



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) СКОРРЕКТИРОВАННОЕ ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

Примечание: библиография отражает состояние при переиздании

(52) СПК
H01S 3/0604 (2018.02)

(21)(22) Заявка: 2015102528, 01.08.2013

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
01.08.2013

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:
03.08.2012 US 13/566,144

(43) Дата публикации заявки: 20.09.2016 Бюл. № 26

(45) Опубликовано: 17.04.2018

(15) Информация о коррекции:
Версия коррекции №1 (W1 C2)

(48) Коррекция опубликована:
06.09.2018 Бюл. № 25

(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на
национальной фазе: 03.03.2015

(86) Заявка РСТ:
US 2013/053166 (01.08.2013)

(87) Публикация заявки РСТ:
WO 2014/022635 (06.02.2014)

Адрес для переписки:
190000, Санкт-Петербург, Вох-1125,
"ПАТЕНТИКА"

(72) Автор(ы):

СТЮАРТ Мартин А. (US),
КАННИНГЕМ Стивен Л. (US)

(73) Патентообладатель(и):

СТЮАРТ Мартин А. (US),
КАННИНГЕМ Стивен Л. (US)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: US 6347101 B1, 12.02.2002. DE
4220158 A1, 23.12.1993. RU 8168 U1, 16.10.1998.
US 4769823 A, 06.09.1988. EP 1646117 A2,
12.04.1996.

(54) СЛЭБ-ЛАЗЕР И УСИЛИТЕЛЬ И СПОСОБ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

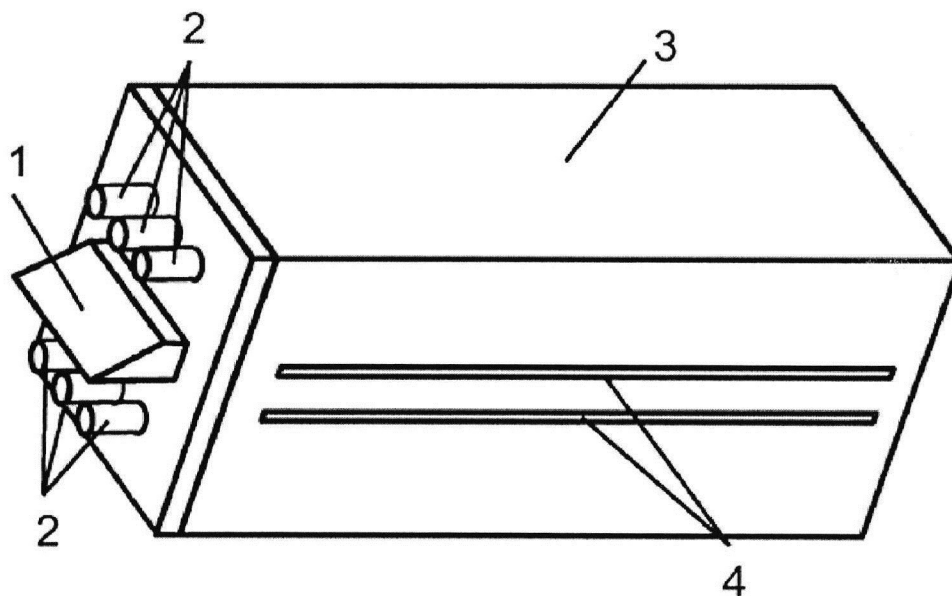
(57) Реферат:

Изобретение относится к лазерной технике. Лазерное устройство содержит плоский кристалл, снабженный поверхностью обратного отражения, и материал резонаторного фильтра, по существу прозрачный для частотного диапазона видимого света, обеспеченный по меньшей мере на одной стороне этого кристалла и выполненный с возможностью приема световой энергии. Указанная энергия включает часть в

ультрафиолетовом частотном диапазоне и часть в частотном диапазоне видимого света. Материал резонаторного фильтра преобразует часть световой энергии в световую энергию во втором частотном диапазоне с частотами меньше, чем в ультрафиолетовом диапазоне, для поглощения плоским кристаллом. Плоский кристалл выполнен с возможностью поглощения части указанной части световой энергии в частотном

диапазоне видимого света, переданной через резонаторный фильтр, а также с возможностью поглощения части световой энергии в преобразованном частотном диапазоне для усиления лазерного пучка, испускаемого из слэб-лазера. Плоский кристалл выполнен с возможностью приема падающего светового пучка на одном своем торце под одним углом, а также с возможностью испускания усиленного лазерного пучка из указанного одного торца под

любым другим углом, отличным от указанного одного угла, или испускания усиленного лазерного пучка, линейно смещенного от падающего светового пучка после поглощения световой энергии указанной второй частоты. Технический результат заключается в обеспечении возможности повышения эффективности слэб-лазера с ламповой накачкой. 16 н. и 107 з.п. ф-лы, 15 ил., 1 табл.



фиг. 1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

Note: Bibliography reflects the latest situation

(52) CPC

H01S 3/0604 (2018.02)(21)(22) Application: **2015102528, 01.08.2013**(24) Effective date for property rights:
01.08.2013

Priority:

(30) Convention priority:
03.08.2012 US 13/566,144(43) Application published: **20.09.2016 Bull. № 26**(45) Date of publication: **17.04.2018**(15) Correction information:
Corrected version no1 (W1 C2)(48) Corrigendum issued on:
06.09.2018 Bull. № 25(85) Commencement of national phase: **03.03.2015**(86) PCT application:
US 2013/053166 (01.08.2013)(87) PCT publication:
WO 2014/022635 (06.02.2014)Mail address:
**190000, Sankt-Peterburg, Vokh-1125,
"PATENTIKA"**

(72) Inventor(s):

**STYUART Martin A. (US),
KANNINGEM Stiven L. (US)**

(73) Proprietor(s):

**STYUART Martin A. (US),
KANNINGEM Stiven L. (US)**(54) **SLAB LASER AND AMPLIFIER AND METHOD OF USE**

(57) Abstract:

FIELD: laser engineering.

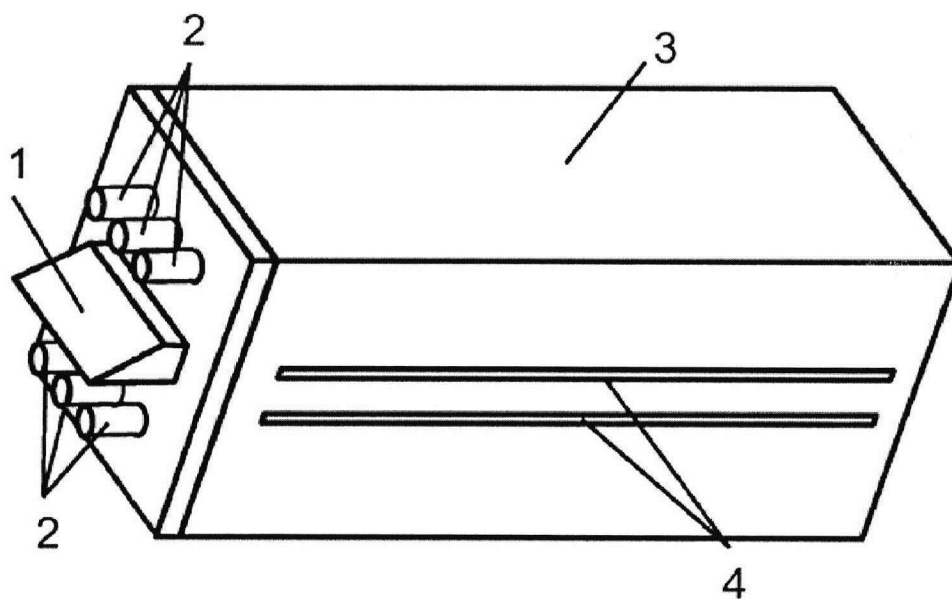
SUBSTANCE: invention relates to laser equipment. Laser device comprises a slab crystal provided with a reverse reflection surface and a resonator filter material, substantially transparent to the frequency range of visible light provided on at least one side of said crystal and configured to receive light energy. Said energy includes a portion in the ultraviolet frequency range and a portion in the visible light frequency range. Resonator filter material converts a portion of the light energy into light energy in a second frequency range

with frequencies less than, than in the ultraviolet range, for absorption by the slab crystal. Slab crystal is configured to absorb a portion of said portion of light energy in the visible light frequency range, transmitted through the resonator filter, and also configured to absorb a portion of the light energy in the converted frequency range to amplify the laser beam emitted from the slab laser. Slab crystal is configured to receive an incident light beam at one end thereof at one angle, and also configured to emit an amplified laser beam from said one end at any other angle different from said one

angle, or emit an amplified laser beam linearly displaced from the incident light beam after absorbing the light energy of said second frequency.

EFFECT: technical result is increasing the efficiency of a lamp-pumped slab laser.

123 cl, 15 dwg, 1 tbl



фиг. 1

RU 2650807 C9

RU 2650807 C9

ПЕРЕКРЕСТНЫЕ ССЫЛКИ НА РОДСТВЕННЫЕ ЗАЯВКИ

[0001] В настоящей заявке испрашен приоритет по заявке на патент США №13/566,144 от 03.08.2012, содержание которой включено в настоящий документ посредством ссылки.

УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ

[0002] В общем, настоящее изобретение относится к области лазеров и лазерных усилителей. В частности, настоящее изобретение относится к твердотельным лазерным усилителям в виде пластины, оптически накачиваемых при помощи ламп, и где лазерный луч входит через торец под углом Брюстера и испытывает множественные отражения от противоположных граней из-за полного внутреннего отражения до выхода через тот же торец, через который этот луч входил.

[0003] В общем, слэб-лазеры с ламповой накачкой существуют в течение многих лет. В качестве примера уровня техники рассмотрим конструкцию Nd:Yag (на алюмоиттриевом гранате с примесью неодима) слэб-лазера с торцевой накачкой криптоновой дуговой лампой, множественными отражениями от противоположных граней, внутренним полным отражением (TIR, total internal reflection) компании Джeneral Электрик. В конструкции компании Джeneral Электрик Nd:Yag кристалл имеет торец, накачиваемый с помощью криптоновой дуговой лампы. Эта конкретная конструкция достигла коэффициента преобразования (выходная мощность лазера, деленная на входящую электрическую мощность), равного приблизительно 4%, при выходе, достигшем нескольких киловатт. В этой конструкции криптоновая дуговая вспышка или дуговая лампа (состоящая из колбы из кварца, легированного церием), испускающая спектр излучения абсолютно черного тела и фотоны эмиссии линейчатого спектра, которые впоследствии как можно более равномерно отражаются на смежные грани пластины из алюмоиттриевого граната, легированного неодимом. Этот активный элемент выборочно поглощает части этой энергии. Эта энергия возбуждает атомы неодима в более высокое энергетическое состояние, благодаря чему генерируется или усиливается пучок лазерного излучения.

[0004] Для повышения эффективности и архитектурной простоты в более поздние версии включены диодные источники для накачки лазера (благодаря производству только конкретной частоты энергии фотонов, которая в высокой степени поглощается легированным Yag). В еще более поздних версиях в качестве активной среды использован иттриевый ванадат, легированный неодимом (YbVO₄). Такие системы стали стандартными, при этом системы ограничены максимальным размером YAG, ванадатов или активных кристаллов, которые могут быть произведены промышленностью. В заявках на патент США 3,633,126 и 3,631,362 обсуждаются родственные технологии.

[0005] Упомянутые системы диодной накачки продемонстрировали эффективность, равную 10%, при этом эффективность могла бы достигать даже 25% в идеальных условиях, но с высокими финансовыми затратами, а пробой происходит приблизительно с 50% эффективностью для лазеров с диодной накачкой, с 65% эффективностью для Nd:V04, для Nd:YAG эффективность составляет около 50% преобразования для излучения с длиной волны 1,064 микрон, а последующая очистка пучка снижает выходную эффективность системы настолько низко, что она доходит до 10%, при полной эффективности хорошо спроектированных систем, равной приблизительно 25%. Текущий верхний предел выходной мощности продемонстрировали керамические Yag слэб-лазеры как с торцевой накачкой, так и с накачкой в край волокна, которые были выполнены главным образом корпорацией Нортроп Грумман (Northrop Grumman). Их система продемонстрирована выход в 25кВт на лазерную головку с эффективностью,

приблизительно равной 50% для лазеров с диодной накачкой, а для Nd:Yag слэб-лазеров эффективность преобразования приблизительно равна 50% при выходной эффективности приблизительно равной 25%.

[0006] Ограничение эффективности существующих конструкций с ламповой накачкой происходит прежде всего в двух областях. Первая происходит вследствие того факта, что спектр, испускаемый лампами накачки, обычно не совпадает со спектром возбуждения материала кристалла лазера. Вторая состоит в неэффективности вывода пучка излучения из активного материала из-за того, что пучок проходит сквозь него не более двух раз и не полностью заполняет активный материал. Эти недостатки препятствуют потенциальным практическим применениям идеи слэб-лазера.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ СУЩНОСТИ ИЗОБРЕТЕНИЯ

[0007] Предоставлена конструкция слэб-лазера и усилителя с поперечной торцевой ламповой накачкой и схемой распространения пучка с отражением от противоположных граней. TIR (полное внутреннее отражение) отражение от конца перенаправляет усиленное излучение обратно на ту же входную грань, но в различном угловом направлении, делая представленную конструкцию практичной при использовании в более крупных системах, если потребуется.

[0008] Также представлено использование ламп накачки, которые производят больше фотонов используемого спектра, чем в предыдущих ламповых конструкциях на основе инертных газов. Также были использованы резонаторные люминесцентные фильтры, которые преобразовывают неиспользуемую часть лампового выхода в используемые частотные диапазоны накачки с довольно высокой эффективностью. Это улучшает эффективность и возможности передачи мощности.

[0009] В качестве примерного варианта осуществления изобретения представлено лазерное устройство, содержащее: плоский кристалл и материал резонаторного фильтра, обеспеченный по меньшей мере на одной стороне этого кристалла для приема световой энергии от источника света таким образом, что этот материал резонаторного фильтра преобразует световую энергию, принятую в первом частотном диапазоне, в световую энергию во втором частотном диапазоне, который поглощается плоским кристаллом.

[0010] В вышеуказанном лазере плоский кристалл выполнен с возможностью приема падающего светового пучка на одном своем конце под одним углом, а также с возможностью испускания усиленного лазерного пучка из указанного одного конца под любым углом, отличным от указанного одного угла, или испускания усиленного лазерного пучка, линейно смещенного от падающего светового пучка после поглощения световой энергии указанной второй частоты.

[0011] Дополнительно представлен примерный вариант осуществления лазерного устройства, содержащего: плоский кристалл; источник света, обеспечивающий световую энергию, включая ультрафиолетовый частотный диапазон, и материал резонаторного фильтра, содержащий фторид тербия, легированный самарием, обеспеченный по меньшей мере на одной стороне этого кристалла для приема световой энергии от источника света и для преобразования указанной световой энергии в первом ультрафиолетовом частотном диапазоне в световую энергию во втором частотном диапазоне видимого света для поглощения плоским кристаллом для усиления лазерного пучка.

[0012] Вышеупомянутый плоский кристалл выполнен с возможностью испускания усиленного лазерного пучка из конца, не содержащего поверхность обратного отражения.

[0013] Также представлен примерный вариант осуществления лазерного устройства,

содержащего: плоский кристалл; источник света, обеспечивающий световую энергию, включая часть в ультрафиолетовом частотном диапазоне и часть в частотном диапазоне видимого света, и материал резонаторного фильтра, прозрачный для частотного диапазона видимого света и обеспеченный по меньшей мере на одной стороне этого кристалла для приема световой энергии от источника света и для преобразования указанной световой энергии первого ультрафиолетового частотного диапазона в световую энергию преобразованного частотного диапазона, меньшего, чем указанный ультрафиолетовый частотный диапазон, для поглощения плоским кристаллом.

[0014] Источник света и материал резонаторного фильтра вышеуказанного лазера расположены таким образом, что по меньшей мере часть указанной части световой энергии в частотном диапазоне видимого света передается через резонаторный фильтр на плоский кристалл, а плоский кристалл выполнен с возможностью поглощения части указанной части световой энергии в частотном диапазоне видимого света, переданной через резонаторный фильтр, а также с возможностью поглощения части световой энергии в преобразованном частотном диапазоне для усиления лазерного пучка для испускания из слэб-лазера.

[0015] Дополнительно представлен примерный вариант осуществления лазерного устройства, содержащего: плоский кристалл; источник света, обеспечивающий световую энергию в первом частотном диапазоне, и материал резонаторного фильтра, обеспеченный по меньшей мере на одной стороне этого кристалла для приема части световой энергии от источника света и для преобразования по меньшей мере некоторой части указанной части световой энергии в первом частотном диапазоне в световую энергию во втором частотном диапазоне по меньшей мере для частичного поглощения плоским кристаллом; множество гибких держателей для удержания компонентов указанного устройства, в то же время допускающих тепловое расширение по меньшей мере одного из компонентов указанного устройства, и систему для циркуляции охлаждающей жидкости в указанном устройстве для его охлаждения, так что плоский кристалл выполнен с возможностью испускания усиленного лазерного пучка из своего конца.

[0016] Также представлено примерное лазерное устройство, содержащее: плоский кристалл, имеющий передний торец, который формирует место, обеспеченное под острым углом к нижней стороне этого кристалла, для приема падающего светового пучка, обеспеченного под первым углом относительно переднего торца, указанный кристалл также имеет заднюю стенку, обеспеченную под задним углом, не равным 90 градусам, относительно нижней части этого кристалла; источник света, обеспечивающий световую энергию, включая часть в первом частотном диапазоне и часть во втором частотном диапазоне, и материал резонаторного фильтра, прозрачный для первого светового частотного диапазона и обеспеченный на верхней или нижней части этого кристалла для приема световой энергии от источника света и для преобразования световой энергии в первом частотном диапазоне в световую энергию в преобразованном частотном диапазоне по меньшей мере для частичного поглощения плоским кристаллом.

