



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
H01S 3/11 (2021.05)

(21)(22) Заявка: 2021109720, 08.04.2021

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
08.04.2021

Дата регистрации:
13.07.2021

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 08.04.2021

(45) Опубликовано: 13.07.2021 Бюл. № 20

Адрес для переписки:
124498, Москва, г. Зеленоград, корп. 247, кв. 11,
Миневой Р.А.

(72) Автор(ы):

Володина Екатерина Максимовна (RU),
Ляшенко Александр Иванович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
учреждение науки Научно-технологический
центр уникального приборостроения
Российской академии наук (НТЦ УП РАН)
(RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 2101817 C1, 10.01.1998. RU 203286
U1, 30.03.2021. US 20120002687 A1, 05.01.2012.
RU 106990 U1, 27.07.2011.

(54) Импульсный твердотельный лазер с параметрическим генератором света

(57) Реферат:

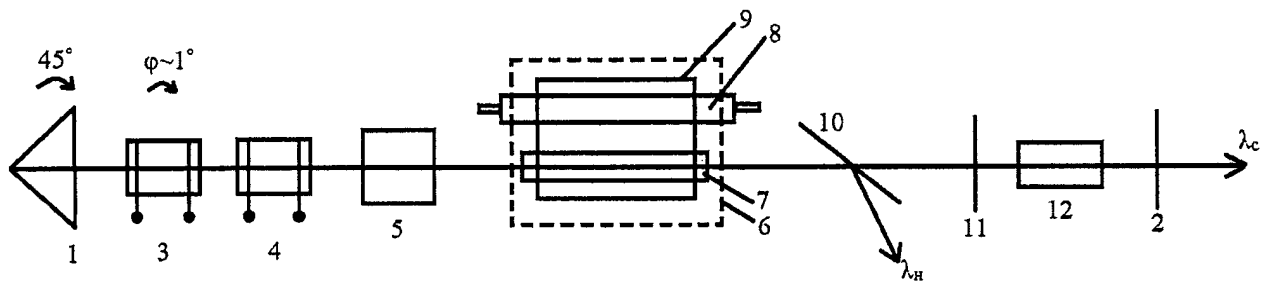
Полезная модель относится к лазерной технике, в частности к импульсным твердотельным лазерам с параметрическими генераторами света в режиме электрооптической модуляции добротности резонатора, и может быть использована в нелинейной оптике, биофотоники, фотометрии, в лидарных системах мониторинга атмосферы. Резонатор лазера содержит призму-крышу, два электрооптических элемента, 90-градусный вращатель плоскости поляризации, оптически изотропный активный элемент, пластину-поляризатор, резонатор параметрического генератора света с нелинейным элементом. Ребро при вершине призмы-крыши составляет 45 градусов с плоскостью симметрии распределения инверсной населенности в поперечном сечении активного элемента. При

подаче импульса высоковольтного напряжения с первого блока управления затвором на первый электрооптический элемент из резонатора выводится излучение с безопасной длиной волны $\lambda_c > 1,5$ мкм. При подаче импульса высоковольтного напряжения со второго блока управления затвором на второй электрооптический элемент из резонатора выводится излучение с опасной для зрения длиной волны $\lambda_n \sim 1$ мкм. Коммутация синхроимпульсов запуска блоков позволяет оперативно переключать длины волн излучения. Технический результат: обеспечение оперативного переключения длин волн излучения импульсного твердотельного лазера с параметрическим генератором света, попадающих в безопасный или опасный для зрения спектральный диапазон.

RU 205393 U1

RU 205393 U1

RU 205393 U1



RU 205393 U1

Полезная модель относится к импульсным твердотельным лазерам в режиме электрооптической модуляции добротности резонатора с параметрическими генераторами света (ПГС) и может быть использована для генерации мощных импульсов лазерного излучения в наносекундном диапазоне длительностей в ближней инфракрасной области спектра для целей нелинейной оптики, фотометрии, оптической локации и дальнометрии.

В качестве лазера, генерирующего излучение накачки λ_H для ПГС, часто используются лазеры на неодимосодержащих кристаллах, в т.ч. лазеры на алюмоиттриевом гранате, активированные ионами неодима (АИГ:Nd³⁺).

