104 текучей среды).

Устройство 700 также содержит оптический соединительный элемент 702, в частности оптическое волокно 702, оптически соединяющее оптическую головку 701 и лазерный блок 703. Лазерный блок 703 выполнен с возможностью обеспечивать лазерное излучение для лазерного луча 102, которое распространяется через оптический соединительный элемент 702 к оптической головке 701, например, к отверстию подачи лазерного излучения оптической головки 701, где оно далее подается в обработывающий блок 103, который вводит его в струю 104 текучей среды. Индуцированное лазером электромагнитное излучение 106 принимается через струю 104 текучей среды посредством обработывающего блока 103 и далее подается через оптическую головку 701 и через оптический соединительный элемент 702 к лазерному блоку 703, например, к отверстию лазерного блока 703, где оно далее подается в измерительный блок 107, который преобразует его в сигнал 108.

Лазерный блок 703 может, соответственно, содержать также оптический блок 201, который предпочтительно является расщепителем луча и предпочтительно расположен на оптическом пути между лазерным источником 222 и оптическим соединительным элементом 702, чтобы обеспечивать лазерное излучение для лазерного луча 102 от лазерного источника 221 к оптическому соединительному элементу 702. Также индуцированное лазером электромагнитное излучение 106, распространяющееся обратно от заготовки, может проходить через этот оптический блок 201, но затем направляется на измерительный блок 107. Лазерный блок 703 также может включать в себя блок 202 спектрального разделения, который выполнен с возможностью выделения только представляющего интерес электромагнитного излучения 203, включающее индуцированное лазером электромагнитное излучение 106, на измерительном блоке 107. Блок 202 спектрального разделения предпочтительно расположен на оптическом пути между оптическим блоком 201 и измерительным блоком 107, в результате чего он принимает индуцированное лазером электромагнитное излучение 106 от оптического блока 201 и обеспечивает представляющее интерес излучение 203 для измерительного блока 107.

Таким образом, подводя итог можно отметить, что настоящее изобретение обеспечивает устройство 100, 200, 300 и 700 и способ 400, которые позволяют обработывать заготовку 101 с помощью лазерного луча 102, который вводится в струю 104 текучей среды, причем благодаря точному определению состояния процесса обработки, время обработки можно значительно сократить.

Настоящее изобретение было описано во взаимосвязи с различными вариантами осуществления изобретения в качестве примеров, а также форм его реализации. Тем не менее, специалистами в данной области техники, практикующими заявленное изобретение, могут быть приняты во внимание и реализованы другие варианты изобретения из исследований чертежей, описания и независимых пунктов формулы

изобретения. В формуле изобретения, а также в описании слово «содержащий» не исключает других элементов или этапов, а неопределенный артикль «а» или «an» не исключает множества. Один элемент или другой блок может выполнять функции нескольких объектов или элементов, указанных в формуле изобретения. Сам факт того, что определенные меры изложены во взаимно зависимых различных пунктах формулы изобретения, не означает, что комбинация этих мер не может быть использована в предпочтительном варианте реализации.

(57) Формула изобретения

1. Устройство (100, 200, 300, 700) для обработки заготовки (101) резанием с помощью лазерного луча (102), содержащее:

обрабатывающий блок (103), выполненный с возможностью подачи струи (104) текучей среды под давлением на заготовку (101) и ввода лазерного луча (102) через по меньшей мере один оптический элемент (105) в струю (104) текучей среды в направлении к заготовке (101), причем указанный по меньшей мере один оптический элемент содержит линзу (305), выполненную с возможностью ввода лазерного луча (102) в струю (104) текучей среды;

измерительный блок (107), выполненный с возможностью приема во время обработки заготовки (101) лазерным лучом (102) индуцированного лазером электромагнитного излучения (106), распространяющегося от заготовки (101) через струю (104) текучей среды и указанную линзу (305), и с возможностью преобразования принятого излучения (106) в сигнал (108),

блок (109) обработки сигналов, выполненный с возможностью определения во время обработки заготовки (101) лазерным лучом (102) состояния обработки заготовки (101) на основе указанного сигнала (108).

2. Устройство (100, 200, 300, 700) по п. 1, в котором блок (109) обработки сигналов выполнен с возможностью определения в качестве состояния обработки заготовки (101), прошел ли лазерный луч (102) через заготовку (101).