[0017] Источник света и материал резонаторного фильтра вышеуказанного лазера расположены таким образом, что по меньшей мере часть указанной части световой энергии во втором световом частотном диапазоне передается через резонаторный фильтр на плоский кристалл, при этом плоский кристалл выполнен с возможностью усиления лазерного пучка для испускания из этого плоского кристалла посредством поглощения как части указанной части световой энергии во втором частотном диапазоне, переданной через резонаторный фильтр, так и части световой энергии в

преобразованном частотном диапазоне.

[0018] Для вышеуказанного лазера острый угол и задний угол выбраны таким образом, что усиленный лазерный пучок испускается из переднего торца плоского кристалла под углом, отличным от первого угла, таким образом, что падающий световой пучок, входящий в плоский кристалл, не совпадает с усиленным лазерным пучком, испускаемым из этого кристалла.

[0019] Дополнительно представлена лазерная усилительная система, использующая множество любых из вышеуказанных лазеров, расположенных последовательно, для усиления лазерного пучка.

[0020] Дополнительно представлены система и способ изготовления, применяющие по меньшей мере один слэб-лазер, как описан в настоящем документе, для изготовления компонента, такого как полупроводниковое устройство или провод с покрытием, например, посредством испарения и осаждения вещества на компонент или в него. Осажденный материал может быть легирующей добавкой или слоем материала, такого как, например, алмаз или алмазоподобный углерод.

[0021] Также предоставлены дополнительные примерные варианты осуществления, некоторые, но не все, из которых более подробно описаны ниже в настоящем документе.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

[0022] Признаки и преимущества примерных вариантов осуществления изобретения, описанных в настоящем документе, станут понятны специалистам в области техники, к которой относится настоящее изобретение, при прочтении нижеследующего описания со ссылкой на сопутствующие чертежи, на которых:

[0023] на фиг. 1 изображен схематический чертеж внешнего вида одного примерного варианта осуществления настоящего изобретения;

[0024] на фиг. 2 изображен схематический чертеж, показывающий два слоя материала резонаторного фильтра, которые обеспечены на обеих сторонах материала слэб-лазера;

[0025] на фиг. 3 изображен схематический чертеж вида сзади примерного варианта осуществления настоящего изобретения, изображенного на фиг. 1, показывающий связь между лазерной пластиной, двумя резонаторными фильтрами, лампами накачки, керамическим отражателем и внешним корпусом;

[0026] на фиг. 4 изображен схематический чертеж другого примерного варианта осуществления изобретения, дополнительно содержащего водяной коллектор для охлаждения;

[0027] на фиг. 5 изображен схематический чертеж общей геометрии поперечного сечения лазерной пластины указанного примерного варианта осуществления;

[0028] на фиг. 6 изображен схематический чертеж траектории осевого пучка, входящего в усилительную пластину и покидающего ее для указанного примерного варианта осуществления;

[0029] на фиг. 7А изображен схематический чертеж эффекта смещения лазерного пучка для получения отделения выходного пучка от входного пучка для указанного примерного варианта осуществления;

[0030] на фиг. 7В изображен схематический чертеж эффекта смещения множества лазерных пучков для примерного варианта осуществления, показанного на фиг. 7А;

[0031] на фиг. 8А и 8В изображены схематические чертежи эффекта изменения угла клина на передней стороне лазерной пластины указанного примерного варианта осуществления;

[0032] на фиг. 9 изображен схематический чертеж примерного расположения для обеспечения входного и выходного пучка в различных направлениях для указанного

примерного варианта осуществления;

[0033] на фиг. 10А и 10В изображены схематические чертежи, показывающие примерное отделение выходного пучка от входного пучка посредством изменения угла концевой отражающей поверхности в указанном примерном варианте осуществления;

[0034] на фиг. 11 изображен схематический чертеж, показывающий внутреннюю структуру одной части примерной цепи усилителей, использующей большой кристалл слэб-лазера и дополнительно содержащий лампы накачки;

[0035] на фиг. 12 изображен схематический чертеж, показывающий поперечное сечение одного из усилителей в цепи, показывающий, как лазерный пучок входит в активный материал и выходит из него;

[0036] на фиг. 13 изображен схематический чертеж, изображающий пример комбинирования множества расположенных последовательно усилителей, показанных на фиг. 12, для обеспечения очень высоких выходных мощностей лазера.

[0037] на фиг. 14 изображен схематический чертеж, показывающий примерное расположение для изготовления компонентов с использованием по меньшей мере одного слэб-лазера; и

[0038] на фиг. 15 изображен схематический чертеж, показывающий примерную установку образца для примерного расположения, изображенного на фиг. 14.

ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

[0039] Как было обсуждено выше, представлен примерный вариант осуществления конструкции слэб-лазера и усилителя с поперечной торцевой ламповой накачкой и схемой распространения пучка с отражением от противоположных граней. TIR отражение от конца перенаправляет усиленное излучение обратно на ту же входную грань, но в различном угловом направлении, делая представленную конструкцию практичной при использовании в более крупных системах, если потребуется. Благодаря такому выбору геометрии импульс лазерного излучения, подлежащий генерации или усилению, проходит через один и тот же участок активного материала по меньшей мере четыре раза (а не обычные два раза) в каждом замкнутом маршруте внутри лазерной пластины. В условиях эффективности съема энергии, приблизительно равной 60% за проход, это приведет, например, приблизительно к 97% запасенной извлеченной энергии в лазерной пластине. Этот признак способствует более высокой эффективности примерного устройства.

[0040] Также представлен дополнительный примерный вариант осуществления, состоящий в использовании ламп накачки, которые используют металлические или металлогалогенидные сплавы и производят больше фотонов используемого спектра, чем предыдущие ламповые конструкции на основе инертных газов. Также были использованы резонаторные люминесцентные фильтры, которые преобразовывают неиспользуемую часть лампового выхода (в ультрафиолетовой части спектра для ртутных дуговых ламп и ламп с добавками йодида индия плюс йодид таллия для титан-сапфирового лазера (Ti:Sa лазер)) в используемые частотные диапазоны накачки с довольно высокой эффективностью. Эти усовершенствования в результате дают систему, которая работает с эффективностью и возможностями передачи мощности, обычно связанными только с вариантами с диодной накачкой. Но представленные в настоящем документе примерные системы достигают такой эффективности, используя вместо лазерных диодов лампы, и, следовательно, можно реализовать то же значение выходной мощности, чем в предыдущих конструкциях, использующих диодную накачку лазера, значительно более дешево.

[0041] Для представленных активных материалов, использованных в этих примерных

конструкциях, представленные конструкции с ламповой накачкой будут иметь уровни выходной мощности, превосходящие версии с диодной накачкой этих лазеров того же размера. Например, эффективность видимого светового выхода (красный свет с длиной волны 635-670 нм и 680,4 нм) от лазеров накачки, используемых для александритовых устройств, работает, например, приблизительно с 20% эффективностью преобразования. Кроме того, Nd лазеры с удвоением частоты, которые выводят зеленое световое излучение с длиной волны 532 нм, использованы для накачки титан-сапфирового лазера с поглощением зеленого частотного диапазона, также работают примерно с 20% эффективностью преобразования электрической энергии в оптическую. Для сравнения, эффективность преобразования электрической энергии в оптическую для металлических и металлогалогенных дуговых ламп около 70-73%. Такие улучшения и архитектура могут быть использованы для усиления импульсных и непрерывных волновых лазерных пучков до очень высоких уровней мощности, при этом верхний предел эффективности системы достигает 40%. Ожидается, что выход каждой головки будет в диапазоне 6,5-15,5 кВт для конструкции, представленной для александрита (для титана этот диапазон будет приблизительно 3,6 кВт), но эти конструкции не ограничены до этих уровней мощности.

[0042] ПОЛНАЯ КОНФИГУРАЦИЯ ЛАЗЕРНОГО УСТРОЙСТВА

[0043] На фиг. 1 показано схематическое изображение общей конфигурации одного примерного варианта осуществления настоящего изобретения. Концы плоского кристалла 1 и шести ламп 2 накачки проходят наружу корпуса 3. Корпус предусматривает жидкостное охлаждение через пазы 4. Эти пазы 4 входят в водяной коллектор, внешний по отношению к корпусу 3, как будет обсуждено позже.

[0044] На фиг. 2 показано, где пластины 5 резонаторного фильтра расположены внутри корпуса на обеих сторонах кристалла 1 слэб-лазера. На этом чертеже для упрощения показаны только три лампы 2 из шести ламп накачки. Назначение пластин 5 резонаторного фильтра состоит в преобразовании ультрафиолетовой части светового излучения, испущенного лампами 2 накачки, в видимый спектр, где оно более легко поглощается материалом плоского кристалла 1 лазера.

[0045] На фиг. 3 показано схематическое изображение вида сзади указанного примерного варианта осуществления настоящего изобретения, показывающее основные элементы внутри общего корпуса. В центре этой конструкции находится плоский кристалл 1 лазера, окруженный по своей верхней и нижней частям пластинами 5 резонаторного фильтра с зазорами 8'. Снаружи пластин 5 резонаторного фильтра обеспечены шесть ламп 2, используемых для накачки кристалла 1 лазера. Эти компоненты окружают четыре керамических отражателя 6, которые заключены в корпус 7, который может быть выполнен из нержавеющей стали. Корпус 7 на фиг. 3 может быть такого же типа, что и корпус 3 на фиг. 1, но это не является требованием. В зазорах 8' и 8 между конструкциями обеспечена охлаждающая жидкость, такая как охлаждающая вода, которая протекает для охлаждения ламп 2 и плоского кристалла 1.

[0046] На фиг. 4 показан примерный вариант осуществления изобретения, предусматривающий водяной коллектор 10, используемый для охлаждения лазера. Два коллектора 10 покрывают пазы 9, которые проходят сквозь внешний корпус 7 и сквозь керамические отражатели 6'. Вода обеспечена таким образом, что она протекает в противоположных направлениях сквозь два паза 9 и сквозь зазоры 8' для охлаждения центрального кристалла 1 лазера. Вода также протекает в отдельном контуре в осевом направлении (в направлении ламп 2 накачки на фиг. 2 и 3) в зазорах 8 для охлаждения

ламп 2. Температуры охлаждающей воды для кристалла 1 слэб-лазера и для ламп 2 накачки могут быть разными, поскольку они находятся на отдельных контурах (обсуждается ниже), что обеспечивает плоскому кристаллу возможность работы при эффективной температуре, которая выше, чем температура ламп.

[0047] Дополнительно, в примере на фиг. 4 есть отверстия 11, просверленные или иным образом обеспеченные в керамических отражателях 6', которые помещены через каждые несколько дюймов по длине лазерной пластины 1 и пластин 5 резонаторного фильтра. Эти отверстия предусматривают использование амортизаторов из силиконовой резины или тефлона для поддержки соответствующих пластин и поглощения разницы термического расширения, поскольку элементы лазера нагреваются и, следовательно, расширяются. Кроме того, силикон формирует водонепроницаемое уплотнение для удержания воды между кристаллом 1 слэб-лазера и пластинами 5 резонаторного фильтра отдельно от воды различной температуры, которая охлаждает лампы 2 накачки.

[0048] КРИСТАЛЛ СЛЭБ ЛАЗЕРА

[0049] В одной примерной конструкции кристалл 1 слэб-лазера состоит из александрита, легированного хромом ($\text{Cr:BeAl}_2\text{O}_4$), но в другом примере кристалл слэб-лазера может состоять из сапфира, легированного титаном. Основная часть, этого кристалла слэб-лазера выполнена из легированного материала. Но он также может быть впоследствии обработан нелегированными частями александритового кристалла (BeAl_2O_4) или, для титан-сапфирового лазера, чистым нелегированным сапфиром по краям и концам при помощи диффузной сварки для получения чистых наконечников. Назначение этих наконечников состоит в снижении дисторсии линз из-за термического градиента, вырабатываемого при высоких накачивающих мощностях. Эти чистые наконечники снижают эффект дисторсии в три раза, поскольку нелегированная часть не имеет тепловой нагрузки от оставшейся или неизвлеченной из активного материала энергии.

[0050] Предпочтительным способом выращивания кристалла для получения кристалла слэб-лазера будет классический способ теплообмена (HEM, Heat Exchange Method). Эта технология выращивания кристаллов производит кристаллы без включений для любого из указанных примерных активных материалов. При помощи этого способа для александритового материала могут быть реализованы пределы мощности без повреждений до 23 гигаватт на квадратный сантиметр (с подобными результатами возможности передачи мощности также для сапфирового материала). С другой стороны, в усиливающих конфигурациях, где для выращивания кристаллов использован способ Чохральского, могут быть произведены александритовые кристаллы с пределом мощности, например, в 1-1,5 гигаватта на квадратный сантиметр излучения для длин импульсов в 1 наносекунду. Эти повреждающие значения значительно выше запланированных обычных рабочих мощностей, которые могут быть порядка сотен мегаватт на квадратный сантиметр.

[0051] После получения плоского кристалла для слэб-лазера, отражающее покрытие, такое как покрытие, выполненное из диоксида кремния толщиной приблизительно 1 микрон, может быть применено к сторонам и, возможно, краям для того, чтобы действовать в качестве отражателя для усиленного лазерного светового излучения и защищать уплотнения, где они могут перекрывать место отражения.

[0052] По желанию конструктора, чистыми наконечниками, выполненными при помощи диффузной сварки, можно пренебречь по сторонам, а плоский кристалл может быть заключен по своим сторонам внутри алюминиевого резонаторного отражателя с дополнительным конструктивным элементом, который является диэлектрическим

зеркальным покрытием, примененным к двум сторонам и концу этого кристалла для обеспечения требуемых отражений усиливающегося пучка. Такое изменение допустит одно уплотнение, сжатое вокруг тела кристалла.

[0053] ЛАМПЫ НАКАЧКИ

5 [0054] В примерных лампах 2 накачки могут использовать колбы из прозрачного полированного сапфира или прозрачного плавленого кварца с ртутным заполнением (например, с добавлением аргона давлением 7 торр). В частности, когда используется сапфир, ковар, являющийся сплавом с высоким содержанием никеля, может быть
10 использован в таких лампах, поскольку имеет соответствующий коэффициент расширения и может быть припаян к колбе, используя стандартные промышленные технологии. К ковару припаяны вольфрамовые электроды, которые являются электродами, создающими дугу в ртутном заполнении.

[0055] Лампы, выполненные и запитанные таким способом, имеют эффективность, например, около 72% для ртути и, например, около 70% для йодида таллия. Такие
15 примерные лампы наилучшим образом запускаются с помощью высокочастотного источника питания переменного тока. Такие источники питания коммерчески доступны и называются балластом, при этом рабочие частоты составляют 40-100 кГц. Размеры лампы определяются выбором скорости удаления отработанного тепла (например, 240 Вт/см площади поверхности с использованием деионизированной воды) и приводятся
20 в соответствие с используемыми размерами. Например, лампа с внутренним диаметром около 4,5 мм, работающую на приблизительно 135 В/см, пропустит около 5,8 ампер. Для ртутной дуговой лампы, как только внутри просвета колбы установлена плазма, а ртуть испарилась, импедансная характеристика такова, что даже если приложенное напряжение утроится, ток возрастет на 20% или около того. Таким образом, лампы
25 длиной в 1 фут могут работать, например, на таких высоких уровнях, как 35 кВт или около 1000 ватт на см. Однако, для длительного срока службы мощность снижена приблизительно до 400 ватт на см, а длина уменьшена. Нормальная практика заключается в использовании прозрачного 6-миллиметрового плавленого кварца, например, с 2-миллиметровым внутренним диаметром и дугой около 8-15 см длиной.
30 Эти лампы снабжаются энергией с помощью источника питания переменного тока, существуют тепловые потери около 10% на электрод, на это следует обратить внимание, поскольку на самих электродах и в областях, примыкающих непосредственно к колбе, могут генерироваться непереносимые тепловые потери.

[0056] ПЛАСТИНЫ РЕЗОНАТОРНОГО ФИЛЬТРА

35 [0057] Каждая из пластин 5 резонаторного фильтра, показанных на фиг. 1-3, выполнена из прямоугольного блока кристалла, состоящего из фторида тербия (TbF_3), легированного ~0,1% самария, который имеет диапазон поглощения, охватывающий большую часть ультрафиолетового спектра. Передача энергии ионам самария является передачей почти без потерь и без излучения через кристаллическую матрицу. Затем
40 кристалл флуоресцирует с диапазоном максимального поглощения около 595 нм для александритового кристалла, преобразуя в противном случае потерянную УФ энергию в используемое видимое световое излучение, и тем самым увеличивает эффективность накачки системы. Существует остаточная тепловая нагрузка из-за энергетической разницы между усредненной входной частотой и частотой удельной эмиссии. Это
45 называется Стоксовым сдвигом. Эта разница отвечает за остаточное тепло в кристалле, даже если вся доступная энергия или ее большая часть извлекается.

[0058] Спектральный выход ртутных ламп на этом уровне мощности приблизительно равен 1/3 в УФ диапазоне. Таким образом, для повышения эффективности требуется

использование пластин резонаторного фильтра для повторного использования как можно большего количества энергии УФ излучения. Дополнительно, пластины резонаторного фильтра из фторида тербия снижают количество УФ излучения, которое падает на александритовый кристалл. Со временем это излучение, вероятно, повредит кристалл и уменьшит его прозрачность, что, в свою очередь, ограничивает его пригодность и, таким образом, срок службы лазерного устройства.

