



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) UA

(11) 106643

(13) C2

(51) МПК

H01S 3/097 (2006.01)

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(21) Номер заявки: а 2012 08827

(22) Дата подання заявки: 17.07.2012

(24) Дата, з якої є чинними
права на винахід: 25.09.2014

(41) Публікація відомостей
про заяву: 27.01.2014, Бюл.№ 2

(46) Публікація відомостей
про видачу патенту: 25.09.2014, Бюл.№ 18

(72) Винахідник(и):

Кісельов Володимир Костянтинович
(UA),

Радіонов Володимир Петрович (UA),
Нестеров Павло Кирилович (UA)

(73) Власник(и):

ІНСТИТУТ РАДІОФІЗИКИ ТА
ЕЛЕКТРОНІКИ ІМЕНІ О.Я. УСИКОВА
НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК
УКРАЇНИ,

вул. Ак. Проскури, 12, м. Харків, 61085 (UA)

(56) Перелік документів, взятих до уваги
експертизою:

JP H01124276 A; 17.05.1989

GB 2007014 A; 10.05.1979

CN 102200670 A; 28.09.2011

US 2005121629 A1; 09.06.2005

US 4949353 A, 14.08.1990

UA 78871 C2; 29.04.2007

(54) БАГАТОЧАСТОТНИЙ ТЕРАГЕРЦЕВИЙ ЛАЗЕР

(57) Реферат:

У багаточастотному терагерцевому лазері, що має активну речовину і декілька резонаторів, утворених спільним для всіх резонаторів дзеркалом і декількома індивідуальними для кожного резонатора дзеркалами, пропонується спільне дзеркало виконати частково прозорим по всій його поверхні, а індивідуальні дзеркала, виконані непрозорими з пласкою або слабоввігнутою поверхнею. Індивідуальні дзеркала розташовані на платформі, яка має механізм переміщення її вздовж осей резонаторів. При цьому одне з дзеркал розташовано безпосередньо на платформі, а інші дзеркала мають механізми переміщення відносно платформи вздовж осей резонаторів.

UA 106643 C2

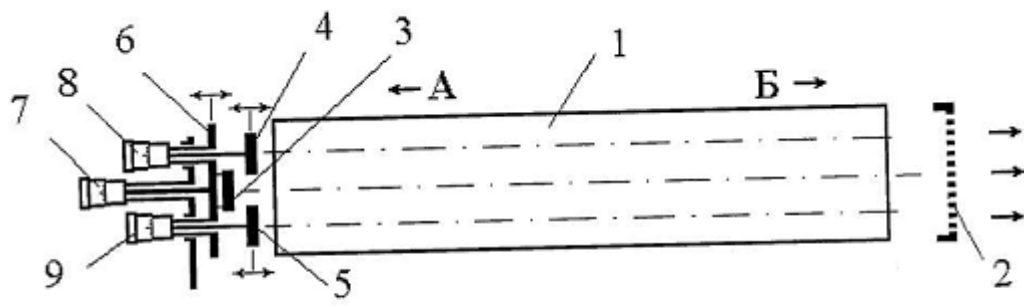


Fig. 1

Запропонований винахід належить до лазерної техніки і може знайти застосування як двох- та багаточастотне джерело лазерного випромінювання у складі різних радіовимірвальних пристроїв, наприклад, у інтерферометрах для діагностики плазми у діапазоні субміліметрових (субмм) хвиль - терагерцевої (ТГц) частини електромагнітного спектра.

Терагерцеві лазери застосовуються зокрема в інтерферометрах для діагностики плазми на установках типу "Токамак" [В.А. Щербов, Е.М. Кулешов, П.К. Нестеров Применение субмиллиметровых лазеров в интерферометрах для диагностики высокотемпературной плазмы - Харьков, 1988.// Препринт АН УССР. Ин-т радиофизики и электроники, №376]. Для нормальної роботи інтерферометра необхідно одержати стабільну різницю між частотами сигнального і гетеродинного сигналів мінімум у кілька десятків кілогерців. При цьому, чим вище різниця частот, тим вище швидкодія інтерферометра, а отже вище точність вимірів. Іноді потрібно багатоканальне діагностування на різних частотах.

Для одержання стабільної різниці частот найбільш часто використовуються механічні доплерівські зсувачі частоти [Щербов В.А., Нестеров П.К. Доплеровские сдвигатели частоты субмиллиметрового диапазона волн // Физика и техника миллиметровых и субмиллиметровых волн. - Київ Наук. Думка.- 1983.- с.251-256]. У цьому випадку використовується випромінювання одного лазера, яке розділяється на два або декілька каналів. Зсув частоти здійснюється в одному каналі відносно інших в результаті відбиття випромінювання від зубчастої поверхні обертового диска. При цьому доплерівський зсув частоти залежить від несучої частоти лазера, швидкості обертання, розмірів диска та параметрів зубців...