3. Устройство (700) по п. 1 или 2, которое содержит оптическую головку (701), включающую в себя обрабатывающий блок (103), и лазерный блок (703), включающий в себя измерительный блок (107).

4. Устройство (700) по п. 3, которое дополнительно содержит оптический соединительный элемент (702), в частности оптическое волокно, для оптического соединения оптической головки (701) и лазерного блока (703), при этом обрабатывающий блок (103) в оптической головке (701) выполнен с возможностью приема лазерного луча (102) при помощи оптического соединительного элемента (702), а измерительный блок (107) в лазерном блоке (703) выполнен с возможностью приема индуцированного лазером электромагнитного излучения (106) при помощи оптического соединительного элемента (702).

5. Устройство (200, 300, 700) по любому из пп. 1-4, которое содержит блок (202) спектрального разделения, предпочтительно блок оптического фильтра, выполненный с возможностью выделять для измерительного блока (107) электромагнитное излучение (203), содержащее по меньшей мере часть индуцированного лазером электромагнитного излучения (106), и/или с возможностью предотвращать попадание исходного лазерного излучения (102) на измерительный блок (107).

6. Устройство (100, 200, 300, 700) по любому из пп. 1-5, в котором индуцированное лазером электромагнитное излучение (106) содержит вторичное излучение (206а), испускаемое из участка заготовки (101), который обрабатывается лазерным лучом

(102).

7. Устройство (100, 200, 300, 700) по любому из пп. 1-6, в котором индуцированное лазером электромагнитное излучение (106) содержит первичное лазерное излучение (206b), которое отражается от заготовки (101).

5 8. Устройство (100, 200, 300, 700) по любому из пп. 1-6, в котором индуцированное лазером электромагнитное излучение (106) содержит вторичное излучение (206с), генерируемое вследствие рассеяния, предпочтительно комптоновского комбинационного рассеяния лазерного луча (102) в струе (104) текучей среды.

9. Устройство (100, 200, 300, 700) по любому из пп. 1-8, в котором блок (109) обработки сигналов выполнен с возможностью обработки сигнала (108) с временным разрешением ниже 0,5 с, предпочтительно ниже 0,1 с.

10. Устройство (100, 200, 300, 700) по любому из пп. 1-9, в котором лазерный луч (102) представляет собой импульсный лазерный луч, измерительный блок (107) выполнен с возможностью преобразования принятого излучения в сигнал (108) для каждого
15 лазерного импульса и блок (109) обработки сигналов выполнен с возможностью интегрирования множества сигналов (108) по времени для получения интегрированного сигнала и для определения состояния обработки заготовки (101) на основе профиля (500a, 500b) или изменения профиля (500a, 500b) в интегрированном сигнале.

11. Устройство (200, 300, 700) по любому из пп. 1-10, которое дополнительно содержит
20 по меньшей мере одно периферийное устройство (207, 205, 223, 208), предпочтительно лазерный контроллер (207), контроллер (205) подачи текучей среды, контроллер (223) подачи газа и/или контроллер (208) осей перемещения, при этом блок (109) обработки сигналов выполнен с возможностью обеспечения указанного по меньшей мере одного периферийного устройства (207, 205, 223, 208) командным сигналом (217, 214, 216, 213)
25 на основе указанного определенного состояния обработки заготовки (101), для того чтобы запустить, прервать, остановить и/или перезапустить действие периферийного устройства (207, 205, 223, 208).

12. Способ (400) обработки заготовки (101) резанием с помощью лазерного луча (102), характеризующийся тем, что:

30 формируют (401) струю (104) текучей среды под давлением, которую подают на заготовку (101), и вводят лазерный луч (102) через по меньшей мере один оптический элемент (105) в струю (104) текучей среды в направлении заготовки (101), причем указанный по меньшей мере один оптический элемент содержит линзу (305) и лазерный луч (102) вводят в струю (104) текучей среды через указанную линзу (305);

35 принимают (402) во время обработки заготовки (101) лазерным лучом (102) индуцированное лазером электромагнитное излучение (106), распространяющееся от заготовки (101) через струю (104) текучей среды и указанную линзу (305), и преобразуют (403) принятое излучение (106) в сигнал (108), и

40 определяют (404) во время обработки заготовки (101) лазерным лучом (102) состояние обработки заготовки (101) на основе указанного сигнала (108).