Оптическая схема ПГС состоит из резонатора с двумя параметрическими зеркалами, между которыми установлен нелинейный элемент из кристаллов КТР, КТА, ВВО [1]. Наиболее эффективное преобразование излучения лазера накачки в излучение с сигнальной длиной волны λ_C для однорезонаторного ПГС реализуется при помещении резонатора ПГС в резонатор лазера накачки [1]. Для двухрезонаторного ПГС эффективное преобразование реализуется в резонаторе лазера накачки и для излучения с холостой длиной волны λ_X [2].

Однако при увеличении частоты повторения импульсов излучения в оптических схемах этих лазеров с ПГС из-за наведенного двулучепреломления в активном и электрооптическом элементах появляются отраженные от поляризатора пучки излучения с λ_H , выходящие из резонатора, что приводит к ухудшению однородности пространственной структуры излучения ПГС и к падению энергии импульсов излучения ПГС. Указанные недостатки частично устранены в оптической схеме лазера с ПГС из [3] за счет взаимной компенсации эффектов наведенного двулучепреломления в активном и электрооптическом элементах с помощью установки между ними 90-градусного вращателя плоскости поляризации излучения с λ_H . Применение в резонаторе лазера из [3] в качестве концевого отражателя призмы-крыши позволяет повысить однородность пространственной структуры излучений с λ_H и с λ_C , если распределение инверсной населенности в поперечном сечении активного элемента неоднородно, но при этом имеет плоскость симметрии, составляющую 45 градусов с плоскостью максимального пропускания пластины-поляризатора.

В лазере с ПГС из [3] при изменении амплитуды высоковольтного импульса на электроды электрооптического элемента из кристалла DKDP можно обеспечить работу в следующих режимах:

из выходного параметрического зеркала ПГС выходит излучение с $\lambda_C=1570$ нм, а отраженное от пластины-поляризатора излучение с $\lambda_H=1064$ нм почти отсутствует; излучение с λ_C отсутствует, так как накачка ПГС становится ниже пороговой, а отраженное от пластины-поляризатора излучение с λ_H становится максимальным по мощности.

Для изменения амплитуды высоковольтного импульса с блока управления электрооптическим элементом и установки амплитуды с высокой точностью требуется некоторое время. Однако для ряда применений лазера, например в системах мониторинга атмосферы в условиях городской застройки, требуется оперативное переключение лазера из режима генерации импульсов излучения с опасной для зрения длиной волны λ_H в режим генерации импульсов излучения с безопасной для зрения длиной волны λ_C .

Наиболее близким по технической сущности к предлагаемой полезной модели является известный импульсный твердотельный лазер с параметрическим генератором света с резонатором, образованным призмой-крышей и параметрическим зеркалом, полностью отражающим излучение накачки и частично пропускающим излучение на 5 сигнальной длине волны, содержащим расположенные на оптической оси резонатора по ходу от призмы-крыши электрооптический элемент, 90-градусный вращатель плоскости поляризации излучения, оптически изотропный твердотельный активный элемент, пластину-поляризатор, параметрическое зеркало, полностью пропускающее излучение накачки и полностью отражающее излучение на сигнальной длине волны, 10 нелинейный элемент параметрического генератора [3] (прототип).

Задачей настоящей полезной модели является обеспечение оперативного переключения длин волн излучения импульсного твердотельного лазера с параметрическим генератором света, попадающих в безопасный или в опасный для зрения спектральный диапазон.

Для решения поставленной задачи в известном импульсном твердотельном лазере с параметрическим генератором света с резонатором, образованным призмой-крышей и параметрическим зеркалом, полностью отражающим излучение накачки и частично пропускающим излучение на сигнальной длине волны, содержащим расположенные на оптической оси резонатора по ходу от призмы-крыши электрооптический элемент, 20 90-градусный вращатель плоскости поляризации излучения накачки, оптически изотропный твердотельный активный элемент в осветителе, содержащим также импульсную лампу и отражатель, пластину-поляризатор, параметрическое зеркало, полностью отражающее излучение на сигнальной длине волны, нелинейный элемент параметрического генератора света, призма-крыша установлена таким образом, что 25 ее ребро при вершине составляет угол 45 градусов с плоскостью пропускания пластины-поляризатора и ортогонально оси резонатора, оптическая ось электрооптического элемента отклонена от оси резонатора на угол в пределах первого кольца коноскопической картины и лежит в плоскости, проходящей через ось резонатора и составляющей угол 45 градусов с плоскостью пропускания пластины-поляризатора, 30 между электрооптическим элементом и 90-градусным вращателем установлен второй электрооптический элемент, оптическая ось которого совпадает с осью резонатора, осветитель азимутально ориентирован таким образом, что плоскость симметрии распределения инверсной населенности в поперечном сечении активного элемента совпадает с плоскостью пропускания пластины-поляризатора.

