



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
H01S 3/0385 (2018.05); H01S 3/2237 (2018.05)

(21)(22) Заявка: 2017139170, 10.11.2017

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
10.11.2017

Дата регистрации:
22.08.2018

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 10.11.2017

(45) Опубликовано: 22.08.2018 Бюл. № 24

Адрес для переписки:

634055, г. Томск, пр. Академический, 2/3,
Институт сильноточной электроники СО РАН,
зам. директора по НР ИСЭ СО РАН
Турчановскому И.Ю.

(72) Автор(ы):

Панченко Юрий Николаевич (RU),
Коновалов Иван Николаевич (RU),
Лосев Валерий Федорович (RU),
Пучикин Алексей Владимирович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
учреждение науки Институт сильноточной
электроники Сибирского отделения
Российской академии наук (ИСЭ СО РАН)
(RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 2313872 C2, 27.12.2007. EP
999619 A1, 10.05.2000. RU 2027267 C1,
20.01.1995. US 3934211 A1, 20.01.1976.

(54) Азотный лазер, возбуждаемый продольным электрическим разрядом

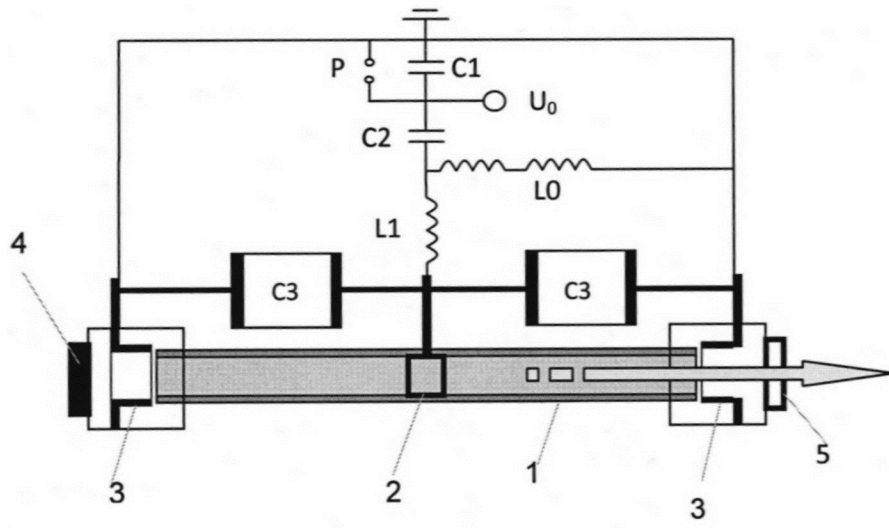
(57) Реферат:

Изобретение относится к лазерной технике. Азотный лазер, возбуждаемый продольным электрическим разрядом, содержит цилиндрическую секционированную разрядную трубку с азотом, включающую электроды для зажигания продольного электрического разряда, зарядный и разрядный контуры для импульсного

питания разряда и резонатор для формирования лазерного пучка. При этом электроды разрядной трубки выполнены в виде цилиндров с острой кромкой в разрядной трубке с внутренним диаметром 11-17 мм. Технический результат заключается в повышении энергии и длительности импульса излучения. 1 з.п. ф-лы, 2 ил.

RU 2 664 780 C1

RU 2 664 780 C1



Фиг.1

RU 2664780 C1

RU 2664780 C1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC
H01S 3/0385 (2018.05); H01S 3/2237 (2018.05)

(21)(22) Application: **2017139170, 10.11.2017**

(24) Effective date for property rights:
10.11.2017

Registration date:
22.08.2018

Priority:

(22) Date of filing: **10.11.2017**

(45) Date of publication: **22.08.2018** Bull. № 24

Mail address:

634055, g. Tomsk, pr. Akademicheskij, 2/3, Institut silnotochnoj elektroniki SO RAN, zam. direktora po NR ISE SO RAN Turchanovskomu I.YU.