[0059] Для использования в пластинах резонаторного фильтра также возможны другие кристаллические решения. Они содержат тербиевый гранат с активным материалом из сапфира, легированного титаном; YALO, легированный тербием, церием, титаном, YAG, легированный гадолинием, галлием, тербием, церием, самарием; фторид тербия, легированный самарием и литиево-иттриевый фторид, легированный тербием и самарием, но не ограничиваются ими. Каждый имеет свои конкретные преимущества. Большинство является менее эффективными, чем фторид тербия, легированный самарием» но оксидные кристаллы могут обрабатывать более высокие уровни входной мощности со смещением, что вследствие более низкой эффективности преобразования останется большее количество тепла.

[0060] РЕЗОНАТОРНЫЕ ОТРАЖАТЕЛИ

[0061] Примерные керамические отражатели 6, 6' такие, как показанные на фиг. 4, могут состоять из неразрушающейся керамики, включая, например, соединение Al_2O_3 (оксид алюминия) высокой чистоты. Компонент может быть окончательно обработан уплотняющим глазированным покрытием, которое предусматривает водонепроницаемое уплотнение на его краях посредством сжатого уплотнения из силиконовой резины, предпочтительно, белой или прозрачной. Резонаторный отражатель 6 сконструирован с возможностью отражения света (излучения) от ламп 2 обратно на устройство для его использования. Предпочтительно, отражатель 6 выполнен из инертного (термически, химически и относительно излучения) вещества, такого как керамический материал, описанный выше.

[0062] Компоновка резонаторных отражателей 6, 6' подобна трубке прямоугольного сечения с двумя прямоугольными пазами на каждом конце для облегчения протекания воды в открытом пространстве 8 по длине ламп 2. Это также охлаждает одну поверхность резонаторного фильтра 5. Дополнительно, на каждом конце камеры накачки находятся отражающие концевые крышки, в которых есть отверстия, допускающие проход сквозь них ламп. Существует отдельная прижимная уплотняющая пластина для обеспечения уплотнительного кольца из силиконовой резины, для прижатия к стенкам ламп и концу отражателя. На одном конце есть прямоугольное отверстие для лазерной пластины для ее плотной посадки и уплотнения с помощью сжатия кольцевого уплотнения и уплотняющей пластины.

[0063] В верхней и нижних частях снаружи вблизи концов обеспечены два дополнительных приспособления, допускающих вход и выход воды с каждой стороны (не показаны). Это выполнено для приема охлаждающей воды для ламп и, частично, для резонаторного фильтра.

[0064] ФОРМА КРИСТАЛЛА СЛЭБ-ЛАЗЕРА

[0065] На фиг. 5 показан вид сбоку общей формы примерного кристалла 1 слэб-лазера. Форма определена шириной 12 пластины, длиной 13 пластины, как измерено от серединной точки каждого конца, углом клина, действующего в качестве оптического окна 14 Брюстера для торца, где проходят падающий и выходящий пучки, и углом 15 отражающего конца кристалла. Все эти четыре параметра взаимосвязаны в примерных вариантах осуществления, а кристалл 1 слэб-лазера должен иметь конкретный набор

этих параметров для требуемого функционирования.

[0066] На фиг. 6 показана предпочтительная примерная ситуация, где отражающий угол 15 равен 90 градусов, а угол входа задан углом Брюстера (например, угол Брюстера с осью С для александрита равен 60,06 градусам, так что угол 14 клина поверхности входа равен 29,94 градуса), тогда требуемая длина пластины однозначно сопоставлена с шириной пластины. В том случае, когда входящий лазерный пучок 16 расположен на центральной линии, длина должна быть такой, что центр пучка падает на угол пластины на отражающем конце таким образом, что выходной пучок также находится на центральной линии. В случае, показанном на фиг. 6, падающий и выходящий пучки 16 всегда коллинеарны. Световое излучение 20 лампы накачки входит через верхнюю и нижнюю поверхности пластины, тогда как световое излучение лазерного источника и усиленное лазерное излучение выходят через поверхность с углом Брюстера.

[0067] Когда падающий пучок смещается вверх или вниз относительно передней поверхности пластины, тогда выходной пучок также смещается в противоположном направлении. Это показано на фиг. 7А, где один падающий пучок 16 находится посередине между центральной линией и краем окна входа. Тогда, если падающий пучок (или множество пучков) занимает только половину размера окна, как показано обозначением "17" на фиг. 7В, тогда выходной пучок 17' физически отделен от падающего пучка 17. Такая конфигурация решает задачу разделения пучков, но ограничивает площадь поперечного сечения пучка до менее, чем половины размера торца пластины.

[0068] Необязательно требуется, чтобы передний угол 14 клина был задан дополняющим углом Брюстера, как на предыдущих чертежах. Поскольку угол клина изменяется, углы внутреннего отражения пучка 16 внутри пластины изменяются, и количество отражений для заданной общей длины изменяется. Два примера других падающих углов клина, которые работают для тех же длины и ширины, показаны на фиг. 8А и 8В. В первом примере на фиг. 8А угол 14 клина равен 37,6 градусов, а во втором примере на фиг. 8В, угол клина 14' равен 46,2 градуса. Возможно найти длину пластины, которая будет работать для широкого диапазона углов. Однако, во всех таких случаях, падающий и выходящий пучки расположены поверх друг друга (совпадают) в противоположных направлениях.

[0069] Однако существует диапазон углов вблизи 90 градусов, который также можно использовать. Одна такая ситуация показана на фиг. 9, где угол передней поверхности 14" равен 90 градусам относительно оси пластины. Для ситуаций вблизи этого угла, выходной и входящий пучки не совпадают. Это содержит хороший признак разделения выходного и входного пучков 16. Однако, площадь передней поверхности по меньшей мере сравнима с другими углами 14 и 14' клина, и это ограничивает плотность мощности усиленного светового излучения.

[0070] Наконец, предпочтительные примерные варианты осуществления для отражающей поверхности на конце пластины будут под углом, отличным от 90 градусов. Это показано на фиг. 10А, 10В для двух примерных углов 15 и 15'. В первом примере на фиг. 10А конечный угол 15 равен 88,25 градусов, и это приводит к выходному пучку, отделенному на 9,41 градус от оси входящего пучка. Во втором примере на фиг. 10 В угол 15' равен 91,80 градусов, а выходной пучок отделен на 13,50 градусов от входящего пучка. В зависимости от отношения длины пластины к ширине пластины могут быть использованы другие углы, а эти два угла показаны только в качестве примеров. Эта конфигурация имеет требуемые признаки разделения входного и выходного пучков и обеспечивает возможность заполнения полной апертуры падающим пучком.

[0071] Другая примерная конструкция, использующая те же материалы и общее расположение, обсужденные выше, но слегка различной архитектуры, частично показана на фиг. 11. Этот вариант позволит масштабирование до значительно более высоких уровней мощности. В этом примере есть только один ряд ламп 22, обеспеченный только на одной стороне активного кристалла 21, и здесь их больше. Вместо трех ламп на одной стороне для представленного примера на фиг. 1-4 кристалла шириной четыре сантиметра, здесь могут быть до 24 ламп для кристалла 30 см длиной, например. Кроме того, ось кристалла поперечно вращается таким образом, что ось В проходит вдоль 30 сантиметрового размера. Также показана одна пластина 25 резонаторного фильтра, которая лежит между лампами 22 накачки и активным материалом 21 лазера.

[0072] На фиг. 12 показано поперечное сечение примера одного из сегментов 30 примерной цепи лазерных усилителей, где сегмент 30 содержит структуру, показанную на фиг. 11. На этом чертеже показана пластина 21 лазерного усилителя, пластина 25 резонаторного фильтра и группа ламп 22 накачки. Также показаны керамический резонаторный отражатель 26, который покрывает только одну сторону пластины 21 усилителя, и корпус 27 из нержавеющей стали. Резонаторный отражатель 26 сконструирован с возможностью отражения света (излучения) от ламп 22 обратно на устройство для его использования. Предпочтительно, отражатель 26 выполнен из инертного (термически, химически и относительно излучения) вещества, такого как керамика с высоким содержанием окиси алюминия. Зазор между пластиной 21 усилителя и резонаторным фильтром 25 выполнен с возможностью прохождения охлаждающей воды, как и раньше, а пространство вокруг ламп 22 накачки предусматривает отдельный контур для охлаждающей воды. Пластины удерживаются на месте при помощи уплотнений 29, которые удерживают водяные контуры отдельно и допускают термическое расширение деталей по мере повышения температуры.

[0073] На фиг. 12 также показана траектория усиленного лазерного пучка. Центр пучка показан сплошной линией 16, как он падает на поверхность активного кристалла 21 под углом Брюстера. Пучок преломляется (изменяет угол), поскольку пересекает указанную поверхность, полностью отражается обратно от задней поверхности и выходит под углом Брюстера. Пучок является широким, как показано пунктирными линиями 16' и 16'', и пересекает активную среду дважды (внутри и наружу).

[0074] На фиг. 13 показано, как усилительные ступени 30 могут быть скомбинированы в усилительную цепь для получения в результате усиленного пучка очень высокой мощности. Лазерный пучок 16 поочередно проходит сквозь каждую из усилительных ступеней 30 на каждой стороне траектории пучка. Между каждыми усилительными ступенями есть отражающая поверхность 31, которая улавливает фотоны ламп накачки в резонатор до тех пор, пока они не поглотятся активным материалом лазера.

[0075] На низких уровнях мощности лазерный усилитель может быть сконструирован с использованием примерных лазеров, обсужденных выше в отношении фиг. 1-4.

Поскольку уровень мощности возрастает вдоль усилительной цепи, конструкция усилителей может изменяться до примерной конфигурации, показанной на фиг. 11-13. В результате получают пучок очень высокой мощности с более высокой эффективностью, чем было возможно раньше, до ограничения передачи энергии, налагаемых представленными в качестве примера активными материалами, выращенными с помощью НЕМ способа. Поперечное сечение лазерного пучка расширяется так, что эта архитектура предоставляет пластину с большой площадью поверхности для взаимодействия с этим пучком. Размер этой головки ограничен только размером печи для НЕМ способа по производству були, из которой вырезают плоский

кристалл. Например, если в этой конфигурации активная пластина, толщина которой 1 см, выполнена 15 см высотой и 30 см длиной, используя поперечное сечение пучка порядка 15 см × 15 см, она будет генерировать пучок с огромным пиковым значением и средней мощностью при простом и относительно небольшом устройстве.

5 [0076] Однако, даже если при помощи описанных способов, таких как диффузная сварка, скомпонован более крупный плоский кристалл усилителя, оптимальный размер ламп накачки, вероятно, ограничен приблизительно до 15 см в длину или мощностью 6 кВт для 6 мм диаметра 2 мм отверстия колб. Это ограничение обусловлено 20% тепла, выделяющемся на электродах (соответствующих 10% на каждом конце при работе с
10 входом формы переменного тока). Электрод, действующий в качестве анода, получает тепловыделение, которое возникает в каждом полупериоде. Такая тепловая нагрузка контролируется в кварцевой трубке 6 мм диаметром с длительным сроком службы. Различные размеры будут иметь различные теплоотводные характеристики и, следовательно, различные сроки службы. Если эти длина и мощность лампы накачки
15 выбраны для использования с более крупными плоскими кристаллами, тогда эта лампа должна быть сконструирована таким образом, что ее электродные части входят под углом 90 градусов в выступы с 15 сантиметровой дуговой частью между ними таким образом, что находятся в укороченной "V" образной конфигурации. Такой тип ламп должен быть смонтирован в смещенных параллельно гнездах на протяжении задней
20 части отражателя таким образом, что ряды, показанные на фиг. 11, будут заменены на матричную структуру. Расположение может быть таким, чтобы достигать равномерной интенсивности световой накачки при использовании ртутных дуговых ламп или ламп на основе йодида таллия, использованных либо с александритовыми (ртутная лампа), либо с титан-сапфировыми (лампа на основе йодида таллия) лазерными пластинами.

25 [0077] АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

[0078] Вариантом вышеописанных конструкций является использование йодида калия вместе с ртутью в качестве заполнения дуговой лампы (это изменяет спектр светового излучения накачки, ссылаемся на патент 7,061,182, включенный в настоящий документ посредством ссылки, который в случае, если модифицирован таким образом,
30 что содержит охлаждающие возможности и имеет нагрузку более высокой мощности, может быть использован в качестве источника света накачки для обеспечения более долгого срока службы ценой более низкой эффективности). Другой вариант заключается в использовании йодида индия в качестве заполнения внутри сапфировых ламп с сапфиром, легированным титаном ($\text{Ti:Al}_2\text{O}_3$) в качестве активной среды слэб-лазера.
35 В случае, когда использована лампа с йодидом индия, поскольку эта лампа производит УФ излучение, также потребуется использование резонаторного фильтра. В конфигурации Hg/Ag + йодид таллия резонаторный фильтр может быть опущен, поскольку выход этой лампы 71% при обычных 535 нм. Это представляет собой диапазон, являющийся почти пиковым для полосы поглощения $\text{Ti:Al}_2\text{O}_3$.

40 [0079] Хотя эта конфигурация, вероятно, не поддерживает свое использование в качестве генератора, эта конфигурация пригодна для использования в качестве удобного усилителя. Она будет все еще менее эффективной, чем александритовый усилитель, поскольку время затухания люминесценции приблизительно в двадцать пять раз дольше (например, 75 микросекунд против 3,2 микросекунд) в александрите при температуре
45 180 градусов Цельсия по сравнению с титан-сапфировым активным материалом. Однако, если конструктору необходимо работать на больших частотах, чем в александрите, система на основе $\text{Ti:Al}_2\text{O}_3$ может это делать.

[0080] ПРИМЕНЕНИЯ

[0081] Одним из нескольких важных применений лазеров высокой мощности является импульсное лазерное напыление (Pulsed Laser Deposition, Pulsed Laser Deposition). Если импульсы с высокой частотой их повторения и модуляцией добротности (такие импульсы создаются при использовании одного из нескольких коммерчески доступных внешних коммутирующих устройств, примененных к примерным лазерам, обсужденным в настоящем изобретении) направлены на напылительные мишени, тогда дискретные слои любых атомных частиц или соединений могут быть переданы на подложку, выполняя устройство со структурой микрослоев. Улучшением по сравнению даже с PLD напылением высокой мощности будет использование обоих вариантов этого лазера в использовании для испарения мишеней для PLD напыления. В этом примере для удаления материала мишени с высокой скоростью может быть использован лазер с наивысшей средней мощностью (например, александритовый, производящий импульсы повышенной излучающей мощности с модуляцией добротности на приблизительно 13,333 Гц). Второй пучок с более высокой частотой повторения импульсов (например, 312,5 кГц) от титанового лазера, работающего в качестве сверхбыстрого лазера, направлен на находящийся в движении факел материала ионно-атомного осаждения. Такое использование двойного лазера значительно улучшит качество выполненных пленок, поскольку любая извлеченная частица материала будет полностью преобразована в атомный ионизированный материал посредством второго лазера.

[0082] Это представляет собой спектр производственных технологий, который, с одной стороны, относится к аддитивным технологиям (или технологиям послойного синтеза), в которых происходит осаждение, а с другой стороны, к технологиям травления или удаления, которые происходят в комбинации с другими процессами, составляющими полный процесс. Крупномасштабным примером будет плазменное напыление методом PLD экзотических и ранее сложных, если вообще не изготавливаемых, соединений, таких как гафниево-танталовый карбид - материал, температура плавления которого является наивысшей на Земле, - на материал с совпадающим расширением, такой как затравка с присоединением железоникелевого сплава, такого как ковар, для выполнения конкретной формы с архитектурой внутренней структуры или без нее, возможно, для охлаждения, и последующего удаления конкретного количества до получения сетчатой детали. Такое устройство будет применимо для плоскостей управления гиперзвуковыми летательными аппаратами, либо на авиакрыле, либо в плазменном факеле выхлопа. Развитием этой технологии и материалов будет материал обшивки летательного аппарата с повторно используемой теплозащитой, которая будет более легкой и стойкой, чем текущие комбинации материалов. На микроскопическом уровне эта технология будет PLD напылением слоев полупроводниковых материалов с последующим удалением конкретных областей и дальнейшим осаждением других полупроводниковых материалов для изготовления устройства. Иллюстративный пример относится к изготовлению булей диодных лазеров, из которых выполняют, в качестве одного примера, недорогие диодные лазеры. Это будут представители микроэлектронных схем или микроэлектромеханических устройств или МЭМС, поскольку такая импульсная лазерная технология высокой мощности при использовании в сочетании с устройствами преобразования гармоник или частот, обеспечит генерацию ранее неслыханных уровней мощности в короткочастотной части спектра, тем самым допуская непосредственное изготовление микроэлектронного устройства. Эта технология будет особенно полезна для изготовления микроэлектронных устройств на основе алмазоподобного углерода (DCL, Diamond-Like Carbon), в качестве другого примера. Дополнительным примером

будет осаждение материала арсенида бора в качестве распределительного материала для теплового контроля полупроводника. В этой области применения такой лазер может быть также использован в качестве улучшенного ионного эмиттера для

5 Это будет дополнение или замещение ионных пушек высокого напряжения в коммерчески доступных машинах. В этом примерном применении использование источника с модуляцией добротности и источника с синхронизацией мод (варианты, использующие импульсы наносекундной длины, и даже пикосекундной или менее длины, действующие на ионный источник, затем пучок ионов для суператомизации достигнет

10 тока пучка, который ограничен только возможностями були целевого устройства для наращивания осажденных ионов на пригодную структуру, скорее чем собственным ограничением толщины осаждения, такой как 1-10 микрон в час, до миллиметра или сантиметра толщины в час.

