

RU 2766165 C2



(19) RU (11) 2 766 165⁽¹³⁾ C2

(51) МПК
A61B 18/20 (2006.01)
A61N 5/06 (2006.01)

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
A61B 18/20 (2021.08); A61B 18/203 (2021.08); A61B 5/0095 (2021.08); A61B 5/4836 (2021.08); A61N 5/0616 (2021.08)

(21)(22) Заявка: 2019123598, 27.12.2017

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
27.12.2017

Дата регистрации:
08.02.2022

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:
28.12.2016 EP 16207164.1

(43) Дата публикации заявки: 29.01.2021 Бюл. № 4

(45) Опубликовано: 08.02.2022 Бюл. № 4

(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на
национальной фазе: 29.07.2019

(86) Заявка РСТ:
EP 2017/084655 (27.12.2017)

(87) Публикация заявки РСТ:
WO 2018/122270 (05.07.2018)

Адрес для переписки:
129090, Москва, ул. Б. Спасская, 25, стр. 3, ООО
"Юридическая фирма Городисский и
Партнеры"

(72) Автор(ы):

ВАРГИЗ, Бабу (NL),
ВЕРХАГЕН, Рико (NL)

(73) Патентообладатель(и):
КОНИКЛЕЙКЕ ФИЛИПС Н.В. (NL)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: US 20160250496 A1, 01.09.2016. RU
2303419 C2, 27.07.2007. WO 2008073315 A2,
19.06.2008. EP 2436332 A1, 04.04.2012. WO
2014174010 A1, 30.10.2014. US 20120283710 A1,
08.11.2012. US 20090248004 A1, 01.10.2009. US
20080319430 A1, 25.12.2008.

(54) УСТРОЙСТВО ОБРАБОТКИ КОЖИ НА ОСНОВЕ СВЕТА

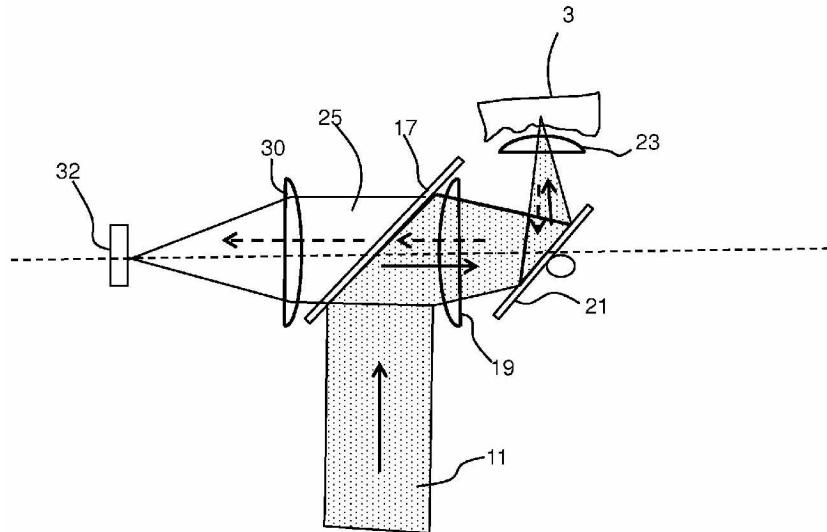
(57) Реферат:

Группа изобретений относится к медицине. Устройство для обработки ткани субъекта посредством лазерно-индуцированного оптического разрушения ткани содержит: источник света для обеспечения импульсного лазерного луча; систему фокусировки для фокусировки лазерного луча в фокальное пятно, которое может быть расположено в ткани; и систему обратной связи для: детектирования сигнала обратной связи от ткани, причем сигнал обратной связи содержит свет и/или звук,

генерируемый импульсным лазерным лучом; и определения на основе света и/или звука того, находилось ли фокальное пятно в ткани или нет во время импульса. Причем система обратной связи дополнительно выполнена с возможностью: подсчитывать число эффективных импульсов для заданного числа импульсов импульсного лазерного луча, причем эффективные импульсы содержат: импульсы, для которых было определено, что их фокальное пятно находилось в ткани; и/или импульсы, для которых было

определенено, что они вызвали лазерно-индукционное оптическое разрушение ткани; и/или импульсы, во время которых контактное давление было выше порогового давления; и сравнивать число эффективных импульсов с заданным числом импульсов для оценки эффективности обработки ткани. Способ для обработки ткани субъекта посредством лазерно-

индуцированного оптического разрушения ткани использует устройство дополнительно содержит этап, на котором останавливают подачу импульсного светового луча, когда фокальная точка не находится в ткани, или когда не прикладывается образцовое давление или сила. 3 н. и 10 з.п. ф-лы, 6 ил.



ФИГ. 3

R U
2 7 6 1 6 5
C 2

RUSSIAN FEDERATION



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(19) RU (11) 2 766 165⁽¹³⁾ C2

(51) Int. Cl.
A61B 18/20 (2006.01)
A61N 5/06 (2006.01)

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(52) CPC
A61B 18/20 (2021.08); A61B 18/203 (2021.08); A61B 5/0095 (2021.08); A61B 5/4836 (2021.08); A61N 5/0616 (2021.08)

(21)(22) Application: 2019123598, 27.12.2017

(24) Effective date for property rights:
27.12.2017

Registration date:
08.02.2022

Priority:

(30) Convention priority:
28.12.2016 EP 16207164.1

(43) Application published: 29.01.2021 Bull. № 4

(45) Date of publication: 08.02.2022 Bull. № 4

(85) Commencement of national phase: 29.07.2019

(86) PCT application:
EP 2017/084655 (27.12.2017)

(87) PCT publication:
WO 2018/122270 (05.07.2018)

Mail address:
129090, Moskva, ul. B. Spasskaya, 25, str. 3, OOO
"Yuridicheskaya firma Gorodisskij i Partnery"

(72) Inventor(s):
VARGHESE, Babu (NL),
VERHAGEN, Rieko (NL)

(73) Proprietor(s):
Koninklijke Philips N.V. (NL)

(54) SKIN TREATMENT DEVICE BASED ON LIGHT

(57) Abstract:

FIELD: medicine.

SUBSTANCE: device for treatment of subject tissue by means of laser-induced optical tissue destruction contains: a light source for providing a pulse laser beam; a focusing system for focusing the laser beam to a focal spot that can be located in tissue; and a feedback system for: detecting a feedback signal from tissue, wherein the feedback signal contains light and/or sound generated by the pulse laser beam; and determining, based on light and/or sound, whether the focal spot was in tissue during the pulse. The feedback system is additionally made with the possibility of: calculating a number of effective pulses for a given number of pulses

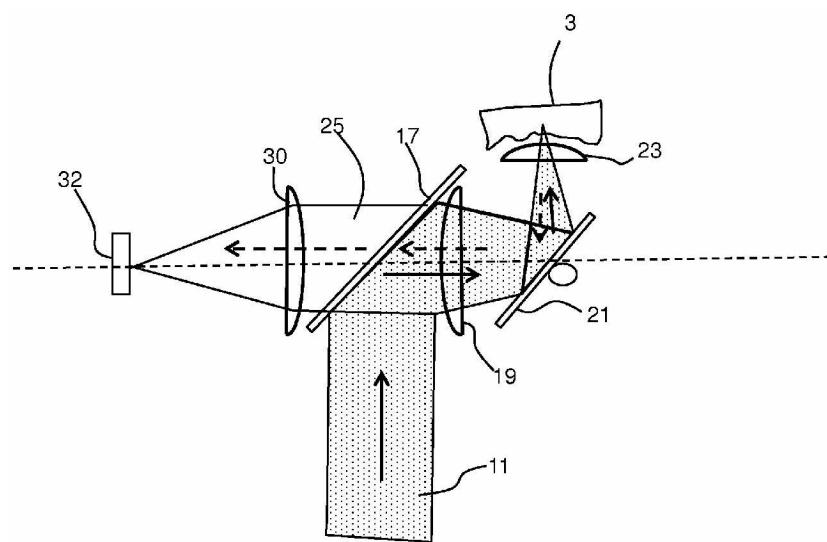
of the pulse laser beam, wherein effective pulses contain: pulses, for which it was determined that their focal spot was in tissue; and/or pulses, for which it was determined that they caused laser-induced optical tissue destruction; and/or pulses, during which contact pressure was higher than threshold pressure; and comparing the number of effective pulses with the given number of pulses to evaluate the efficiency of tissue treatment. The method for the treatment of subject tissue by means of laser-induced optical tissue destruction uses the device and additionally contains a stage, at which feeding of the pulse light beam is stopped, when the focal spot is not in tissue, or when the reference

R U
2 7 6 6 1 6 5
C 2

pressure or force is not applied.