13. Способ (400) по п. 12, в котором для определения (404) указанного состояния обработки заготовки (101) записывают множество сигналов (108), сравнивают записанные сигналы (108) с заданными эталонными сигналами и определяют указанное состояние обработки заготовки (101) на основе подобных или совпадающих эталонных
45 сигналов.

14. Способ (400) по п. 12 или 13, в котором для определения (404) состояния обработки заготовки (101) интегрируют множество сигналов (108) по времени для получения интегрированного сигнала, оценивают профиль (500a, 500b) или изменение профиля

(500a, 500b) в интегрированном сигнале и определяют состояние обработки заготовки (101) на основе профиля (500a, 500b) или изменения профиля (500a, 500b).

5 15. Способ (400) по п. 14, в котором индуцированное лазером электромагнитное излучение (106) содержит вторичное излучение (206a), испускаемое из участка заготовки (101), который обрабатывают лазерным лучом (102), при этом определяют (404) в качестве указанного состояния обработки заготовки (101), что лазерный луч (102) прошел через заготовку (101), когда величина одного сигнала (108) или интегрального сигнала, которая увеличивалась после начала обработки заготовки (101), снова уменьшилась ниже заданной пороговой величины.

10 16. Способ (400) по п. 15, в котором индуцированное лазером электромагнитное излучение (106) содержит первичное лазерное излучение (206b), отраженное от заготовки (101), при этом определяют (404), в качестве указанного состояния обработки заготовки (101), что лазерный луч (102) прошел через заготовку (101), когда величина одного сигнала (108) или интегрального сигнала, которая уменьшалась после начала обработки
15 заготовки (101), снова увеличилась выше заданной пороговой величины.