[0083] Одним примером будет осаждение покрытия из алмазоподобного углерода (DLC) (или осаждение действительно алмазного покрытия) на любую металлическую механическую подложку, используя лазер или двойной лазер. DLC слои имеют по меньшей мере четыре признака, которые делают их значимыми для коммерческого применения. Во-первых, DLC слой имеет требуемый признак, состоящий в том, что этот слой в высшей степени твердый, и поверхность, покрытая DLC слоем, практически

20 не покажет какого-либо износа. Во-вторых, DLC слои обладают очень высокой теплопроводностью (в несколько раз выше, чем медь), которая делает их идеальными для использования в качестве теплораспределителей для удаления тепла от любой поверхности, к которой он присоединен. В-третьих, DLC слои являются электроизолирующими и имеют очень высокое напряжение пробоя (приблизительно

25 10000 вольт на микрон толщины). В четвертых, DLC слой имеет очень низкий коэффициент термического расширения, позволяющий его использование в качестве подложки для изготовления интегральных схем и микроэлектронных устройств с исключительно высокой рабочей мощностью, поскольку DLC слой будет отводить тепло работы от компактных целикомых конструкций многоуровневых интегральных

30 схем. Таким образом, они могут быть использованы для обеспечения эффективной электроизоляции при относительно тонких слоях или толстых пластинках/пластинах и многоуровневых блоках целикомой структуры для использования во многих высоковольтных применениях или иных применениях с высокой плотностью электрического поля, включая электрические конденсаторы для накопления энергии.

[0084] DLC изоляция, примененная к медному или алюминиевому проводу, используемому в изготовлении различных товаров, позволит устройству с DLC изоляцией работать при более высоких температурах, чем это было возможно с полимерной изоляцией. Предел рабочей температуры для устройств с проводами, изолированными обычным полимером, составляет около 200 градусов Цельсия. Для сравнения, DLC

40 покрытие будет функционировать до температуры его графитизации, которая начинается вблизи 400 градусов Цельсия. Комбинация теплопроводности DLC, очень низкого коэффициента теплового расширения и изоляции напряжения допускает создание устройства, физические размеры которого в несколько раз меньше, чем у его аналогов с полимерной изоляцией, но которое все еще будет работать на тех же самых уровнях

45 мощности.

[0085] DLC покрытия, созданные при помощи импульсного лазерного напыления (PLD) (где распыляемая мишень из графита или чистого углерода), продемонстрированы на небольших образцах, но препятствием для более крупномасштабных коммерческих

применений было отсутствие возможностей создания лазеров более высокой мощности низкой стоимости, подобных слэб-лазеру, раскрытому в настоящем документе. Одна реализация состоит в использовании александритового или титанового лазера, такого как лазер конструкции, раскрытой в настоящем документе, для создания импульсов с модуляцией добротности или сверхбыстрых импульсов с высокой средней мощностью на донорную распылительную мишень с помощью титано-сапфирового варианта, производящего импульсы с частотой 312 500 кГц или выше, используемый в то же время и направленный на факел (тем самым, распыляя, атомизируя и ионизируя его) во время его перемещения в сторону подложки. Такой способ может быть использован для любого распылительного материала, и не ограничен графитом в качестве материала источника.

[0086] Другое полезное коммерческое применение состоит в производстве солнечных элементов низкой стоимости или интегральных схем при помощи PLD. Практически любой материал может быть осажден на любую подложку в любом порядке и любой толщины с помощью управляемого компьютером осаждения и удаления большого или малого количества атомов осажденного материала. Препятствием коммерческого использования была возможность создания лазерного источника высокой мощности с низкой стоимостью. Любой из лазеров, раскрытых в настоящем документе, может быть использован для экономичного высокоскоростного создания высокоэффективных многослойных фотоэлектрических пленок, таких как пленки из кремния, германия, арсенида галлия на германии, нитрида галлия, галлиево-индиевого нитрида, фосфида галлия или любого другого галлиевого сплава, включая заявление, что любой существующий проводниковый сплав, существующий в настоящее время и произведенный посредством распыления, химического или ионного осаждения на любом материале подложки, может быть произведен с помощью описанной лазерной системы или двойной лазерной системы. Эта технология будет содержать высокоскоростное изготовление большой площади графена с листом толщиной в один атом из атомов углерода в однослойной или многослойной конфигурации, выращенного в деталь конкретной формы.

[0087] Поскольку PLD имеет самую низкую температуру осаждения, теперь стало возможно, что фотоэлектрические пленки могут быть выращены на подходящих термопластиковых сетчатых или изогнутых поверхностях. Это обеспечит способ создания гибких фотоэлектрических матриц при низкой стоимости изготовления со сравнениями с обычными способами химического осаждения металлоорганических соединений из паровой фазы (MOCVD, metal organic chemical vapor deposition).

[0088] Лазеры высокой мощности имеют большое количество применений в областях сварки и/или резки. Вариант слэб-лазера с модуляцией добротности позволит резать стальные пластины, толщина которых составляет от нескольких дюймов до десятков дюймов, с увеличенной скоростью. В настоящее время на судостроительных верфях используются 20 кВт CO₂ лазеры, но 100 кВт лазеры редки и очень дороги. Вероятно, в случае системы слэб лазеров, таких, как описанные в настоящем документе, которые могут быть выполнены более экономичными, так не будет. Система, состоящая из ряда лазерных усилителей, таких как примеры, представленные в настоящем документе, могли бы доставлять некоторое количество этой мощности при сильно сниженных рабочих затратах, по сравнению с другими лазерными системами мегаваттного класса.

[0089] Один лазерный источник или объединенный лазерный источник, такие как описанные импульсные лазеры или лазеры с незатухающей гармоникой (такие как показанные в качестве примера в 8,220,0965), использованные в сочетании в виде

лазерной системы высокой мощности, также могут быть использованы для туннельного и/или подземного строительства. Использование пучка с непрерывной импульсной последовательностью или импульсной последовательностью с модуляцией добротности позволит нарезать каменную поверхность целевого котлована на толстые вертикальные плиты. Если прямоугольные участки плит должны быть выкопаны для использования системы удаления материалов с сочлененной конвейерной лентой, то режущий пучок должен быть направлен на несколько футов выше этого пространства на каждом вертикальном срезе, затем после выполнения горизонтальных срезов под действием веса каменных плит в какой-то момент времени отломается кусок камня, который свободно упадет на систему с сочлененной конвейерной лентой. Возможно, что 1 мегаваттный пучок посредством испарения отверстия диаметром 1 дюйм в 22 футовом камне примерно за одну секунду удалит каменную "панель" размером 10 метров на 10 метров на один метр за час или около того с помощью конвейерной системы уборки породы. В архитектурах, смонтированных на тяжелых грузовиках, возможны компактные 5 мегаваттные системы. Это реализует повышение скорости туннелирования в 20-50 раз.

[0090] Для таких применений может быть важна длина импульса лазера. Чем больше длина импульса лазера, тем более вероятно, что испаряемый материал будет содержать в факеле нежелательные частицы. Это может происходить даже при импульсах длиной несколько миллиардных секунды или наносекунд. Однако, по мере приближения к импульсу длиной в одну триллионную секунды, достигается время атомной релаксации, и это стремится ограничить возможность материала для передачи тепловой энергии смежным атомам, следовательно, кластеры не достаточно холодные для допущения нарастания, и это увеличивает распыление и снижает загрязнение частиц. Это является одной причиной того, что взрывчатое вещество может быть подвергнуто машинной обработке с помощью сверхбыстрой системы, а не системы с модуляцией добротности, с помощью сверхкороткого или сверхбыстрого импульса тепло испарения уходит посредством факела.

[0091] Следовательно, существует интерес к импульсам, более коротким, чем, 1 пикосекунда, называемым сверхбыстрыми. Обычная длина импульса титан-сапфировой системы равна 100 фемтосекунд, и такая системы производит импульсы, настолько короткие, что их длина равна 100 аттосекунд.

[0092] Когда с помощью этих коротких лазерных импульсов вещество испаряется, в распоряжении конструктора есть меньшее количество частиц, что способствует лучшей тонкой пленке и более простому процессу. Благодаря этому признаку МОРА конструкции будут применимы в изготовлении интегральных схем и микроэлектромеханических систем. Особенно интересно изготовление DLC подложек и алмазных полупроводниковых интегральных схем с использованием этих лазерных конструкций.

[0093] Проблема с созданием таких коротких импульсов состоит в прохождении такого короткого импульса сквозь активный материал: 1) короткий импульс не тратит достаточного количества времени, взаимодействуя с заряженным атомом для его индуцирования для отдачи запасенной энергии; 2) система для производства таких сверхбыстрых импульсов обычно требует один большой (20 мм в диаметре и 6 мм длиной) кристалл, которая перенаправляет короткий импульс сквозь этот кристалл около 8-20 раз для фактического получения из него требуемой энергии; и 3) когда требуемая энергия получена, яркость довольно высока, что может разрушить поверхность оптики. Рассмотрим излучение импульса в 1 джоуль длиной одну

триллионную секунды, это создаст излучение в триллион ватт. Закон определения мощности для порога повреждения равен $1/2$ мощности или квадратному корню разницы длин импульсов, на основании этого уровень излучения 5 ГВт/см для импульса 1 наносекунды длиной будет выдерживать, например, 156 МВт для импульса длиной 1 пикосекунду. Длина этого импульса, например, примерно в 1000 раз короче, следовательно, квадратный корень из $1000=31,62$, примерные излучение и энергетический уровень будут, например, один триллион ватт при 1 джоуле, соответственно, новый порог повреждения будет, например, $1/31,62=0,03162$ джоуля.

[0094] Поэтому в обычных сверхбыстрых системах фактическая длина импульса около $1/2$ наносекунды и сжата в сетчатую пару таким образом, чтобы использовать внутриимпульсную частотную модуляцию или спектрально перекрывать спектральные компоненты. Это поднимает другую проблему, связанную со сверхбыстрыми усилителями: скорость светового излучения для различных цветов в большинстве оптических материалов обычно отличается, что приводит к "дисперсии", когда 500 пикосекундная синяя часть импульса движется медленнее, чем 500 пикосекундная красная часть импульса. Это является одной из наиболее важных причин того, что средний выход мощности большинства систем для сверхбыстрых систем ограничен и обычно составляет менее 100 ватт. Примерное состояние системы уровня техники стоимостью \$300000, охлаждаемой жидким азотом и требующей лазер с удвоенной частотой накачки и модуляцией добротности, который в 5 раз более мощный, для того чтобы получить 100 ватт для ее приведения, тем самым производит систему стоимостью, например, около \$500000. Напротив, стоимость получения 3600 ватт выхода раскрытого титан-сапфирового усилителя порядка, например, \$100000 на момент времени написания настоящего документа. Причина, по которой изготовитель выполнил описанную 100 ваттную сверхбыструю систему, состояла в том, что он занимался научными разработками, предметом интереса которых были пленки, изготовление которых способом химического осаждения металлоорганических соединений из паровой фазы (MOCVD, metal organic chemical vapor deposition) было невозможно.

[0095] Однако для коррекции этой проблемы может быть использована твердотельная технология сжатия импульса на основе направления дисперсного импульса сквозь ряд стеклянных призм с высоким показателем преломления, выстроенных в антипараллельной конфигурации. При помощи отправки импульса сквозь кончик каждой призмы, физическое расстояние для более медленных форм волн (более высокой частоты) сквозь стекло будет больше и короче для более быстрых форм волн (более низкой частоты), разница длины пути в воздухе и в стекле позволяет медленной частоте быть скомпенсированной этой стратегией так, что она возвращается там, где позиционно была в этом импульсе, когда он вошел в усилитель. Такая архитектура обеспечивает стопу, содержащую на конце пути пучка зеркало таким образом, что световое излучение отражается обратно через стопу призм. Такие собранные в стопу призмы могут быть предоставлены примерно такого размера, как головка усилителя или длиннее, что применимо для обеспечения дисперсионной компенсации головки или головок, следующих за головкой или головками фактической мощности.

[0096] ПРИМЕР ПРИКЛАДНОЙ СИСТЕМЫ

[0097] Для иллюстрации, как работают эти компоненты и как они могут быть использованы, на фиг. 14 показан импульс от источника в виде затравочного лазера 40 через усилитель 42 и зеркала 48, 47 до его конечной точки в рабочей камере 45, затем мы повторим это для второго затравочного лазера 41. Первый затравочный лазер 40 действует в качестве источника для сверхбыстрой усилительной цепи 42. Длительность

и частота импульса и скорость повторения задана в этом компоненте в соответствии с требуемым применением. Например, он может производить 1/2 наносекундный импульс, при этом импульс имеет, например, диапазон длин волн шириной 100 нм от 750 нм до 850 нм, а в секунду испускается 312 500 импульсов. Альтернативно, диапазон люминесцентного выхода для титан-сапфира производит световое излучение от 650 нм до 1100 при тех же скоростях, как упомянутые выше, допуская работу лазера на тех частотах, которые требуются.

[0098] Усилительная цепь может содержать последовательную группу усилительных модулей, таких, как показанный на фиг. 1, в качестве примерного модуля, где импульс вводят в активный кристалл титанового сапфира, как показано на фиг. 2 & 10А и 10В. Лазерный пучок распространяется от торца до торца (фиг. 10А и 10В), он движется в кристалле от конца до конца и обратно, он будет входить в кристалл и выходить из него под различными углами для отдельных целей, он будет усиливаться и рассеиваться, потому что скорость света для красного компонента выше, чем для синего компонента. Это вызывает задержку этих частей, которые все еще остаются 1/2 не длиной, относительно друг друга и удлиняет импульс. При выходе из первой пластины импульс может быть направлен на компенсатор рассеяния или компрессор (описаны ниже), который реверсирует эффект смещения активного кристалла таким образом, что теперь усиленный импульс снова будет 1/2 не длиной. Это повторяется на каждой усиливающей ступени до достижения требуемого уровня мощности, в котором месте импульс сжимается компенсатором того же типа и конструкции, но, возможно, другой архитектуры и большего размера для обслуживания более высоких энергетических уровней.

[0099] Компрессионное устройство может быть выполнено с возможностью производства импульса короче в 5000 раз, чем при помощи процесса, называемого внутриимпульсной частотной модуляцией. Здесь синюю и красную части переносят во времени так, что они частично в высшей степени перекрываются, и части заднего и переднего фронтов различных цветов были разделены так, что они разрушительно смешиваются, этот эффект покидает неперекрываемые части в центре импульса, то есть, на уровне длины 1 пикосекунды, но не снижает энергетическое содержание импульса.

[0100] Обратимся снова к фиг. 14, заключительная компрессионная ступень будет расположена в корпусе первого усилителя 42 на конце содержащей его усилительной цепочки для выходного пучка 51. Излученный пучок 51 подойдет к первому расщепителю 48 пучка, где часть 51' сверхбыстрой импульсной энергии будет отражена вниз к рабочей камере 45 или камере для образца для термализации вещества в частицы в факеле 58, показанном на фиг. 15. Другая часть пучка 51, пропущенная через расщепитель 45, входит в утраивающий модуль 44, где преобразуется доля импульсной энергии, например, в фотоны с 1/3 длиной волны или 266 нм. Эти фотоны и эту часть импульса направляют на поворачивающее зеркало 47, где 1 пикосекундный световой импульс 52 с длиной волны 266 нм направляют на образец, покрывающий камеру 45 для образца, как показанный на фиг. 15 образец 59. Здесь УФ фотоны смешивают электроны от поверхности образца 59 и фотоионизируют эту поверхность, тем самым повышая скорость и качество покрытия. Во второй цепочке александритовых усилителей, показанной на фиг. 14, второй затравочный лазер 41 генерирует пучок 53, например, с импульсом длиной 50 нс и с диапазоном длин волн до 100 нм, со скоростью 13333 импульсов в секунду (ширина импульса, скорость их повторения и диапазон длин волн выбраны инженером для оптимизации процесса). Пучок 53 направлен на усиливающую цепь 43, где увеличивается энергетическое содержание импульса, и

импульс выходит из усилительной цепи 43 по траектории пучка 54 на другое зеркало 47, где он направляется на материал источника в камеру 45 для образца источника. Образец 57 источника показан на фиг. 15, который подлежит испарению и превращению в распыленный факел 58.

- 5 [0101] Такая лазерная последовательность импульсов в пучке 54 не обязательно должна быть сжата, поскольку этот эффект не применим к импульсам, более длинным, чем 600 пикосекунд. Дисперсия в александритовом активном материале не влияет явным образом на длину импульса, а этот пучок должен достигать требуемого уровня мощности для того, чтобы быть эффективным для испарения материала на источнике.
- 10 Для оптимизации этого эффекта различные материалы требуют различных длин импульсов, что задано для затравочного лазера для каждой усиливающей цепи и материала, подлежащего осаждению.

- [0102] Следовательно, на фиг. 14 показана примерная компонентная архитектура компоновки реального PLD генератора с лазерным источником, который включает
- 15 в себе как александритовую МОРА систему, так и титан-сапфировую МОРА систему, описанные в настоящем документе. Каждая имеет соответствующий затравочный лазер или задающий генератор 40, 41, который может быть титан-сапфировым или александритовым задающим генератором соответственно. Задающий генератор задает длину когерентности, частоту импульса, длину импульса и скорость повторения
- 20 импульсов для каждой усиливающей цепи. Здесь затравочный лазер 40 представляет собой сверхбыстрый затравочный лазер, который будет производить 1/2 наносекундные (или менее) импульсы с диапазоном длин волн около 100 нм (750 нм - 850 нм) (или более узкий диапазон длин волн), который будет повторяться примерно каждые 3,2 мкс (или меньше) или 312500 раз в секунду (или больше). Наиболее вероятно, это будет лазер с
- 25 синхронизацией мод (способ производства очень короткой длительности очень когерентного затравочного импульса) для того, чтобы достигать этих коротких импульсов.

- [0103] Аналогично, затравочный лазер 41 будет источником для александритовой усиливающей цепи 43 и будет производить 50 нс +/- 20 нс импульсы с модуляцией
- 30 добротности с диапазоном длин волн 100 нм или меньше каждые, например, 75 мкс или 13 333 раз в секунду. Диапазон длин волн является требуемым признаком для сверхбыстрого лазера, поскольку длина импульса сжимается до 6000 раз путем перекрытия спектральных компонентов из синего и красного компонентов для разрушительного влияния на заданный временной интервал каждого индивидуального
- 35 импульса. Такой эффект возможен, потому что когерентная длина затравочного импульса (в котором пики и долины амплитудных волн фотона выровнены подобно марширующим солдатам).

