



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) UA

(11) 110672

(13) C2

(51) МПК

H01S 3/086 (2006.01)

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(21) Номер заявки:	а 2014 08408	(72) Винахідник(и):	Радіонов Володимир Петрович (UA), Маслов Вячеслав Олександрович (UA)
(22) Дата подання заявки:	24.07.2014	(73) Власник(и):	ІНСТИТУТ РАДІОФІЗИКИ ТА ЕЛЕКТРОНІКИ ІМ. О.Я. УСИКОВА НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ, вул. Ак. Проскури, 12, м. Харків, 61085 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права на винахід:	25.01.2016	(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою:	UA 105802 C2, 25.06.2014 UA 91610 C2, 10.08.2010 Radionov V.P. Terahertz gas-discharge laser with exit cone mirror/ V.P. Radionov//Conference: Physics and Engineering of Microwaves, Millimeter and Submillimeter Waves (MSMW), Kharkov, 23- 28 June 2013, X., 2013.- С. 549-550 GB 2244851 A, 11.12.1991 CN 200976452 Y, 14.11.2007 RU 2405233 C2, 27.11.2010 US 4847858 A, 11.07.1989
(41) Публікація відомостей про заявку:	25.11.2014, Бюл.№ 22		
(46) Публікація відомостей про видачу патенту:	25.01.2016, Бюл.№ 2		

(54) ЛАЗЕР З ПЛАВНИМ РЕГУЛЮВАННЯМ ВИВЕДЕННЯ ВИПРОМІНЮВАННЯ З РЕЗОНАТОРА

(57) Реферат:

Об'єкт винаходу: лазер з плавним регулюванням виведення випромінювання з резонатора. Галузь застосування: лазерна техніка в діапазоні частот, на яких в резонаторах застосовуються вивідні дзеркала з отворами. Суть винаходу: У лазері, резонатор якого утворений двома дзеркалами, одне з яких є плоским або вигнутим і має вивідний отвір для виводу випромінювання з резонатора, та споряджено механізмом зміщення у площині, перпендикулярній осі резонатора, пропонується друге дзеркало виконати у вигляді бокової поверхні прямого кругового конуса з кутом при вершині 90°. Вивідний отвір розділяє об'єм резонатора на дві зони - зону генерації з багаторазовим відбиттям випромінювання від дзеркал і зону виведення випромінювання з резонатора. Під час регулювання співвідношення між цими зонами змінюється. Випромінювання з першої зони в другу попадає за рахунок дифракційного розходження. Завдяки тому, що друге дзеркало виконано у вигляді бокової поверхні прямого кругового конуса з кутом при вершині 90° зменшуються втрати випромінювання на ньому в порівнянні з тригранним дзеркалом (завдяки двом а не трьом відбиттям від дзеркала) при майже однаковій стійкості таких дзеркал до порушення юстирування внаслідок механічних і теплових коливань. Технічний результат: підвищення ККД та стабільності лазера.

UA 110672 C2

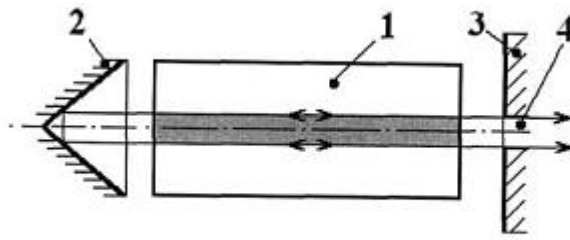


Fig. 4

Пропонований винахід стосується лазерної техніки й може використовуватись в діапазоні частот, на яких в резонаторах можливе застосування вивідних дзеркал з отворами. Це зазвичай терагерцевий і інфрачервоний діапазони, де значне дифракційне розходження пучка випромінювання. Але зі зменшенням розмірів лазерів і апертури лазерних пучків галузь застосування пропонованого винаходу може розширюватися.

На потужність і коефіцієнт корисної дії (ККД) лазера значно впливає коефіцієнт пропускання вивідного дзеркала резонатора, що забезпечує зворотний зв'язок. При занадто прозорому вивідному дзеркалі генерація в лазері може взагалі не виникати. При занадто малій прозорості вивідного дзеркала генерація виникає, але з резонатора виводиться невинновдано мала частина електромагнітного випромінювання, що знижує потужність і ККД лазера. Одержання максимальних потужності випромінювання й ККД можливе лише при оптимальній величині коефіцієнта пропускання вивідного дзеркала. Ця величина залежить від коефіцієнта підсилення активної речовини, форми й розмірів резонатора, а також від втрат у резонаторі.