20

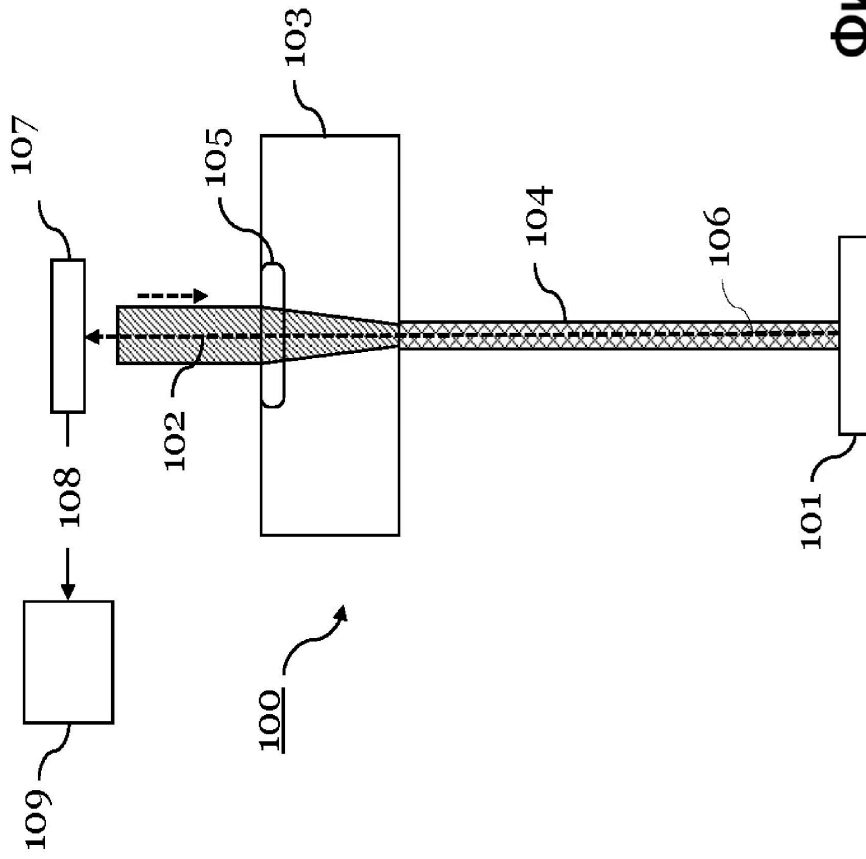
25

30

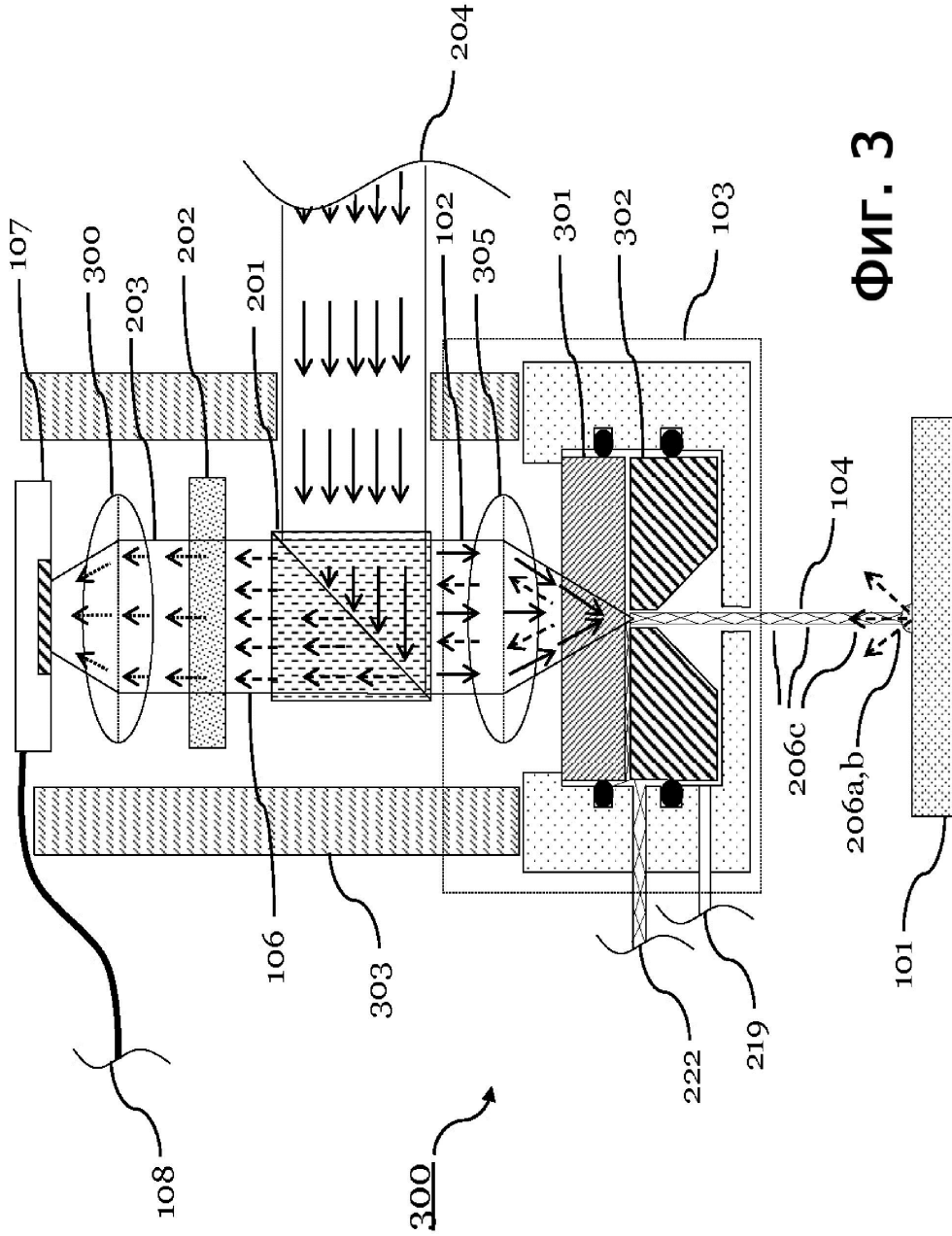