- [0104] Существует соответственная частая потребность в эксплуатации характеристик атомного уровня в PLD производстве; один из этих признаков состоит в увеличении
- 40 вероятности испаренных атомов в факеле и желании притянуть и прирастить друг к другу в структурном порядке на покрываемой подложке. Это является причиной того, что конструктор очень часто хочет включить возможность стимуляции тех атомов это сделать при помощи создания коротковолновых фотонов из частотно преобразованных частей усиливающего лазера. Это достигается в утроителе 44. Это устройство является
- 45 кластером кристалла преобразования гармонических частот в держателе, который преобразовывает часть выбранного пучка в 266 нм фотоны. Неиспользованную часть пучка 51, которая прежде всего отражается от расщепителя 48 пучка, направляют на факел таким образом, чтобы термализовать атомы и частицы, которые находятся в

пути от ионного источника к покрываемой подложке.

[0105] Причина, по которой для этой цели используют более высокую часть сверхбыстрого лазера, состоит в получении преимущества в 25 раз большей или более высокой скорости повторения импульсов титанового лазера и в создании только достаточных фотоионизационных явлений путем облучения УФ пучком 52 для увеличения нарастания на поверхности и организации в структурированной пленке (такой, как было бы необходимо для галлиево-нитридных структур) требуемых участков покрываемой подложки (особенно большие области или соединительные линии в случае экстремальной тонкости). В покрывающей камере, показанной на фиг. 15, пучок 52 является фотоионизирующей, например, 266 нанометровой УФ частью пучка, облучающей образец 59. Большая часть, которая термализует или атомизует факел 58, является частью пучка 51, а александритовый пучок 54 более высокой мощности с более низкой скоростью повторения импульсов облучает ионный источник 57. Особенности оптимизации посредством углов падения уровней излучения на факел, источник и подложку находятся на усмотрение инженера по пленкам. Все эти параметры являются переменными посредством изменения характеристик затравочных лазеров и вакуума или парциальной атмосферы в камере с выбором парциального давления.

[0106] Следовательно, подход, показанный на фиг. 14 и 15 может быть использован для изготовления полупроводников (легирования и/или осаждения слоев на полупроводниковые подложки в качестве заготовок) или для покрытия различных заготовок требуемыми материалами, такими как алмаз или DLC.

[0107] Реальная архитектура, которая эксплуатирует возможности высокой эффективности и генерации мощности лазерных усилителей, описанные выше, например, архитектура, называемая МОРА (которая расшифровывается как Master Oscillator Power Amplifier, усилитель мощности задающего генератора) более подробно описана в этой части.

[0108] Каждый тип активного кристалла - хризоберилл, легированный хромом, также известный как александрит, и сапфир, легированный титаном - работает на отдельном задающем генераторе (и снабжен им) для каждого типа лазера и соответствующей последовательности усилителей пучка. Каждый тип активного материала имеет характеристики, которые способствуют генерации комплиментарных длин импульса и энергетических импульсов. Александритовый МОРА генерирует лучшие для использования импульсы длиной, например, 1-200 наносекунд, часто называемые с модуляцией добротности, в последовательности со своей скоростью повторения, тогда как титан-сапфировый МОРА предпочтительно генерирует импульсы суб-наносекундной длины, которые подошли бы для сжатия до импульсов суб-пикосекундной длины, часто называемых сверхбыстрыми. Будут использоваться системы антипараллельного решетчатого сжатия или сжатия с помощью активной зеркальной призмы.

Альтернативно, вместе с компрессионными призмами может быть использовано зеркало с вынужденным бреллиэновским рассеянием таким образом, что искажения формы волны будут одновременно скорректированы.

[0109] Для эксплуатации возможностей такой конструкции конструктор PLD систем в одной и той же системе нанесения покрытий может использовать два различных типа лазеров, описанных в настоящем документе. Каждый тип лазера является настраиваемым, таким образом, в пределах стандартного диапазона частот зеркального покрытия, которое обычно составляет $\pm 10\%$ центральной частоты, каждый из них легко может работать на индивидуальных, но отдельных выходных частотах, которые производят поляризованный выход. Для объединения или разъединения обоих пучков

будут использованы расщепители пучка с высокой отражательной способностью или зеркала - наиболее вероятно у источника.

[0110] Титан-сапфировый кристалл имеет продолжительность люминесценции, равную, например, приблизительно 3,2 мкс против александрита, которая при обычной рабочей температуре для системы усилительной конструкции составляет, например, около 75 мкс, в течение которых имеет продолжительность люминесценции, которая находится в пределах от, например, 1,5 миллисекунд при температурах ниже точки замерзания до, например, 75 мкс при 150 градусов шкалы Цельсия. Это относится к выходной мощности и эффективности вывода по мере того, как изменяется поперечное сечение эмиссии для александрита при различных температурах. Если активная среда заряжена до насыщения, конструктор может извлекать импульс и повторно заряжать активный кристалл в течение этого временного интервала или быстрее. Титан-сапфировые лазеры обычно накачиваются, например, импульсами зеленого лазера длиной 5-200 нс, хотя средней является длина 50 нс +/- 20 нс, и часто активная часть титан-сапфирового кристалла насыщена так, что он становится сверхизлучающим.

[0111] Это означает, что активный кристалл будет производить намного более короткие импульсы (примерно 2-5 нс) без какого-либо специального подхода, подобно добавлению модуляции добротности и связанной электроники. Альтернативно, если вы хотите более длинные импульсы, такие как в сварочных аппаратах, который имеют длину в миллисекундах, энергия накачки должна быть добавлена со скоростью, достаточной для зарядки активного материала в течение времени, кратного временному интервалу, так что фактически они работают квазинепрерывно в течение импульса.

[0112] Преимущество раскрытой конструкции состоит в том, что усилителю не обязательно быть заряженным или накачанным до уровней, которые позволят ему работать в качестве генератора, хотя александритовое устройство могло бы работать в качестве генератора, если потребуется. Лазеры просто заряжены на любом уровне (в раскрытой конструкции), который допустят лампы, но потому что эмиссия ламп используется так эффективно, как это раскрыто, усилители могут иметь импульс, отправленный сквозь них для извлечения запасенной между временными интервалами люминесценции энергии.

[0113] Действительно, можно работать с импульсными последовательностями с более высокой скоростью повторения через александрит, но в таком случае, придется рассматривать поперечное сечение вынужденной эмиссии, которое является более подходящим для титана, производящего высокоактивные очень короткие импульсы в противоположность александриту, способствующему производству более длинных наносекундных импульсов в импульсной последовательности. Однако, точная спецификация находится на усмотрение конструктора. Этот признак делает возможным 650 нм накачку диодным лазером небольшого александритового слэб-лазера, как затравочного генератора либо с модуляцией добротности, либо с синхронизацией мод и модуляцией добротности, такой, как показано, например, в компоновке на фиг. 14, элементы 42 и 43. Затравочные задающие генераторы для александритовой или для титан-сапфировой усиливающих цепей показаны элементами 40 и 41 на фиг. 14.

[0114] Конструкция реальных PLD систем направит сверхбыстрые и/или добротномодулированные импульсные последовательности на факел (фиг. 15, элемент 51) и, возможно, заставит часть указанного пучка или пучков преобразоваться, в гармонических генераторах (фиг. 14, элемент 44) для достижения коротковолнового УФ спектра таким образом, что конструктор получит опцию направлять уровни оптической мощности и интересующие частоты на заданный факел и/или подложку

(фиг. 15, элементы 51 и 54) и облучать их таким образом, что атомные кластеры или частицы будут атомизированы и ионизированы или удалены с поверхности покрываемой подложки, а также будут фотоионизированы (а электроны будут выбиты) таким образом, что это состояние увеличит скорость нарастания и структурированную атомную сборку.

[0115] Таблица, приведенная ниже, показывает примерную рабочую конфигурацию для различных применений раскрытых лазеров.

ТАБЛИЦА 1

Тип лазера/Применение	Длина импульса	Преобразование гармоник	Комментарии
александрит =Alex титан-сапфир=Ti	1 нс-200нс 0.05-0,6 нс +компрессия до <1 пикосекунды	Один или оба лазера имеют все или часть выхода преобразованным в ~400 нм и или 266нм	Лучшее качество при 266нм на подложку и Al усилительный атомизирующий импульс на факел в большинстве случаев
DLC	Alex:~50нс, Ti:~1пс	Alex:800нм, Ti:266нм	
Полупроводники	Alex:~50нс, Ti:~1пс	Alex:800нм, Ti:266нм	
Металлы	Alex:~150нс, Ti:~1пс	Alex:800нм, Ti:266нм	
Техническая керамика	Alex:~50нс, Ti:~1пс	Alex:800нм, Ti:266нм	
Разделение изотопов	Alex:~100нс	Alex:400нм	большие гармонические мощности, генерированные с помощью Брюстера

[0116] Зависимое от температуры поперечное сечение эмиссии относится к эффективности вывода, а уровни порога повреждения должны быть тщательно разработаны и удерживаться на безопасных уровнях ниже этого предела, поскольку фактический активный объем способствует импульсным последовательностям с очень высоким энергетическим содержанием, которые могут вызывать повреждения в случае, если будут повреждены или разрушены компоненты на траектории лазера.

[0117] С помощью различных комбинаций вышеописанных признаков могут быть предоставлены многие другие примерные варианты осуществления изобретения. Хотя варианты осуществления изобретения, описанные выше в настоящем документе, используют конкретные примеры и варианты, специалистам в области техники следует понимать, что могут быть использованы дополнительные варианты, элементы и/или этапы, описанные в настоящем документе, могут быть заменены эквивалентами, без обязательного отклонения от предполагаемого объема настоящей заявки. Для приспособления вариантов осуществления изобретения к конкретной ситуации или конкретным потребностям могут быть необходимы модификации без отклонения от

предполагаемого объема настоящей заявки. Предполагается, что настоящая заявка не ограничена конкретными примерными реализациями и примерными вариантами осуществления, описанными выше в настоящем документе, но что формула изобретения предоставляет широкую надлежащую интерпретацию для покрытия всех новых и
 5 неочевидных вариантов осуществления, точных или эквивалентных, раскрытых или нет, охватываемых этой формулой изобретения.

(57) Формула изобретения

1. Лазерное устройство, содержащее:

10 плоский кристалл, снабженный поверхностью обратного отражения; и материал резонаторного фильтра, по существу прозрачный для частотного диапазона видимого света, обеспеченный по меньшей мере на одной стороне этого кристалла и выполненный с возможностью приема световой энергии, включающей часть в ультрафиолетовом частотном диапазоне и часть в частотном диапазоне видимого
 15 света, от по меньшей мере одного источника света таким образом, что этот материал резонаторного фильтра преобразует по меньшей мере часть указанной части световой энергии, принятой в первом ультрафиолетовом частотном диапазоне, в световую энергию во втором частотном диапазоне с частотами меньше, чем в ультрафиолетовом диапазоне, для поглощения плоским кристаллом, причем

20 плоский кристалл выполнен с возможностью поглощения части указанной части световой энергии в частотном диапазоне видимого света, переданной через резонаторный фильтр, а также с возможностью поглощения части световой энергии в преобразованном частотном диапазоне для усиления лазерного пучка, испускаемого из слэб-лазера, и причем

25 плоский кристалл выполнен с возможностью приема падающего светового пучка на одном своем торце под одним углом, а также с возможностью испускания усиленного лазерного пучка из указанного одного торца под любым другим углом, отличным от указанного одного угла, или испускания усиленного лазерного пучка, линейно смещенного от падающего светового пучка после поглощения световой энергии
 30 указанной второй частоты.

2. Устройство по п. 1, в котором поверхность обратного отражения находится не под углом 90 градусов к горизонтальной оси плоского кристалла.

3. Устройство по п. 1, в котором указанная поверхность отражения содержит покрытие из диоксида кремния или диэлектрическую многослойную стопу в 1/4 длины
 35 волны, содержащую настроенную или частотно-избирательную характеристику для лазерного пучка, но прозрачную для светового излучения накачки.

4. Устройство по любому из пп. 1-3, в котором плоский кристалл выполнен таким образом, что выходящий лазерный пучок, испущенный плоским кристаллом, отделен на некоторый угол или расстояние от входящего пучка световой энергии от источника.

40 5. Система, содержащая множество лазерных устройств по любому из пп. 1-3, сформированных в ряд световых усилителей таким образом, что выход пучка усилительного лазера предыдущего лазера из указанных лазерных устройств работает в качестве входа в последующий лазер из указанных лазерных устройств.

6. Устройство по любому из пп. 1-3, дополнительно содержащее множество гибких держателей, выполненных с возможностью удержания компонентов указанного
 45 устройства и в то же время допускающих тепловое расширение по меньшей мере одного из компонентов указанного устройства.

7. Устройство по любому из пп. 1-3, в котором материал резонаторного фильтра

содержит фторид тербия, легированный самарием.

8. Устройство по любому из пп. 1-3, в котором плоский кристалл содержит александрит, легированный хромом.

9. Устройство по любому из пп. 1-3, дополнительно содержащее систему для циркуляции охлаждающей жидкости, выполненную с возможностью циркуляции охлаждающей жидкости в указанном устройстве для охлаждения плоского кристалла и/или материала резонаторного фильтра посредством циркуляции этой охлаждающей жидкости между этими плоским кристаллом и материалом резонаторного фильтра.

10. Устройство по любому из пп. 1-3, в котором указанный один торец обеспечен под острым углом к одной примыкающей стороне плоского кристалла, а также под углом, отличным от прямого, к противоположной примыкающей стороне плоского кристалла.

11. Устройство по п. 1, в котором плоский кристалл содержит сапфир, легированный титаном.

12. Устройство по п. 1, в котором указанная пластина является прямоугольной пластиной.

13. Устройство по п. 1, в котором материал резонаторного фильтра выполнен с возможностью приема световой энергии от множества источников света, причем указанная пластина имеет длину больше, чем ширину, а множество источников света также имеют длину больше, чем ширину, при этом источники света расположены таким образом, что линия вдоль длин источников света не является параллельной линии вдоль длины пластины.

14. Устройство по п. 1, дополнительно содержащее по меньшей мере один резонаторный отражатель для отражения светового излучения, испущенного по меньшей мере одним источником света в указанное устройство.

15. Устройство по п. 14, в котором резонаторный отражатель выполнен содержащим по меньшей мере один канал для приема охлаждающей жидкости от охлаждающей системы для охлаждения указанного устройства.

16. Устройство по п. 15, дополнительно содержащее по меньшей мере одно уплотнение для отделения одного или более охлаждающих каналов друг от друга.

17. Устройство по п. 16, в котором указанное по меньшей мере одно уплотнение обеспечено в контакте с резонаторным отражателем и либо с пластиной, либо с материалом резонаторного фильтра.

18. Устройство по п. 1, дополнительно содержащее по меньшей мере водяной коллектор, смонтированный на периметре указанного устройства для поддержания охлаждающей системы для охлаждения указанного устройства.

19. Устройство по п. 1, дополнительно содержащее по меньшей мере один коллектор, смонтированный на указанном устройстве для поддержания охлаждающей системы для охлаждения указанного устройства.

20. Устройство по п. 1, в котором указанное устройство выполнено таким образом, что указанная пластина испускает множество параллельных лазерных пучков.

21. Система для усиления светового излучения, содержащая множество лазерных устройств по любому из пп. 1-4 и 6-20, расположенных последовательно.

22. Лазерное устройство, содержащее:

плоский кристалл, выполненный с возможностью приема падающего светового пучка на одном своем торце и снабженный поверхностью обратного отражения;

по меньшей мере один источник света, обеспечивающий световую энергию, включая ультрафиолетовый частотный диапазон и частотный диапазон видимого света, и

материал резонаторного фильтра, содержащий фторид тербия, легированный самарием, при этом указанный материал является по существу прозрачным для частотного диапазона видимого света и обеспечен по меньшей мере на одной стороне плоского кристалла и выполнен с возможностью приема световой энергии от указанного по меньшей мере одного источника света и возможностью преобразования указанной световой энергии в первом ультрафиолетовом частотном диапазоне в световую энергию во втором частотном диапазоне видимого света для поглощения плоским кристаллом для усиления лазерного пучка, при этом

плоский кристалл выполнен с возможностью поглощения части указанной части световой энергии в частотном диапазоне видимого света, переданной через резонаторный фильтр, а также с возможностью поглощения части световой энергии в преобразованном частотном диапазоне для усиления лазерного пучка, испускаемого из слэб-лазера, и причем

плоский кристалл выполнен с возможностью испускания усиленного лазерного пучка из указанного одного торца.

23. Устройство по п. 22, дополнительно содержащее множество гибких держателей, выполненных с возможностью удержания компонентов указанного устройства и в то же время допускающих тепловое расширение по меньшей мере одного компонента этого устройства.

24. Устройство по любому из пп. 22, 23, дополнительно содержащее систему для циркуляции охлаждающей жидкости, выполненную с возможностью циркуляции охлаждающей жидкости в указанном устройстве для охлаждения плоского кристалла и/или материала резонаторного фильтра посредством циркуляции этой охлаждающей жидкости между этими плоским кристаллом и материалом резонаторного фильтра.

25. Устройство по любому из пп. 22, 23, в котором плоский кристалл содержит александрит, легированный хромом.

26. Устройство по любому из пп. 22, 23, в котором усиленный лазерный пучок испускается из того же торца плоского кристалла, в который входит пучок источника в плоский кристалл для его усиления, таким образом, что испущенный лазерный пучок испускается из плоского кристалла под углом, отличным от угла, под которым пучок лазера источника входит в плоский кристалл, или из местоположения, отличного от местоположения, где пучок источника входит в плоский кристалл.