(72) Inventor(s):

**Panchenko Yuriy Nikolaevich (RU),
Kononov Ivan Nikolaevich (RU),
Losev Valerij Fedorovich (RU),
Puchikin Aleksej Vladimirovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

Federalnoe gosudarstvennoe byudzhethoe uchrezhdenie nauki Institut silnotochnoj elektroniki Sibirskogo otdeleniya Rossijskoj akademii nauk (ISE SO RAN) (RU)

(54) **NITROGEN LASER, EXCITED BY LONGITUDINAL ELECTRIC DISCHARGE**

(57) Abstract:

FIELD: optics.

SUBSTANCE: invention relates to laser equipment. nitrogen laser excited by a longitudinal electric discharge comprises a cylindrical partitioned discharge tube with nitrogen, including electrodes for igniting a longitudinal electric discharge, charge and discharge circuits for pulsed discharge supply and a resonator for

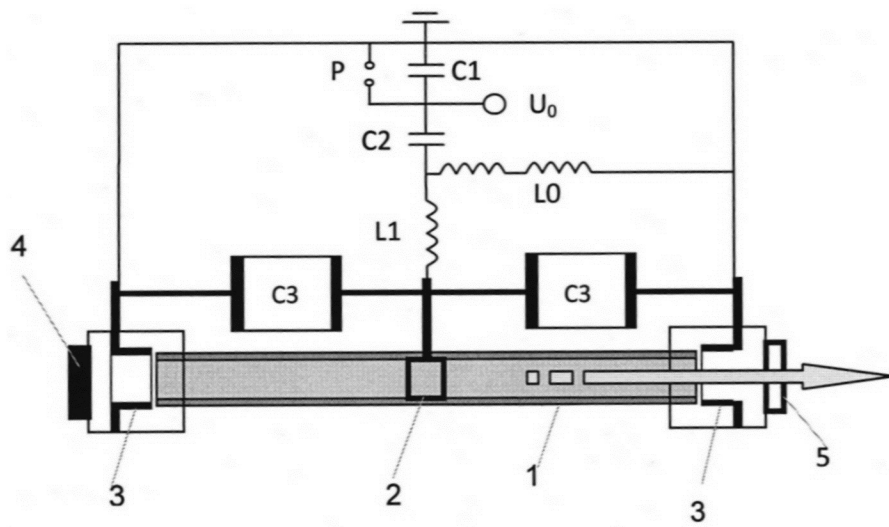
forming a laser beam. In this case, electrodes of discharge tube are made in form of cylinders with a sharp edge in a discharge tube with inner diameter of 11–17 mm.

EFFECT: technical result is to increase energy and duration of radiation pulse.

1 cl, 2 dwg

RU 2 664 780 C 1

RU 2 664 780 C 1



Фиг.1

RU 2664780 C1

RU 2664780 C1

Изобретение относится к квантовой электронике и может быть использовано в устройствах импульсных газовых лазеров с продольным электрическим разрядом.

Известны азотные лазеры с продольным электрическим разрядом [1-3]. Лазеры содержат цилиндрическую разрядную трубку с азотом, включающую стержневые электроды, зарядный и разрядный контуры для импульсного питания разряда, резонатор для формирования лазерного пучка.