35

40

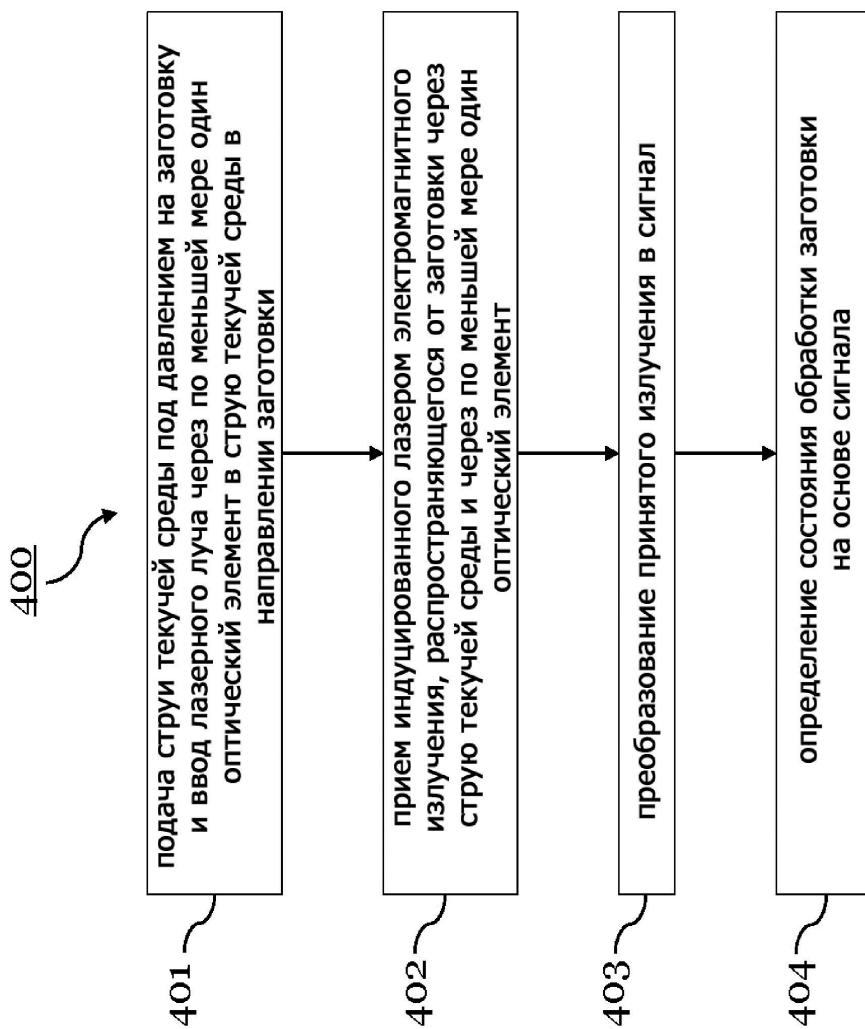
45