Достоїнством такої схеми є достатньо стабільна різниця частот.

Недоліком є вібрації від обертання диска та залежність спектра сигналу від якості виготовлення зубчастої поверхні, що вносить перешкоди і знижує чутливість інтерферометра. Крім того, такі механічні зсувачі не дозволяють забезпечити високі значення різницевої частоти через обмежену швидкість обертання диска.

Для одержання різницевої частоти можуть використовуватися випромінювання від двох, або більше окремих лазерів, що працюють на різних частотах в межах смуги посилення активної речовини. [A modulated submillimeter laser interferometer system for plasma density measurements /S.W.Volf, K.J.Button, J.Valdman et al. //Appl. Optics. -1976, -15, N11. - p.699-703].

Така схема дозволяє отримати достатньо велику різницю між частотами, адже смуга посилення активної речовини газорозрядних субмм лазерів складає близько 10 МГц.

Основним недоліком такої схеми є суттєва нестабільність різниці частот, яка складається з частотної нестабільності окремих лазерів і на яку впливають коливання газового розряду в кожному лазері. Це істотно знижує точність вимірів і ускладнює роботу інтерферометра.

Для одержання двох частот може використовуватись двочастотний кільцевий лазер, у якому різниця частот забезпечується завдяки прокачуванню активної речовини по контуру резонатора [Двочастотный кольцевый газоразрядный лазер: патент 78871 Україна: МПК НО IS 3/097 /Кисельов В.К., Радіонов В.П. - № а200504172; заявл. 29.04.2005; опубл. 25.04.2007, Бюл. №5].

Достоїнством такого лазера є те, що коливання газового розряду не впливають на стабільність різниці частот.

Недоліком цього лазера є те, що неможливо одержати більше ніж дві окремі частоти. Крім того, для підвищення різниці частот потрібно використовувати потужні і громіздкі системи прокачування. Негативним

також є те, що на стабільність різниці частот впливає стабільність швидкості прокачування активної речовини.

Найближчим за технічною суттю до запропонованого винаходу (прототипом) є двочастотний лазер, у резонаторі якого одночасно збуджуються два коливання на окремих частотах з взаємно перпендикулярними поляризаціями [Каменев Ю.Е., Кулешов Е.М., А.М. Лебеденко Многочастотное излучение в субмиллиметровых лазерах //Квантовая электроника. - 1987. -11, №1. - С. 213-214]. Резонатор такого лазера утворено металевим дзеркалом з одного боку активної речовини і двома частково прозорими вивідними дзеркалами з іншого боку. Частково прозорими дзеркалами служать розташовані одна за одною металеві дротяні решітки, що мають взаємно перпендикулярний напрямок дртинок. Кожна дротяна решітка спільно з металевим дзеркалом утворює резонатор, що генерує лінійно поляризоване терагерцеве випромінювання, напрямок поляризації якого співпадає з напрямком дртинок решітки. Змінюючи відстань між решітками можна змінювати різницю між частотами генерації резонаторів в межах лінії випромінювання активної речовини. Такий лазер дозволяє отримувати одночасну генерацію на двох взаємно перпендикулярних поляризаціях, що дає можливість розвести ці випромінювання по різних каналах для подальшого їх практичного застосування. Вдається генерувати також і третю нерегульовану частоту на вищій моді меншої потужності з

поляризацією, що паралельна до одного з двох основних випромінювань. Але випромінювання третьої частоти не можливо виділити і вивести у окремий канал для практичного застосування.

Достоїнством такого лазера є те, що він дозволяє отримувати достатньо велику регульовану різницю двох частот (в межах смуги посилення активної речовини), причому на стабільність різниці частот не впливають ані коливання газового розряду, ані нестабільність прокачування активної речовини.

Недоліком є неможливість практичного використання більше двох окремих частот, (оскільки розділити вдається лише випромінювання зі взаємно перпендикулярними поляризаціями). Також, оскільки випромінювання різних частот розповсюджуються в активній речовині по одному й тому ж шляху, виникає конкуренція між випромінюваннями різних частот. Конкуренція призводить до раптового зникнення генерації на одній з частот, особливо при малій різниці між частотами. Роботу ускладнює й те, що для встановлення і контролю потрібної частоти та різниці частот, а також контролю дрейфу частот треба використовувати спеціальну складну і дорогу частотомірну апаратуру.