13 cl, 6 dwg

EFFECT: obtaining a device for tissue treatment.



ФИГ. 3

Р У

2 7 6 6 1 6 5

С 2

С 2

Р У 2 7 6 6 1 6 5

С 2

ОБЛАСТЬ ТЕХНИКИ, К КОТОРОЙ ОТНОСИТСЯ ИЗОБРЕТЕНИЕ

Настоящее изобретение относится к устройству и способу для обработки ткани субъекта посредством лазерно-индуцированного оптического разрушения (laser induced optical breakdown - LIOB). Упомянутое устройство и способ используют фокусировку 5 светового луча через выходное окно света, которое может быть, но не обязательно, предназначено для контактирования с тканью при использовании устройства.

УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Такие устройства обработки кожи на основе света могут быть, например, 10 использованы для омоложения кожи, обработки морщинок и срезания волос. При обработке морщинок на основе света, устройство создает фокальное пятно в слое 15 дермы кожи, подлежащей обработке. Мощность и длительность импульса лазера и размер фокального пятна выбирают таким образом, чтобы явление лазерно-индуцированного оптического разрушения (LIOB) воздействовало на кожу для стимуляции возобновления развития тканей кожи и, посредством этого, уменьшения морщинок. При срезании волос на основе света, световой луч фокусируется внутри 20 волоса, и явление LIOB вызывает срезание этого волоса.

Например, международная заявка на патент, опубликованная под номером WO2005/011510, описывает устройство для укорачивания волос, содержащее источник лазерного излучения для генерирования лазерного луча в течение заданной длительности импульса, 25 оптическую систему для фокусировки лазерного луча в фокальное пятно, и манипулятор лазерного луча для позиционирования фокального пятна в целевом положении. Размер фокального пятна и мощность генерируемого лазерного луча таковы, что в фокальном пятне лазерный луч имеет плотность мощности, которая выше характерного порогового значения для ткани волоса, выше которого, при заданной длительности импульса, в 30 ткани волоса возникает явление лазерно-индуцированного оптического разрушения (LIOB).

В общем, лазерно-индуцированное оптическое разрушение (LIOB) возникает в средах, 35 которые являются прозрачными или полупрозрачными для длины волны лазерного луча, когда плотность мощности ($\text{Вт}/\text{см}^2$) лазерного луча в фокальном пятне превышает пороговое значение, которое является характерным для конкретной среды. Ниже порогового значения, конкретная среда имеет относительно низкие линейные свойства поглощения на конкретной длине волны лазерного луча. Выше порогового значения, среда имеет сильно нелинейные свойства поглощения на конкретной длине волны лазерного луча, которые являются результатом ионизации среды и образования плазмы. 40 Это явление LIOB приводит к нескольким механическим эффектам, таким как кавитация и генерирование ударных волн, которые повреждают среду в местоположениях, окружающих местоположение явления LIOB.

Было обнаружено, что явление LIOB может быть использовано для разрушения и 45 укорочения волос, растущих из кожи. Ткань волос является прозрачной или полупрозрачной для длин волн между, приблизительно, 500 нм и 2000 нм. Для каждого значения длины волны в этом диапазоне явление LIOB возникает в ткани волос в местоположении фокального пятна, когда плотность мощности ($\text{Вт}/\text{см}^2$) лазерного луча в фокальном пятне превышает пороговое значение, которое является характерным для ткани волос. Упомянутое пороговое значение является довольно близким к 50 пороговому значению, которое является характерным для водных сред и тканей, и зависит от длительности импульса лазерного луча. В частности, пороговое значение требуемой плотности мощности уменьшается, когда длительность импульса увеличивается.

Для обеспечения механических эффектов в результате явления LIOB, которые являются достаточно эффективными для обеспечения значительного повреждения, т.е. по меньшей мере для начального разрушения волоса, длительность импульса порядка, например, 10 нс, является достаточной. Для этого значения длительности импульса, 5 пороговое значение плотности мощности лазерного луча в фокальном пятне составляет порядка $2*10^{10}$ Вт/см². Для описанной длительности импульса и в случае достаточно малого размера фокального пятна, полученного, например, посредством линзы, имеющей достаточно большую числовую апертуру, это пороговое значение может 10 быть обеспечено в случае общей энергии импульса, составляющей всего лишь несколько десятых миллидюйла.

Эффективность оптического разрушения для омоложения кожи зависит от нескольких факторов, таких как оптические и структурные свойства кожи, интенсивность лазерного излучения в фокусе, оптическая связь, и т.д. Во многих случаях, глубина обработки 15 может быть разной, в зависимости от толщины рогового слоя эпидермиса и самого эпидермиса.

СУЩНОСТЬ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Проблема, которая может возникнуть, состоит в том, что поскольку предполагается, что LIOB-обработка происходит в дерме, которая находится под эпидермисом, трудно 20 увидеть, был ли импульс эффективным, и, таким образом, трудно оценить эффективность обработки. Также, выходное окно может быть повреждено продуктами LIOB (ударная волна, плазма, высокая плотность мощности). Поврежденное выходное окно оказывает вредное воздействие на способность устройства обеспечивать достаточно сжатый фокус в требуемом местоположении, что может уменьшить эффективность процесса обработки. В частности, если выше дермы будут создаваться поверхностные повреждения, то 25 вследствие микроразрывов капилляров может возникнуть петехия (микрокровоизлияние), следствием чего является уменьшенная эффективность, увеличение побочных эффектов и времени социальной бездеятельности.

Таким образом, существует потребность в системе, которая сможет обеспечить 30 указание на эффективность импульсов или действенность обработки.

Настоящее изобретение определяется формулой изобретения.

Примеры согласно первому аспекту настоящего изобретения обеспечивают 35 устройство обработки ткани на основе света, определенное в независимых пунктах формулы изобретения. В то время как в принципе все устройства будут иметь выходное окно света, во время использования некоторых устройств выходное окно света может не контактировать с тканью, подлежащей обработке. Настоящее изобретение обеспечивает решение на основе обратной связи, основанное на том же самом изобретательском принципе, причем это решение позволяет оценивать эффективность импульсов и, таким образом, действенность обработки для устройств каждого типа.

Выходное окно может иметь любую форму, позволяющую импульсному свету 40 выходить из устройства и входить в ткань. Выходное окно может иметь линзовую поверхность или другую оптическую поверхность. Выходное окно может иметь контактную поверхность.

Ткань предпочтительно является тканью млекопитающего, такой как ткань волос, 45 кожи, или поверхностью органов или пограничной тканью, например, животного или человека.

Сигнал обратной связи может быть использован для определения того, находится ли фокальное пятно или нет в ткани. Эта система обратной связи, таким образом, способна обеспечивать, чтобы оптическим разрушением создавались повреждения,

достаточные для получения своего результата (например, омоложения кожи), посредством обеспечения того, чтобы они создавались только в ткани. Это увеличивает действенность обработки с минимальными побочными эффектами и, в случае ткани кожи, минимальным возможным временем социальной бездеятельности. Обратная 5 связь может быть использована для обеспечения улучшенного контакта с тканью и однородной оптической связи, а также для предотвращения повреждения контактного окна/выходной линзы и повреждения ткани. Это обеспечивает большую безопасность и действенность обработки. Предпочтительной тканью, подлежащей обработке, является кожа.