В данных лазерах используются разрядные трубки из стекла или керамики и состоят из одной или нескольких секций. Эффективное возбуждение лазера достигается при длине разрядных трубок от 15 до 40 см, при внутренних диаметрах трубок 3-6 мм. Разрядные (обострительные) емкости, подключенные к секциям разрядной трубки, импульсно заряжаются от накопительной емкости при срабатывании коммутатора. При их зарядке может обеспечиваться ультрафиолетовая (УФ) предыонизация за счет дополнительных искровых промежутков [2]. Формирование разряда в трубке и формирование активной среды происходит при разряде обострительных емкостей на секции разрядной трубки. Давление азота в разрядной трубке составляет единицы-десятки миллиметров ртутного столба. Генерация лазера возникает на фронте импульса тока при быстром спаде напряжения на электродах. Плотность разрядного тока достигает $\sim 0.5-1.5$ кА/см². Удельные пиковые мощности накачки 0,03-0,15 МВт/см³ достигаются за счет высоких зарядных напряжений 30-50 кВ. Получены импульсы излучения на длине волны $\sim 337,1$ нм с энергией 0,03 [2] - 0,2 [1] мДж. Длительность импульсов излучения на уровне половины интенсивности составляют от 2,5 [2] до 10 [3] нс.

Наиболее близким аналогом, взятым нами за прототип, является азотный лазер, описанный в работе [4], в котором получена максимальная энергия генерации 0,3 мДж. Лазер содержит цилиндрическую стеклянную разрядную трубку с азотом, состоящую из 4-х секций. Длина трубки в одной секции составляет 4,5 см, внутренний диаметр трубки - 4 мм. На краях секции находятся два стержневых электрода из тантала, расположенных поперек оси трубки на расстоянии 4 мм друг от друга. Общая длина разрядной трубки - 26 см. Общий объем разрядной области - 3,3 см³. На концах разрядная трубка закрывается кварцевыми окнами, расположенными под углом Брюстера. Для возбуждения продольного разряда используются обострительные керамические конденсаторы емкостью 0,15 нФ на каждую секцию, которые располагаются коаксиально разрядной трубке. Их импульсная зарядка происходит при коммутации ударной (зарядной) емкости 850 нФ. Причем, зарядка происходит через искровые промежутки, образованные стержневыми электродами. Данные искры обеспечивают автоматическую УФ-предыонизацию газа в разрядном промежутке. В качестве оптического резонатора лазера используется одно плоское алюминиевое зеркало. В оптимальных условиях при зарядном напряжении 20 кВ данный лазер обеспечивает лазерный импульс с длительностью излучения $t_{0,5}=5$ нс и энергией 0,3 мДж.

Недостатком технического решения, реализованного в прототипе, является ограничение (невозможность дальнейшего повышения) энергии лазерного излучения ($E>0.3$ мДж) и длительности импульса излучения ($t_{0,5}>5$ нс) за счет повышения мощности (энергии) возбуждения. Основной причиной этого в данной конструкции является нарушение однородности объемного разряда с ростом мощности возбуждения, т.е. в разряде развиваются неустойчивости, которые контрагируются и энергия лазерного излучения уменьшается.

Задачей изобретения является повышение энергии импульса излучения и увеличение его длительности.

Указанная задача при осуществлении изобретения достигается тем, что в известном лазере, возбуждаемым продольным электрическим разрядом, содержащем цилиндрическую секционированную разрядную трубку с азотом, включающую электроды для зажигания продольного электрического разряда, зарядный и разрядный контуры для импульсного питания разряда, резонатор для формирования лазерного пучка, согласно изобретению, электроды разрядной трубки выполнены в виде цилиндров с острой кромкой в разрядной трубке с внутренним диаметром (11-17) мм.

Кроме того, что удельная мощность накачки разряда (Р) и удельная энергия накачки (Е) составляют: $P=(1.2-1.5) \text{ МВт/см}^3$, $E=(50-60) \text{ мДж/см}^3$.

Механизм реализации зажигания объемного разряда с более высокой мощностью возбуждения и, как следствие, получение более высокой энергии импульса излучения и большей его длительности, заключается в следующем. Использование разрядных электродов в виде цилиндров с острой кромкой приводит к искажению электрического поля и увеличению, таким образом, его напряженности на резко-неоднородной внутренней поверхности электродов. В результате на цилиндрическом катоде и около острых анодов возникает коронный разряд, обеспечивающий интенсивную ионизацию газа начальными электронами. Кроме того, близкое расположение диэлектрической поверхности стеклянной трубки и острых электродов позволяет формировать скользящий разряд по поверхности разрядной трубки, тем самым повышая начальную концентрацию электронов по всей длине разрядной трубки. В катодной и анодной областях начинается быстрое прорастание объемной стадии разряда, который перекрывает весь разрядный промежуток и обеспечивает эффективное возбуждение азотного лазера.