В основу винаходу поставлено задачу удосконалити багаточастотний терагерцевий лазер шляхом генерації окремих, не конкуруючих між собою пучків ТГц випромінювань в резонаторах, що дає можливість одночасно генерувати і використовувати випромінювання більше ніж двох частот, підвищити стабільність випромінювань, а також оперативно встановлювати і контролювати частоту випромінювань та різницю між частотами.

Поставлена задача вирішується тим що в багаточастотному терагерцевому лазері, який має активну речовину і декілька резонаторів з паралельними осями, причому з одного боку від активної речовини розташовано одне спільне для всіх резонаторів дзеркало, а з протилежного - індивідуальні дзеркала для кожного резонатора, відповідно до винаходу, спільне дзеркало виконано частково прозорим по всій його поверхні, а індивідуальні дзеркала виконані непрозорими та мають пласку або слабоввігнуту поверхню і розташовані на платформі, яка має механізм переміщення її вздовж осей резонаторів, причому одне з дзеркал розташовано безпосередньо на платформі, а інші мають механізми переміщення дзеркал відносно платформи вздовж осей резонаторів.

Завдяки запропонованому розташуванню дзеркал в лазері утворюються декілька окремих не зв'язаних між собою резонаторів зі спільною активною речовиною, але з різними шляхами розповсюдження випромінювання в ній, що виключає конкуренцію між випромінюваннями. Запропонована система мікрометричних механізмів переміщення дзеркал дозволяє налаштувати окремі резонатори на генерацію потрібної частоти без використання частотомірної апаратури, та дозволяє підтримувати стабільність такої настройки.

Суть винаходу пояснюється кресленнями. На фіг. 1 зображено повздовжній розріз лазера, на фіг. 2 - вид А фіг. 1, на фіг. 3 - вид Б фіг. 1.

Запропонований лазер містить активну речовину 1 і декілька резонаторів (наприклад три), осі яких взаємно паралельні і розташовані на певній відстані одна від одної. Резонатори мають одне спільне для всіх вивідне дзеркало 2, яке виконане частково прозорим по всій поверхні (наприклад, у вигляді металевої решітки або сітки) і розташоване з одного боку активної речовини 1. З протилежного боку активної речовини 1 розташовано декілька (у даному випадку три) індивідуальних непрозорих дзеркал 3, 4, 5, які мають пласку або ледь ввігнуту поверхню... Дзеркала 3, 4, 5 розташовані на рухомій платформі 6, що має механізм 7 для її переміщення вздовж осей резонаторів. Одне з непрозорих дзеркал 3, що утворює центральний резонатор, розташовано безпосередньо на платформі 6, а інші дзеркала 4, 5, що утворюють робочі резонатори, мають мікрометричні механізми 8, 9 переміщення відносно платформи 6 у напрямку вздовж осей резонаторів.

Лазер працює в такий спосіб. Накачування лазера може здійснюватися будь-якими відомими способами. Під впливом енергії накачування активна речовина 1 приводиться в збуджений стан. Відстань по шкалі частот між власними частотами резонаторів ТГц лазерів зазвичай є набагато більшою, ніж ширина спектральної смуги підсилення активної речовини, отже генерація можлива лише при певних дискретних довжинах резонатора, коли власна частота резонатора перебуває в межах спектральної смуги підсилення активної речовини 1. Тому для налаштування резонатора на генерацію необхідно переміщати одне з його дзеркал вздовж осі резонатора. Завдяки переміщенню дзеркала можна перестроювати частоту генерації в межах смуги підсилення активної речовини 1. Для однозначного частотного налаштування лазера необхідно, щоб генерація була можлива лише в одномодовому режимі на основній найбільш потужній поперечній моді резонатора. Це досягається, наприклад, шляхом підбору прозорості вивідного дзеркала 2.

В запропонованому лазері спочатку настраюється центральний резонатор, утворений вивідним дзеркалом 2 і непрозорим дзеркалом 3. Для цього за допомогою механізму 7 переміщується рухлива платформа 6, на якій закріплено дзеркало 3. Проводиться настройка на максимум потужності випромінювання центрального резонатора, що відповідає настройці його на центральну частоту смуги підсилення активної речовини 1. Потім за допомогою механізмів 8, 9 переміщують дзеркала 4 і 5 відносно платформи 6 і налаштовують решту робочих резонаторів на максимум потужності генерації, що також відповідає їх настройці на центральну частоту. Потім ці робочі резонатори налаштовують на потрібну частоту з діапазону перестройки в межах смуги посилення активної речовини. Це робиться шляхом зміщення дзеркал 4, 5 за допомогою механізмів 8, 9 в той чи інший бік від положення максимуму генерації, що відповідає генерації на центральній частоті. Переміщення проводять в межах наявності генерації. Зміну частоти генерації $\pm \Delta f$ від центральної частоти, що відбувається при цьому, розраховують по формулі:

$$\Delta f = \frac{\Delta L \times f_0}{L},$$

де: ΔL - переміщення дзеркала в межах наявності генерації,
 f_0 - центральна частота лінії посилення активної речовини,
 L - довжина резонатора.