10 В вариантах осуществления, в частности, при детектировании света или звука обратной связи из фокального пятна, может быть определено, имело ли место или нет фактическое LIOB. Это может обеспечить дополнительную определенность в определении эффективности импульсов.

Подсчет одного или нескольких эффективных импульсов в наборе из одного или 15 нескольких обеспеченных импульсов, обеспеченных во время обработки или в течение некоторого периода времени, и сравнение числа эффективных импульсов с числом обеспеченных импульсов обеспечивают указание на эффективность или действенность обработки. Это может быть реализовано для одного импульса при одном обеспеченном импульсе, или это может быть реализовано для множества обеспеченных импульсов. 20 Соотношение между эффективными импульсами и обеспеченными импульсами является удобным для указания эффективности или действенности, и оно может быть указано посредством соотношения или процентного отношения и т.п. Множественные наборы импульсов могут быть последовательными, или они могут перекрываться с обеспечением скользящего среднего.

25 Устройство может содержать гидрофон для измерения акустического сигнала. Высокая энергия, выделяющаяся в ткань в фокусе, создает тепловые (термоупругое расширение), оптические (плазменный искровой разряд), и акустические явления. Акустический сигнал состоит из характерной широкополосной слышимой акустической волны, которая является результатом сверхзвукового распространения генерируемых 30 ударных волн, и распространения плазменной волны, связанной с этим. Акустическая эмиссия из создаваемой лазерным излучением плазмы может быть, например, детектирована с использованием динамического микрофона, размещенного на расстоянии от плазмы, приблизительно составляющем несколько сантиметров. Предпочтительная характерная акустическая частота находится в диапазоне 3-16 кГц. 35 Это применимо к ткани кожи.

Система обратной связи, таким образом, предпочтительно содержит контроллер для идентификации спектральных максимумов в выходном сигнале гидрофона, которые обеспечивают указание на материал, в котором имело место LIOB.

Устройство может содержать датчик изображения и процессор изображения.

40 Фокальная точка может быть детектирована на основе характерной оптической вспышки (плазменного искрового разряда), связанной с LIOB. Обычно, широкий спектральный диапазон характерной вспышки находится в диапазоне длин волн 400-1100 нм. Спектры излучения плазмы могут быть измерены с использованием комбинации спектрометра и детектора на основе усовершенствованного ПЗС (intensified charged 45 coupled device detector - ICCD). В зависимости от положения фокуса, спектры вспышек имеют спектральные максимумы, которые являются характерными для материала, находящегося в фокусе (граница стекла, среда для погружения, ткань, такая как, например, кожа, и т.д.), и могут быть использованы в качестве признака фокальной

точки, а также в качестве указателя на то, имело ли место LIOB.

Процессор изображения, таким образом, предпочтительно предназначен для идентификации спектральных максимумов в свете, принимаемом от ткани, которые обеспечивают указание на материал, в котором имело место LIOB.

Процессор изображения может быть дополнительным с возможностью анализировать изображение, захваченное датчиком изображения, для определения качества контакта между системой фокусировки и тканью.

Таким образом, оптический анализ может быть использован для определения как глубины фокуса, так и качества оптического контакта системы с тканью.

Качество контакта может быть измерено на основе однородности зеркального отражения в изображениях, захваченных простой монохромной камерой или RGB-камерой. В случае оптимальной и однородной оптической связи, распределение интенсивности имеет однородное гауссово распределение. Признаки и неоднородности изображений отражают уменьшение качества оптического контакта.

Таким образом, процессор изображения может быть предназначен для идентификации неоднородностей в захваченном изображении, которые отражают качество контакта.

Процессор изображения может быть дополнен с возможностью анализировать изображение, захваченное датчиком изображения, для определения уровня изменения цвета ткани, такого как, например, покраснение кожи. Таким образом, обработка

может быть остановлена, если будет детектирован уровень раздражения, находящийся за пределами приемлемого порога. Таким образом, система обратной связи может реализовать превентивные меры для предотвращения чрезмерного раздражения, но также может иметь систему безопасности, которая детектирует, что обработка приводит к неприемлемому уровню раздражения.

Устройство может содержать другую систему обратной связи для контроля давления или силы, прикладываемых к устройству, находящемуся напротив ткани.

Предпочтительно также обеспечивают систему вывода для обеспечения для пользователя указания в отношении прикладываемого давления или силы. Сравнение контролируемого давления или силы с образцовым давлением или силой может быть выполнено для указания на то, является ли прикладываемое давление или сила пригодным давлением или силой, или нет. Подача импульсов может автоматически прерываться, если прикладываемое давление или сила будут меньшими образцового значения.

Таким образом, пользователя направляют таким образом, чтобы он прикладывал давление или силу, которые являются пригодными для поддержания требуемого контакта с тканью.

Во всех примерах, может быть обеспечена система обратной связи или контроллер, который предназначен для уменьшения плотности мощности сфокусированного импульсного светового луча до значения, меньшего порогового значения для генерирования существенного LIOB в воздухе, ткани, или другой среде, если будет определено, что фокальное пятно находится за пределами ткани (это обеспечивает защитное выключение), или если для зоны обработки была достигнута конкретная заданная эффективность (это обеспечивает эффективную обработку в отношении времени). В этом случае, для пользователя может быть обеспечено указание на то, что была достигнута заданная эффективность.

Уменьшение плотности мощности может быть выполнено посредством уменьшения мощности луча или качества или степени фокусировки в фокальном пятне. Могут быть использованы разные способы.

Система обратной связи или контроллер могут быть выполнены с возможностью дезактивировать источник света или ослаблять источник света или обеспечиваемый им луча, если будет определено, что обработка должна быть остановлена, поскольку определено, что фокальная точка не находится в ткани, или что имеется чрезмерное изменение цвета ткани (например, покраснение кожи), или детектирован плохой контакт. Это обеспечивает защитное выключение.

Другой аспект настоящего изобретения обеспечивает устройство обработки ткани на основе света, содержащее:

источник света для обеспечения импульсного светового луча для обработки ткани

10 посредством лазерно-индуцированного оптического разрушения ткани;

систему фокусировки для фокусировки светового луча в фокальное пятно, находящееся в ткани; и

систему обратной связи для определения давления или силы, прикладываемой к устройству, находящемуся напротив ткани.

15 Устройство может содержать систему вывода для обеспечения определенного давления или силы для пользователя. Предпочтительно, определенное давление или силу сравнивают с образцовым значением, и система вывода обеспечивает для пользователя указание в отношении того, прикладывается ли пригодное давление или сила, или нет.

20 Другой аспект настоящего изобретения обеспечивает устройство обработки ткани на основе света, содержащее:

источник света для обеспечения импульсного светового луча для обработки ткани посредством лазерно-индуцированного оптического разрушения ткани;

систему фокусировки для фокусировки светового луча в фокальное пятно,

25 находящееся в ткани;

систему обратной связи для детектирования света, принимаемого от ткани, содержащую датчик изображения и процессор изображения для анализа изображения, захватываемого датчиком изображения, для определения посредством этого качества контакта между системой фокусировки и тканью, причем процессор изображения

30 выполнен с возможностью идентифицировать неоднородности в захватываемом изображении, которые отражают качество контакта.

Предпочтительно устройство также включает в себя контроллер для дезактивации источника света или предотвращения достижения падающим светом кожи, когда качество контакта падает ниже порога, т.е. когда давление или сила падает ниже порога.

35 Для последней цели, контроллер может управлять, например, затвором или устройством отклонения светового луча.