На Фиг. 1 представлена конструкция лазера и электрическая схема возбуждения. Лазер имеет разрядную трубку 1, состоящую из 2-х секций длиной 200 мм каждая и внутренним диаметром 11.5 мм. Секции образуются общим катодом 2 и своим анодом 3. Катод 2 и анод 3 выполнены в виде цилиндрических металлических трубок с внутренним диаметром, равным внутреннему диаметру разрядной трубки 1. Торцы секций разрядной трубки установлены соосно с анодами на расстоянии 2-3 мм друг от друга. Керамические конденсаторы, образующие разрядные емкости секций С3, располагаются коаксиально разрядной трубки для исключения влияния на распределение плотности разрядного тока по ее сечению. Оптический резонатор лазера образуется плоским или вогнутым алюминиевым зеркалом 4 и кварцевым окном 5, которые установлены на торцевых узлах крепления секций разрядной трубки.

Для накачки лазера используется генератор, выполненный по схеме LC-инвертор с использованием накопительных емкостей $C1=11.2 \text{ нФ}$ и $C2=5.6 \text{ нФ}$, собранных из конденсаторов марки TDK UNV-6A, 2700 pF & 30 kV и двух разрядных емкостей $C3=1.9 \text{ нФ}$, собранных из конденсаторов марки КВИ-3 20 кВ×470 пФ и подключенных к двум секциям трубки. Генератор подключается к электрической цепи лазерной камеры через высоковольтный коаксиальный кабель с индуктивностью $L1 \sim 600 \text{ нГн}$. Индуктивность $L0$ составляет 100 мкГн и используется для зарядки конденсатора С2. В качестве ключа Р, используется тиратрон марки ТПИ 10к/20.

На Фиг. 2 приведены типичные осциллограммы тока и напряжения на емкости С3, а также временная форма импульса излучения. Зарядное напряжение составляло 24 кВ. Для эффективного использования энергии, вводимой в активную среду, длительность импульсов возбуждения была выбрана (оптимизирована) нами примерно равной 40

нс. Для данных параметров разрядной трубки и системы накачки были реализованы оптимальные плотности импульса тока 2.75 ± 0.25 кА/см², удельная мощность 1.2-1.5 МВт/см³ и удельная энергия 50-60 мДж/см³ разряда, позволяющие получать наибольшую энергию генерации азотного лазера.

При давлении технического азота (99,6%) P=7.5 мм рт.ст. полная длительность импульса генерируемого излучения соответствовала длительности импульса накачки. При зарядном напряжении $U_0=24$ кВ энергия в импульсе излучения достигала 1.4 ± 0.1 мДж при длительности на уровне половины интенсивности до 16 ± 2 нс. Максимальная пиковая мощность выходного пучка составляла 80 кВт. Генерация излучения развивалась в основном около внутренней стенки разрядной трубки в кольце шириной ~ 2,5 мм, площадь сечение лазерного пучка составляло 0.6 см². Плотность выходного излучения, снимаемая с активной среды лазера, была 0.06 мДж/см³. Полный КПД лазера (относительно энергии запасенной в накопительной емкости C1+C2) имел величину 0.03%. Внутренний КПД (относительно энергии запасенной в разрядной емкости C3) был 0.11%.

При замене в разрядной трубке азота на атмосферный воздух (78% N₂, 21% O₂) с давлением 6 мм рт.ст. и при зарядном напряжении $U_0=24$ кВ энергия в импульсе излучения равнялась 0,6 мДж при длительности импульса $t_{0,5}=12$ нс. Без системы прокачки газовой среды в импульсно-периодическом режиме работы лазера до 10 Гц, сохранялась устойчивая повторяемость разрядных и генерационных характеристик лазера.