27. Устройство по п. 26, в котором указанный торец, не содержащий поверхность обратного отражения, обеспечен под острым углом к одной примыкающей стороне плоского кристалла, а также под углом, отличным от прямого, к противоположной примыкающей стороне плоского кристалла таким образом, что испущенный лазерный пучок испускается из плоского кристалла под углом, отличным от угла, под которым пучок лазера источника входит в плоский кристалл.

28. Устройство по п. 27, в котором указанный торец, не содержащий поверхность обратного отражения, обеспечен под острым углом к одной примыкающей стороне плоского кристалла, а также под углом, отличным от прямого, к противоположной примыкающей стороне плоского кристалла.

29. Устройство по п. 22, в котором плоский кристалл содержит сапфир, легированный титаном.

30. Устройство по п. 22, в котором указанная пластина является прямоугольной пластиной.

31. Устройство по п. 22, содержащее множество источников света, причем указанная пластина имеет длину больше, чем ширину, а множество источников света также имеют

длину больше, чем ширину, при этом источники света расположены таким образом, что линия вдоль длин источников света не является параллельной линии вдоль длины пластины.

32. Устройство по п. 22, дополнительно содержащее по меньшей мере один резонаторный отражатель для отражения светового излучения, испущенного по меньшей мере одним источником света в указанное устройство.

33. Устройство по п. 32, в котором резонаторный отражатель выполнен содержащим по меньшей мере один канал для приема охлаждающей жидкости от охлаждающей системы для охлаждения указанного устройства.

34. Устройство по п. 33, дополнительно содержащее по меньшей мере одно уплотнение для отделения одного или более охлаждающих каналов друг от друга.

35. Устройство по п. 34, в котором указанное по меньшей мере одно уплотнение обеспечено в контакте с резонаторным отражателем и либо с пластиной, либо с материалом резонаторного фильтра.

36. Устройство по п. 22, дополнительно содержащее по меньшей мере водяной коллектор, смонтированный на периметре указанного устройства для поддержания охлаждающей системы для охлаждения указанного устройства.

37. Устройство по п. 22, дополнительно содержащее по меньшей мере один коллектор, смонтированный на указанном устройстве для поддержания охлаждающей системы для охлаждения указанного устройства.

38. Устройство по п. 22, в котором указанное устройство выполнено таким образом, что указанная пластина испускает множество параллельных лазерных пучков.

39. Лазерное устройство, содержащее:

плоский кристалл, снабженный поверхностью обратного отражения;

по меньшей мере один источник света, обеспечивающий световую энергию, включая часть в ультрафиолетовом частотном диапазоне и часть в частотном диапазоне видимого света; и

материал резонаторного фильтра, по существу прозрачный для частотного диапазона видимого света; при этом материал резонаторного фильтра обеспечен по меньшей мере на одной стороне плоского кристалла и выполнен с возможностью приема световой энергии от указанного по меньшей мере одного источника света и с возможностью преобразования указанной световой энергии в первом ультрафиолетовом частотном диапазоне в световую энергию в преобразованном частотном диапазоне, меньшем, чем указанный ультрафиолетовый частотный диапазон, для поглощения плоским кристаллом, причем

указанный по меньшей мере один источник света и материал резонаторного фильтра расположены таким образом, что по меньшей мере часть указанной части световой энергии в частотном диапазоне видимого света передается через резонаторный фильтр на плоский кристалл, а также

плоский кристалл выполнен с возможностью поглощения части указанной части световой энергии в частотном диапазоне видимого света, переданной через резонаторный фильтр, а также с возможностью поглощения части световой энергии в преобразованном частотном диапазоне для усиления лазерного пучка, испускаемого из слаб-лазера;

и плоский кристалл выполнен с возможностью приема падающего светового пучка на одном своем торце и испускания усиленного лазерного пучка из этого одного торца.

40. Устройство по п. 39, в котором плоский кристалл содержит александрит, легированный хромом.

41. Устройство по любому из пп. 39, 40, в котором материал резонаторного фильтра содержит фторид тербия, легированный самарием.

42. Устройство по любому из пп. 39, 40, в котором усиленный лазерный пучок испускается из того же торца плоского кристалла, в который входит пучок источника в плоский кристалл для его усиления, таким образом, что испущенный лазерный пучок испускается из плоского кристалла под углом, отличным от угла, под которым пучок лазера источника входит в плоский кристалл.

43. Устройство по п. 39, в котором плоский кристалл содержит сапфир, легированный титаном.

44. Устройство по п. 39, в котором указанная пластина является прямоугольной пластиной.

45. Устройство по п. 39, содержащее множество источников света, причем указанная пластина имеет длину больше, чем ширину, а множество источников света также имеют длину больше, чем ширину, при этом источники света расположены таким образом, что линия вдоль длин источников света не является параллельной линии вдоль длины пластины.

46. Устройство по п. 39, дополнительно содержащее по меньшей мере один резонаторный отражатель для отражения светового излучения, испущенного по меньшей мере одним источником света в указанное устройство.

47. Устройство по п. 46, в котором резонаторный отражатель выполнен содержащим по меньшей мере один канал для приема охлаждающей жидкости от охлаждающей системы для охлаждения указанного устройства.

48. Устройство по п. 47, дополнительно содержащее по меньшей мере одно уплотнение для отделения одного или более охлаждающих каналов друг от друга.

49. Устройство по п. 48, в котором указанное по меньшей мере одно уплотнение обеспечено в контакте с резонаторным отражателем и либо с пластиной, либо с материалом резонаторного фильтра.

50. Устройство по п. 39, дополнительно содержащее по меньшей мере водяной коллектор, смонтированный на периметре указанного устройства для поддержания охлаждающей системы для охлаждения указанного устройства.

51. Устройство по п. 39, дополнительно содержащее по меньшей мере один коллектор, смонтированный на указанном устройстве для поддержания охлаждающей системы для охлаждения указанного устройства.

52. Устройство по п. 39, в котором указанное устройство выполнено таким образом, что указанная пластина испускает множество параллельных лазерных пучков.

53. Лазерное устройство, содержащее:

плоский кристалл, выполненный с возможностью приема падающего светового пучка на одном своем торце и снабженный поверхностью обратного отражения;

источник света, обеспечивающий световую энергию в первом ультрафиолетовом частотном диапазоне и частотном диапазоне видимого света;

материал резонаторного фильтра, по существу прозрачный для частотного диапазона видимого света, обеспеченный по меньшей мере на одной стороне плоского кристалла и выполненный с возможностью приема части световой энергии от источника света и с возможностью преобразования по меньшей мере части указанной части световой энергии в первом ультрафиолетовом частотном диапазоне в световую энергию во втором частотном диапазоне с частотами меньше, чем в ультрафиолетовом частотном диапазоне, по меньшей мере для частичного поглощения плоским кристаллом;

множество гибких держателей, выполненных с возможностью удержания

компонентов указанного устройства и в то же время допускающих тепловое расширение по меньшей мере одного из компонентов указанного устройства; и

систему для циркуляции охлаждающей жидкости, выполненную с возможностью циркуляции охлаждающей жидкости между плоским кристаллом и материалом резонаторного фильтра для охлаждения указанного устройства, причем

плоский кристалл выполнен с возможностью усиления лазерного пучка, принятого на одном торце, путем поглощения как по меньшей мере части указанной части световой энергии в частотном диапазоне видимого света, переданной через резонаторный фильтр, так и по меньшей мере части преобразованной световой энергии; и

плоский кристалл выполнен с возможностью испускания усиленного лазерного пучка из указанного одного торца плоского кристалла.

54. Устройство по п. 53, в котором усиленный лазерный пучок испускается из того же торца плоского кристалла, в который входит пучок источника в плоский кристалл для его усиления, таким образом, что усиленный лазерный пучок испускается из плоского кристалла под углом, отличным от угла, под которым пучок лазера источника входит в плоский кристалл.

55. Лазерное устройство по любому из пп. 53, 54, в котором материал резонаторного фильтра содержит фторид тербия, легированный самарием, а плоский кристалл содержит александрит, легированный хромом.

56. Лазерное устройство по любому из пп. 53, 54, в котором указанный торец обеспечен под острым углом к одной примыкающей стороне плоского кристалла, а также под углом, отличным от прямого, к противоположной примыкающей стороне плоского кристалла.

57. Лазерное устройство по любому из пп. 53, 54, в котором поверхность обратного отражения находится не под углом 90 градусов к горизонтальной оси плоского кристалла.

58. Лазерное устройство, содержащее:

плоский кристалл, имеющий передний торец, который формирует место, обеспеченное под острым углом к нижней стороне этого кристалла, для приема падающего светового пучка, обеспеченного под первым углом к переднему торцу; указанный кристалл также имеет заднюю стенку, обеспеченную под задним углом, не равным 90 градусам, к нижней части этого кристалла;

по меньшей мере один источник света, обеспечивающий световую энергию, включая часть в первом частотном диапазоне и часть во втором частотном диапазоне; и

материал резонаторного фильтра, прозрачный для первого светового частотного диапазона и обеспеченный на верхней и/или нижней части этого кристалла и выполненный с возможностью приема световой энергии от указанного по меньшей мере одного источника света и с возможностью преобразования световой энергии в первом частотном диапазоне в световую энергию в преобразованном частотном

диапазоне по меньшей мере для частичного поглощения плоским кристаллом, причем указанный по меньшей мере один источник света и материал резонаторного фильтра расположены таким образом, что по меньшей мере часть указанной части световой энергии во втором частотном диапазоне передается через резонаторный фильтр на плоский кристалл, а

плоский кристалл выполнен с возможностью усиления лазерного пучка для испускания из плоского кристалла посредством поглощения как части указанной части световой энергии во втором частотном диапазоне, переданной через резонаторный фильтр, так и части световой энергии в преобразованном частотном диапазоне, а также

острый угол и задний угол выбраны таким образом, что усиленный лазерный пучок испускается из переднего торца плоского кристалла под углом, отличным от первого угла, таким образом, что падающий световой пучок, входящий в плоский кристалл, не совпадает с усиленным лазерным пучком, испускаемым из этого кристалла.

5 59. Система для усиления светового излучения, содержащая множество лазерных устройств по п. 55, расположенных последовательно.

60. Устройство по п. 58, в котором плоский кристалл содержит сапфир, легированный титаном.

10 61. Устройство по п. 58, в котором указанная пластина является прямоугольной пластиной.

62. Устройство по п. 58, содержащее множество источников света, в котором указанная пластина имеет длину больше, чем ширину, а множество источников света также имеют длину больше, чем ширину, при этом источники света расположены таким образом, что линия вдоль длин источников света не является параллельной линии вдоль
15 длины пластины.

63. Устройство по п. 58, дополнительно содержащее по меньшей мере один резонаторный отражатель для отражения светового излучения, испущенного по меньшей мере одним источником света в указанное устройство.

20 64. Устройство по п. 63, в котором резонаторный отражатель выполнен содержащим по меньшей мере один канал для приема охлаждающей жидкости от охлаждающей системы для охлаждения указанного устройства.

65. Устройство по п. 64, дополнительно содержащее по меньшей мере одно уплотнение для отделения одного или более охлаждающих каналов друг от друга.

25 66. Устройство по п. 65, в котором указанное по меньшей мере одно уплотнение обеспечено в контакте с резонаторным отражателем и либо с пластиной, либо с материалом резонаторного фильтра.

67. Устройство по п. 58, дополнительно содержащее по меньшей мере водяной коллектор, смонтированный на периметре указанного устройства для поддержания охлаждающей системы для охлаждения указанного устройства.

30 68. Устройство по п. 58, дополнительно содержащее по меньшей мере один коллектор, смонтированный на указанном устройстве для поддержания охлаждающей системы для охлаждения указанного устройства.

69. Устройство по п. 58, в котором указанное устройство выполнено таким образом, что указанная пластина испускает множество параллельных лазерных пучков.

35 70. Способ изготовления заготовки, включающий этап использования лазерного устройства в соответствии с п. 58 для испускания лазерного светового излучения для добавления по меньшей мере одного слоя материала на указанную заготовку или удаления по меньшей мере одного слоя материала с нее.

40 71. Способ по п. 70, в котором заготовку формируют в полупроводниковое устройство.

72. Способ по п. 70, в котором заготовку формируют в фотоэлектрическое устройство.

73. Способ по п. 70, в котором заготовку формируют в интегральную схему.

74. Способ по п. 70, в котором заготовку формируют в конденсатор.

45 75. Способ по п. 74, в котором заготовка является электрическим проводником, содержащим медь и/или алюминий.

76. Способ по п. 70, в котором на заготовку добавляют слой материала, содержащего алмаз или алмазоподобный углерод, используя указанное лазерное устройство.

77. Способ по п. 70, в котором на полупроводниковое устройство добавляют слой

материала, содержащего гафниево-танталовый карбид, используя указанное лазерное устройство.

78. Способ по п. 70, в котором плоский кристалл содержит сапфир, легированный титаном.

5 79. Способ по п. 70, в котором указанный материал содержит арсенид бора.

80. Способ изготовления посредством лазерного устройства, включающий следующие этапы:

этап обеспечения слэб-лазера, содержащего:

10 плоский кристалл, снабженный поверхностью обратного отражения и выполненный с возможностью приема падающего светового пучка на одном своем торце и испускания усиленного импульсного высокоэнергетического лазерного пучка из указанного одного торца,

источник света, обеспечивающий световую энергию, включая первый ультрафиолетовый частотный диапазон и частотный диапазон видимого света,

15 материал резонаторного фильтра, по существу прозрачный для частотного диапазона видимого света, обеспеченный по меньшей мере на одной стороне плоского кристалла и выполненный с возможностью приема по меньшей мере части световой энергии от источника света и с возможностью преобразования по меньшей мере части световой энергии в первом ультрафиолетовом частотном диапазоне в световую энергию во
20 втором частотном диапазоне с частотами меньше, чем в ультрафиолетовом частотном диапазоне, для поглощения плоским кристаллом для усиления лазерного пучка, и причем

плоский кристалл выполнен с возможностью усиления принятого лазерного пучка путем поглощения как части указанной части световой энергии в частотном диапазоне
25 видимого света, переданной через резонаторный фильтр, так и части световой энергии в преобразованном частотном диапазоне; и

охлаждающую систему, выполненную с возможностью охлаждения лазера;

этап обеспечения заготовки; и

этап использования слэб-лазера для испускания высокоэнергетического импульсного
30 пучка для осаждения по меньшей мере одного слоя материала на указанную заготовку.

81. Способ по п. 80, в котором указанный материал является алмазом или алмазоподобным углеродом.

82. Способ по п. 81, в котором указанный материал является гафниево-танталовым карбидом.

35 83. Способ изготовления полупроводникового устройства, включающий следующие этапы:

этап обеспечения слэб-лазера, содержащего:

плоский кристалл, снабженный поверхностью обратного отражения и выполненный с возможностью приема лазерного пучка на одном торце и испускания усиленного
40 импульсного высокоэнергетического лазерного пучка из этого торца,

источник света, обеспечивающий световую энергию, включая первый ультрафиолетовый частотный диапазон и частотный диапазон видимого света,

материал резонаторного фильтра, по существу прозрачный для частотного диапазона видимого света, обеспеченный по меньшей мере на одной стороне плоского кристалла
45 и выполненный с возможностью приема по меньшей мере части световой энергии от источника света и с возможностью преобразования по меньшей мере части световой энергии в первом ультрафиолетовом частотном диапазоне в световую энергию во втором частотном диапазоне с частотами меньше, чем в ультрафиолетовом частотном

диапазоне, для поглощения плоским кристаллом для усиления лазерного пучка, причем плоский кристалл выполнен с возможностью усиления принятого лазерного пучка путем поглощения как части световой энергии в частотном диапазоне видимого света, переданной через резонаторный фильтр, так и части световой энергии в преобразованном частотном диапазоне;

и

охлаждающую систему, выполненную с возможностью охлаждения лазера;

этап обеспечения полупроводниковой заготовки;

этап обеспечения источника углерода; и

этап использования слэб-лазера для испускания очень коротких импульсов высокоэнергетического пучка для осаждения по меньшей мере одного слоя алмаза или алмазоподобного углерода от источника углерода на указанную заготовку.

84. Способ изготовления устройства для накопления энергии, включающий следующие этапы:

этап обеспечения слэб-лазера, содержащего:

плоский кристалл, снабженный поверхностью обратного отражения и выполненный с возможностью приема лазерного пучка на одном торце и испускания усиленного высокоэнергетического лазерного пучка из этого торца,

источник света, обеспечивающий световую энергию, включая первый

ультрафиолетовый частотный диапазон и частотный диапазон видимого света,

материал резонаторного фильтра, по существу прозрачный для частотного диапазона видимого света, обеспеченный по меньшей мере на одной стороне плоского кристалла и выполненный с возможностью приема по меньшей мере части световой энергии от источника света и с возможностью преобразования по меньшей мере части световой

энергии в первом ультрафиолетовом частотном диапазоне в световую энергию во втором частотном диапазоне с частотами меньше, чем в ультрафиолетовом частотном диапазоне, для поглощения плоским кристаллом для усиления лазерного пучка,

причем плоский кристалл выполнен с возможностью усиления принятого лазерного пучка путем поглощения как части указанной части световой энергии в частотном диапазоне видимого света, переданной через резонаторный фильтр, так и части световой энергии в преобразованном частотном диапазоне;

и

охлаждающую систему, выполненную с возможностью охлаждения лазера;

этап обеспечения заготовки;

этап обеспечения источника углерода; и

этап использования слэб-лазера для испускания высокоэнергетического пучка для осаждения по меньшей мере одного слоя алмаза или алмазоподобного углерода от источника углерода на указанную заготовку; и

этап встраивания указанной заготовки в устройство для накопления энергии.

