



(51) МПК  
*H01S 5/183* (2006.01)  
*H01S 5/062* (2006.01)  
*G01S 17/00* (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
 ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК  
*H01S 5/18361* (2019.02); *H01S 5/06216* (2019.02); *G01S 17/00* (2019.02)

(21)(22) Заявка: 2017125504, 11.12.2015

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
 11.12.2015

Дата регистрации:  
 01.08.2019

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:  
 19.12.2014 ЕР 14199083.8

(43) Дата публикации заявки: 21.01.2019 Бюл. № 3

(45) Опубликовано: 01.08.2019 Бюл. № 22

(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на  
 национальной фазе: 19.07.2017

(86) Заявка РСТ:  
 ЕР 2015/079396 (11.12.2015)

(87) Публикация заявки РСТ:  
 WO 2016/096647 (23.06.2016)

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

(72) Автор(ы):

МЁЭНХ Хольгер Йоахим (NL),  
 ВАН ДЕР ЛИ Александр Марк (NL),  
 ГРONEНБОРН Стефан (NL)

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

(56) Список документов, цитированных в отчете  
 о поиске: WO 2014189518 A1, 27.11.2014. RU  
 2190910 C2, 10.10.2002. US 6636539 B2,  
 21.10.2003. US 6798810 B2, 28.09.2004.

R U  
C 2  
C 5  
C 3  
C 3  
C 6  
C 6  
C 2  
R U

(54) МОДУЛЬ ЛАЗЕРНОГО ДАТЧИКА

(57) Реферат:

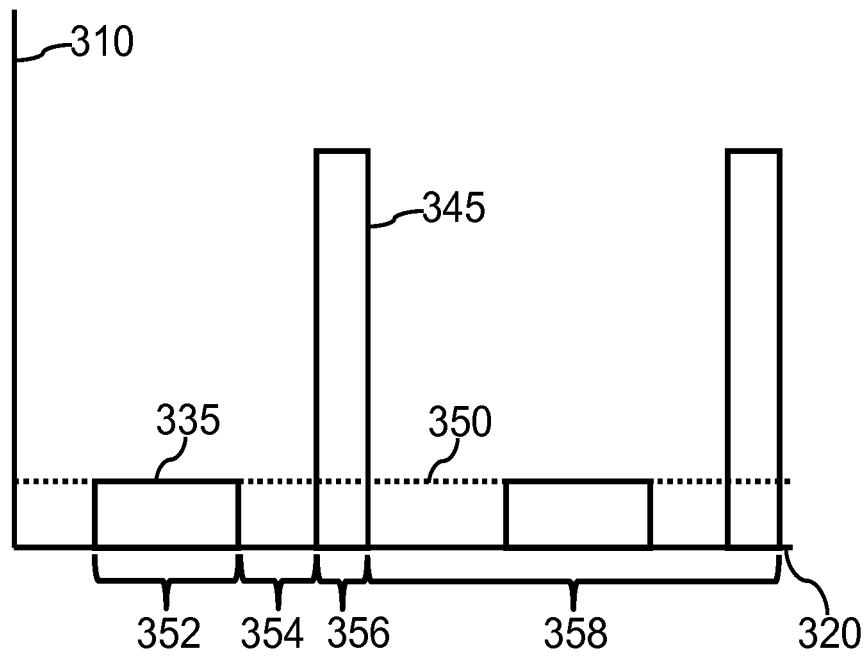
Изобретение относится к лазерной технике. Модуль лазерного датчика для времяпролётных измерений содержит лазер (100) поверхностного излучения с вертикальным резонатором (VCSEL или VECSEL) и задающую схему (120). Задающая схема (120) выполнена с возможностью подачи электроэнергии в лазер (100) таким образом, чтобы он излучал лазерные импульсы (345) с длительностью (356) импульса меньше чем 100 нс и коэффициентом заполнения меньше чем 5% по сравнению с излучением непрерывного лазера. Задающая схема (120) дополнительно выполнена

с возможностью подачи дополнительной энергии в лазер (100) за по меньшей мере 100 нс до части лазерных импульсов (345). При этом задающая схема (120) выполнена с возможностью подачи предварительного тока (335) в лазер (100), при котором никакого лазерного света не излучается до части лазерных импульсов (345), причем предварительный ток (335) настроен так, что по лазерной апертуре лазера (100) поверхностного излучения с вертикальным резонатором создается сглаженный температурный профиль таким образом, что на лазерной апертуре формируется

R U  
2 6 9 6 3 3 5  
C 2

тепловая линза (140). Технический результат заключается в обеспечении возможности

повышения качества лазерного пучка. 3 н. и 12 з.п. ф-лы, 9 ил.



ФИГ. 6

R U 2 6 9 6 3 3 5 C 2  
R U 2 6 9 6 3 3 5 C 2



(51) Int. Cl.

H01S 5/183 (2006.01)

H01S 5/062 (2006.01)

G01S 17/00 (2006.01)

## (12) ABSTRACT OF INVENTION

(52) CPC

H01S 5/18361 (2019.02); H01S 5/06216 (2019.02); G01S 17/00 (2019.02)

(21)(22) Application: 2017125504, 11.12.2015

(24) Effective date for property rights:  
11.12.2015Registration date:  
01.08.2019

Priority:

(30) Convention priority:  
19.12.2014 EP 14199083.8

(43) Application published: 21.01.2019 Bull. № 3

(45) Date of publication: 01.08.2019 Bull. № 22

(85) Commencement of national phase: 19.07.2017

(86) PCT application:  
EP 2015/079396 (11.12.2015)(87) PCT publication:  
WO 2016/096647 (23.06.2016)

Mail address:

129090, Moskva, ul. B.Spasskaya, 25, stroenie 3,  
OOO "Yuridicheskaya firma Gorodisskij i  
Partnery"

## (54) LASER SENSOR MODULE

(57) Abstract:

FIELD: physics.

SUBSTANCE: invention relates to laser equipment.

Laser sensor module for time-of-flight measurements comprises a surface emitting laser (100) with a vertical resonator (VCSEL or VECSEL) and setting circuit (120). Master circuit (120) is configured to supply electric power to laser (100) such that it emits laser pulses (345) with pulse duration (356) less than 100 ns and duty cycle less than 5 % compared to continuous laser radiation. Driving circuit (120) is further configured to supply additional power to laser (100) in at least 100 ns to a portion of laser pulses (345). At that,

(72) Inventor(s):

GRONENBORN, Stephan (NL),  
VAN DER LEE, Alexander Marc (NL),  
MOEENCH, Holger Joachim (NL)

(73) Proprietor(s):

KONINKLIJKE PHILIPS N.V. (NL)

C2

5  
3  
3  
6  
9  
6  
2

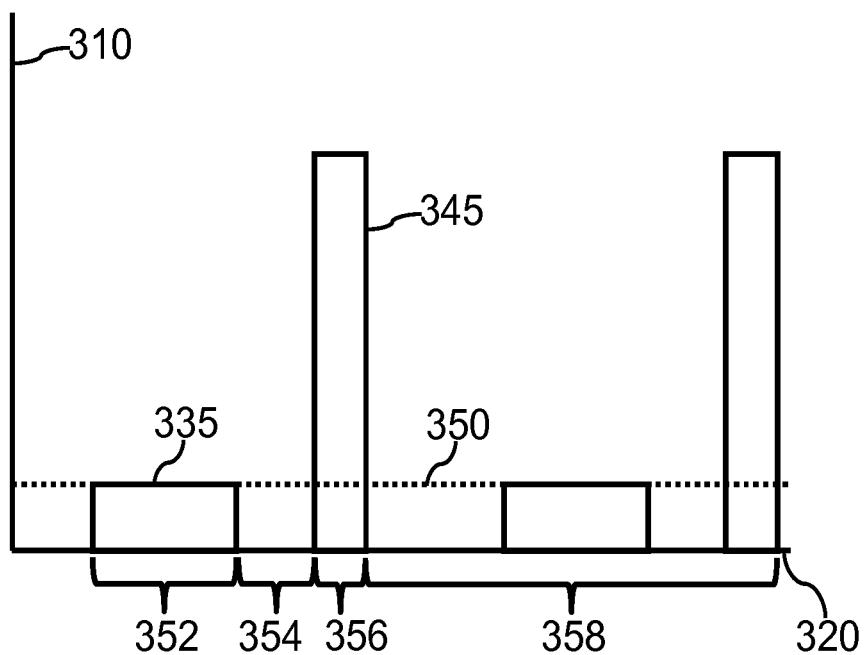
RU

R  
U  
2  
6  
9  
6  
3  
3  
5  
C  
2

setting circuit (120) is configured to supply preliminary current (335) to laser (100), at which no laser light is emitted to part of laser pulses (345), wherein preliminary current (335) is set such that a laser aperture of the surface radiation laser (100) with a vertical resonator generates a smoothed temperature profile such that thermal lens (140) is formed on the laser aperture.

EFFECT: technical result consists in enabling improvement of quality of laser beam.

15 cl, 9 dwg



ФИГ. 6

R U 2 6 9 6 3 3 5 C 2

R U 2 6 9 6 3 3 5 C 2

## ОБЛАСТЬ ТЕХНИКИ, К КОТОРОЙ ОТНОСИТСЯ ИЗОБРЕТЕНИЕ

Изобретение относится к модулю лазерного датчика, дальномерному устройству, содержащему модуль лазерного датчика, и способу управления модулем лазерного датчика.

### УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Времяпролетные способы широко применяются для измерения расстояния в 3-мерном пространстве; в частности, при более длинных расстояниях данная технология часто называется LIDAR (световое обнаружение и определение дальности (подобно названию RADAR). Излучаются короткие импульсы (1-10 нс) или последовательности импульсов

10 (серии импульсов) света, и измеряется время до возвращения отраженного света.