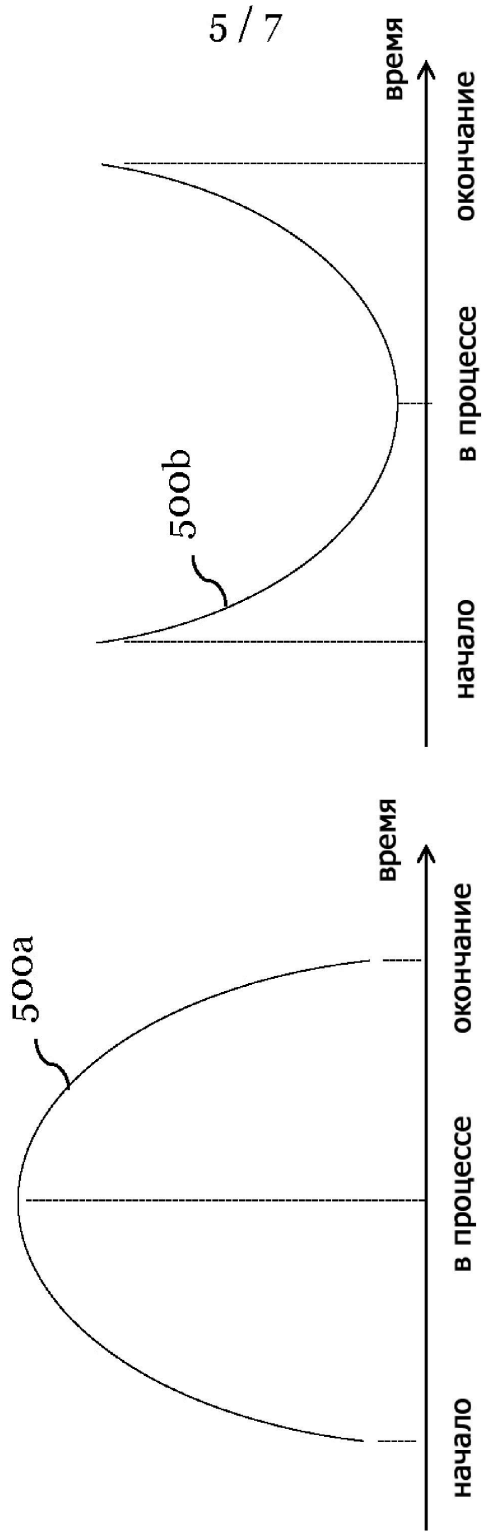
ФИГ. 1



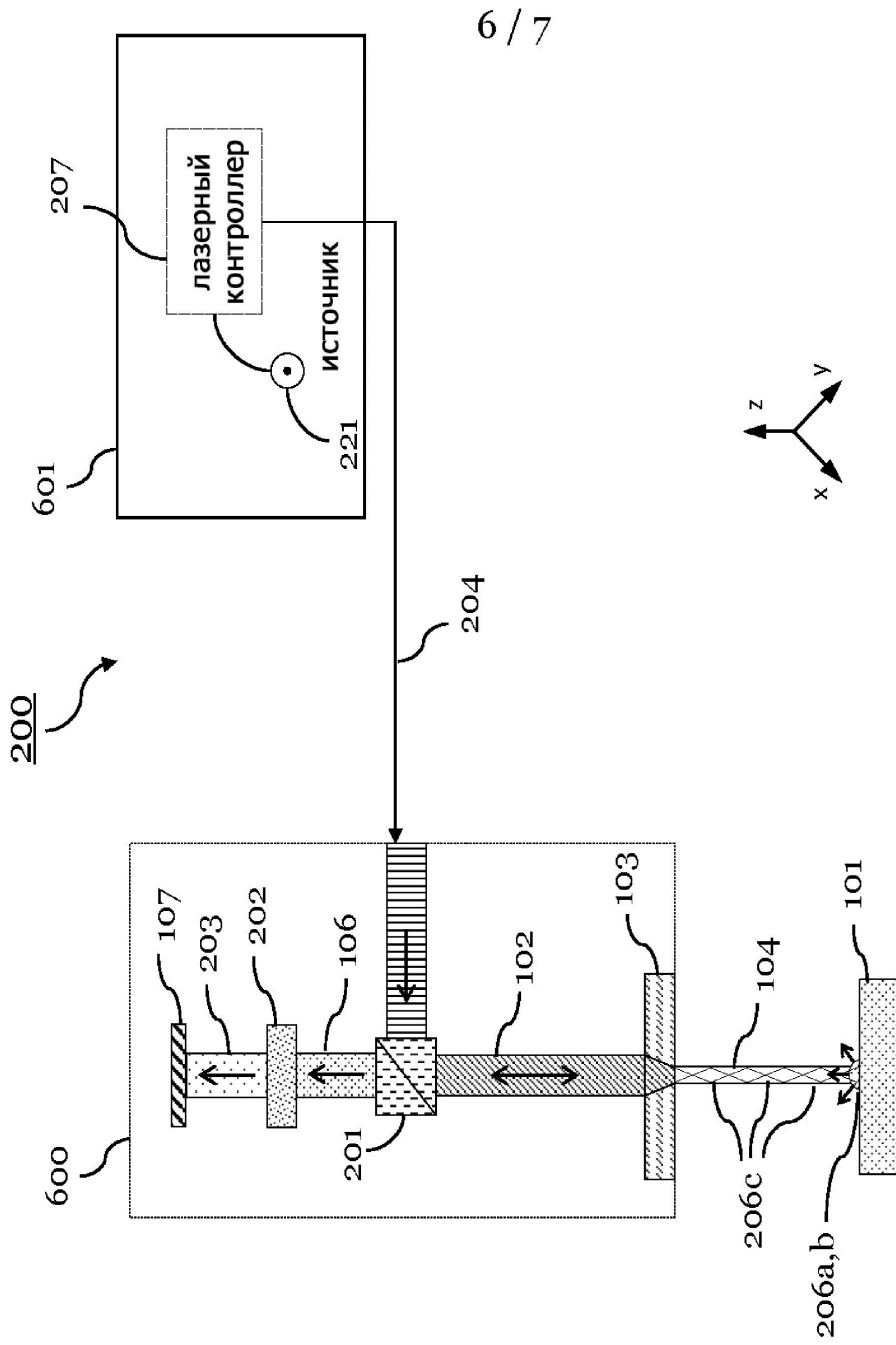