85. Лазерное устройство, содержащее:

корпус;

плоский кристалл, снабженный поверхностью обратного отражения;

множество источников света, каждый из которых обеспечивает световую энергию, включая первый ультрафиолетовый частотный диапазон и второй частотный диапазон видимого света;

материал резонаторного фильтра, по существу прозрачный для частотного диапазона видимого света, обеспеченный по меньшей мере на одной стороне этого кристалла и выполненный с возможностью приема световой энергии от источника света таким

образом, что этот материал резонаторного фильтра преобразует световую энергию, принятую в первом частотном диапазоне, в световую энергию во втором частотном диапазоне, который поглощается плоским кристаллом, и

охлаждающую систему для циркуляции охлаждающей жидкости, причем

материал резонаторного фильтра и слэб-лазер расположены в указанном корпусе таким образом, что циркулирующая охлаждающая жидкость протекает между плоским кристаллом и материалом резонаторного фильтра для охлаждения, а

плоский кристалл выполнен с возможностью приема падающего светового пучка на одном торце плоского кристалла под одним углом, а также с возможностью

испускания усиленного лазерного пучка из указанного одного торца под любым другим углом, отличным от указанного одного угла, или испускания усиленного лазерного пучка, линейно смещенного от падающего светового пучка после поглощения световой энергии указанной второй частоты, причем плоский кристалл выполнен с возможностью усиления принятого лазерного пучка путем поглощения как части указанной части световой энергии в частотном диапазоне видимого света, переданной через резонаторный фильтр, так и части световой энергии в преобразованном частотном диапазоне.

86. Лазерное усиливающее устройство, содержащее:

множество слэб-лазеров, расположенных последовательно, каждый из указанных слэб-лазеров содержит:

корпус,

плоский кристалл, снабженный поверхностью обратного отражения, и

материал резонаторного фильтра, по существу прозрачный для частотного диапазона видимого света, обеспеченный по меньшей мере на одной стороне этого кристалла и

выполненный с возможностью приема световой энергии, включающей часть в ультрафиолетовом частотном диапазоне и часть в частотном диапазоне видимого света, от источника света таким образом, что этот материал резонаторного фильтра преобразует по меньшей мере часть световой энергии, принятой в первом ультрафиолетовом частотном диапазоне, в световую энергию во втором частотном диапазоне с частотами меньше, чем в ультрафиолетовом диапазоне, который поглощается плоским кристаллом, причем

плоский кристалл выполнен с возможностью приема падающего светового пучка на одном своем торце под одним углом, а также с возможностью испускания усиленного лазерного пучка из указанного одного торца под любым углом, отличным от указанного одного угла, или испускания усиленного лазерного пучка, линейно смещенного от падающего светового пучка после поглощения световой энергии указанной второй частоты;

причем плоский кристалл выполнен с возможностью поглощения как части указанной части световой энергии в частотном диапазоне видимого света, переданной через резонаторный фильтр, так и части световой энергии в преобразованном частотном диапазоне для усиления испускаемого лазерного пучка;

причем выход предыдущего лазера из указанных слэб-лазеров в ряду используют в качестве входа в последующий лазер из указанных слэб-лазеров в ряду, а выход последнего лазера из указанных слэб-лазеров в ряду используют в качестве выхода усиливающего устройства.

87. Устройство по п. 86, в котором поверхность обратного отражения находится не под углом 90 градусов к горизонтальной оси плоского кристалла.

88. Устройство по п. 86, в котором указанная поверхность отражения содержит

покрытие из диоксида кремния или диэлектрическую многослойную стопу в $1/4$ длины волны, содержащую настроенную или частотно-избирательную характеристику для лазерного пучка, но прозрачную для светового излучения накачки.

5 89. Устройство по п. 86, в котором плоский кристалл выполнен таким образом, что выходящий лазерный пучок, испущенный плоским кристаллом, отделен на некоторый угол или расстояние от входящего пучка световой энергии от источника.

90. Устройство по п. 86, дополнительно содержащее множество гибких держателей, выполненных с возможностью удержания компонентов указанного устройства и в то же время допускающих тепловое расширение по меньшей мере одного компонента
10 этого устройства.

91. Устройство по п. 86, в котором материал резонаторного фильтра содержит фторид тербия, легированный самарием.

92. Устройство по п. 86, в котором плоский кристалл содержит александрит, легированный хромом.

15 93. Устройство по п. 86, дополнительно содержащее систему для циркуляции охлаждающей жидкости, выполненную с возможностью циркуляции охлаждающей жидкости в указанном устройстве для охлаждения плоского кристалла и/или материала резонаторного фильтра.

20 94. Устройство по п. 86, в котором указанный один торец обеспечен под острым углом к одной примыкающей стороне плоского кристалла, а также под углом, отличным от прямого, к противоположной примыкающей стороне плоского кристалла.

95. Лазерное усиливающее устройство, содержащее:

множество слэб-лазеров, расположенных последовательно, каждый из указанных слэб-лазеров содержит:

25 корпус,

плоский кристалл, снабженный поверхностью обратного отражения;

множество источников света, каждый из которых обеспечивает световую энергию, включая первый частотный диапазон и второй частотный диапазон;

30 материал резонаторного фильтра, по существу прозрачный для световой энергии во втором частотном диапазоне, обеспеченный по меньшей мере на одной стороне этого кристалла и выполненный с возможностью приема световой энергии от источника света таким образом, что этот материал резонаторного фильтра преобразует световую энергию, принятую в первом частотном диапазоне, в световую энергию во втором частотном диапазоне, который поглощается плоским кристаллом, и

35 охлаждающую систему, выполненную с возможностью циркуляции охлаждающей жидкости, причем

материал резонаторного фильтра и слэб-лазер расположены в указанном корпусе таким образом, что циркулирующая охлаждающая жидкость протекает между плоским кристаллом и материалом резонаторного фильтра для охлаждения лазера, а

40 плоский кристалл выполнен с возможностью поглощения как части световой энергии во втором частотном диапазоне, переданной через резонаторный фильтр, так и части световой энергии в преобразованном частотном диапазоне для усиления испускаемого лазерного пучка; и причем

45 плоский кристалл выполнен с возможностью приема падающего светового пучка на одном торце плоского кристалла под одним углом, а также с возможностью испускания усиленного лазерного пучка из указанного одного торца под любым другим углом, отличным от указанного одного угла, или испускания усиленного лазерного пучка, линейно смещенного от падающего светового пучка после поглощения световой

энергии указанной второй частоты,

при этом выход предыдущего лазера из указанных слэб-лазеров в ряду используют в качестве входа в последующий лазер из указанных слэб-лазеров в ряду,

а выход последнего лазера из указанных слэб-лазеров в ряду используют в качестве
5 выхода усиливающего устройства.

96. Устройство по п. 95, в котором поверхность обратного отражения находится не под углом 90 градусов к горизонтальной оси плоского кристалла.

97. Устройство по п. 95, в котором указанная поверхность отражения содержит покрытие из диоксида кремния или диэлектрическую многослойную стопу в 1/4 длины
10 волны, содержащую настроенную или частотно-избирательную характеристику для лазерного пучка, но прозрачную для светового излучения накачки.

98. Устройство по п. 95, в котором плоский кристалл выполнен таким образом, что выходящий лазерный пучок, испущенный плоским кристаллом, отделен на некоторый угол или расстояние от входящего пучка световой энергии от источника.

15 99. Устройство по п. 95, в котором первая частота находится в диапазоне частот ультрафиолетового излучения, а вторая частота является частотой, меньшей, чем частоты ультрафиолетового излучения.

100. Устройство по п. 95, дополнительно содержащее множество гибких держателей, выполненных с возможностью удержания компонентов указанного устройства и в то
20 же время допускающих тепловое расширение по меньшей мере одного компонента этого устройства.

101. Устройство по п. 95, в котором материал резонаторного фильтра содержит фторид тербия, легированный самарием.

102. Устройство по п. 95, в котором плоский кристалл содержит александрит,
25 легированный хромом.

103. Устройство по п. 95, дополнительно содержащее систему для циркуляции охлаждающей жидкости, выполненную с возможностью циркуляции охлаждающей жидкости в указанном устройстве для охлаждения плоского кристалла и/или материала резонаторного фильтра.

30 104. Устройство по п. 95, в котором указанный один торец обеспечен под острым углом к одной примыкающей стороне плоского кристалла, а также под углом, отличным от прямого, к противоположной примыкающей стороне плоского кристалла.

105. Система для передачи материала от первого объекта на второй объект, содержащая:

35 обеспечение первой усиливающей подсистемы, содержащей по меньшей мере одно первое лазерное устройство, причем каждое из указанных первых лазерных устройств состоит из слэб-лазера, содержащего:

плоский кристалл, снабженный поверхностью обратного отражения, и

материал резонаторного фильтра, по существу прозрачный для световой энергии в
40 частотном диапазоне видимого света, обеспеченный по меньшей мере на одной стороне этого кристалла и выполненный с возможностью приема световой энергии, включающей часть в ультрафиолетовом частотном диапазоне и часть в частотном диапазоне видимого света, от источника света таким образом, что этот материал резонаторного фильтра преобразует по меньшей мере часть световой энергии, принятой в первом

45 ультрафиолетовом частотном диапазоне, в световую энергию во втором частотном диапазоне с частотами меньше, чем в ультрафиолетовом частотном диапазоне, для поглощения плоским кристаллом, причем

плоский кристалл выполнен с возможностью поглощения как части указанной части

световой энергии в частотном диапазоне видимого света, переданной через резонаторный фильтр, так и части световой энергии в преобразованном частотном диапазоне для усиления испускаемого лазерного пучка, и причем

5 плоский кристалл выполнен с возможностью приема падающего светового пучка на одном своем торце под одним углом, а также с возможностью испускания усиленного лазерного пучка из указанного одного торца под любым углом, отличным от указанного одного угла, или испускания усиленного лазерного пучка, линейно смещенного от падающего светового пучка после поглощения световой энергии указанной второй частоты;

10 обеспечение первого затравочного лазера, выполненного с возможностью вывода первого пучка затравочного лазера, имеющего первые требуемые импульсные характеристики для ввода в первую усиливающую подсистему для генерации первого выхода лазерного пучка;

15 обеспечение второй усиливающей подсистемы, содержащей по меньшей мере одно второе лазерное устройство;

обеспечение второго затравочного лазера, выполненного с возможностью вывода второго пучка затравочного лазера, имеющего требуемые импульсные характеристики для входа во вторую усиливающую подсистему для генерации второго выхода лазерного пучка;

20 обеспечение первой лазерной трассировочной подсистемы, выполненной с возможностью трассировки по меньшей мере части первого выхода лазерного пучка на первый объект для испарения части первого объекта, при этом

25 обеспечение второй лазерной трассировочной подсистемы, выполненной с возможностью трассировки по меньшей мере части второго выхода лазерного пучка на второй объект для подготовки второго объекта к приему по меньшей мере части испаренной части первого объекта на второй объект или в него.

106. Система по п. 105, в которой первый затравочный лазер является сверхбыстрым лазером, имеющим ширину импульса около $1/2$ наносекунды или менее и относительно узкий диапазон длин волн около 100 нм или менее.

30 107. Система по любому из пп. 105, 106, в которой первый затравочный лазер является сверхбыстрым лазером, испускающим импульс каждые 3,2 мкс или менее.

108. Система по любому из пп. 105, 106, в которой второй затравочный лазер является лазером с модуляцией добротности и шириной импульса около 1 наносекунды или более.

35 109. Система по любому из пп. 105, 106, в которой первая лазерная трассировочная подсистема дополнительно выполнена с возможностью трассировки другой части первого выхода лазерного пучка на факел испаренной части первого объекта для термализации частиц первого объекта, присутствующих в факеле, для дополнительной атомизации этого факела.

40 110. Система по любому из пп. 105, 106, в которой указанное по меньшей мере одно второе лазерное устройство состоит из слэб-лазера, содержащего:

плоский кристалл, снабженный поверхностью обратного отражения; и

45 материал резонаторного фильтра, по существу прозрачный для световой энергии в частотном диапазоне видимого света, обеспеченный по меньшей мере на одной стороне этого кристалла и выполненный с возможностью приема световой энергии, включающей часть в ультрафиолетовом частотном диапазоне и часть в частотном диапазоне видимого света, от источника света таким образом, что этот материал резонаторного фильтра преобразует по меньшей мере часть световой энергии, принятой в первом

ультрафиолетовом частотном диапазоне, в световую энергию во втором частотном диапазоне с частотами меньше, чем в ультрафиолетовом частотном диапазоне, для поглощения плоским кристаллом, причем

5 плоский кристалл выполнен с возможностью поглощения как части указанной части световой энергии в частотном диапазоне видимого света, переданной через резонаторный фильтр, так и части световой энергии в преобразованном частотном диапазоне для усиления испускаемого лазерного пучка, и причем

10 плоский кристалл выполнен с возможностью приема падающего светового пучка на одном своем торце под одним углом, а также с возможностью испускания усиленного лазерного пучка из указанного одного торца под любым другим углом, отличным от указанного одного угла, или испускания усиленного лазерного пучка, линейно смещенного от падающего светового пучка после поглощения световой энергии указанной второй частоты.

111. Система по любому из пп. 105, 106, в которой поверхность обратного отражения 15 находится не под углом 90 градусов к горизонтальной оси плоского кристалла.

112. Система по любому из пп. 105, 106, в которой указанная отражающая поверхность (поверхности) содержит покрытие из диоксида кремния или диэлектрическую многослойную стопу в $1/4$ длины волны, содержащую настроенную или частотно-избирательную характеристику для лазерного пучка, но прозрачную для 20 светового излучения накачки.

113. Система по любому из пп. 105, 106, в которой плоский кристалл выполнен таким образом, что выходящий лазерный пучок, испущенный плоским кристаллом, отделен на некоторый угол или расстояние от входящего пучка световой энергии от источника.

114. Система по любому из пп. 105, 106, дополнительно содержащая множество 25 гибких держателей, выполненных с возможностью удержания компонентов указанного устройства и в то же время допускающих тепловое расширение по меньшей мере одного компонента этого устройства.

115. Система по любому из пп. 105, 106, в которой материал резонаторного фильтра содержит фторид тербия, легированный самарием.

30 116. Система по любому из пп. 105, 106, в которой плоский кристалл содержит александрит, легированный хромом.

117. Система по любому из пп. 105, 106, дополнительно содержащая систему для циркуляции охлаждающей жидкости, выполненную с возможностью циркуляции 35 охлаждающей жидкости в указанном устройстве для охлаждения плоского кристалла и/или материала резонаторного фильтра.

118. Система по любому из пп. 105, 106, в которой указанный один торец обеспечен под острым углом к одной примыкающей стороне плоского кристалла, а также под углом, отличным от прямого, к противоположной примыкающей стороне плоского кристалла.

40 119. Система по любому из пп. 105, 106, в которой первая усиливающая подсистема и/или вторая усиливающая подсистема содержит по меньшей мере один компрессор или компенсатор, выполненный с возможностью компенсации различных световых скоростей в соответствующем лазерном пучке (пучках).

120. Система по любому из пп. 105, 106, в которой плоский кристалл содержит сапфир, 45 легированный титаном.

121. Система по любому из пп. 105, 106, в которой указанный один или оба из затравочных лазеров состоят из слэб-лазера, содержащего:

плоский кристалл, снабженный поверхностью обратного отражения; и

материал резонаторного фильтра, по существу прозрачный для световой энергии в частотном диапазоне видимого света, обеспеченный по меньшей мере на одной стороне этого кристалла и выполненный с возможностью приема световой энергии, включающей часть в ультрафиолетовом частотном диапазоне и часть в частотном диапазоне видимого света, от источника света таким образом, что этот материал резонаторного фильтра преобразует по меньшей мере часть световой энергии, принятой в первом ультрафиолетовом частотном диапазоне, в световую энергию во втором частотном диапазоне с частотами меньше, чем в ультрафиолетовом частотном диапазоне, для поглощения плоским кристаллом, причем

плоский кристалл выполнен с возможностью поглощения как части указанной части световой энергии в частотном диапазоне видимого света, переданной через резонаторный фильтр, так и части световой энергии в преобразованном частотном диапазоне для усиления испускаемого лазерного пучка, и причем

плоский кристалл выполнен с возможностью приема падающего светового пучка на одном своем торце под одним углом, а также с возможностью испускания усиленного лазерного пучка из указанного одного торца под любым другим углом, отличным от указанного одного угла, или испускания усиленного лазерного пучка, линейно смещенного от падающего светового пучка после поглощения световой энергии указанной второй частоты.

122. Система по любому из пп. 105, 106, в которой первый объект содержит арсенид бора.