Наприклад, для HCN лазера $f_0=0,98$ ТГц і $L=3$ м переміщення дзеркала на $\Delta L=1$ мкм відповідає зміні частоти на $\Delta f=1 \times 10^{-6}(\text{м}) \times 9,8 \times 10^{11}(\text{Гц}) / 3(\text{м}) \approx 3,3 \times 10^5 \text{ Гц} = 0,33 \text{ МГц}$. Отже, механізм переміщення дзеркала зі шкалою відліку 1 мкм, що зазвичай застосовується в терагерцевих лазерах, дозволяє встановлювати і контролювати частоту генерації в межах 10-15 МГц з похибкою кілька десятків МГц. Цього цілком достатньо для роботи інтерферометрів. Точність настроювання може бути підвищена принаймні на один - два порядки шляхом застосування більш точних механізмів переміщення дзеркал, а також шляхом підвищення довжини резонатора. Довжина резонатора обмежується одночастотним режимом генерації на одній поперечній моді резонатора. Наприклад для HCN лазера генерація в одночастотному режимі відбувається до довжини резонатора $\sim 15\text{м}$.

Під час роботи лазера потрібно щоб центральний резонатор був весь час налаштований на центральну частоту, тобто необхідно періодично, або в автоматичному режимі контролювати налаштування його на максимум потужності генерації. Адже при роботі лазера можуть відбуватися теплові та інші зміни в активній речовині і в елементах конструкції лазера, які порушують налаштування резонаторів. Корегування налаштування центрального резонатора на пік потужності генерації за допомогою механізму переміщення 7 платформи 6 призводить до підстроювання його на центральну частоту, та до автоматичного корегування заданих частот решти резонаторів, різниця частот цьому зберігається.

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

Багаточастотний терагерцевий лазер, який має активну речовину і декілька резонаторів з паралельними осями, причому з одного боку від активної речовини розташовано одне спільне для всіх резонаторів дзеркало, а з протилежного - індивідуальні дзеркала для кожного резонатора, який **відрізняється** тим, що спільне дзеркало виконано частково прозорим по всій його поверхні, а індивідуальні дзеркала виконані непрозорими та мають пласку або слабовігнуту поверхню і розташовані на платформі, яка має механізм переміщення її вздовж осей резонаторів, причому одне з дзеркал розташовано безпосередньо на платформі, а інші мають механізми переміщення дзеркал відносно платформи вздовж осей резонаторів.

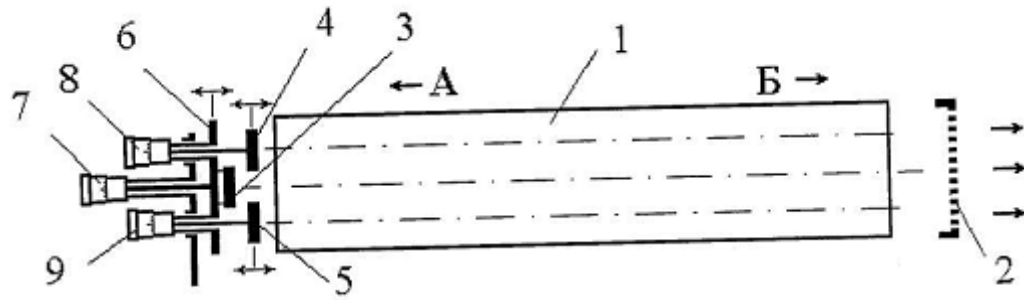


Fig. 1

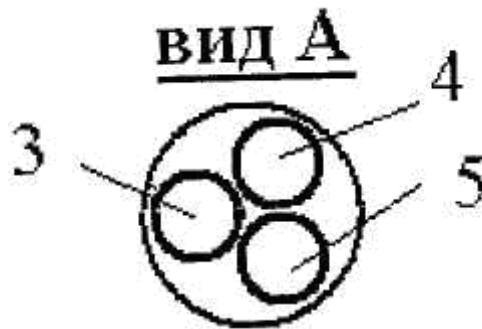


Fig. 2

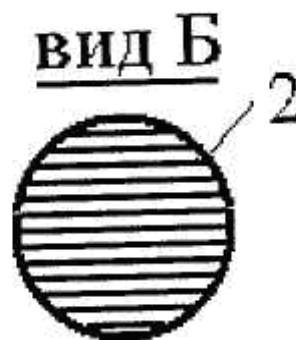


Fig. 3

Комп'ютерна верстка Г. Паяльніков

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601