ФИГ. 3



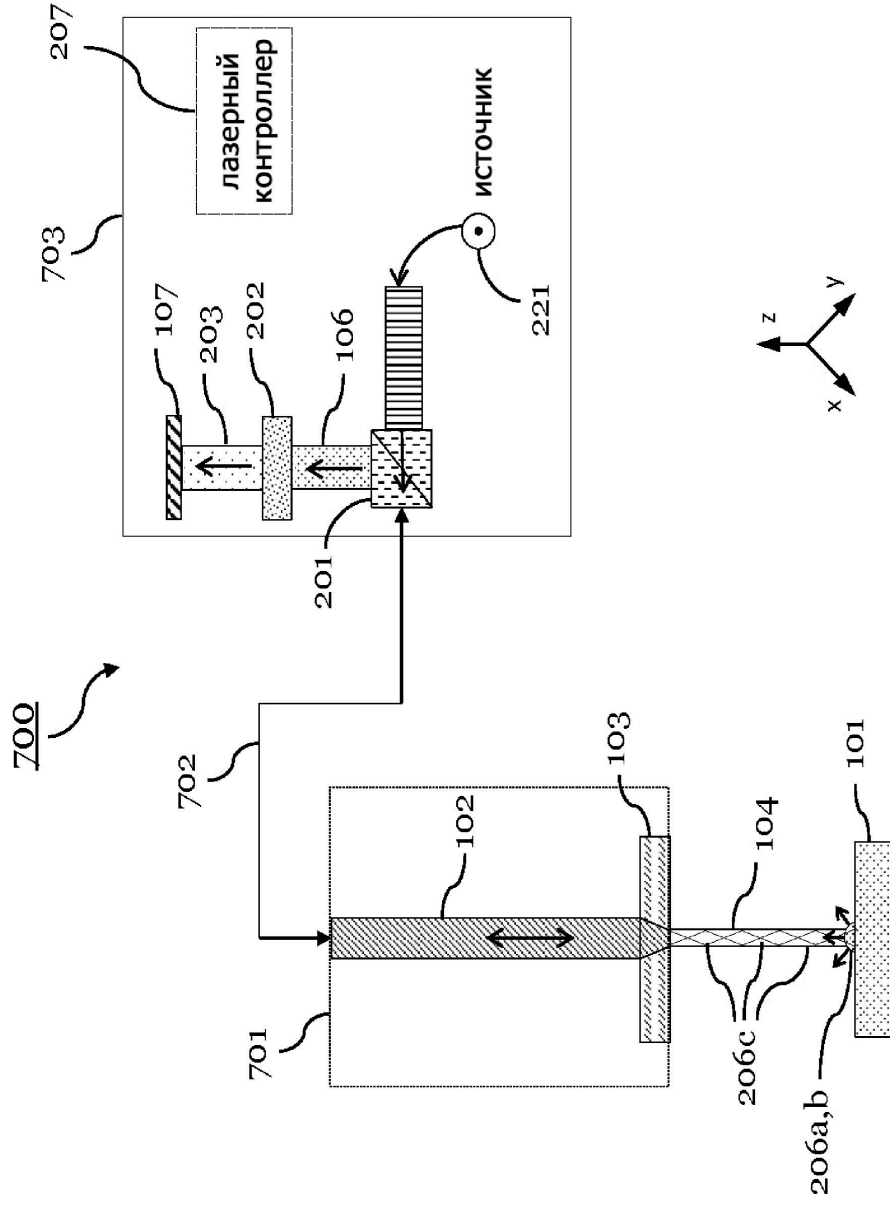
ФИГ. 4



ФИГ. 5



ФИГ. 6



ФИГ. 7