Частоты следования импульсов являются относительно низкими для ограничения полной мощности, но должны быть достаточно высокими, чтобы допускать частоты сканирования/кадров, достаточные для функции, влияющей на безопасность. В

комбинации со сканирующим зеркалом можно обеспечить очень высокое угловое

15 разрешение. Серии импульсов применяют, чтобы упростить идентификацию

детектируемого лазерного света посредством сравнения временной диаграммы

испущенной серией импульсов с временной диаграммой принятой серией импульсов.

Необходимую яркость можно обеспечить только с помощью специальных

полупроводниковых лазеров или лазеров с торцевым излучением

### СУЩНОСТЬ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Следовательно, целью настоящего изобретения является создание модуля лазерного датчика.

В соответствии с первым аспектом предлагается модуль лазерного датчика для времяпролетных измерений, содержащий, по меньшей мере, один лазер поверхностного

25 излучения с вертикальным резонатором (VCSEL) или лазер поверхностного излучения с вертикальным внешним резонатором (VECSEL) и, по меньшей мере, одну схему задающую схему. Задающая схема выполнена с возможностью подачи электроэнергии в лазер поверхностного излучения с вертикальным резонатором или лазер

поверхностного излучения с вертикальным внешним резонатором таким образом,

30 чтобы лазер поверхностного излучения с вертикальным резонатором или лазер поверхностного излучения с вертикальным внешним резонатором излучал лазерные импульсы с длительностью импульса меньше чем 100 нс и коэффициентом заполнения меньше чем 5% по сравнению с излучением непрерывного лазера. Задающая схема дополнительно выполнена с возможностью подачи дополнительной энергии в лазер

35 поверхностного излучения с вертикальным резонатором или лазер поверхностного излучения с вертикальным внешним резонатором за, по меньшей мере, 100 нс до, по меньшей мере, части лазерных импульсов так, чтобы часть лазерных импульсов излучалась в заданном оптическом режиме.

Времяпролетные измерения, которые могут выполняться модулем лазерного датчика,

40 нуждаются в высоком качестве пучка. Лазерный свет должен излучаться в определенный момент времени. Длительные или даже изменяющиеся задержки между электрическими импульсами, обеспечиваемыми задающей схемой, и соответствующими лазерными импульсами следует исключить. Непостоянство лазерного импульса, подобное

временному дрожанию и т.п., должно быть сведено к минимуму. Мощность, выдаваемая

45 в течение лазерного импульса, должна быть относительно стабильной. Лазер VCSEL или VECSEL (V(E)CSEL) должен работать на установившейся моде, предпочтительно, основной моде во время лазерного импульса. Качество пучка необходимо, чтобы делать возможным надежное детектирование отраженного света конкретного лазерного

импульса. По причине важности качества пучка и установившихся лазерных мод, лазер V(E)CSEL должен быть, предпочтительно, лазером V(E)CSEL либо с верхней излучающей поверхностью с относительно небольшим диаметром и одномодовым излучением, либо с нижним излучением, т.е. с внешним резонатором, обеспечивающим излучение почти

5 основной моды в широком диапазоне диаметров, например, 20-500 мкм. Лазерные импульсы могут быть одиночными импульсами или последовательностями импульсов (сериями импульсов), которые можно использовать для идентификации излучаемого лазерного света с помощью временной диаграммы серии импульсов.

Экспериментальные результаты с лазером VCSEL, работающим с низкими

10 коэффициентами заполнения, ниже 5%, или частотами следования ниже 5 МГц, в комбинации с небольшой длительностью импульсов, меньше 100 нс, показывают, что лазер VCSEL не обеспечивает качества пучков, которое необходимо для надежного времяпролетного измерения. Даже сочетание лазера VCSEL с внешним элементом обратной связи, подобным плоскому зеркалу, для того, чтобы обеспечить лазер

15 поверхностного излучения с вертикальным внешним резонатором (VECSEL), не обеспечивает необходимое качество пучка. Выясняется, что лазер VCSEL, который сочетается с внешней обратной связью, не обязательно способен излучать лазерный свет без сигнала обратной внешней обратной связи. Экспериментально можно показать, что подача дополнительной энергии посредством задающей схемы, характеризующейся

20 специальной формой тока, перед номинальным лазерным импульсом может способствовать повышению качества лазерного света, излучаемого в течение части лазерных импульсов, таким образом, что времяпролетное измерение расстояние до объекта оказывается возможным посредством части лазерных импульсов.

Дополнительная энергия, очевидно, создает возможность работы лазера VCSEL, по 25 существу, без временного дрожания, в особенности, в начале лазерных импульсов. Повышение мощности лазерного импульса повторяет форму электрического тока, подаваемого задающей схемой таким образом, что задержка между электрическим импульсом и лазерным импульсом исключается или, по меньшей мере, минимизируется до приемлемого уровня. Дополнительную энергию можно обеспечивать посредством

30 оптической энергии или, предпочтительно, электрической энергии, так как потери и дополнительные технические средства в виде зеркал и т.п. для обеспечения оптической энергии внутри хода излучения лазера VCSEL, в особенности, вблизи лазерного резонатора лазера VCSEL, могут быть чрезмерными. Дополнительную энергию можно обеспечивать перед каждым лазерным импульсом или только частью лазерных

35 импульсов, излучаемых лазером VCSEL.

Задающая схема может содержать любую компоновку схемы, содержащую один или более процессоров или микропроцессоров и одно или более запоминающих устройств, которые обеспечены в интегрированной компоновке с, по меньшей мере, одним лазером V(E)CSEL или распределенной компоновке, в которой лазер V(E)CSEL

40 электрически управляется посредством другого устройства, которое содержит функции задающей схемы.

Лазерные импульсы могут иметь длительность импульса меньше 100 нс, предпочтительно, длительность импульса меньше 20 нс и, более предпочтительно, длительность импульса меньше 10 нс. Частота следования или частота лазерных

45 импульсов адаптирована соответственно длительности импульса (или наоборот) так, чтобы выполнялось условие по коэффициенту заполнения меньше чем 5%. Частота следования импульсов предпочтительно ниже 1 МГц или даже ниже 100 кГц. Коэффициент заполнения может быть предпочтительно меньше чем 1% или 0,2% по

сравнению с непрерывным (cw) режимом работы лазера VCSEL.

Задающая схема выполнена с возможностью подачи предварительного тока в лазер поверхностного излучения с вертикальным резонатором, при котором никакого лазерного света не излучается до части лазерных импульсов.

5 Предварительный ток, который подается электродами лазера VCSEL, подает дополнительную энергию в лазер VCSEL, чтобы сделать возможным установившийся режим работы во время излучения лазерных импульсов. Экспериментальные исследования показывают, что, в особенности при коротких лазерных импульсах, меньше 20 нс, между началом электрического импульса и началом лазерного импульса 10 имеет место существенная задержка. Эксперименты с различными допороговыми предварительными токами или со схемами с наращиванием токов в режиме за несколько нс или несколько 10 (десятков) нс не решают проблемы. Предварительные токи, которые начинаются за, по меньшей мере, 100 нс, предпочтительно за, по меньшей мере, 0,5 мкс и предпочтительнее всего за, по меньшей мере, 1 мкс до электрического импульса для 15 генерации лазерного импульса, показывают повышение стабильности лазера и сокращение задержки. Предварительный ток настроен так, чтобы лазерный свет не генерировался незадолго до того, как начинается лазерный импульс, чтобы исключить неопределенности обнаружения крутизны нарастания лазерного импульса, которую следует обнаружить.

20 Время начала подачи предварительного тока и количество энергии, подаваемой во время подачи предварительного тока, влияет на задержку и качество пучка последующего лазерного импульса. Поэтому можно полагать, что предварительный ток, при условии его достаточно настроенной подачи, обеспечивает сглаженный температурный профиль или, точнее, сглаженный радиальный температурный градиент 25 по лазерной апертуре лазера поверхностного излучения с вертикальным резонатором таким образом, что на лазерной апертуре формируется тепловая линза.

Лазерная апертура определяется областью, в которой носители заряда инжектируются в активную зону лазера VCSEL между нижним и верхним зеркалами. Лазерная апертура может быть задана посредством оксидной апертуры для ограничения тока или другими 30 средствами (например, ионным легированием или гетероструктурами и/или формой и положением электродов) для ограничения тока. Предварительный ток обеспечивает нагревание области протекания тока вследствие активных потерь и поглощения генерируемых фотонов. Теплота, выделяемая при посредстве предварительного тока, 35 рассеивается после начала подачи предварительного тока. Температурный профиль через несколько микросекунд зависит от относительной мощности потерь, интегрированной по некоторому времени. Температурный профиль сильно зависит от структуры слоя лазера VCSEL, размера лазерной апертуры, толщины слоев, материала слоев, толщины подложки, конфигурации электродов и средств для рассеяния тепла, например, радиатора. Энергия, необходимая для обеспечения сглаженного 40 температурного профиля, или, точнее, сглаженный радиальный температурный градиент может зависеть от частоты следования импульсов, длительности импульсов и амплитуды импульсов лазерных импульсов или, в общем случае, термической предыстории лазера VCSEL. Чем больше тепловой энергии обеспечивается за счет активных, а также 45 оптических потерь, обусловленных электрическими импульсами, генерирующими лазерные импульсы, тем меньше энергии должно обеспечиваться предварительным током. При высоких частотах следования импульсов может быть даже достаточно обеспечивать предварительный ток только через несколько секунд или в третьем интервале между лазерными импульсами.

Эксперименты в комбинации с тепловым моделированием показывают, что сглаженный температурный профиль или, точнее, сглаженный радиальный температурный градиент по лазерной апертуре, формирующий тепловую линзу, можно характеризовать разностью температур, по меньшей мере, 2 К, предпочтительно, по 5 меньшей мере, 5 К и, предпочтительнее всего, по меньшей мере, 10 К между центром лазерной апертуры и краем лазерной апертуры в начале излучения части лазерных импульсов. Центр и край апертуры могут определяться текущей апертурой, обеспечивающей посредством оксидирования одного или более слоев лазера VCSEL или другими средствами, как описано выше.

