



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) UA

(11) 113216

(13) U

(51) МПК

H01S 3/086 (2006.01)

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: **u 2016 04977**

(22) Дата подання заявки: **04.05.2016**

(24) Дата, з якої є чинними
права на корисну
модель: **25.01.2017**

(46) Публікація відомостей
про видачу патенту: **25.01.2017, Бюл.№ 2**

(72) Винахідник(и):

**Дзюбенко Михайло Іванович (UA),
Маслов Вячеслав Олександрович (UA),
Радіонов Володимир Петрович (UA)**

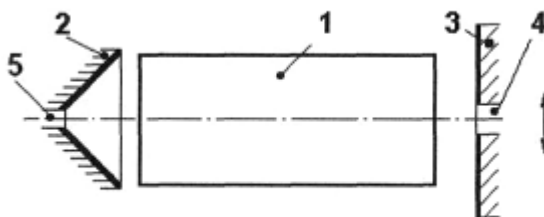
(73) Власник(и):

**ІНСТИТУТ РАДІОФІЗИКИ ТА
ЕЛЕКТРОНІКИ ІМ. О.Я. УСИКОВА
НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК
УКРАЇНИ,
вул. Ак. Проскури, 12, м. Харків, 61085 (UA)**

(54) ЛАЗЕР З ПЛАВНИМ РЕГУЛЮВАННЯМ ВИВЕДЕННЯ ВИПРОМІНЮВАННЯ З РЕЗОНАТОРА

(57) Реферат:

Лазер з плавним регулюванням виведення випромінювання з резонатора містить активний елемент та резонатор, утворений двома дзеркалами, розміщеними з обох сторін від активного елемента. Одне з дзеркал, плоске або ввігнуте, має осьовий вивідний отвір та оснащене механізмом зміщення у площині, перпендикулярній осі резонатора, а друге являє собою бокову поверхню прямого кругового конуса з кутом при вершині 90° . При цьому в центрі другого дзеркала є отвір для виводу випромінювання.



Фиг. 2

UA 113216 U

Пропонована корисна модель належить до лазерної техніки й може використовуватись в терагерцевому діапазоні, де в лазерах використовуються вихідні дзеркала з отворами. Зі зменшенням розмірів лазерів і апертури лазерних пучків галузь застосування пропонованої корисної моделі може розширюватися.

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

Як вихідне дзеркало в лазерах терагерцевого діапазону часто застосовуються дзеркала з отворами. Зазвичай вихідне дзеркало має постійні параметри, тому підбір оптимальної величини пропускання здійснюється шляхом зміни дзеркал. Це порушує юстировку 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. Різні посилення й загасання в резонаторі мають коливання різних частот, а також різні поперечні моди випромінювання однієї частоти. Отже є очевидною перевага вихідного дзеркала з можливістю плавної зміни його прозорості в процесі роботи лазера. Це дозволяє експлуатувати лазер з максимальним ККД на різних режимах роботи.

Відомий лазер, у якому для регулювання виведення випромінювання з резонатора використовується додаткове рухливе дзеркало зв'язку малого перерізу, 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. Крім цього, у процесі регулювання відбувається зміна напрямку вивідного пучка випромінювання та його перерізу, що ускладнює узгодження лазера з лінією передачі.

Відомий також лазер, що містить активний елемент кільцевого перерізу. 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. Радионов, Ю.Е. Каменев). Конічне дзеркало може плавно переміщатися уздовж осі резонатора, завдяки чому відбувається плавна зміна тієї частини випромінювання, що виводиться з резонатора.

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

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

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

Перевагою такого лазера є можливість у процесі роботи плавно регулювати частку виведеного з резонатора випромінювання без зміни перерізу вивідного пучка, та без суттєвого порушення юстировки дзеркал.

Недоліком такого лазера є підвищені втрати випромінювання на ребрах дзеркал. На ребрах дзеркал спостерігається відхилення від законів геометричної оптики внаслідок хвильових властивостей випромінювання, а також не ідеальності реальних стиків граней. В результаті вздовж ребра присутня зона підвищених втрат, яка має певну ширину, що залежить від довжини хвилі випромінювання і технології виготовлення дзеркала. Це негативно впливає на потужність генерації і ККД лазера.