123. Система по любому из пп. 105, 106, в которой указанный один или оба из затравочных лазеров содержат слэб-лазер, содержащий:

плоский кристалл, имеющий передний торец, который формирует место, обеспеченное под острым углом к нижней стороне этого кристалла, и выполненный с возможностью приема падающего светового пучка, обеспеченного под первым углом к переднему торцу; указанный кристалл также имеет заднюю стенку, обеспеченную под задним углом, не равным 90 градусам, к нижней части этого кристалла;

источник света, обеспечивающий световую энергию, включая часть в первом частотном диапазоне и часть во втором частотном диапазоне; и

материал резонаторного фильтра, прозрачный для первого светового частотного диапазона и обеспеченный на верхней и/или нижней части этого кристалла и выполненный с возможностью приема световой энергии от источника света и с возможностью преобразования световой энергии в первом частотном диапазоне в световую энергию в преобразованном частотном диапазоне по меньшей мере для частичного поглощения плоским кристаллом, причем

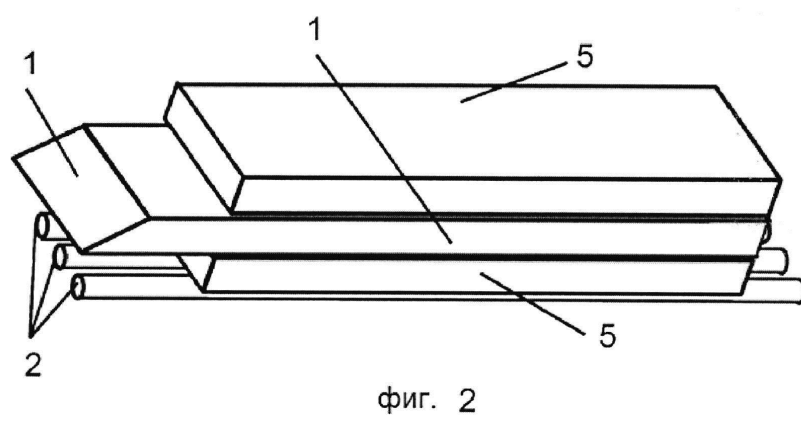
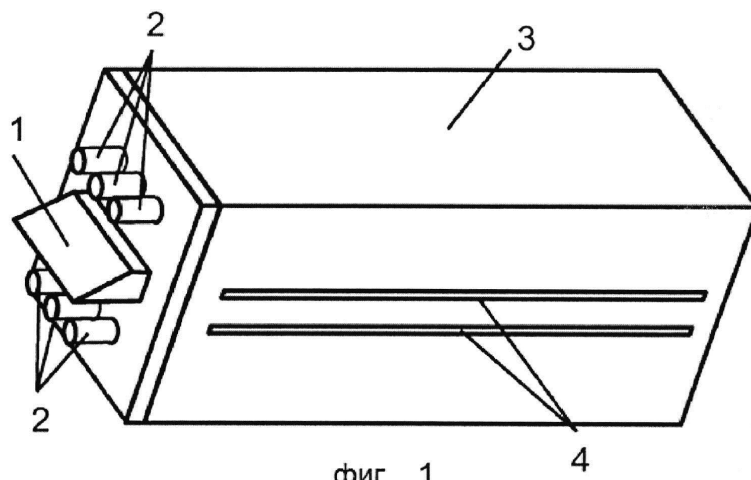
источник света и материал резонаторного фильтра расположены таким образом, что по меньшей мере часть указанной части световой энергии во втором частотном диапазоне передается через резонаторный фильтр на плоский кристалл, а

плоский кристалл выполнен с возможностью усиления лазерного пучка для испускания из плоского кристалла посредством поглощения как части указанной части световой энергии во втором частотном диапазоне, переданной через резонаторный фильтр, так и части световой энергии в преобразованном частотном диапазоне, а также

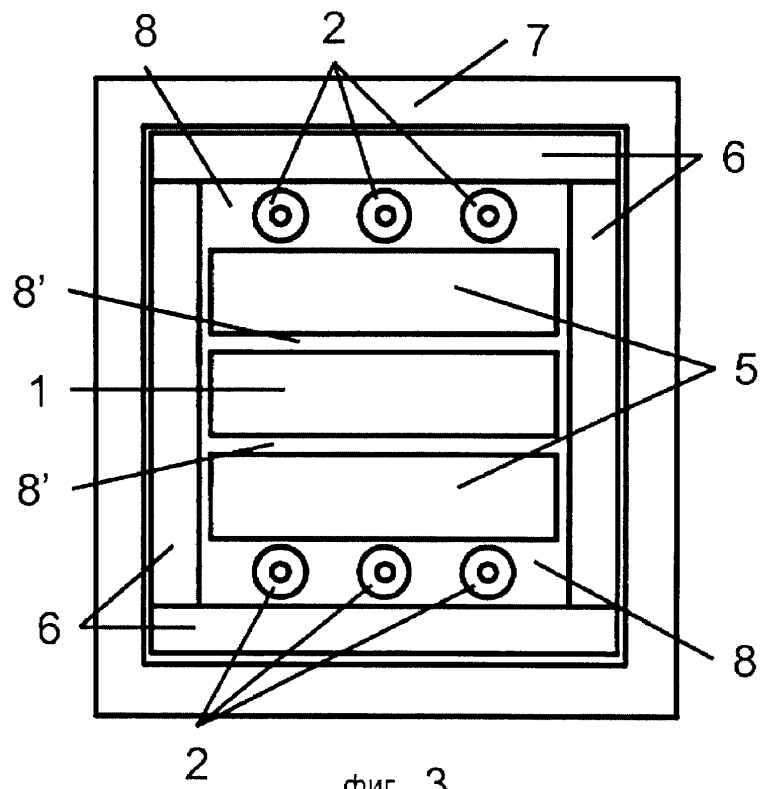
острый угол и задний угол выбраны таким образом, что усиленный лазерный пучок испускается из переднего торца плоского кристалла под углом, отличным от первого угла, таким образом, что падающий световой пучок, входящий в плоский кристалл, не совпадает с усиленным лазерным пучком, испускаемым из этого кристалла.

1

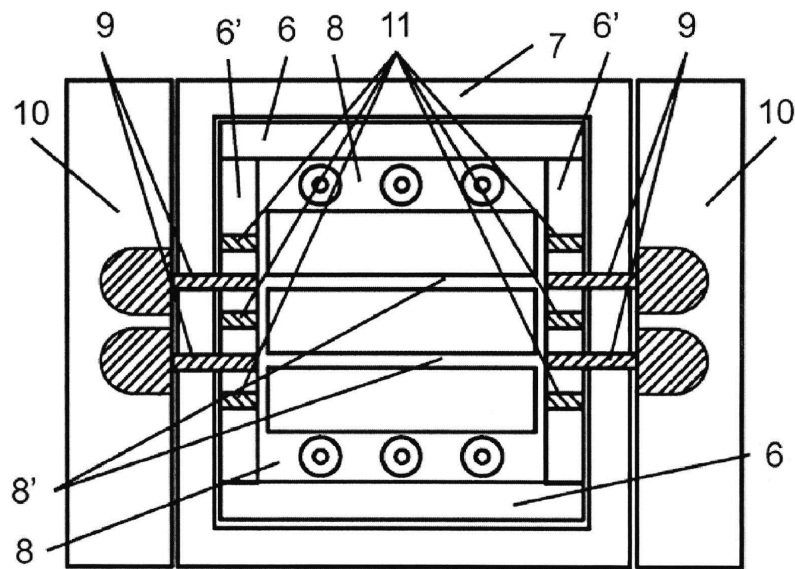
1/9



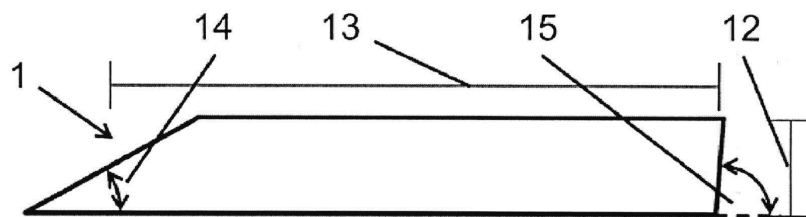
2



3/9

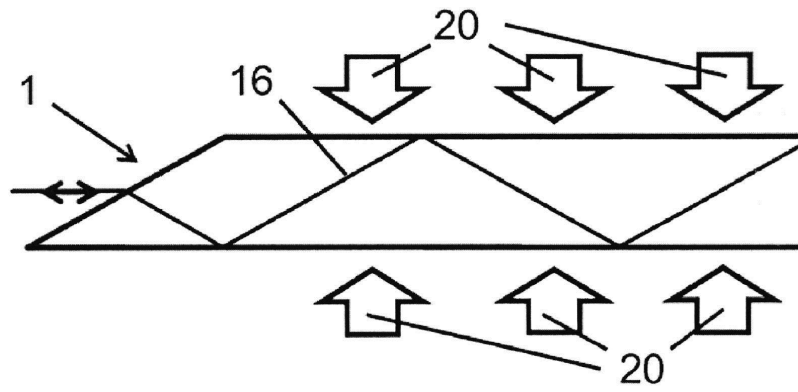


фиг. 4

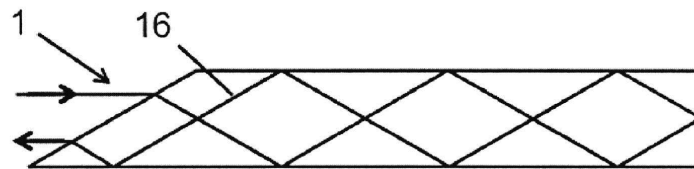


фиг. 5

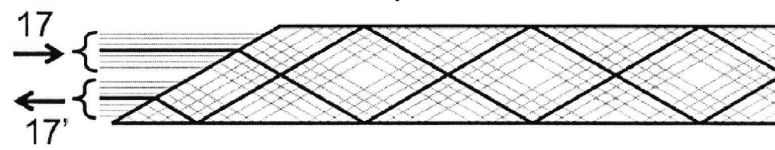
4/9



фиг. 6

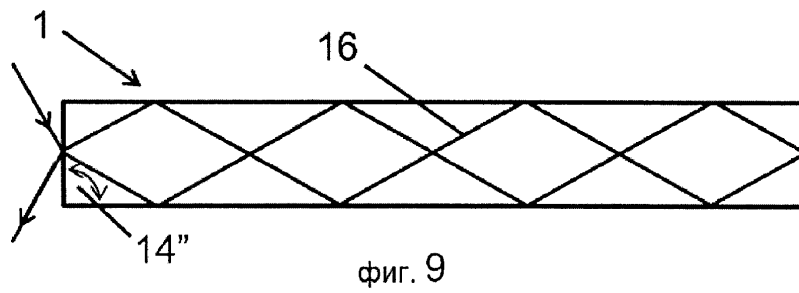
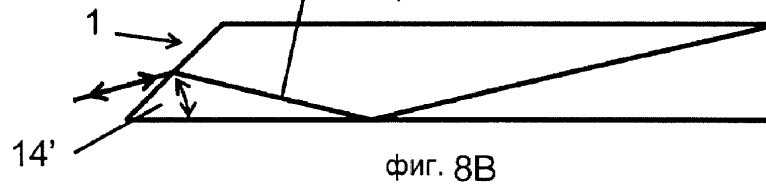
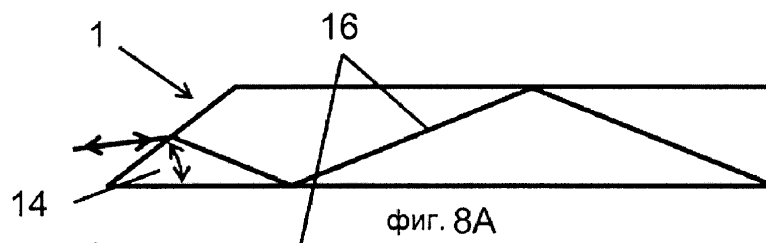


фиг. 7А

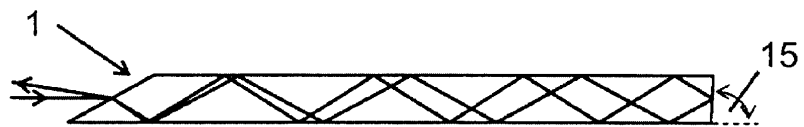


фиг. 7В

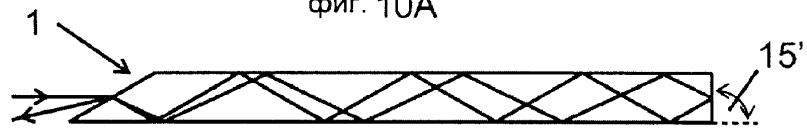
5/9



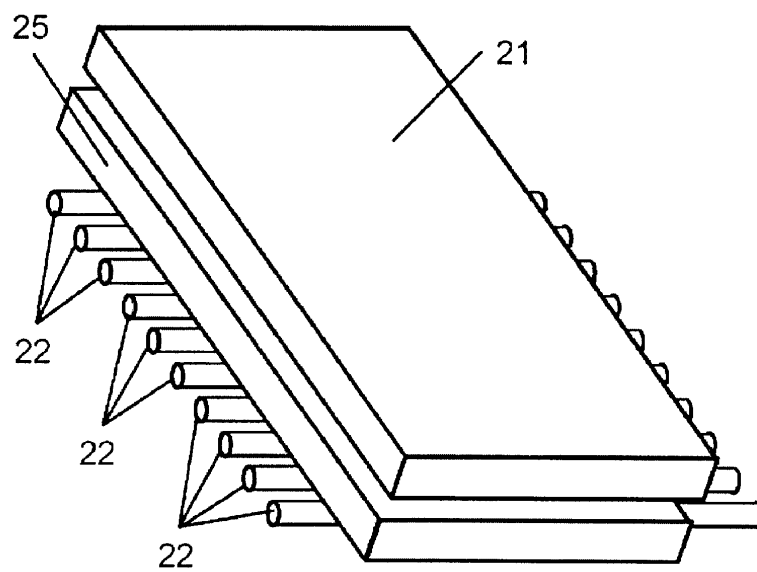
6/9



фиг. 10А

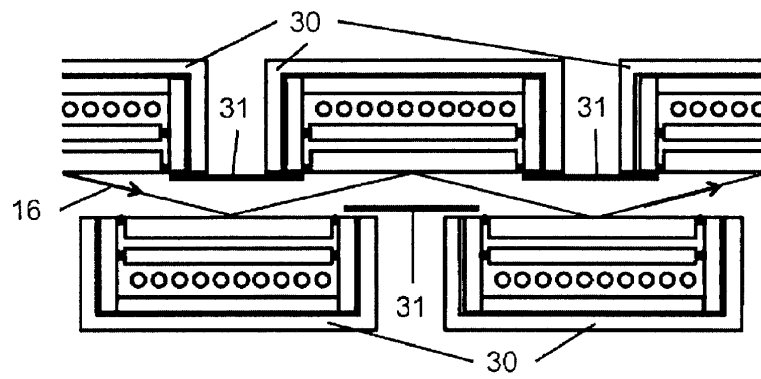
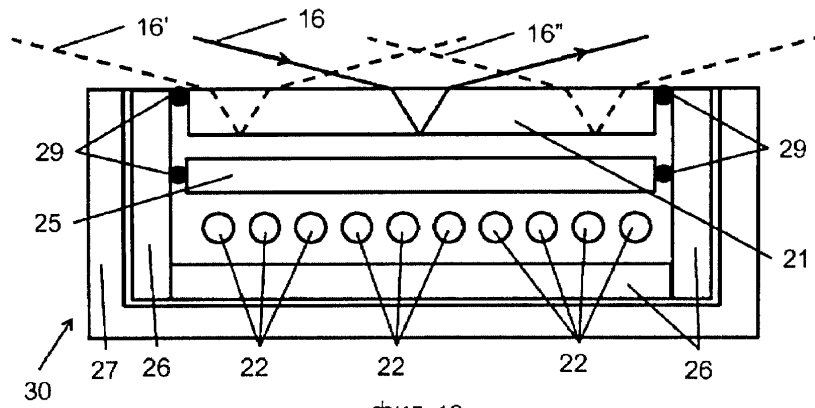


фиг. 10В

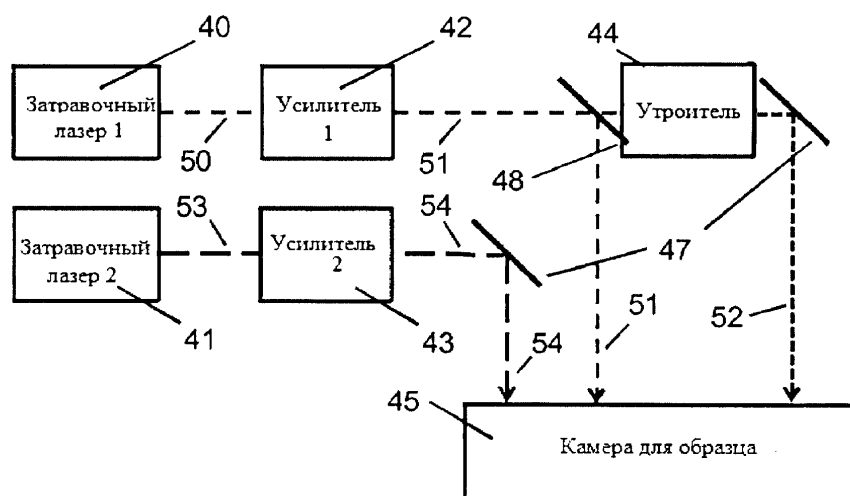


фиг. 11

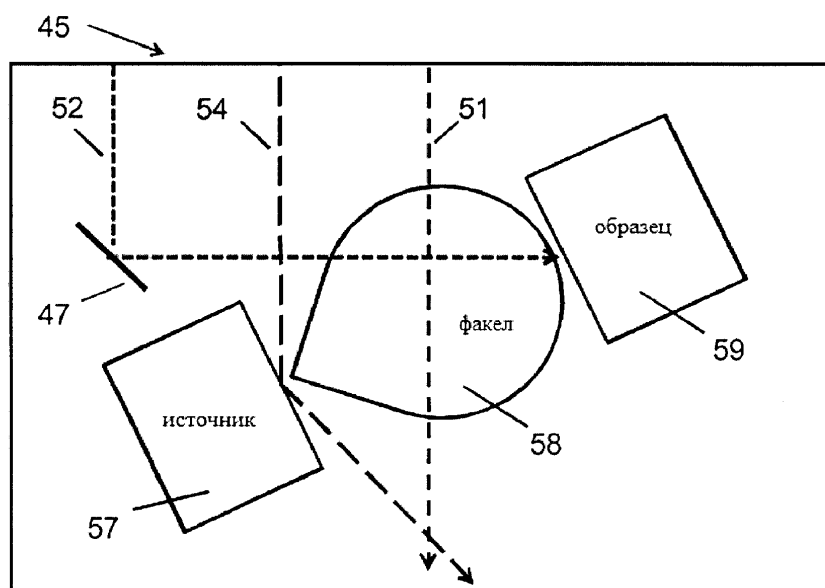
7/9



8/9



фиг. 14



фиг. 15