Масштабирование двухсекционной конструкции лазера позволяло повысить энергию излучения до 2 мДж, при этом внутренний диаметр трубки длиной 200 мм увеличивали до величины 17 мм. Генератор состоял из емкостей C1=17 нФ, C2=8.4 нФ, C3=5 нФ.

Таким образом, предлагаемое устройство N₂ лазера, возбуждаемого продольным разрядом, позволяет увеличивать по сравнению с прототипом энергию генерации более чем в 5 раз, а длительность импульса лазерного излучения в 3 раза. Данный эффект обусловлен использованием цилиндрических острых электродов и увеличением диаметра разрядной трубки. Использование данного изобретения позволит создавать эффективные N₂ лазеры с более высокой энергией лазерного пучка в более простой конструкции (без искровой предыонизации), что позволит расширить области его применения.

Источники информации

1. Е.Х. Бакшт, А.Н. Панченко, В.Ф. Тарасенко. Азотный лазер с накачкой продольным разрядом от индуктивного и емкостного накопителей энергии // Квантовая электроника, Т. 25, №12, С. 1087-1090, 1998.

2. А.И. Фёдоров. Азотный лазер с продольным разрядом и УФ-предыонизацией // Оптика атмосферы и океана. 1996. Т. 9. №2, С. 163-165.

3. А.И. Горлов, В.В. Кюн, В.С. Скоз, Ю.М. Токунов. Исследование импульсно-периодического азотного лазера с продольным возбуждением // Квантовая электроника. 1989. Т. 16. №9. С. 1781-1784.

4. Н. Furuhashi, Т. Goto. Longitudinal discharge N₂ laser with automatic preionization using an LC inversion circuit // Rev. Sci. Instrum. 1988. V. 59. N 12. P 2552-2556.

(57) Формула изобретения

1. Азотный лазер, возбуждаемый продольным электрическим разрядом, содержащий

цилиндрическую секционированную разрядную трубку с азотом, включающую электроды для зажигания продольного электрического разряда, зарядный и разрядный контуры для импульсного питания разряда, резонатор для формирования лазерного пучка, отличающийся тем, что электроды разрядной трубки выполнены в виде цилиндров с острой кромкой в разрядной трубке с внутренним диаметром 11-17 мм.

2. Азотный лазер по п. 1, отличающийся тем, что удельная мощность накачки разряда (P) и удельная энергия накачки (E) составляют: $P=(1.2-1.5) \text{ МВт/см}^3$, $E=(50-60) \text{ мДж/см}^3$.

15

20

25

30

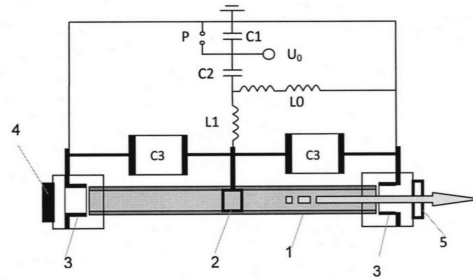
35

40

45

1

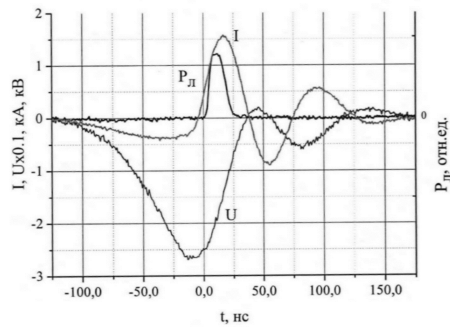
Азотный лазер, возбуждаемый продольным электрическим разрядом



Фиг.1

2

Азотный лазер, возбуждаемый продольным электрическим разрядом



Фиг.2