35 Существенными отличиями полезной модели от прототипа являются ребро при вершине призмы-крыши, эквивалентной по своим деполяризующим свойствам глухому зеркалу и близкой к четвертьволновой пластине двулучепреломляющей пластине с осями под углами 0 и 90 градусов к ребру, установлено под углом 45 градусов к плоскости пропускания пластины-поляризатора, что приводит 40 к частичному «запиранию» резонатора электрооптическим затвором;

оптическая ось электрооптического элемента отклонена от оси резонатора таким образом, что обеспечивает вместе с призмой-крышей максимальное «запирание» резонатора. При этом электрооптический затвор может полностью «открывать» резонатор, т.е. повышать добротность резонатора до максимальной величины при 45 подаче на электроды электрооптического элемента четвертьволнового напряжения $U_{\lambda/4}$, где $\lambda - \lambda_H$;

установка второго электрооптического элемента с оптической осью, совпадающей с осью резонатора, позволяет «открывать» резонатор не полностью при подаче на

электроды второго электрооптического элемента напряжения U , где $U < U_{\lambda/4}$, и, тем самым, обеспечивать формирование в резонаторе т.н. «поляризационного» зеркала.

Таким образом, в предлагаемом лазере реализуется возможность управлять добротностью резонатора при подаче напряжения либо на один электрооптический элемент, либо на другой. При подключении к каждому электрооптическому элементу соответствующих блоков управления затвором БУЗ-1 и БУЗ-2, способных формировать импульсы напряжения с амплитудой $U_{\lambda/4}$ на первый электрооптический элемент и с амплитудой U на второй электрооптический элемент, появляется возможность оперативного переключения режимов работы лазера: режим выхода из резонатора только излучения с λ_c через зеркало или режим выхода из лазера только излучения с λ_n , отражающегося от пластины-поляризатора.

Поскольку генерация импульсов напряжения БУЗ-1 и БУЗ-2 осуществляется при их запуске синхроимпульсами TTL уровня, которые легко коммутируются от ПК, переключение длин волн выходного излучения может осуществляться оперативно вплоть до временного интервала между импульсами излучения в импульсно-периодическом режиме работы лазера.

Оптическая схема полезной модели представлена на чертеже.

Резонатор импульсного лазера с ПГС образован призмой-крышей 1 с ребром при вершине под 45 градусов к плоскости чертежа и под 90 градусов к оси резонатора и параметрическим зеркалом 2, полностью отражающим излучение накачки с λ_n и частично пропускающим излучение на сигнальной длине волны ПГС λ_c . На оптической оси резонатора по ходу от призмы-крыши 1 расположены электрооптический элемент 3 из кристалла DKDP, дополнительно установленный второй электрооптический элемент 4 из кристалла DKDP с оптической осью, совпадающей с осью резонатора, 90-градусный вращатель поляризации 5, осветитель 6 с оптически изотропным активным элементом из АИГ:Nd³⁺ 7, содержащим также импульсную лампу 8 и отражатель 9, пластина-поляризатор 10 с плоскостью пропускания в плоскости чертежа, параметрическое зеркало 11, полностью пропускающее излучение накачки с λ_n и полностью отражающее излучение с λ_c , нелинейный элемент ПГС из кристалла КТР 12. Оптическая ось электрооптического элемента 3 отклонена от оси резонатора на небольшой (~1 градус) угол ϕ в пределах первого кольца коноскопической картины в плоскости, проходящей через ось резонатора и составляющей 45 градусов с плоскостью чертежа. При этом величину угла ϕ устанавливают по максимальному коэффициенту начальных потерь, вносимых в резонатор электрооптическим затвором, состоящим из призмы-крыши 1, электрооптического элемента 3, электрооптического элемента 4 и пластины-поляризатора 10. Осветитель 6 азимутально ориентирован таким образом, что плоскость симметрии распределения инверсной населенности в поперечном сечении активного элемента совпадает с плоскостью чертежа.

Импульсный твердотельный лазер с параметрическим генератором света работает следующим образом.