Другой аспект настоящего изобретения обеспечивает устройство обработки кожи на основе света, содержащее:

источник света для обеспечения импульсного светового луча для обработки ткани

40 посредством лазерно-индуцированного оптического разрушения ткани;

систему фокусировки для фокусировки светового луча в фокальное пятно, находящееся в ткани;

систему обратной связи для детектирования света, принимаемого от кожи, содержащую датчик изображения и процессор изображения, причем процессор

45 изображения выполнен с возможностью анализировать изображение, захватываемое датчиком изображения, для определения уровня окрашивания ткани. Предпочтительно, уровень окрашивания является уровнем покраснения кожи. Он относится, например, к аспекту анализа покраснения кожи, объясненному выше.

В этом случае, контроллер может быть выполнен с возможностью дезактивировать источник света или предотвращать достижение падающим светом кожи, когда уровень покраснения кожи превышает некоторый порог. Снова, контроллер может управлять, например, затвором или устройством отклонения светового луча для реализации 5 упомянутого предотвращения.

Также могут быть использованы меры, описанные выше, например, анализ изображения, захваченного датчиком изображения, для определения качества контакта между системой фокусировки и тканью, и, затем, дезактивация источника света, если будет определено, что качество контакта является меньшим порогового уровня.

10 Система обратной связи может быть также использована для детектирования звука, генерируемого импульсом источника света, для определения посредством этого того, находится ли фокальное пятно или нет в ткани. В этом случае, источник света дезактивируют, если будет определено, что фокальное пятно не находится в ткани.

15 Для контроля давления, прикладываемого к устройству, находящемуся напротив ткани, также может быть использована система обратной связи, описанная выше, причем систему вывода используют для обеспечения для пользователя указания в отношении того, прикладывается ли пригодное давление или нет. В этом случае, источник света дезактивируют, если будет определено, что давление является 20 непригодным.

Настоящее изобретение также обеспечивает способ обработки кожи на основе света, содержащий этапы, на которых:

обеспечивают импульсный световой луч для обработки ткани посредством лазерно-индуцированного оптического разрушения ткани;

фокусируют световой луч в фокальное пятно, находящееся в ткани; и

25 детектируют свет, принимаемый от ткани, и детектируют звук, генерируемый импульсом источника света, для определения посредством этого того, находится ли фокальное пятно или нет в ткани.

Настоящее изобретение также обеспечивает способ обработки ткани на основе света, содержащий этапы, на которых:

30 обеспечивают импульсный световой луч для обработки ткани посредством лазерно-индуцированного оптического разрушения ткани;

фокусируют световой луч в фокальное пятно, находящееся в ткани; и

измеряют давление, прикладываемое к устройству, находящемуся напротив ткани, и обеспечивают для пользователя указание в отношении того, прикладывается ли 35 пригодное давление или нет.

Настоящее изобретение также обеспечивает способ обработки ткани на основе света, содержащий этапы, на которых:

обеспечивают импульсный световой луч для обработки ткани посредством лазерно-индуцированного оптического разрушения ткани;

40 фокусируют световой луч в фокальное пятно, находящееся в ткани; и

детектируют изображение света, принимаемого из ткани, и анализируют это изображение для определения уровня окрашивания ткани, такого как, например, покраснение кожи.

Эти способы являются не-терапевтическими способами, в частности, косметическими 45 способами, применяемыми, например, для омоложения кожи, уменьшения морщинок, или удаления волос.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

Примеры настоящего изобретения будут теперь подробно описаны со ссылкой на

сопутствующие чертежи, в которых:

Фиг. 1 схематично показывает известное устройство обработки кожи на основе LIOB;

Фиг. 2 показывает известный метод реализации управления глубиной фокуса;

5 Фиг. 3 показывает устройство с первым примером системы обратной связи;

Фиг. 4 показывает устройство со вторым примером системы обратной связи;

Фиг. 5 показывает устройство с третьим примером системы обратной связи; и

Фиг. 6 используется для объяснения оптической системы обратной связи.

ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ ВАРИАНТОВ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ

10 Настоящее изобретение обеспечивает устройство импульсной лазерной обработки кожи для лазерно-индуцированного оптического разрушения ткани млекопитающих, такой как, в частности, ткань кожи. Система обратной связи используется для детектирования сигнала обратной связи от кожи, который вызывается явлениями LIOB в ткани. Сигнал обратной связи может содержать свет, принимаемый от ткани, и система 15 обратной связи может содержать датчик света или датчик изображения и процессор изображения. В одном примере, процессор изображения выполнен с возможностью анализировать изображение, захватываемое датчиком изображения, для определения уровня окрашивания ткани (например, покраснения кожи). В другом примере, изображение, захватываемое датчиком изображения, используется для определения 20 качества контакта между системой фокусировки и тканью. В другом примере, система обратной связи также предназначена для детектирования звука, генерируемого импульсом источника света, для определения посредством этого того, находится ли фокальное пятно или нет в ткани. В другом варианте, который не основан на восприятии изображения, система обратной связи используется для контроля давления, 25 прикладываемого к устройству, находящемуся напротив кожи, и система вывода используется для обеспечения для пользователя указания в отношении того, прикладывается ли или нет пригодное давление.

Перед подробным описанием настоящего изобретения будет приведено описание одного примера устройства того типа, к которому относится настоящее изобретение.

30 Фиг. 1 показывает систему 1 для обработки ткани 3, имеющей поверхность 5. В этом случае, тканью в качестве примера является кожа 3, но могут обрабатываться и другие ткани.

Система 1 содержит источник 9 света для генерирования лазерного луча 11 в течение по меньшей мере одной заданной длительности импульса, и она содержит оптическую 35 систему 13 для фокусирования лазерного луча в фокальное пятно 15 и для позиционирования фокального пятна 15 в целевом местоположении внутри кожи 3, которая является по меньшей мере частично прозрачной для света из источника 9 света.

Пример оптической системы 13, схематично показанный на фиг. 1, содержит систему 17 отклонения луча и дихроичного деления луча, систему 19 коррекции aberrаций, 40 систему 21 сканирования луча и систему 23 фокусировки, причем эти системы могут содержать одно или несколько зеркал, призм, делителей луча, поляризаторов, оптических волокон, линз, апертур, затворов, и т.д. Например, система сканирования может содержать сканирующие призмы.

Система фокусировки имеет устройство выбора глубины фокусировки, устройство 45 формирования и фокусирования луча, и контактное/выходное окно. Имеется следующая за контуром подвеска для поддержания контакта контактного/выходного окна.

По меньшей мере часть оптической системы 13 и/или пути лазерного луча 11 может быть закрытой, например, для защиты глаз, и может, например, содержать непрозрачные

трубки и/или одно или несколько оптических волокон.

Источник 9 света выполнен с возможностью излучать заданное число лазерных импульсов на заданной длине волны и с заданной длительностью импульса и частотой повторения импульсов. Система 1 выполнена таким образом, что целевое

5 местоположение фокального пятна 15 находится ниже поверхности кожи. Размер фокального пятна 15 и мощность генерируемого лазерного луча таковы, что в фокальном пятне 15 лазерный луч 11 имеет плотность мощности, которая является большей характерного порогового значения для ткани кожи, выше которого, при заданной длительности импульса, возникает событие лазерно-индуцированного

10 оптического разрушения.

Между источником 9 света и системой 17 отклонения луча и дихроичного деления луча может находиться шарнирный манипулятор. Система 17 отклонения луча и последующие компоненты образуют часть наконечника. Вследствие ошибок в выравнивании зеркал шарнирного манипулятора, луч может быть расширен перед

15 выходом в шарнирный манипулятор и затем сжат впоследствии перед управлением лучом и коррекцией aberrаций.

Кожа 3 содержит множественные слои с разными оптическими свойствами. Эпидермис состоит из самых внешних слоев и образует водонепроницаемый защитный барьер.