Як вивідне дзеркало в лазерах можуть використовуватися різні елементи, наприклад частково прозорі плівки, решітки, дзеркала з отворами. Дзеркала з отворами є досить простим і надійним елементом і часто застосовуються в терагерцевому і інфрачервоному діапазонах.

Зазвичай вивідне дзеркало має постійні параметри, тому підбір оптимальної величини пропускання здійснюється шляхом зміни дзеркал. Це досить трудомісткий процес, оскільки зміна дзеркала порушує юстирування резонатора. До того ж через дискретність параметрів дзеркал важко точно підібрати оптимум. Але навіть ретельно підібране дзеркало не може бути оптимальним на всіх режимах роботи, оскільки посилення й згасання випромінювання в лазері може змінюватися в процесі його роботи внаслідок зміни енергії накачування, або температури та інших параметрів активної речовини. Різне посилення й загасання в резонаторі мають коливання різних частот, а також різні поперечні моди випромінювання однієї частоти. Виходячи із усього цього, стає очевидним перевага вивідного дзеркала з можливістю плавної зміни його коефіцієнта пропускання в процесі роботи лазера. Це дозволяє експлуатувати лазер з максимальним ККД на різних режимах роботи.

Відомий лазер, у якому для регулювання виведення випромінювання використовується додатково встановлене в резонаторі рухливе дзеркало зв'язку малого перетину, розташоване під кутом до напрямку поширення випромінювання в резонаторі, (Свейн Д. Устройство для регулирования связи на выходе лазера в дальней ИК области. Приборы для научных исследований, 1972, №7 с.86). Це дзеркало зв'язку може змінювати кут щодо осі резонатора. У результаті вдається плавно регулювати випромінювання, виведене з резонатора.

Недоліком такого пристрою є те, що елементи кріплення дзеркала зв'язку вносять додаткові втрати в резонатор. До того ж у процесі регулювання відбувається зміна напрямку вивідного пучка випромінювання та його перетину, що ускладнює узгодження лазера з лінією передачі.

Відомий також лазер, що містить активний елемент кільцевого перетину. З одного торця активного елемента розташоване плоске кільцеве дзеркало, а з другого - конічне кільцеве 90° дзеркало з внутрішньою поверхнею, що відбиває, та конічне 90° дзеркало з зовнішньою поверхнею, що відбиває. [А. с. СССР №1829832 от 4.01.92, Лазер; А.М.Коробов, В.П.Радионон, Ю.Е.Каменев]. Конічне дзеркало може плавно переміщатися уздовж осі резонатора, завдяки чому відбувається плавна зміна тієї частини випромінювання, що виводиться з резонатора.

Достоїнством такого лазера є те, що частка виведеного з резонатора випромінювання змінюється в широких межах без зміни свого напрямку.

Недоліком такого лазера є зміна перетину вивідного пучка в процесі регулювання, що ускладнює його узгодження з лініями передачі.

Відомий також лазер з плавним регулюванням виведення випромінювання з резонатора [Патент України № 91610 від 10.08.2010, Лазер з плавним регулюванням виведення випромінювання з резонатора: МПК НО IS 3/086, авт. Кісельов В.К., Радіонов В.П.]. Резонатор цього лазера утворено двома дзеркалами, розміщеними з обох сторін від активного елемента. Одне дзеркало є плоским або ввігнутим і має вивідний отвір. Друге дзеркало є двограним з кутом між гранями 90° і має механізм повороту дзеркала навколо осі резонатора. Вивідний отвір розділяє об'єм резонатора на дві зони - зону генерації з багаторазовим відбиттям випромінювання від дзеркал і зону виведення випромінювання з резонатора. Випромінювання з першої зони в другу попадає за рахунок дифракційного розходження, або також за рахунок слабкої ввігнутості дзеркала з отвором. Завдяки тому, що вивідний отвір зміщений щодо осі резонатора, при повороті двогранного дзеркала відбувається зміна співвідношення об'єму й меж цих двох зон, що призводить до зміни частки виведеного з резонатора випромінювання без зміни перетину вивідного пучка випромінювання.

Достоїнством такого лазера є можливість у процесі роботи плавно регулювати частку виведеного з резонатора випромінювання без зміни перетину вивідного пучка.

Недоліком лазера з таким резонатором є складності збереження юстирування дзеркал під час регулювання. Адже щоб юстирування резонатора не порушувалось під час повороту двогранного дзеркала, вісь повороту має бути перпендикулярна ребру цього дзеркала і розташована суворо під кутом 45° до його граней.

Технічно це доволі складно. Недотримання цієї вимоги викликає порушення юстирування резонатора в процесі регулювання виведення випромінювання. Це знижує потужність генерації і ККД лазера та потребує додаткового юстирування в процесі роботи, що досить проблематично.