10 Предварительный ток может содержать постоянный ток сдвига или смещения, обеспечиваемый между двумя лазерными импульсами. Ток смещения должен быть ниже порога лазерной генерации, чтобы исключать генерацию лазерного излучения до последующего лазерного импульса. Порог лазерной генерации определяется в течение 15 всего применения как ток, который требуется для запуска генерации лазерного излучения, если лазер V(E)CSEL оптимально подготавливается посредством предварительного тока, для последующего лазерного импульса. Ток смещения, предпочтительно, ниже 50% от порогового тока лазерной генерации, более предпочтительно, ниже 30% от порогового тока лазерной генерации и, предпочтительнее всего, ниже 20% от порогового тока лазерной генерации. Постоянный ток смещения 20 можно легко обеспечить, но может потребовать больше энергии, чтобы создать требуемый температурный профиль. Постоянный ток смещения может быть полезен при относительно высоких коэффициентах заполнения от 1% до 5%, при которых может потребоваться меньше энергии для того, чтобы создавать сглаженный температурный профиль или, точнее, сглаженный радиальный температурный градиент, и при которых 25 меньше периода времени между последовательными лазерными импульсами. Ток смещения также полезен, если потребность в большем количестве энергии и относительно повышенные тепловые потери не считаются недостатком, как например, при окружающих температурах ниже оптимального диапазона рабочих режимов лазера. В данном случае, дополнительная энергия способствует стабилизации лазера при его 30 предпочтительной температуре.

При альтернативном подходе, предварительный ток может содержать, по меньшей мере, один предварительный импульс тока между двумя последовательными лазерными импульсами. Предварительный импульс тока характеризуется длительностью импульса, которая меньше периода между двумя последовательными лазерными импульсами. 35 Между первым лазерным импульсом из двух последовательных лазерных импульсов и предварительным импульсом тока существует, по меньшей мере, промежуток, в течение которого задающей схемой не подается никакого тока в лазер VCSEL. Форма импульса предварительного импульса тока может быть любой формой, которая может подходить, чтобы делать возможной установившуюся генерацию лазерного излучения 40 во время лазерных импульсов, как описано выше. Предварительный ток может содержать один, два или более предварительных импульсов тока (серию импульсов). Предварительные импульсы тока могут иметь преимущество в том, что энергию можно подавать достаточно управляемым образом, так что энергия, которая требуется, чтобы сделать возможными стабильные и надежные лазерные импульсы, минимизируется. 45 Привязка по времени, число предварительных импульсов тока, форма и длительность импульса предварительного импульса тока могут быть настроены соответственно физическим граничным условиям соответствующего лазера VCSEL, таким как структура слоев лазера VCSEL, размер лазерной апертуры, толщина слоев, материал слоев,

толщина подложки, конфигурация электродов и средства рассеяния тепла, например, радиатор и т.п. Можно также комбинировать ток смещения с предварительным импульсом тока.

Экспериментальные результаты в комбинации с результатами моделирования

- 5 показывают, что предварительный импульс тока следует запускать за, по меньшей мере, 0,1 мкс до последующего лазерного импульса для того, чтобы сделать возможным сглаженный температурный профиль или, точнее, сглаженный радиальный температурный градиент по токовой апертуре. Данный относительно короткий период времени можно применять в ситуациях, когда лазерная апертура является небольшой,
- 10 и активная площадь или зона находится около теплопроводящей структуры в виде переходной опоры. Расстояние между активной зоной и переходной опорой может быть в данном случае в пределах 5 мкм для того, чтобы локально возрастающая температура быстро снижалась. Кроме того, детали также зависят от тепловых потерь. Если, например, потери уже повторяют форму нормального распределения, то
- 15 сглаженный температурный профиль или, точнее, сглаженный радиальный температурный градиент и, следовательно, тепловая линза могут создаваться быстрее. В других ситуациях, возможно, полезно запускать предварительный импульс тока за 0,5 мкс, 2 мкс или даже 10 мкс до последующего лазерного импульса.

Задающая схема может быть дополнительно выполнена с возможностью обеспечения

- 20 промежутка времени, по меньшей мере, 10 нс, более предпочтительно, по меньшей мере, 50 нс между предварительным импульсом тока и лазерным импульсом, излучаемым после предварительного импульса тока, при котором в лазер поверхностного излучения с вертикальным резонатором подается максимальный ток меньше, чем 50% от порогового тока лазерной генерации лазера поверхностного излучения с вертикальным
- 25 резонатором. В течение данного промежутка времени электрическая энергия, обеспечиваемая предварительным импульсом, уменьшается. Возможно даже, в течение данного промежутка времени предпочтительно не подавать электрического тока в лазер VCSEL посредством задающей схемы. Промежуток времени может даже содержать период 100 нс и более, в течение которого в лазер VCSEL не подается тока. Промежуток
- 30 времени, в частности, в случае больших разностей в температурном профиле, вызываемых предварительным импульсом тока, может быть полезен для того чтобы получать сглаженный температурный профиль или, точнее, сглаженный радиальный температурный градиент по лазерной апертуре, формирующей тепловую линзу.

Предварительный импульс тока может содержать максимальную амплитуду тока,

- 35 которая ниже, чем пороговый ток лазерной генерации лазера поверхностного излучения с вертикальным резонатором. В данном случае, лазерный свет не излучается, независимо от длительности предварительного импульса тока.

В качестве альтернативы, предварительный импульс тока может содержать

- 40 максимальную амплитуду тока, которая выше, чем стал бы пороговый ток лазерной генерации лазера поверхностного излучения с вертикальным резонатором, если бы тепловая линза уже образовалась оптимальным образом. Экспериментальные результаты показывают, что короткие и относительно высокие импульсы тока можно подавать и без какой-либо генерации лазерного излучения лазером VCSEL. В специальных случаях, возможно даже, что предварительный импульс подобен лазерному
- 45 импульсу, но не включает никакой работы лазера из-за несоблюдения теплового режима. Предварительные импульсы тока, содержащие максимальную амплитуду тока, которая выше порогового тока генерации лазерного излучения лазера поверхностного излучения с вертикальным резонатором, могут делать возможной подачу большого количества

энергии в течение короткого периода времени и могут способствовать минимизации энергии, необходимой для создания возможности генерации лазерного излучения в заданном оптическом режиме.

Лазер поверхностного излучения с вертикальным резонатором может содержать, 5 по меньшей мере, одну конструкцию для регулирования теплообмена. Конструкция для регулирования теплообмена может быть выполнена с возможностью поддержки создания сглаженного температурного профиля или, точнее, сглаженного радиального температурного градиента по лазерной апертуре лазера поверхностного излучения с вертикальным резонатором между двумя последовательными лазерными импульсами.

10 Для лазеров VCSEL и, в особенности, лазеров VCSEL высокой мощности, в идеале, следует выбирать состав распределенных брэгговских отражателей и всех сборочных материалов, а также геометрию металлических контактов, чтобы максимизировать теплопроводность. Оказалось, что, для работы с короткими импульсами и относительно 15 низким коэффициентом заполнения, требованием к идеальному отведению тепла можно пожертвовать для создания требуемых температурных профилей при минимальной мощности, которую следует подавать посредством предварительного тока. В конструкции устройства это означает, что тройные соединения AlGaAs можно использовать вместо двойных, более толстые слои могут быть полезнее, и геометрию устройства можно разработать с целью получения заданного температурного профиля 20 с помощью минимального тепла, чтобы сформировать тепловую линзу. Толщина подложки может быть особенно важна, так как тепловая линза формируется в данном объеме в случае нижнего излучателя, т.е. общее правило «чем тоньше, тем лучше» не сохраняется, и идеальную толщину подложки следует выбирать с учетом поглощения, длительности импульса и частоты следования импульсов, а также требуемых свойств 25 лазерного резонатора, т.е. оптической силы тепловой линзы.

Особенно полезной может технология изготовления лазеров VCSEL не форме свободно стоящих и открытых мезаструктур, как обычно, а так, чтобы допускать более высокую теплопроводность с края апертуры, потому температурный профиль создается выделением тепла в центре лазерной апертуры и хорошим теплоотводом по кромке 30 или краю лазерной апертуры. Локальный теплоотвод на кромках лазерной апертуры можно усилить, например, посредством «травления отверстий» или посредством хорошего теплового контакта боковых поверхностей мезаструктур с, например, окружающим металлическим слоем. Хотя, возможно, предпочтительно формировать диаметр электрического контакта меньше апертуры, обеспечение теплового контакта, 35 который имеет такой же или даже больший размер, чем апертура может способствовать решению задачи. Это можно осуществить, например, посредством формирования большого металлического контакта на GaAs-поверхности, на которой только центральная часть имеет хороший электрический контакт. В нормальной конструкции лазера VCSEL последний GaAs-слой является высоколегированным, чтобы допускать 40 упомянутый хороший контакт с металлом. Практичным методом обеспечения высокой удельной электрической проводимости только в центре, при высокой теплопроводности по обширному контакту, может быть вытравливание внешней части (очень тонкой, т.е. 20-80 нм) высоколегированного GaAs-слоя.

Лазер поверхностного излучения с вертикальным резонатором может быть лазером 45 поверхностного излучения с вертикальным внешним резонатором, содержащим оптический элемент обратной связи. Оптический элемент обратной связи может быть, например, плоским зеркалом или изогнутым зеркалом. Изогнутое зеркало для фокусировки лазерного света в лазерный резонатор может иметь недостаток,

заключающийся в том, что может потребоваться точная юстировка относительно лазерного резонатора.