Самым верхним слоем эпидермиса является роговой слой эпидермиса, который, 20 вследствие его микроскопических флуктуаций по шероховатости, затрудняет оптическую связь (прохождение света) между устройством 1 и кожей 3. По этой причине, связующая текучая среда предпочтительно обеспечивается между системой фокусировки и тканью, причем ее показатель преломления должен соответствовать показателю преломления ткани и/или выходной линзы/окна системы фокусировки.

25 Под эпидермисом расположена дерма. Дерма содержит коллагеновые волокна, на которые направлена обработка кожи.

Задача обработки кожи состоит в создании фокуса 15 импульсного лазерного луча 11 в коллагене дермы для создания микроскопических повреждений, которые приводят к образованию нового коллагена.

30 Источник 9 света является управляемым необязательным контроллером 25, который может обеспечивать пользовательский интерфейс. Также, одна или несколько частей оптической системы 13 могут управляться необязательным контроллером (не показан), который может быть объединен с контроллером 25 источника света для управления одним или несколькими свойствами целевого местоположения и/или фокального пятна.

35 Параметры фокусировки лазерного луча могут быть определены соответствующими установочными параметрами системы формирования луча и/или системы фокусировки, например, посредством настройки числовой апертуры системы фокусировки. Пригодные значения для числовой апертуры (numerical aperture - NA) системы фокусировки могут быть выбраны из диапазона $0,05 < NA < nm$, где nm является показателем преломления 40 среды на длине волны лазера, во время эксплуатации.

45 Пригодный источник света содержит Nd:YAG-лазер в режиме модуляции добротности (Q-switched Nd:YAG laser), излучающий лазерные импульсы на длине волны около 1064 нм с длительностью импульса около 5-10 нс, хотя также могут быть использованы и другие лазеры, например, трехуровневый Nd:Cr:Yag-лазер и/или диодные лазеры. Для обработки предпочтительно использовать лазер на длине волны, равной 1064 нм, вследствие относительно низкого поглощения и рассеяния излучения на этой длине волны внутри кожи и обеспечения в результате этого большой глубины проникновения.

Система 17 отклонения луча и дихроичного деления луча содержит дихроичный

делитель луча, который отражает лазерный свет, но пропускает свет видимых длин волн. Таким образом, принимаемый от кожи 3 свет видимых длин волн захватывается оптической системой и обеспечивается в качестве сигнала 11' обратной связи, который может быть использован для управления системой либо в ручном, либо в

5 автоматическом режиме.

Глубина фокусировки, обеспечиваемая системой 23 фокусировки, предпочтительно является настраиваемой.

Фиг. 2 показывает известный метод для реализации такой настройки. Система 23 фокусировки содержит набор выходных окон 26, каждое из которых имеет отличную 10 глубину фокуса, и оптический путь обеспечивается к одному из выходных окон двигателем 27 сканера, который поворачивает систему 21 сканирования. Выходные окна 26 удерживаются следующей за контуром подвеской 28. Таким образом, выходные окна расположены вокруг кругового пути, и система выемок обеспечивает 15 позиционирование относительно системы 21 сканирования. Может быть четыре выходных окна, и, таким образом, четыре набора линз, каждый из которых отдельно подпружинен для обеспечения следования за контуром.

Система 21 сканирования используется для сканирования фокуса поперек некоторой области кожи.

Один пример лазера, который может быть использован в системе фиг. 1, имеет 20 максимальную частоту повторения импульсов, равную 1000 Гц, и типичный режим обработки использует шаг повреждений, равный 200 мкм, что приводит к типичной максимальной скорости сканирования, равной 200 мм/с. Эта скорость сканирования исключает любые исключительно ручные варианты сканирования вследствие недостатка 25 контроля при применении этих скоростей сканирования в ручном режиме.

Дополнительно, для любой стартстопной системы сканирования достижение этой скорости сканирования будет трудной задачей вследствие короткого расстояния для ускорения, что может приводить к механическим вибрациям и неэффективному использованию мощности лазера. Легче управляемая меньшая скорость сканирования будет значительно увеличивать время обработки больших площадей поверхности.

30 Для устранения этой проблемы может быть использовано сканирование с непрерывным движением на основе вращательного движения, которое может легко обеспечить эти скорости сканирования и не страдает от сильных вибраций и неэффективного использования возможностей лазера.

Для этой цели может быть использована поворотная призма.

35 Первая возможная конструкция призмы содержит ромбоид. Две противоположные параллельные торцевые поверхности функционируют в качестве поверхностей полного внутреннего отражения. Они расположены под углом 45 градусов к направлению падающего света. Два внутренних отражения в призме обеспечивают поперечный сдвиг падающего луча таким образом, что выходной луч параллелен входному лучу, но 40 поперечно сдвинут относительно него. Посредством поворота призмы вокруг оси, перпендикулярной направлению поперечного сдвига, и, таким образом, параллельной направлению падающего луча, выходной луч развертывается по круговому пути. Упомянутый поворот происходит вокруг оси входного луча. Радиусом развертываемой окружности является длина ромбоида. Ромбоидные призмы могут быть при 45 необходимости изготовлены с просветляющими покрытиями на гранях.

Второй возможной конструкцией призмы является призма Дове. Две торцевые поверхности функционируют в качестве преломляющих поверхностей раздела, и нижняя поверхность функционирует в качестве поверхности полного внутреннего отражения.

Упомянутые торцевые поверхности расположены под углом 45 градусов к падающему свету. Два преломления и единственное полное внутреннее отражение в призме снова обеспечивают поперечный сдвиг падающего луча, так что выходной луч параллелен входному лучу, но поперечно сдвинут относительно него. Посредством поворота

- 5 призмы вокруг оси, перпендикулярной направлению поперечного сдвига, и, таким образом, параллельной направлению падающего луча, выходной луч развертывается по круговому пути. Упомянутый поворот происходит вокруг оси входного луча. Величина смещения луча зависит от положения падающего луча относительно входной 10 поверхности призмы Дове и от размера призмы. Призму поворачивают вокруг основного падающего луча. Просветляющие покрытия снова могут быть нанесены на наклоненные поверхности для уменьшения потерь на отражение.

Поворотная призма механически уравновешивается для предотвращения вибраций. Опора призмы подвешивается на шарикоподшипниках и прямо соединяется с ротором 15 двигателя для минимизации влияния установочных параметров коррекции aberrаций на эффективную числовую апертуру сфокусированного света.

Это изобретение относится к системам обратной связи для управления упомянутой системой для предотвращения повреждения выходного окна света системы 23 фокусировки и/или для прекращения или предотвращения раздражения кожи.

Первый аспект относится к системе обратной связи, которая объединяет оптический 20 и акустический анализ, для детектирования глубины фокуса, на которой возникает LIOB. Система обратной связи, тогда, позволяет выключать лазер, если фокус не будет находиться в коже. Это основано на различиях спектра длин волн видимой вспышки (плазменного искрового разряда) и акустических частот сигнала, генерируемого во время LIOB, которые имеют значительные различия в зависимости от сред, в которых 25 они возникают, таких как воздух, линза, связующая среда и кожа.

Спектры излучения могут быть измерены с использованием комбинации спектрометра и детектора на основе усовершенствованного ПЗС (intensified charged coupled device detector - ICCD). В зависимости от положения фокуса, спектры вспышек имеют спектральные максимумы, которые являются характерными для материала, 30 находящегося в фокусе (граница стекла, среда для погружения, кожа, и т.д.), и могут быть использованы в качестве признака фокальной точки, а также в качестве указателя на то, имело ли место LIOB.