Найбільш близьким і вибраним як прототип запропонованого винаходу є лазер із плавним регулюванням виведення випромінювання з резонатора [Патент України №105802 від 25.06.2014 на винахід "Лазер з плавним регулюванням виведення випромінювання з резонатора" авт. Кісельов В.К., Радіонов В.П.] Резонатор лазера утворений двома дзеркалами, розміщеними з обох сторін від активного елемента, одне з яких є плоским або вигнутим і має вивідний отвір в центрі, а друге дзеркало являє собою двогранну або тригранну поверхню з кутом між гранями 90° . Регулювання виведення випромінювання з резонатора здійснюється шляхом переміщення дзеркала з отвором у площині, перпендикулярній осі резонатора.

Достоїнством такого лазера є можливість у процесі роботи плавно регулювати частку виведеного з резонатора випромінювання без зміни перетину вивідного пучка, та без порушення юстирування дзеркал. У випадку застосування тригранного дзеркала додатково підвищується стабільність лазерного випромінювання, оскільки теплові та механічні коливання мало порушують юстирування тригранного дзеркала.

Недоліком такого лазера є те, що у випадку застосування двогранного дзеркала дещо знижується стабільність випромінювання, оскільки теплові та механічні коливання можуть порушувати юстирування двогранного дзеркала. У випадку застосування тригранного дзеркала підвищуються втрати випромінювання за рахунок трьох відбиттів від цього дзеркала. Отже як двогранне, так і тригранне дзеркала мають свої переваги і недоліки.

В основу винаходу поставлено задачу вдосконалити лазер шляхом зменшення кількості відбиттів від дзеркал при збереженні стійкості резонатора до роз'юстирування, що дозволить зменшити втрати випромінювання, а отже підвищити ККД та стабільність лазера.

Поставлена задача вирішується тим, що в лазері з плавним регулюванням виведення випромінювання з резонатора, що містить активний елемент і резонатор, утворений двома дзеркалами, розміщеними з обох сторін від активного елемента, одне з яких є плоским або вигнутим і має вивідний отвір та споряджено механізмом зміщення у площині, перпендикулярній осі резонатора, відповідно до винаходу, друге дзеркало являє собою бокову поверхню прямого кругового конуса з кутом при вершині 90° .

Завдяки тому, що друге дзеркало являє собою бокову поверхню прямого кругового конуса з кутом при вершині 90° механічні та теплові коливання конструкційних елементів резонатора майже не порушують юстирування цього дзеркала. Віддзеркалене від цього дзеркала випромінювання має два відбиття від його поверхні, а не три, як у випадку тригранного дзеркала.

Суть винаходу пояснюється кресленнями.

На фіг. 1, 2 зображено схему лазера, на фіг. 3, 4, 5, 6 - етапи регулювання виводу випромінювання.

Запропонований лазер містить активний елемент 1, розміщений між дзеркалами 2 і 3, що утворюють резонатор. Дзеркало 2 являє собою бокову поверхню прямого кругового конуса з кутом при вершині 90° . Дзеркало 3 має плоску або вигнуту поверхню, що відбиває, та отвір 4, через який з резонатора виводиться випромінювання. Дзеркало 3 споряджено механізмом зміщення у площині, перпендикулярній осі резонатора (на кресленнях механізм не показаний). При зміщенні дзеркала 3 здійснюється регулювання виведення випромінювання з резонатора.

Лазер працює в такий спосіб. Накачування лазера може здійснюватися будь-якими відомими способами. Під впливом енергії накачування речовина в активному елементі 1 приводиться в збуджений стан. Резонатор формує когерентне випромінювання, напрямок поширення якого паралельний осі резонатора. Регулювання виведення випромінювання здійснюється зміщенням дзеркала 3 у площині, перпендикулярній осі резонатора.

З резонатора виводиться мінімальна частина випромінювання у випадках, коли центр отвору 4 проектується на вершину дзеркала 2 (фіг.3, 4).

У цьому випадку з резонатора виводиться тільки випромінювання, що обмежене отвором 4. Випромінювання, що не попадає в зону виведення, багаторазово перевідбивається від дзеркал і підсилюється в активній речовині. Якщо дзеркало 3 виконане плоским, випромінювання із зони

багаторазового відбиття попадає в зону виведення тільки завдяки дифракційному розходженню. При використанні ввігнутого дзеркала 3 з великим радіусом кривизни (значно перевищуючим довжину резонатора) випромінювання стискується до осі резонатора. Це збільшує щільність випромінювання в зоні отвору й одночасно знижує "непотрібне" дифракційне зсування випромінювання за зовнішні крайки дзеркал.