Модуль лазерного датчика может содержать матрицу лазеров поверхностного излучения с вертикальным резонатором. В данном случае, задающая схема может быть выполнена с возможностью подачи предварительного тока в, по меньшей мере, часть лазеров поверхностного излучения с вертикальным резонатором в матрице, при этом предварительный ток может быть настроен соответственно относительному положению лазера поверхностного излучения с вертикальным резонатором в матрице, в которую подается предварительный ток, так, чтобы в, по меньшей мере, первый и второй лазеры поверхностного излучения с вертикальным резонатором в матрице подавались разные предварительные токи.

Предварительный ток может быть током смещения или предварительным импульсом тока. Разные предварительные токи могут быть особенно полезными по отношению к лазеру VCSEL, расположенному на кромке или краю матрицы, и лазеру VCSEL, расположенному внутри матрицы, как поясняется ниже.

В качестве альтернативы, лазерный сенсор может содержать матрицу лазеров поверхностного излучения с вертикальным резонатором, при этом задающая схема выполнена с возможностью подачи предварительного импульса тока в, по меньшей мере, часть лазеров поверхностного излучения с вертикальным резонатором в матрице, и причем предварительный импульс тока настроен так, чтобы лазеры поверхностного излучения с вертикальным резонатором, которые управляются задающей схемой для одновременного излучения лазерных импульсов, начинали генерацию лазерного излучения в течение предварительно заданного периода времени, причем предварительно заданный период времени зависит от тепловых перекрестных помех между соседними лазерами поверхностного излучения с вертикальным резонатором, которые управляются так, чтобы излучать лазерный импульс одновременно.

Конструкция матрицы может оказывать существенное влияние на режим излучения лазерного света. Непосредственная близость ближайших соседних лазеров VCSEL или VECSEL в матрице ослабляет формирование градиентов в температурном профиле.

При применении матрицы лазеров VCSEL или VECSEL в качестве единственного источника света для времяпролетных измерений в трехмерной окружающей среде (LIDAR), будет особенно критично, если некоторые лазеры VCSEL или VECSEL будут начинать генерировать лазерное излучение раньше других в силу того, что их тепловые линзы поддерживаются большим температурным профилем (например, по краям матрицы). Возможно, полезно настроить предварительный импульс тока на длительность, достаточно большую, чтобы создавать слаженный температурный профиль или, точнее, слаженный радиальный температурный градиент по апертуре, но достаточно короткую (и без слишком большого разделения во времени), чтобы минимизировать тепловые перекрестные помехи, в частности, между смежными мезаструктурами. Данная «подстройка» может быть обеспечена только предварительными импульсами тока, так как любой ток смещения или прошлое остаточное тепло будет приводить к долговременному диффузионному равновесию, поддерживающему тепловую линзу на краях матрицы.

В соответствии с дополнительным аспектом предлагается усовершенствованное дальномерное устройство. Дальномерное устройство содержит, по меньшей мере, один модуль лазерного датчика согласно вышеуказанному описанию и, по меньшей мере, один фотоприемник. Фотоприемник выполнен с возможностью приема отраженного лазерного света, по меньшей мере, одного лазерного импульса. Дальномерное

устройство дополнительно содержит блок оценки. Блок оценки выполнен с возможностью идентификации отраженного лазерного света соответствующего лазерного импульса, и блок оценки дополнительно выполнен с возможностью определения времени прохождения между моментом времени приема отраженного лазерного света и моментом времени излучения соответствующего лазерного импульса.

Дальномерное устройство может дополнительно содержать оптические средства, например, линзы, зеркала или один или более сканирующих блоков (например, микроэлектромеханическую (MEMS) зеркальную матрицу) и т.п., которые выполнены с возможностью направления лазерных импульсов в заданную область цели. Модуль лазерного датчика может содержать единственный лазер VCSEL или VECSEL, линейную матрицу для излучения, например, веера лазерных импульсов или двумерную матрицу.

В соответствии с дополнительным аспектом предлагается усовершенствованный способ управления модулем лазерного датчика для времяпролетных измерений, содержащим, по меньшей мере, один лазер поверхностного излучения с вертикальным резонатором. Способ содержит следующие этапы:

- подают электрическую энергию в лазер поверхностного излучения с вертикальным резонатором таким образом, чтобы лазер поверхностного излучения с вертикальным резонатором излучал лазерные импульсы с длительностью импульса меньше чем 100 нс и частотой следования меньше чем 5% по сравнению с излучением непрерывного лазера;

- подают дополнительную энергию посредством предварительного тока в лазер поверхностного излучения с вертикальным резонатором таким образом, чтобы, по меньшей мере, часть лазерных импульсов излучалась в заданном оптическом режиме.

- настраивают предварительный ток таким образом, чтобы по лазерной апертуре лазера поверхностного излучения с вертикальным резонатором создавался такой сглаженный температурный профиль, что на лазерной апертуре формируется такая тепловая линза, что лазерный свет, излучаемый в течение части лазерных импульсов характеризуется формой тока, подаваемого задающей схемой, таким образом, что времяпролетное измерение расстояния до объекта оказывается возможным посредством части лазерных импульсов.

Способ может дополнительно содержать следующие дополнительные этапы:

- определяют первую тепловую энергию, выделяемую в лазере поверхностного излучения с вертикальным резонатором во время излучения лазерного импульса;

- определяют дополнительную энергию, подлежащую подаче;

- определяют форму импульса предварительного тока по найденной дополнительной энергии.

Дополнительная энергия равна тепловой энергии, которая необходима, чтобы сделать возможным заданный оптический режим во время излучения лазерного импульса, излучаемого после предварительного тока, в зависимости от первой тепловой энергии и частоты следования импульсов. Дополнительную энергию можно дополнительно определять с учетом внешних условий, подобных внешней температуре, радиаторной температуре радиатора, выполненного с возможностью охлаждения соответствующего лазера VCSEL, или дополнительных параметров, которые могут быть существенными, например, положения лазера VCSEL или VECSEL в матрице.

Дополнительную энергию и, следовательно, предварительный ток можно использовать для компенсации широкого диапазона радиаторных температур (т.е. внешних температур), что особенно важно для применения на автомобиле. В данном случае, лазер VCSEL или VECSEL должен быть спроектирован оптимальным образом

для работы в области повышенных температур (например, 80°C). Средством для определения температуры или температур может быть, например, термопара, соединенная с задающей схемой, или анализ электрического последовательного сопротивления лазера VCSEL или VECSEL. Если внешняя температура является низкой,

5 то предварительный ток можно настроить так, чтобы повышать общую температуру узла лазера VCSEL или VECSEL в дополнение к поддержке образования сглаженного температурного профиля, согласно вышеупомянутому описанию. С данной целью следует обеспечивать больше тепла и в течение более длительного времени. Более длительное время должно быть достаточным, чтобы допускать передачу тепла по всей 10 структуре лазера VECSEL, т.е.  $>>1-10$  мкс. Кроме того, форма импульса предварительного тока может быть более сложной. Общее нагревание можно обеспечивать, например, с помощью тока смещения с относительно низкой амплитудой тока. Тепло для тепловой линзы можно обеспечивать относительно коротким предварительным импульсом тока, согласно вышеупомянутому описанию.

15 Следует понимать, что модуль лазерного датчика по пп. 1-12 формулы изобретения и способ по пп. 14 и 15 формулы изобретения имеют подобные и/или идентичные варианты осуществления, в частности, определенные в зависимых пунктах формулы изобретения.

20 В соответствии с дополнительным аспектом предлагается компьютерный программный продукт. Компьютерный программный продукт содержит кодовое средство, которое может быть записано в, по меньшей мере, одном запоминающем устройстве (RAM (оперативном запоминающем устройстве) и т.п.) задающей схемы модуля лазерного датчика в соответствии с любым из пп. 1-12 формулы изобретения, при этом кодовое средство организовано так, что способ по любому из пп. 14 или 15 25 формулы изобретения может выполняться одним или более процессорными устройствами, подобным процессорам или микропроцессорам задающей схемы.

Следует понимать, что предпочтительный вариант осуществления изобретения может быть также любой комбинацией зависимых пунктов формулы изобретения с соответствующим независимым пунктом формулы изобретения.

30 Ниже описаны дополнительные варианты осуществления.

#### КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

Приведенные и другие аспекты изобретения будут очевидны из пояснения со ссылкой на нижеописанные варианты осуществления.

35 Ниже приведено описание настоящего изобретения на примере вариантов осуществления со ссылкой на прилагаемые чертежи.

На чертежах:

Фиг. 1 - принципиальное схематическое изображение первого варианта осуществления модуля лазерного датчика.

Фиг. 2 - принципиальное схематическое изображение структуры слоев лазера VCSEL.

40 Фиг. 3 - принципиальное схематическое изображение второго варианта осуществления модуля лазерного датчика.

Фиг. 4 - принципиальное схематическое изображение первого варианта осуществления дальномерного устройства.

Фиг. 5 - принципиальное схематическое изображение первого варианта осуществления 45 диаграммы импульсов.

Фиг. 6 - принципиальное схематическое изображение второго варианта осуществления диаграммы импульсов.

Фиг. 7 - принципиальное схематическое изображение третьего варианта

осуществления диаграммы импульсов.

Фиг. 8 - принципиальное схематическое изображение второго варианта осуществления дальномерного устройства.

Фиг. 9 - принципиальное схематическое изображение варианта осуществления способа

5 управления модулем лазерного датчика.

Однаковые ссылочные позиции на всех фигурах относятся к одинаковым объектам.

Объекты на фигурах не обязательно вычерчены в масштабе.

## ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ ВАРИАНТОВ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ

Ниже описаны различные варианты осуществления изобретения со ссылкой на

10 фигуры.