Например, в отсутствие LIOB, детектор записывает плоский фоновый спектр без каких-либо спектральных признаков. В качестве примера, характерные максимумы, 35 возникающие около 212,4 нм (Si) и 589 нм (Na), могут быть использованы для подтверждения того, что LIOB возникает на границе стекла и в коже, соответственно. Другие спектральные максимумы также могут быть использованы в качестве указателя материала. Для получения порога облученности, ниже которого оптическое разрушение 40 отсутствует, также могут быть измерены вспышки без LIOB, и различия в спектральных характеристиках оптических вспышек с оптическим разрушением и без него могут быть также использованы в качестве некоторого признака.

Фиг. 3 показывает первый пример, основанный на конфокальной системе для детектирования глубины фокуса.

Однаковым компонентам присвоены те же самые ссылочные позиции, что и на фиг. 45 1. Система 19 коррекции aberrаций содержит асферическую линзу, и система 23 фокусировки содержит линзу, которая функционирует в качестве объектива микроскопа. Оптический сигнал 25 обратной связи по видимому свету, передаваемый через дихроичный делитель 17 луча, фокусируется плоско-выпуклой линзой 30 на датчике

32 изображения, например, на интегральной схеме CCD.

Это расположение обеспечивает конфокальное детектирование глубины фокусировки для предотвращения LIOB за пределами кожи и для определения глубины фокусировки внутри кожи.

- 5 Оптические пути конфокального микроскопа, образованные линзами 30 и 23 (освещения и детектирования), и луч обработки LIOB связаны вместе дихроичным делителем 17 луча. Конфокальный микроскоп обеспечивает разрешенные по глубине изображения положения фокуса и, таким образом, позволяет верифицировать глубину обработки. Эти верификация выполняется с использованием обработки изображения, 10 захватываемого датчиком изображения, и упомянутая верификация используется контроллером 25 для активации или дезактивации лазера 9.

Фиг. 4 показывает второй пример, основанный на обеспечении системы обратной связи на основе как света, так и звука.

Однаковым компонентам присвоены те же самые ссылочные позиции, что и на фиг.

- 15 3. Датчик изображения больше не нужен, и вместо него имеется фотодиод или массив 40 фотодиодов и, необязательно, соответствующая дифракционная решетка, для анализа спектра видимого света 25, а не формируемого изображения. Игольчатый гидрофон 42 позволяет анализировать спектр звуковой волны.

- 20 Видимые световые вспышки и акустический сигнал, генерируемые во время LIOB, имеют разные спектральные и акустические характеристики в воздухе, в связующей среде, и в коже. При возникновении LIOB, видимая вспышка может быть записана посредством фотодиода 40 (или посредством решетки), и акустический сигнал может быть записан посредством гидрофона. Объединенное детектирование вспышки и акустического сигнала позволяет определить глубину фокусировки.

- 25 Видимый свет, принимаемый от кожи, является результатом фотомеханического режима взаимодействия, который возникает при лазерно-индуцированном оптическом разрушении. Он включает в себя массовое генерирование свободных электронов. Этот процесс называется «ростом электронной лавины» или «эффектом обратного тормозного излучения». Образование плазмы приводит к сплошной среде белого света, которая 30 имеет малое изменение интенсивности в зависимости от длины волны. Этот свет вызывается тормозным излучением и рекомбинационным излучением из плазмы, когда свободные электроны и ионы рекомбинируют в охлаждающейся плазме.

- 35 Альтернативно или дополнительно к определению глубины фокуса, система фиг. 3 может быть использована для анализа качества оптической связи между кожей и выходной линзой системы 23 фокусировки. Если оптическая связь будет неэффективной, то оптическое разрушение может возникнуть в воздухе или на выходной поверхности линзы и привести к повреждению линзы или кожи.

Этот анализ оптической связи может быть обеспечен на основе обработки изображения, захватываемого датчиком 32 изображения.

- 40 Качество контакта может быть измерено на основе однородности зеркального отражения в изображениях, захваченных простой монохромной камерой или RGB-камерой. В случае оптимальной и однородной оптической связи, распределение интенсивности имеет однородное гауссово распределение. Большее число признаков изображения, таких как размер ярких пятен, число пятен, размер самого большого 45 пятна и т.д., может быть получено из этих изображений после использования порогов, и эти признаки могут быть использованы в качестве указателей на неоптимальную оптическую связь.

Система фиг. 3 может быть также модифицирована посредством удаления датчика

32 изображения и линзы 30 и обеспечения вместо них выходного окна, чтобы позволить пользователю осуществлять визуальный контроль системы. Пользователь сможет тогда визуально контролировать внешний вид контакта с кожей при каждой лазерной вспышке. Снова, это будет видимым в виде дефектов, таких как пятна на изображении.

5 Дополнительной возможностью детектирования качества контакта с кожей является использование подпружиненной фокусирующей линзовой системы для обеспечения следования за контуром с использованием обратной связи по измеряемой нагрузке. Полная оптическая система подпружинивается таким образом, чтобы сохранялись оптические пути между оптическими компонентами.

10 Фиг. 5 показывает оптическую систему 50, включающую в себя по меньшей мере конечную линзу объектива, которая подпружинена пружинами 52 для обеспечения того, чтобы устройство следовало за контуром кожи 3. Это позволяет органично отслеживать изогнутую поверхность кожи при сканировании.

15 Обратная связь, основанная на нагрузке в системе, используется для управления активацией лазера. Набор образцовых значений нагрузки может быть использован для обеспечения оптимального контакта и, таким образом, действует в качестве образца для пружинной системы.

20 Обратная связь, тогда, позволяет пользователю поддерживать нагрузку в требуемом диапазоне уровней нагрузки. Этот диапазон уровней нагрузки предпочтительно находится между (и, таким образом, не включает в себя) полным растяжением пружин (нулевой нагрузкой) и максимальным сжатием пружин (максимальной нагрузкой), поскольку оба этих варианта являются непригодными для поддержания хорошего контакта.

25 Выходные данные для пользователя могут быть обеспечены на экране системы, или они могут быть отправлены в виде беспроводного сигнала на смартфон, часы, или другое близкое устройство с использованием возможностей беспроводной связи. Команды для пользователя могут быть слышимыми, например, могут быть предупредительным звуковым сигналом, когда прикладываемое давление является слишком низким или слишком высоким, и/или могут быть обеспечены визуальные

30 выходные данные.

По меньшей мере две точки контакта определяются в непосредственной близости для обеспечения надлежащего следования за контуром как малых локальных признаков кожи, так и больших глобальных контуров и признаков.

35 Как упомянуто выше, если поверхностные повреждения будут создаваться выше дермы, то может возникнуть петехия (микрокровоизлияние). Она может возникать в результате плохого оптического контакта между системой фокусировки и кожей или в результате повреждения системы фокусировки. Подходы с обратной связью, описанные выше, могут уменьшить или предотвратить такое повреждение или предотвратить работу лазера, когда имеется плохой оптический контакт.

40 Альтернативный (или дополнительный) подход состоит в детектировании результирующего покраснения кожи и остановке в результате этого обработки, как только станут явными ранние признаки повреждения кожи.

45 Система обратной связи, тогда, основывается на измерении эритемы (покраснения кожи). Эта обратная связь может тогда оптимизировать эффективность обработки на основе LIOB для омоложения кожи посредством отключения устройства после записи увеличения эритемы относительно эталонного покраснения, измеренного перед обработкой. Это уменьшает побочные эффекты и время социальной бездеятельности.

Пороговое значение для увеличения эритемы может быть точно настраиваемым в

зависимости от требуемого покрытия и выраженности побочного эффекта и субъективного восприятия боли, связанных с LIOB-обработкой. Пригодные пороги могут отличаться для разных субъектов или даже для одного и того же субъекта в разные моменты времени.

5 Качественное определение эритемы относительно эталонного значения является указанием на эффективность обработки кожи на основе LIOB и может быть использовано для подтверждения того, что обработка была эффективной, и что можно ожидать, что будет иметь место требуемая реакция заживления кожи, приводящая к эффектам омоложения кожи.