В момент времени, в который под воздействием импульса излучения лампы инверсная населенность в активном элементе достигает своего максимального значения, на электроды электрооптического элемента 3 подается импульс высоковольтного напряжения с амплитудой $U_{\lambda/4}=4$ кВ с БУЗ-1, который срабатывает при подаче на него синхроимпульса запуска. После полного «открытия» электрооптическим затвором резонатора в резонаторе генерируется короткий во времени (~10 нс) импульс излучения

с λ_H и одновременно в резонаторе ПГС генерируется импульс излучения с λ_C (~5 нс).
 Причем излучение с λ_H практически не выходит из общего резонатора. Излучение с λ_C
 выходит из резонатора через частично прозрачное зеркало 2. При этом на БУЗ-2
 синхроимпульс запуска не подается. В этом случае из резонатора лазера выходит
 5 излучение на безопасной для зрения длине волны $\lambda_C=1,57$ мкм.

Если синхроимпульс запуска в момент достижения инверсной населенности в
 активном элементе своего максимального значения подается на БУЗ-2, который в свою
 очередь подает на электроды электрооптического элемента 4 импульс высоковольтного
 10 напряжения $U \sim 1,5$ кВ, то общий резонатор лазера открывается не полностью и
 становится эквивалентным резонатору, в котором выход излучения с λ_H из резонатора
 осуществляется при отражении части излучения, идущего в сторону резонатора ПГС
 от пластины-поляризатора 10. При этом часть излучения с λ_H , прошедшая пластину-
 поляризатор 10, оказывается ниже по мощности пороговой мощности ПГС, который,
 15 вследствие этого, становится эквивалентным глухому зеркалу для излучения с λ_H . В
 этом случае из резонатора лазера выходит излучение на опасной для зрения длине
 волны λ_H . Коммутируя синхроимпульсы запуска либо БУЗ-1, либо БУЗ-2, можно
 оперативно переключать длины волн излучения, выходящего из резонатора лазера.

Таким образом, поставленную перед полезной моделью задачу по обеспечению
 20 оперативного переключения длин волн излучения импульсного твердотельного лазера
 с параметрическим генератором света, попадающих в безопасный или опасный для
 зрения спектральный диапазон.

Источник информации:

1. Дмитриев В.Г., Тарасов Л.В. Прикладная нелинейная оптика. М.: Физматлит, 2004,
 25 с. 321.

2. Geng Y., Tan X., Li X., Yao J. Compact and widely tunable terahertz source based on dual-
 wavelength intracavity optical parametric oscillation / Applied Physics B., April 2010, vol. 99,
 issue 1-2, pp. 181-185.

3. Алампиев М.В., Ляшенко А.И. Импульсные лазеры на АИГ: Nd^{3+} с параметрическим
 30 генератором света. Труды Российского научно-технического общества радиотехники,
 электроники и связи имени А.С. Попова. Серия: Акустооптические и радиолокационные
 методы измерений и обработки информации. Выпуск: 10, Москва-Суздаль, 2017, с. 184-
 186.7

(57) Формула полезной модели

Импульсный твердотельный лазер с параметрическим генератором света с
 резонатором, образованным призмой-крышей и параметрическим зеркалом, полностью
 отражающим излучение накачки и частично пропускающим излучение на сигнальной
 40 длине волны, содержащим расположенные на оптической оси резонатора по ходу от
 призмы-крыши электрооптический элемент, 90-градусный вращатель плоскости
 поляризации излучения накачки, квантрон с оптически изотропным твердотельным
 активным элементом в осветителе, содержащим также импульсную лампу и отражатель,
 пластину-поляризатор, параметрическое зеркало, полностью пропускающее излучение
 45 накачки и полностью отражающее излучение на сигнальной длине волны, нелинейный
 элемент параметрического генератора света, отличающийся тем, что призма-крыша
 установлена таким образом, что ее ребро при вершине составляет угол 45 градусов с
 плоскостью пропускания пластины-поляризатора и ортогонально оси резонатора,
 оптическая ось электрооптического элемента отклонена от оси резонатора на угол в

пределах первого кольца коноскопической картины и лежит в плоскости, проходящей через ось резонатора и составляющей угол 45 градусов с плоскостью пропускания пластины-поляризатора, между электрооптическим элементом и 90-градусным вращателем установлен второй электрооптический элемент, оптическая ось которого совпадает с осью резонатора, осветитель азимутально ориентирован таким образом, что плоскость симметрии распределения инверсной населенности в поперечном сечении активного элемента совпадает с плоскостью пропускания пластины-поляризатора.

10

15

20

25

30

35

40

45