Фиг. 1 представляет принципиальное схематическое изображение первого варианта осуществления модуля лазерного датчика. Модуль лазерного датчика содержит лазер VCSEL 100 и задающую схему 120 для электрического управления лазером VCSEL 100.

Задающая схема 120 электрически соединена с лазером VCSEL 100, чтобы заданным 15 образом подавать электрическую мощность в лазер VCSEL 100. Задающая схема 120 содержит запоминающее устройство для хранения данных и команд для управления работой задающей схемы 120, и процессорное устройство для выполнения данных и команд с целью управления работой задающей схемы 120. Задающая схема 120 содержит интерфейс данных для передачи данных во внешние устройства и приема данных из 20 внешних устройств. Внешнее устройство может быть блоком оценки для приема информации об излучаемом лазерном свете 115 или параметров управления для управления лазером VCSEL. Внешнее устройство может быть датчиком, подобным термопаре, которая обеспечивает информацию о внешних температурах, которую можно использовать, чтобы настраивать параметры управления для управления лазером 25 VCSEL. Задающая схема 120 может быть дополнительно выполнена с возможностью определения состояния лазера VCSEL посредством выполнения, например, измерений сопротивления, чтобы определять температуру лазера VCSEL во время работы. Задающая схема 120 может быть дополнительно выполнена с возможностью измерения, приема и анализа любой информации, которая может быть релевантной для определения 30 диаграммы управления или импульсов для управления работой лазера VCSEL 100 в зависимости от состояния лазера VCSEL до или во время работы.

Фиг. 2 представляет принципиальное схематическое изображение структуры слоев лазера VCSEL 100. Излучаемый лазерный свет 115 излучается через подложку 105, которая может быть подложкой из арсенида галлия (GaAs). Поэтому лазер VCSEL 100

35 является лазером с, так называемым, нижним излучением. Лазер VCSEL содержит первый электрод 101 и первый распределенный брэгговский отражатель (DBR) 102, механически соединенный с первым электродом 101. Лазер VCSEL дополнительно содержит активный слой 103, который является компоновкой полупроводникового слоя с расположением между первым DBR 102 и вторым DBR 104. Первый DBR 102, 40 активная зона 103 и второй DBR определяют границы лазерного резонатора лазера VCSEL 100, в котором генерируется лазерный свет. Второй DBR 104 механически соединен с подложкой 105 лазера VCSEL. Кольцевой второй электрод 106 механически соединен с верхней стороной подложки 105. Вместо кольцевого второго электрода 106 можно также обеспечить электродный слой, в котором обеспечено отверстие, через 45 которое излучается лазерный свет. Между первым электродом 101 и первым DBR 102, между первым DBR 102 и активной зоной 103, между активной зоной 103 и вторым DBR 104, между вторым DBR 104 и подложкой 105 и между подложкой 105 и вторым электродом 106 могут находиться дополнительные слои, которые не показаны. Данные

слои могут представлять собой одну или более оксидных апертур, которые могут быть, предпочтительно, обеспечены вблизи активной зоны 103, чтобы ограничивать ток. Оксидные апертуры могут быть, например, круглыми, так что диаметр оксидной апертуры задает лазерную апертуру лазера VCSEL. Активные потери электрического тока от первого электрода 101 до второго электрода 106, а также оптические потери, вызываемые излучаемым светом, нагревают объем, через который протекает электрический ток, и через который излучается лазерный свет. Внешний объем лазера VCSEL косвенно нагревается рассеивающимся теплом. Нагревание, обусловленное потерями и рассеивающимся теплом, имеет результатом, через некоторое время, 5 сглаженный температурный профиль или, точнее, сглаженный радиальный температурный градиент по лазерной апертуре, с максимальной температурой в середине или центре лазерной апертуры и несколько пониженной температурой по краю лазерной апертуры. Данный температурный профиль приводит к вариации показателя преломления внутри материала таким образом, что формируется тепловая линза 140.

10 Принципиальное описание лазеров VCSEL и VECSEL и проектные решения, в том числе базовую информацию о концепции тепловых линз можно найти в «Semiconductor Disk Lasers» (ed. O.Ohkotnikov, Wiley 2010), глава 7, которая включена в настоящее описание путем отсылки. Основные части тепловой линзы 140 расположены в подложке 105 лазера VCSEL или VECSEL (V(E)CSEL) с нижним излучением. Тепловая линза будет 15 располагаться внутри первого DBR 102 и промежуточных слоев, которые будут располагаться между первым DBR 102 и первым электродом 101 в случае лазера V(E) CSEL с верхним излучением. Как предполагается, тепловая линза 140 имеет существенное значение для определения границ стабильного резонатора и поэтому выбора 20 установившихся лазерных мод, чтобы сделать возможным точное времяпролетное измерение. Изменение линзы и поэтому резонатора вследствие изменений температуры затрудняет идентификацию лазерного света 115, который излучается лазером VCSEL. Ситуация еще более ухудшается в случае с лазером VECSEL, в котором тепловая линза 25 140 влияет на оптическую обратную связь, обеспечиваемую элементом 130 обратной связи (смотри фиг. 3) и, следовательно, на момент времени, в который лазер VECSEL начинает генерацию лазерного излучения.

30

Фиг. 3 представляет принципиальное схематическое изображение второго варианта осуществления модуля лазерного датчика. Модуль лазерного датчика содержит лазер VCSEL 100, элемент 130 обратной связи, который может быть плоским зеркалом с коэффициентом отражения приблизительно 95%, и задающую схему 120 для 35 электрического управления лазером VCSEL 100. Лазер VCSEL 100 и плоское зеркало образуют лазер VECSEL, в котором лазерный резонатор и плоское зеркало формируют внешний резонатор. Коэффициент отражения второго DBR 104 рассчитан так, чтобы генерация лазерного излучения не происходила в отсутствие обратной связи, 40 обеспечивающей плоским зеркалом. Коэффициент отражения плоского зеркала, которое необходимо для генерации лазерного излучения, зависит от коэффициента отражения второго DBR и может изменяться в широком диапазоне. Лазер VECSEL служит, в основном, для областей применения высокой мощности. Функциональная возможность задающей схемы 120 является точно такой же, как описано со ссылкой на первый вариант осуществления, показанный на фиг. 1.

45 Фиг. 4 представляет принципиальное схематическое изображение первого варианта осуществления дальномерного устройства. Дальномерное устройство содержит модуль лазерного датчика, аналогичный второму варианту осуществления, описанному со ссылкой на фиг. 3. Дальномерное устройство дополнительно содержит фотоприемник

150 и блок 160 оценки. Фотоприемник 150 в настоящем случае является фотодиодом, но может быть любым, предпочтительно, полупроводниковым устройством, которое можно применять для детектирования лазерного света, излучаемого лазером VECSEL. Фотоприемник должен быть, по возможности, максимально чувствительным к фотонам, 5 излучаемым лазером, и должен иметь короткое время измерения. Предпочтительной технологией являются, например, лавинные фотодиоды или, даже предпочтительнее, так называемые SPAD (однофотонные лавинные диоды), а также матрицы упомянутых диодов. Блок 160 оценки содержит, по меньшей мере, одно запоминающее устройство, подобное интегральной схеме памяти, и, по меньшей мере, одно процессорное 10 устройство, подобное микропроцессору. Процессорное устройство выполнено с возможностью приема данных из задающей схемы 120 и, при желании, из лазера VCSEL 100 для того, чтобы определять момент  $t_1$  времени, в который излучаемый лазерный свет 115 выходит из внешнего резонатора в форме лазерного импульса 345 (смотри, например, фиг. 5) с длительностью 356 импульса (смотри, например, фиг. 5), равной 5 15 нс. Блок 160 оценки дополнительно определяет, на основании данного момента  $t_1$  времени и частоты следования импульсов, обеспечиваемой задающей схемой 120, происходит ли отраженный лазерный свет 117, детектированный фотодиодом, от лазерного импульса, излученного в момент  $t_1$  времени. Момент  $t_2$  времени записывается, 20 если отраженный лазерный свет 117 происходит от лазерного импульса, и расстояние до объекта, который отразил лазерный импульс, вычисляется по времени прохождения  $\Delta t = t_2 - t_1$  и скорости с лазерного импульса. Определение  $t_1$  и  $t_2$  должно быть очень точным ввиду скорости света, чтобы делать возможным точное вычисление расстояния до объекта. Задержки, в частности, изменяющиеся задержки между импульсом тока, 25 запускающим лазерный импульс, следует исключать для того, чтобы делать возможным точное определение  $t_1$ , и лазерный импульс должен быть четко определенным для того, чтобы делать возможным точное определение  $t_2$ . В дополнительных вариантах осуществления можно использовать серии импульсов, т.е. несколько лазерных импульсов с разной длительностью и/или разным временем между импульсами.

30 Фиг. 5 представляет принципиальное схематическое изображение первого варианта осуществления диаграммы импульсов. Диаграмма импульсов построена не в масштабе. Диаграмма импульсов содержит предварительный ток 335 с такой длительностью 352 импульса, что в течение всего времени между двумя лазерными импульсами 345 подается ток с амплитудой тока ниже порогового тока 350 лазера V(E)CSEL, в который подается 35 предварительный ток 335. Порог лазерной генерации сильно зависит от конструкции лазера V(E)CSEL. Предварительный ток 335 подается в виде тока смещения или сдвига между лазерными импульсами 345 и поэтому должен быть ниже порога лазерной генерации для того, чтобы исключить генерацию лазерного излучения. Лазерные импульсы 345 имеют длительность 356 импульсов, равную 20 нс, и обеспечиваются с 40 периодом 10 мкс (частотой 100 кГц следования импульсов). Следует упомянуть, что импульс тока, запускающий лазерный импульс 345, и лазерный импульс 345 используются как синонимы в описании фиг. 5, а также в описании фиг. 6 и 7. В действительности, между упомянутыми импульсами существуют небольшие расхождения, при этом целью изобретения является минимизация или даже исключение 45 упомянутых расхождений. Предварительный ток 335 настроен так, чтобы в начале каждого лазерного импульса 345 формировалась тепловая линза 140.