10 Таким образом, альтернативно или дополнительно определению глубины фокуса и/или анализа качества контакта с кожей, система фиг. 3 может быть использована для анализа уровня покраснения кожи.

Система фиг. 3 может быть модифицирована посредством удаления датчика 32 изображения и линзы 30 и обеспечения вместо них выходного окна, чтобы позволить 15 пользователю осуществлять визуальный контроль системы. Пользователь сможет тогда визуально контролировать покраснение кожи при каждой лазерной вспышке.

Однако предпочтительным вариантом является использование датчика 32 изображения для автоматического анализа спектрального состава захваченного изображения с использованием обработки изображения, захватываемого датчиком 32 20 изображения. В частности, изменения в спектральном составе, при увеличении красного компонента, детектируются по сравнению с исходным цветом в начале обработки. Датчик изображения может вместо этого содержать спектрофотометр.

В общем, LIOB-обработка приводит к легкой эритеме непосредственно после обработки, и ее выраженность увеличивается в течение около 10 минут. Затем эритема 25 ослабевает и перестает быть видимой через 30 минут после обработки. Внешний вид легкой эритемы является указанием на то, что обработка является эффективной и можно ожидать, что будет иметь место реакция заживления кожи. Однако, нельзя допускать превышения порога выраженности.

Восприятие изображений может использовать фотографирование с высоким 30 разрешением, но фотографирование с низким разрешением, использующее дешевый датчик, также является достаточным для детектирования содержания красного цвета в изображении. Может выполняться спектрофотометрия, или может быть использована обработка CCD-изображения.

Фиг. 6 показывает систему анализа изображения, которая содержит камеру 60 с 35 высоким разрешением со встроенными алгоритмами обработки изображения для количественного анализа клеток.

Камера 60 объединена с дополнительным модулем, состоящим из съемной опоры 62. Блок камеры состоит из кольца 64 LED-освещения и выполняет пространственно-разрешенное детектирование рассеянного обратно света.

40 Увеличение эритемы сравнивают с образцовой справочной таблицей, показывающей значения, соответствующие площади покрытия обработки и задающие предел приемлемого покраснения для субъекта. Исходное эталонное измерение используют в качестве калибровочного образца.

Также может быть использована система обратной связи по контактному давлению, 45 описанная выше.

Для использования упомянутой системы, система записывает исходный эталонный цвет кожи перед любым применением средства механической провокации покраснения (соскоб липкой лентой и т.д.). Этот цвет кожи записывают из области кожи, подлежащей

обработке.

Сравнение раздраженной кожи или эритемы (увеличение покраснения) с эталонной кожей может быть также выполнено до обработки, так что может быть записано, как конкретный субъект реагирует на обработку.

5 Затем выполняют LIOB-обработку.

Покраснение кожи записывают после первой обработки. Затем выполняют сравнение относительно требуемого порога эритемы, который, в свою очередь, зависит от требуемой площади покрытия обработки и приемлемого субъективного восприятия боли. Субъект показывает свой порог дискомфорта посредством обеспечения

10 информации о восприятии боли во время обработки, а также посредством визуальной оценки раздраженной кожи впоследствии.

Если покраснение кожи в обработанной области является большим, чем эталонный цвет кожи, и достигло порога, то обработку останавливают, иначе LIOB-обработку продолжают.

15 Как упомянуто выше, могут быть использованы Nd:YAG-лазеры с длиной волны излучения, составляющей 1064 нм, но также для лазерно-индуцированного оптического разрушения (LIOB) могут быть использованы Er:YAG-лазеры с длиной волны излучения, составляющей 1645 нм.

Обработка кожи может содержать процесс бритья с удалением волос. Во время 20 использования, система 23 фокусировки перемещается над поверхностью кожи, которую необходимо побрить. Система фокусировки образует выходное окно, позволяющее световому лучу выходить из устройства. Система фокусировки затем образует оптическое лезвие.

Обработка кожи может содержать устройство омоложения кожи для уменьшения 25 морщинок, которые могут появиться на коже человека в результате нормальных процессов старения. Во время использования, фокусирующий элемент прижимают к коже илидерживают вблизи кожи, подлежащей обработке. Выходное окно, образованное системой фокусировки,держивают параллельно коже, и световой луч выходит из выходного окна и входит в кожу в направлении, по существу 30 перпендикулярном поверхности кожи.

В обоих примерах, текучая среда для погружения может быть обеспечена между системой фокусировки и поверхностью кожи. Предпочтительно, используют текучую среду для погружения с показателем преломления, близким к показателю преломления контактирующей с кожей линзы системы 23 фокусировки или кожи или волос, где 35 должно возникнуть LIOB. Для этой цели пригодны текучие среды с показателем преломления от около 1,4 до около 1,5. Также вода, хотя она и имеет несколько меньший показатель преломления, равный 1,33, может для некоторых устройств и применений быть пригодной текучей средой для погружения.

Система фиг. 1 имеет один конкретный набор оптических компонентов между лазером 40 и системой фокусировки. Однако предполагается, что это расположение не является ограничением. Система обратной связи настоящего изобретения может быть использована в разных системных конфигурациях с меньшим или большим числом компонентов.

Подводя итог, устройство импульсной лазерной обработки кожи предназначено для 45 лазерно-индуцированного оптического разрушения ткани волос или кожи. Система обратной связи используется для детектирования сигнала обратной связи на основе света и/или звука и/или контактной силы или давления. Сигнал обратной связи используется для определения того, находился ли импульс в ткани или за пределами

ткани. С использованием этих данных может быть определена эффективность обработки, которая может быть обеспечена для пользователя.

Следует отметить, что вышеупомянутые варианты осуществления иллюстрируют, а не ограничивают настояще изобретение, и что специалисты в данной области техники 5 смогут разработать многие альтернативные варианты осуществления, не выходя за рамки объема прилагаемой формулы изобретения. В формуле изобретения, никакие ссылочные позиции, помещенные в скобки, не следует толковать как ограничение формулы изобретения. Использование глагола «содержать» и его спряжений не исключает наличия элементов или этапов, отличных от элементов или этапов, 10 заявленных в формуле изобретения. Элемент в единственном числе не исключает наличия множества таких элементов. Настоящее изобретение может быть реализовано посредством аппаратного средства, содержащего несколько отдельных компонентов, и посредством соответствующим образом запрограммированного компьютера. В пункте формулы изобретения на устройство, в котором перечисляются несколько 15 средств, некоторые из этих средств могут быть реализованы одним и тем же аппаратным элементом. Тот факт, что некоторые меры приведены во взаимно отличающихся зависимых пунктах формулы изобретения, не указывает на то, что комбинация этих мер не может быть использована с преимуществом.