Для збільшення частки виведеного з резонатора випромінювання необхідно змістити дзеркало 3 перпендикулярно осі резонатора, щоб центр отвору 4 змістився відносно центра дзеркала 2 (фіг. 5, 6). Тоді в зону виведення потрапляє також деяка частина випромінювання, що знаходиться за межами отвору 4. Частка виведеного з резонатора випромінювання продовжуватиме зростати при подальшому зміщенні дзеркала 3, але до відстані, рівній приблизно половині діаметра отвору 4. При цьому при розташовуванні дзеркала 3 частка виведеного з резонатора випромінювання приблизно подвоюється відносно випадку, коли центр отвору 4 проектується на центр конічного дзеркала 2. Це і складає діапазон регулювання. Такого діапазону регулювання цілком достатньо для корегування зв'язку при переході на різні режими роботи, або різні моди з використанням тієї самої активної речовини, а також при переході на активні речовини з близькими коефіцієнтами підсилення. Зрозуміло, що діаметр отвору потрібно вибирати з тим розрахунком, щоб мінімальний зв'язок був заздалегідь дещо нижче оптимального. Перетин вивідного пучка випромінювання дорівнює перетину отвору 4 і не змінюється на будь-якому етапі регулювання.

Використання 90° конічного дзеркала дозволяє зменшити втрати випромінювання на ньому в порівнянні з тригранним дзеркалом (завдяки двом а не трьом відбиттям від дзеркала) при майже однаковій стійкості таких дзеркал до порушення юстирування внаслідок механічних і теплових коливань. Застосовувати таку схему можна у всіх діапазонах, де дзеркала з отворами можуть застосовуватися як вивідні дзеркала резонатора. Зазвичай це терагерцевий і інфрачервоний діапазони, де дифракційне розходження пучка випромінювання значне. Зі зменшенням розмірів лазерів і перетину лазерних пучків діапазон застосування таких лазерів може розширюватися.

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

Лазер з плавним регулюванням виведення випромінювання з резонатора, що містить активний елемент і резонатор, утворений двома дзеркалами, розміщеними з обох сторін від активного елемента, одне з яких є плоским або ввігнутим і має вивідний отвір, та споряджено механізмом зміщення у площині, перпендикулярній осі резонатора, який **відрізняється** тим, що друге дзеркало являє собою бокову поверхню прямого кругового конуса з кутом при вершині 90° .

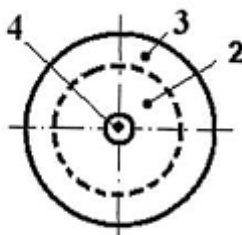


Fig. 1

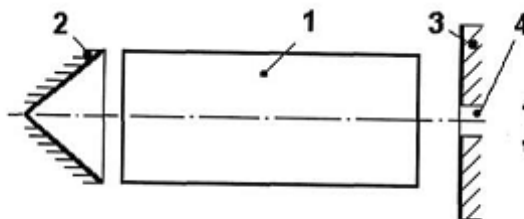


Fig. 2

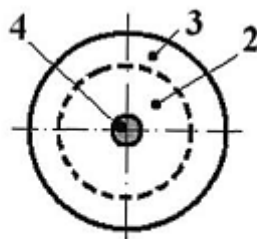


Fig. 3

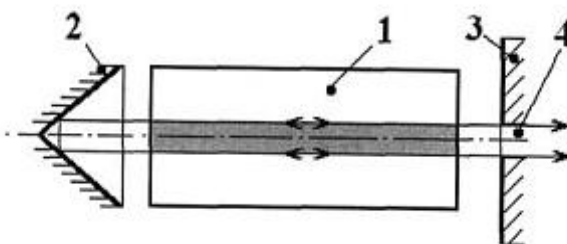


Fig. 4

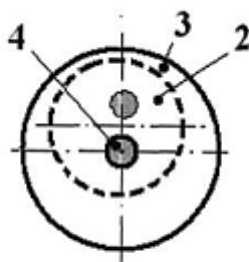


Fig. 5

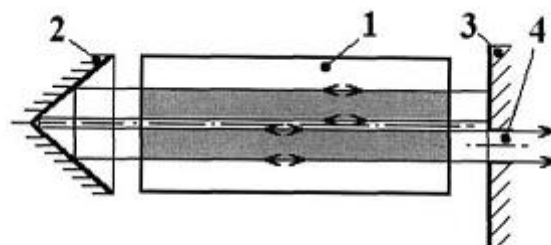


Fig. 6

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