Влияние предварительного импульса можно описать приблизительно следующим образом. Распределение температуры в виде пространственно-временной функции

следует решению дифференциального уравнения для теплопроводности. Одномерное решение можно записать в следующей форме:

$$H(x, t) = \frac{1}{\sqrt{4\pi \cdot \alpha \cdot t}} \exp\left(-\frac{x^2}{4 \cdot \alpha \cdot t}\right)$$

5 что является, по существу, нормальным распределением в пространстве, при

$$\sigma^2 = 2 \cdot \alpha \cdot t. Постоянная \alpha = \frac{\lambda}{\rho \cdot c_p}$$

называется температуропроводностью среды и равна

10 теплопроводности  $\lambda$ , деленной на удельную плотность и теплоемкость. Для GaAs  $\alpha = 2,410^{-5} \text{ м}^2/\text{с.}$

Вышеизложенное означает, что для перемещения распределения температуры в GaAs на приблизительно 10 мкм затрачивается 1 мкс. При радиусе лазера V(E)CSEL, составляющем 50 мкм - 100 мкм, и подобных значениях толщины GaAs-подложки 15 можно сделать заключение, что

Длительность импульса, например, 10 нс - 100ns является короткой по сравнению с температуропроводностью, т.е. тепловыделение во время импульса определяет распределение в момент  $t=0$ .

Для установления сглаженного распределения температуры, с максимумом в центре, 20 по диаметру лазерной апертуры требуется приблизительно 10 мкс. (Строго говоря, сигма (среднеквадратическое отклонение) составляет только приблизительно 20 мкм через 10 мкс, но нормальным должно быть получение некоторого сглаживания из, например, прямоугольного распределения температуры при  $t=0$ ).

За аналогичный промежуток времени такое распределение температуры к тому же 25 устанавливается в ближе расположенной части подложки. Эффективная тепловая линза 140 зависит от интеграла вдоль лазерного пучка через все материалы. Более высокая температура в центре соответствует более высокому показателю преломления в центре.

С течением времени упомянутое сглаженное распределение температуры и тепловая линза 30 140 образуются также глубже в подложке (но, очевидно, разность абсолютных температур ниже или линза слабее). Большой объем может быть более чем скомпенсирован уменьшением разностей температур, и, так как теплопроводность 35 является трехмерной, разности будут быстро (в  $n$ -мерном случае, квадратный корень в вышеприведенном уравнении заменяется на экспоненту  $n/2$ ) уменьшаться. Поэтому, предполагается, что тепловая линза 140 является максимальной через 1 мкс - 10 мкс и позднее устраняется путем усреднения.

40 Так как мезаструктура лазера V(E)CSEL припаяна к переходной опоре на типичном расстоянии 5 мкм от активной зоны 103, то тепловые потери в подложку переходной опоры будут значительно снижать все температуры, начиная с момента прохождения 1 мкс после импульса, (тепло- и температуропроводность в переходной опоре выше, чем в GaAs). Это снова подчеркивает, что через несколько мкс эффект тепловой линзы проходит свой максимум.

Предполагается, что через приблизительно 100 мкс эффект тепловой линзы должен 45 быть слабым.

Детали также зависят от тепловых потерь, и поэтому  $T(x, t=0)$ . Если, например, потери уже следуют форме нормального распределения, то тепловая линза 140 может создаваться быстрее, и максимум достигается, приблизительно, в момент времени 1 мкс. Кроме того, диаметр лазерной апертуры 50 мкм - 100 мкм может быть меньше настолько, что тепловая линза может формироваться даже в течение 100 нс или

нескольких сот наносекунд.

С учетом формы импульса, описанной выше со ссылкой на фиг. 5, это означает, что тепловая энергия, подводимая лазерными импульсами 345, обеспечивает доминирующий вклад в формирование тепловой линзы 140 при последующем лазерном импульсе.

Упомянутый вклад не достаточен в случае времени  $>1-10$  мкс между двумя последовательными импульсами, так как тепловая энергия уже рассеяна по большому объему таким образом, что требуется дополнительная энергия. Данная дополнительная энергия подается локально в пределах лазерной апертуры посредством тока смещения предварительного тока 335.

Фиг. 6 представляет принципиальное схематическое изображение второго варианта осуществления диаграммы импульсов. Диаграмма импульсов построена не в масштабе. Диаграмма импульсов содержит предварительный ток 335, который подается в форме предварительного импульса тока с длительностью 352 импульса меньше, чем время между двумя лазерными импульсами 345. Существуют период после лазерного импульса 345 и промежуток 354 времени до последующего лазерного импульса, в течение которого в лазер V(E)CSEL не подается электрический ток. Предварительный импульс тока имеет амплитуду тока на уровне 95% (ток 1 Ампер при напряжении 3 Вольта) от порогового тока 350 лазерной генерации лазера V(E)CSEL, в который подается предварительный ток 335. Лазерные импульсы 345 имеют длительность 356 импульса 2 нс и

обеспечиваются с периодом 20 мкс (50-кГц частотой следования импульсов). Длительность 352 импульса предварительного импульса тока равна 3 мкс, и промежуток времени равен 50 нс. Полная тепловая энергия, подаваемая предварительным импульсом тока, составляет 9 мкДж, что достаточно для нагревания изолированной мезаструктуры лазера V(E)CSEL с диаметром, например, 210 мкм и лазерной апертурой приблизительно 150 мкм на приблизительно 60° К. Длительность и привязку по времени предварительного импульса тока настраивают соответственно физической структуре лазера V(E)CSEL и длительности и частоте следования лазерных импульсов 345.

Типичные диапазоны амплитуды тока лазерного импульса составляют от 1 А до 30 А, предпочтительно от 3 А до 20 А. Типичные диапазоны амплитуды тока предварительного тока составляют от 0,01 А до 5 А, предпочтительно от 0,1 А до 2 А. Отношение амплитуды тока лазерного импульса к амплитуде тока предварительного тока должно быть больше 2, предпочтительно больше 5. Длительность 352 импульса лазерного импульса 345 составляет от 1 нс до 100 нс, предпочтительно от 2 нс до 10 нс. Длительность 356 импульса предварительного тока 335 составляет от 10 нс до 10000 нс, предпочтительно от 100 нс до 5000 нс. Промежуток 355 времени составляет от 0 нс до 1000 нс. Период времени между лазерными импульсами составляет предпочтительно от 1 мкс до 20 мкс, более предпочтительно от 2 мкс до 10 мкс. Для лазера VECSEL с относительно большим диаметром ( $>100$  мкм) необходимая тепловая энергия для формирования тепловой линзы, предпочтительно,  $>1$  мкДж, более предпочтительно,  $>3$  мкДж.

Фиг. 7 представляет принципиальное схематическое изображение третьего варианта осуществления диаграммы импульсов, которые подаются в лазер VECSEL. Предварительный ток 335 подается в виде сложного предварительного импульса тока, во время которого амплитуда тока немного выше порога лазерной генерации. Период времени превышения над порогом лазерной генерации является таким коротким, что отсутствует время на формирование тепловой линзы 140. Тем самым генерация лазерного излучения лазером VECSEL в течение упомянутого периода времени исключается.

Фиг. 8 представляет принципиальное схематическое изображение второго варианта осуществления дальномерного устройства. Общая конфигурация дальномерного устройства подобна конфигурации дальномерного устройства, описанного со ссылкой на фиг. 4. Дальномерное устройство содержит задающую схему 120 и блок 160 оценки, 5 работающий подобно тому, как описано выше. Задающая схема 120 и блок 160 оценки интегрированы в монтажную конструкцию 200, на которой расположены двумерная матрица лазеров V(E)CSEL 100 и фотоприемников 150. Лазер V(E)CSEL обеспечивает излучение лазерного света 115 при посредстве зеркала 210 и сканирующего зеркала 220. Отраженный лазерный свет принимается фотоприемниками 150 при посредстве 10 сканирующего зеркала 220 и зеркала 210. Сканирующее зеркало 210 является MEMS-зеркалом, так что излучаемый лазерный свет 115 от разных лазеров V(E)CSEL можно излучать в разные области, чтобы обеспечивать 3-мерную информацию о расстояниях до объектов в среде, окружающей дальномерное устройство, которое можно 15 устанавливать на транспортном средстве, подобном автомобилю. Задающая схема 120 подает предварительные токи 335 в лазеры V(E)CSEL, которые настроены соответственно относительному положению индивидуального лазера V(E)CSEL (например, центру или краю матрицы 200). Предварительные токи 335 или 20 предварительные импульсы тока дополнительно настроены так, чтобы лазеры V(E)CSEL матрицы 200, которые управляются задающей схемой 120 для одновременного излучения лазерных импульсов 345, начинали генерацию лазерного излучения в течение предварительно заданного периода времени. Предварительно заданный период времени зависит от тепловых перекрестных помех между соседними лазерами V(E)CSEL, которые 25 управляются для одновременного излучения лазерного импульса. Предварительный импульс тока настроен на длительность, достаточно большую, чтобы создавать сглаженный температурный градиент по лазерной апертуре, но при этом достаточно короткую (и без разделения по времени) для минимизации тепловых перекрестных помех, в особенности, между соседними мезаструктурами лазеров V(E)CSEL.