20 (57) Формула изобретения

1. Устройство (1) для обработки ткани (3) субъекта посредством лазерно-индуцированного оптического разрушения ткани, причем устройство содержит:
 - источник (9) света для обеспечения импульсного лазерного луча (11);
 - систему (23) фокусировки для фокусировки лазерного луча (11) в фокальное пятно (15), которое может быть расположено в ткани; и
 - систему обратной связи для:
 - детектирования сигнала обратной связи от ткани, причем сигнал обратной связи содержит свет и/или звук, генерируемый импульсным лазерным лучом; и
 - определения на основе света и/или звука того, находилось ли фокальное пятно в ткани или нет во время импульса, причем система обратной связи дополнительно выполнена с возможностью:
 - подсчитывать число эффективных импульсов для заданного числа импульсов импульсного лазерного луча, причем эффективные импульсы содержат:
 - импульсы, для которых было определено, что их фокальное пятно находилось в ткани; и/или
 - импульсы, для которых было определено, что они вызвали лазерно-индуцированное оптическое разрушение ткани; и/или
 - импульсы, во время которых контактное давление было выше порогового давления; и
 - сравнивать число эффективных импульсов с заданным числом импульсов для оценки эффективности обработки ткани.
2. Устройство по п. 1, в котором детектирование сигнала обратной связи от ткани содержит или состоит из детектирования сигнала обратной связи от фокального пятна.
3. Устройство по п. 1 или 2, в котором система обратной связи дополнительно выполнена с возможностью определять, на основе сигнала обратной связи для импульса лазерного луча, возникло ли лазерно-индуцированное оптическое разрушение.
4. Устройство (1) для обработки ткани (3) субъекта посредством лазерно-индуцированного оптического разрушения ткани, причем устройство содержит:

- источник (9) света для обеспечения импульсного лазерного луча (11);
 - систему (23) фокусировки для фокусировки импульсного лазерного луча (11) в фокальное пятно (15), которое может быть расположено в ткани;
 - выходное окно света, позволяющее импульсному лазерному лучу (11) выходить из устройства до того, как он достигнет фокального пятна, причем выходное окно света содержит контактную поверхность для контактирования с тканью; и
 - систему обратной связи для:
 - детектирования сигнала обратной связи от ткани, причем по сигналу обратной связи определяют контактную силу или контактное давление, прикладываемые к устройству и/или к выходному окну света и/или к контактной поверхности; и
 - определения на основе контактной силы или давления того, находилось ли фокальное пятно в ткани или нет во время импульса, причем система обратной связи дополнительно выполнена с возможностью:
 - подсчитывать число эффективных импульсов для заданного числа импульсов импульсного лазерного луча, причем эффективные импульсы содержат:
 - импульсы, для которых было определено, что их фокальное пятно находилось в ткани; и/или
 - импульсы, для которых было определено, что они вызвали лазерно-индукционное оптическое разрушение ткани; и/или
 - импульсы, во время которых контактное давление было выше порогового давления; и
 - сравнивать число эффективных импульсов с заданным числом импульсов для оценки эффективности обработки ткани.
5. Устройство по п. 4, в котором сравнение числа эффективных импульсов содержит определение соотношения между числом эффективных импульсов и заданным числом импульсов.
6. Устройство по любому из пп. 4 или 5, дополнительно содержащее пользовательский интерфейс для обеспечения указания, отражающего эффективность и/или действенность обработки, для пользователя устройства.
7. Устройство по любому из пп. 1-6, содержащее гидрофон для определения звука, и система обратной связи дополнительно идентифицирует спектральные максимумы в выходном сигнале гидрофона, которые обеспечивают указание на материал, в котором имело место лазерно-индукционное оптическое разрушение.
8. Устройство по любому из предшествующих пунктов, содержащее датчик для детектирования света и процессор для обработки сигнала обратной связи.
9. Устройство по любому из предшествующих пунктов, содержащее датчик изображения и процессор изображения, причем процессор изображения выполнен с возможностью идентифицировать спектральные максимумы в свете, которые обеспечивают указание на материал, в котором имело место лазерно-индукционное оптическое разрушение.
10. Устройство по п. 9, в котором процессор или процессор изображения выполнен с возможностью анализировать детектируемый свет или изображение, захватываемое датчиком изображения, для определения уровня окрашивания ткани.
11. Устройство по любому из предшествующих пунктов, дополнительно содержащее систему обратной связи для определения контактной силы или контактного давления.
12. Устройство по п. 11, дополнительно содержащее систему вывода для обеспечения для пользователя указания на то, прикладывается ли или нет контактная сила или давление, которые превышают образцовое давление.

13. Способ для обработки ткани субъекта посредством лазерно-индуцированного оптического разрушения ткани, использующий устройство по любому из предшествующих пунктов, дополнительно содержащий этап, на котором останавливают подачу импульсного светового луча, когда фокальная точка не находится в ткани, или
5 когда не прикладывается образцовое давление или сила.

10

15

20

25

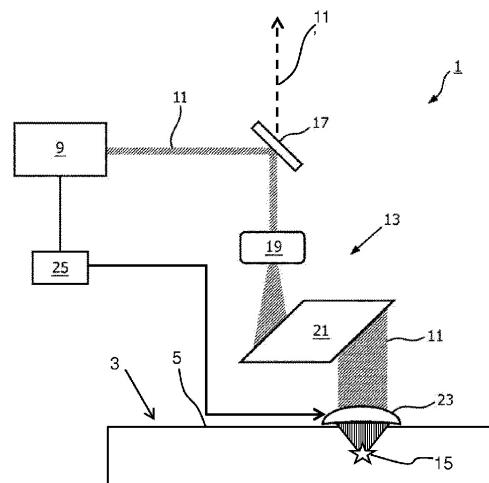
30

35

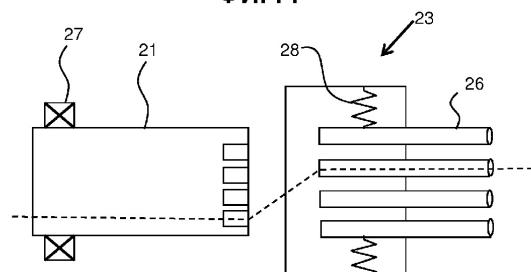
40

45

1/3

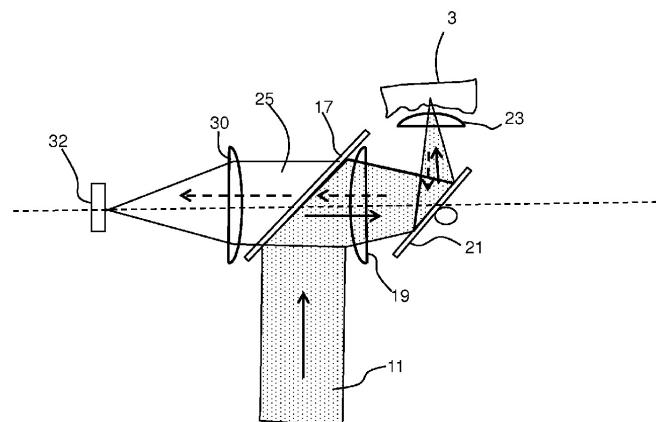


ФИГ.1

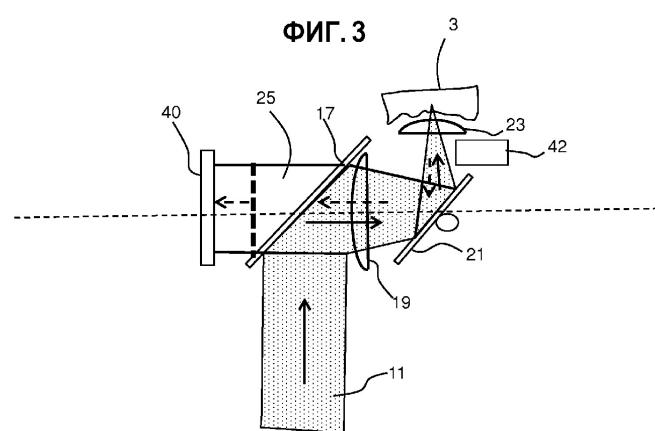


ФИГ.2

2/3

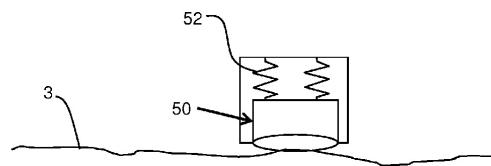


ФИГ. 3

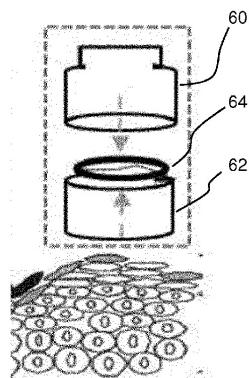


ФИГ. 4

3/3



ФИГ. 5



ФИГ. 6