Фиг. 9 представляет принципиальное схематическое изображение варианта осуществления способа управления модулем лазерного датчика. На этапе 410 в лазер 30 поверхностного излучения с вертикальным резонатором подают электроэнергию таким образом, чтобы лазер поверхностного излучения с вертикальным резонатором излучал лазерные импульсы длительностью импульса меньше 100 нс и частотой следования меньше чем 5% по сравнению с излучением непрерывного лазера. На этапе 420 в лазер 35 поверхностного излучения с вертикальным резонатором подают дополнительную энергию за, по меньшей мере, 100 нс до, по меньшей мере, части лазерных импульсов, так, чтобы часть лазерных импульсов излучалась в заданном оптическом режиме.

Целью настоящего изобретения является обеспечение возможности надежных времяпролетных измерений посредством лазера V(E)CSEL 100 или матриц 200 лазеров V(E)CSEL. С помощью дополнительной энергии обеспечивается тепловая линза 40 45 около апертуры лазера. Дополнительная энергия предпочтительно подается предварительным импульсом 335 тока, который подается в лазер V(E)CSEL до, предпочтительно, каждого лазерного импульса 345. Предварительный импульс тока предпочтительно настроен так, чтобы лазером V(E)CSEL не излучалось никакого лазерного света. Лазеры V(E)CSEL выполнены с возможностью излучения лазерных импульсов 345 в заданном оптическом режиме таким образом, чтобы время излучения и форма импульса лазерных импульсов 345 были четко определенными. Четко определенное время излучения и четко определенная форма импульса лазерных импульсов 345 допускают надежное определение отраженного лазерного света 117,

который соответствует излучения соответствующего лазерного импульса 345.

Хотя изобретение показано и подробно изложено на чертежах и в вышеприведенном описании, упомянутые изображения и описание следует считать наглядными или примерными, а не ограничивающими.

5 После прочтения настоящего раскрытия специалистам станут очевидными другие модификации. Такие модификации могут включать в себя другие признаки, которые уже известны в данной области техники, и которые можно использовать вместо или в дополнение к признакам, уже описанным в настоящей заявке.

После изучения чертежей, раскрытия и прилагаемой формулы изобретения, 10 специалистами в данной области техники могут быть разработаны и выполнены другие видоизменения раскрытых вариантов осуществления. В формуле изобретения, формулировка «содержащий» не исключает других элементов или этапов, и признаки в единственном числе не исключают множества элементов или этапов. Очевидное обстоятельство, что некоторые признаки упомянуты во взаимно различающихся 15 зависимых пунктах формулы изобретения, не означает невозможность применения комбинации упомянутых признаков в подходящем случае.

Никакие ссылочные позиции в формуле изобретения нельзя считать ограничивающими объем изобретения.

**Список ссылочных позиций:**

20 100 лазер поверхностного излучения с вертикальным резонатором (VCSEL)  
 101 первый электрод  
 102 первый брэгговский отражатель (DBR)  
 103 активная зона  
 104 второй брэгговский отражатель (DBR)  
 25 105 подложка  
 106 второй электрод  
 115 излучаемый лазерный свет  
 117 отраженный лазерный свет  
 120 задающая схема  
 30 130 элемент обратной связи  
 140 тепловая линза  
 150 фотоприемник  
 160 блок оценки  
 200 матрица  
 35 210 зеркало  
 220 сканирующее зеркало  
 230 монтажная конструкция  
 310 интенсивность  
 320 время  
 40 335 предварительный ток  
 345 лазерный импульс  
 350 пороговый ток лазерной генерации  
 352 длительность импульса предварительного импульса тока  
 354 промежуток времени  
 45 356 длительность импульса лазерного импульса  
 358 период времени между двумя лазерными импульсами  
 410 обеспечение лазерного импульса  
 420 подача предварительного импульса тока.

## (57) Формула изобретения

1. Модуль лазерного датчика для времяпролетных измерений, содержащий по меньшей мере один лазер (100) поверхностного излучения с вертикальным резонатором и по меньшей мере одну задающую схему (120), при этом задающая схема (120) выполнена с возможностью подачи электроэнергии в лазер (100) поверхностного излучения с вертикальным резонатором таким образом, чтобы лазер (100) поверхностного излучения с вертикальным резонатором излучал лазерные импульсы (345) с длительностью (356) импульса меньше чем 100 нс и коэффициентом заполнения 5 меньше чем 5% по сравнению с излучением непрерывного лазера, причем задающая схема (120) выполнена с возможностью подачи дополнительной энергии в лазер (100) поверхностного излучения с вертикальным резонатором за по меньшей мере 100 нс до по меньшей мере части лазерных импульсов (345) так, чтобы часть лазерных импульсов (345) излучалась в заданном оптическом режиме, причем задающая схема (120) выполнена с возможностью подачи предварительного тока (335) в лазер (100) 10 поверхностного излучения с вертикальным резонатором, при котором никакого лазерного света не излучается до части лазерных импульсов (345), причем предварительный ток (335) настроен так, что по лазерной апертуре лазера (100) поверхностного излучения с вертикальным резонатором создается сглаженный 15 температурный профиль таким образом, что на лазерной апертуре формируется тепловая линза (140).

2. Модуль лазерного датчика по п. 1, в котором лазер (100) поверхностного излучения с вертикальным резонатором выполнен с возможностью работы на установившейся 20 моде во время времяпролетных измерений.

3. Модуль лазерного датчика по п. 1, в котором лазер (100) поверхностного излучения с вертикальным резонатором выполнен с возможностью работы на основной моде во время времяпролетных измерений.

4. Модуль лазерного датчика по п. 1, 2 или 3, в котором разность температур между центром лазерной апертуры и краем лазерной апертуры в начале излучения части 30 лазерных импульсов (345) составляет по меньшей мере 2 К, предпочтительно по меньшей мере 5 К и предпочтительнее всего по меньшей мере 10 К.

5. Модуль лазерного датчика по любому из предыдущих пунктов, в котором предварительный ток (335) содержит постоянный ток смещения, подаваемый между двумя лазерными импульсами (345).

6. Модуль лазерного датчика по любому из пп. 1-4, в котором предварительный ток (335) содержит по меньшей мере один предварительный импульс тока между двумя последовательными лазерными импульсами (345).

7. Модуль лазерного датчика по п. 6, в котором задающая схема (120) выполнена с возможностью обеспечения промежутка (354) времени по меньшей мере 10 нс между 40 предварительным импульсом (335) тока и лазерным импульсом (345), излучаемым после предварительного импульса тока, при котором в лазер (100) поверхностного излучения с вертикальным резонатором подается максимальный ток меньше чем 50% от порогового тока лазерной генерации лазера (100) поверхностного излучения с вертикальным резонатором.

8. Модуль лазерного датчика по п. 6, в котором предварительный импульс тока содержит максимальную амплитуду тока, которая выше, чем пороговый ток лазерной генерации лазера (100) поверхностного излучения с вертикальным резонатором.

9. Модуль лазерного датчика по любому из пп. 4-8, в котором лазер поверхностного

излучения с вертикальным резонатором (100) содержит по меньшей мере одну конструкцию для регулирования теплообмена, при этом конструкция для регулирования теплообмена выполнена с возможностью создания сглаженного температурного профиля по лазерной апертуре лазера (100) поверхностного излучения с вертикальным 5 резонатором между двумя последовательными лазерными импульсами 345), причем конструкция для регулирования теплообмена выполнена с возможностью ускорения теплоотвода на краю лазерной апертуры по сравнению с центром лазерной апертуры.

10. Модуль лазерного датчика по любому из предыдущих пунктов, в котором лазер (100) поверхностного излучения с вертикальным резонатором является лазером 10 поверхностного излучения с вертикальным внешним резонатором, содержащим оптический элемент обратной связи.

11. Модуль лазерного датчика по любому из пп. 1-10, содержащий матрицу лазеров (100) поверхностного излучения с вертикальным резонатором, причем задающая схема (120) выполнена с возможностью подачи предварительного тока (335) в по меньшей 15 мере часть лазеров (100) поверхностного излучения с вертикальным резонатором в матрице, и причем предварительный ток (335) настроен соответственно относительному положению лазера (100) поверхностного излучения с вертикальным резонатором в пределах матрицы, в которую предварительный ток (335) подается так, что разные предварительные токи (335) подаются в по меньшей мере первый и второй лазеры (100) 20 поверхностного излучения с вертикальным резонатором (100) в матрице.

12. Модуль лазерного датчика по любому из пп. 6-10, содержащий матрицу лазеров (100) поверхностного излучения с вертикальным резонатором, причем задающая схема (120) выполнена с возможностью подачи предварительного импульса тока в по меньшей мере часть лазеров поверхностного излучения с вертикальным резонатором (100) в 25 матрице, и причем предварительный импульс тока настроен так, чтобы лазеры (100) поверхностного излучения с вертикальным резонатором, которые управляются задающей схемой (120) для одновременного излучения лазерного импульса (345), начинали генерацию лазерного излучения в течение предварительно заданного периода времени, причем предварительно заданный период времени зависит от тепловых 30 перекрестных помех между соседними лазерами (100) поверхностного излучения с вертикальным резонатором (100), которые управляются для излучения лазерного импульса (345) одновременно.

13. Дальномерное устройство, содержащее по меньшей мере один модуль лазерного датчика по любому из пп. 1-12, по меньшей мере один фотоприемник (150), выполненный 35 с возможностью приема отраженного лазерного света по меньшей мере одного лазерного импульса (345), при этом дальномерное устройство дополнительно содержит блок (160) оценки, причем блок (160) оценки выполнен с возможностью идентификации отраженного лазерного света соответствующего лазерного импульса (345), и блок (160) оценки дополнительно выполнен с возможностью определения времени прохождения 40 между моментом времени приема отраженного лазерного света и моментом времени излучения соответствующего лазерного импульса (345).

14. Способ управления модулем лазерного датчика для времяпролетных измерений, содержащим по меньшей мере один лазер (100) поверхностного излучения с вертикальным резонатором, при этом способ содержит следующие этапы:

45 - подают электрическую энергию в лазер (100) поверхностного излучения с вертикальным резонатором таким образом, чтобы лазер (100) поверхностного излучения с вертикальным резонатором излучал лазерные импульсы (345) с длительностью (356) импульса меньше чем 100 нс и частотой следования меньше чем 5% по сравнению с

излучением непрерывного лазера;

- подают дополнительную энергию посредством предварительного тока (335) в лазер (100) поверхностного излучения с вертикальным резонатором за по меньшей мере 100 нс до по меньшей мере части лазерных импульсов (345), в течение которых лазерный свет не излучается до части лазерных импульсов, таким образом, чтобы часть лазерных импульсов (345) излучалась в заданном оптическом режиме.

5 - настраивают предварительный ток (335) таким образом, чтобы по лазерной апертуре лазера (100) поверхностного излучения с вертикальным резонатором создавался такой сглаженный температурный профиль, что на лазерной апертуре формируется тепловая

10 линза (140).

15. Способ по п.14, причем способ содержит следующие дополнительные этапы:

- определяют первую тепловую энергию, выделяемую в лазере (100) поверхностного излучения с вертикальным резонатором во время излучения лазерного импульса (345);

- определяют дополнительную энергию, подлежащую подаче;

15 - определяют форму импульса предварительного тока (335) на основании определенной дополнительной энергии.

20

25

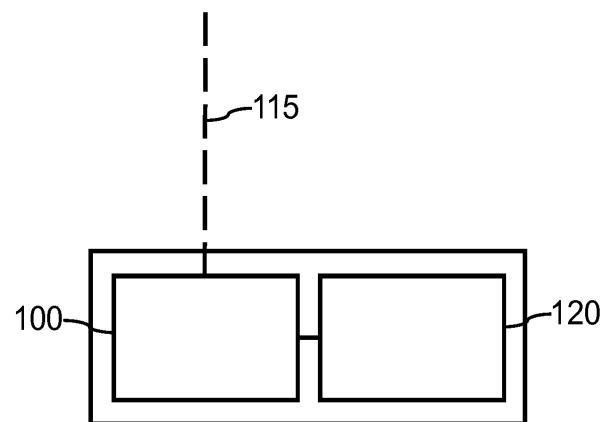
30

35

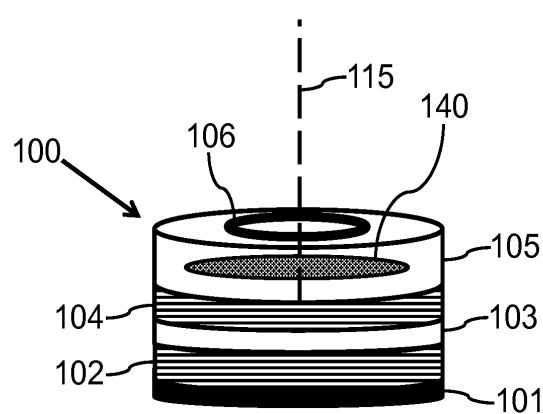
40

45

1/5

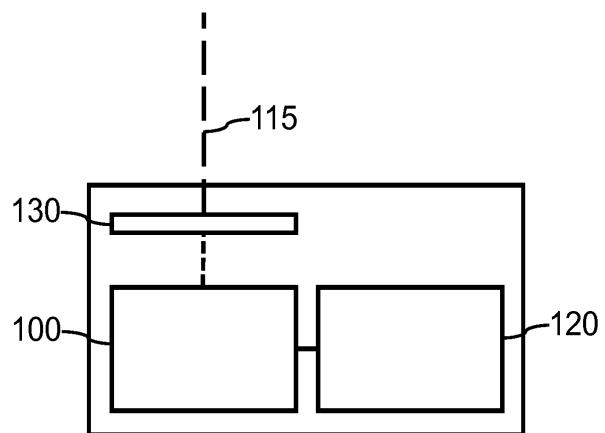


ФИГ. 1

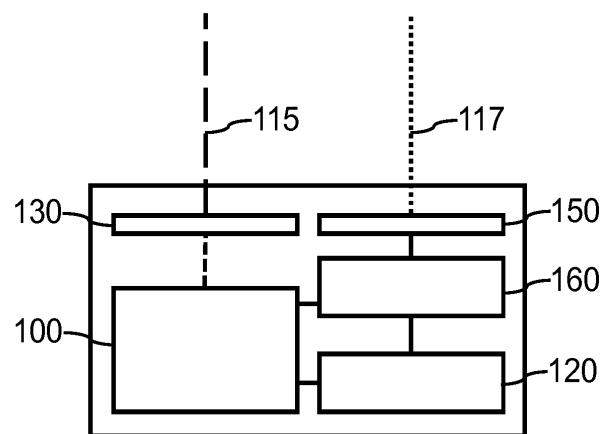


ФИГ. 2

2/5

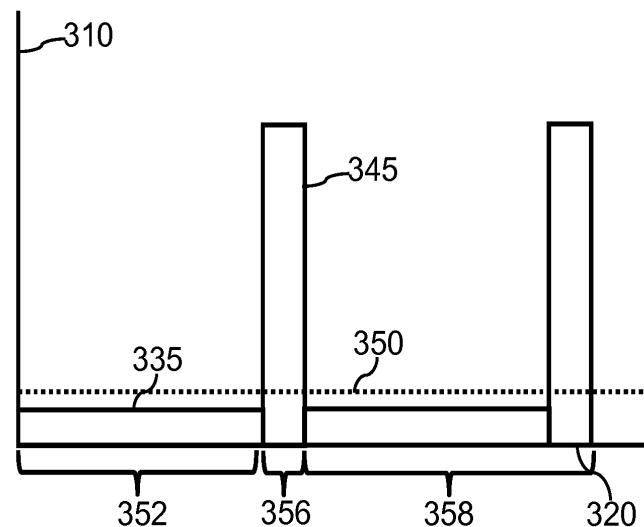


ФИГ.3

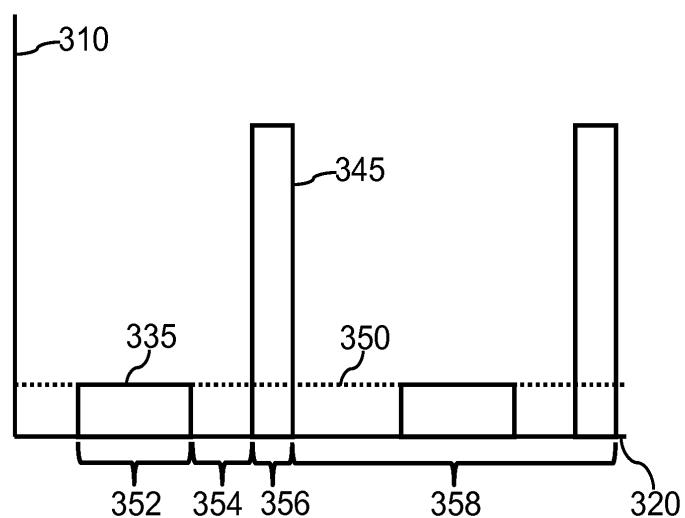


ФИГ.4

3/5

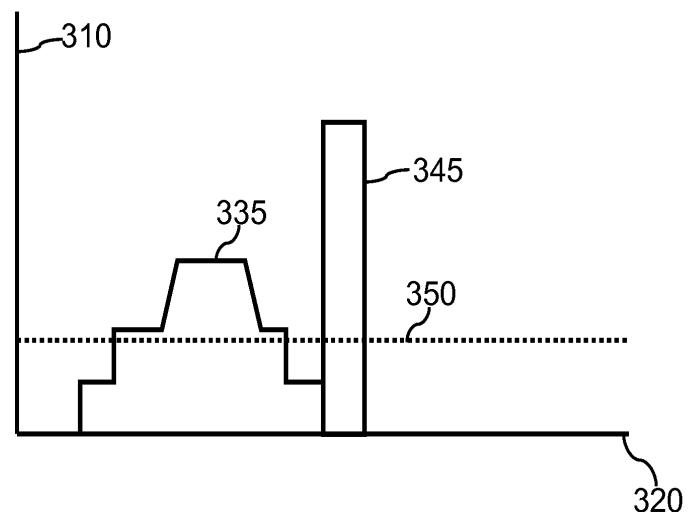


ФИГ. 5

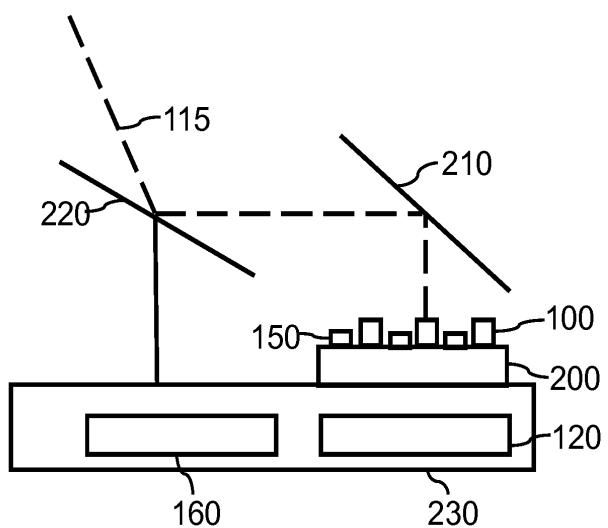


ФИГ. 6

4/5

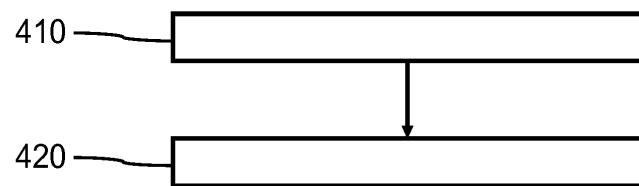


ФИГ. 7



ФИГ. 8

5/5



ФИГ. 9