Найбільш близьким і обраним як прототип запропонованої корисної моделі є лазер з плавним регулюванням виведення випромінювання з резонатора (Патент України № 110672 від 25.01.2016 на винахід Лазер з плавним регулюванням виведення випромінювання з резонатора / Радіонов В.П., Маслов В.А.). Лазер містить активний елемент і резонатор, утворений двома дзеркалами, розміщеними з обох сторін від активного елемента, одне з яких, плоске або ввігнуте, має осьовий вивідний отвір та оснащене механізмом зміщення у площині, перпендикулярній осі резонатора. А друге дзеркало являє собою бокову поверхню прямого кругового конуса з кутом при вершині 90° . Регулювання виведення випромінювання здійснюється шляхом переміщення дзеркала з отвором у площині, перпендикулярній осі резонатора. Найменша частка випромінювання виводиться з резонатора, коли центр отвору проектується на вершину конічного дзеркала. Зміщення від цього положення еквівалентно збільшенню площі вивідного отвору.

Перевагою такого лазера є можливість у процесі роботи плавно регулювати частку виведеного з резонатора випромінювання без зміни перерізу вивідного пучка та без порушення юстування дзеркал.

Недоліком є те, що в зоні вершини конічного дзеркала спостерігається відхилення від законів геометричної оптики. Це відбувається за рахунок хвильових властивостей випромінювання, а також не ідеальності виготовлення реальної вершини. В результаті біля вершини присутня зона підвищених втрат, яка має певну площу, що залежить від довжини хвилі випромінювання і технології виготовлення дзеркала. Наявність такої зони негативно впливає на потужність генерації і ККД лазера. Це майже еквівалентно тому, що в центрі конічного дзеркала є невеликий отвір, через який виводиться випромінювання, що втрачається. В той же час з вихідного пучка лазерного випромінювання терагерцевих лазерів доводиться відокремлювати певну частку енергії (від кількох відсотків, до десятків відсотків, залежно від потужності лазера та чутливості вимірювальних приладів) і спрямовувати її на прилади контролю і управління лазером. Адже резонатори таких лазерів потребують налаштування на резонансну довжину. Під час роботи доводиться в автоматичному або ручному режимі підтримувати налаштування на центр лінії випромінювання, тобто на максимум генерації, коригуючи довжину резонатора за допомогою механізму переміщення одного з дзеркал вздовж осі резонатора. Для цього і потрібно спрямовувати частку лазерного випромінювання на прилади контролю.

В основу корисної моделі поставлено задачу вдосконалити лазер шляхом корисного використання лазерного випромінювання, яке втрачається в центрі конічного дзеркала, що дозволить підвищити ККД лазера та потужність лазерного випромінювання.

Поставлена задача вирішується тим, що в лазері з плавним регулюванням виведення випромінювання з резонатора, що містить активний елемент та резонатор, утворений двома дзеркалами, розміщеними з обох сторін від активного елемента, одне з яких, плоске або ввігнуте, має осьовий вивідний отвір та оснащене механізмом зміщення у площині, перпендикулярній осі резонатора, а друге являє собою бокову поверхню прямого кругового конуса з кутом при вершині 90° , відповідно до корисної моделі, в центрі другого дзеркала є отвір для виведення випромінювання.

Завдяки тому, що в вершині конічного дзеркала виконано додатковий отвір (менший ніж основний отвір, у протилежному дзеркалі), частка випромінювання не втрачається на вершині, а через цей отвір виводиться з резонатора і попадає на прилади контролю і управління лазером. Отже виключається потреба відокремлювати частку від основного вихідного пучка лазерного випромінювання. Це підвищує ККД лазера і потужність лазерного випромінювання.

Суть корисної моделі 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 3 має плоску або ввігнуту поверхню, що відбиває, та осьовий вивідний отвір 4. Дзеркало 3 оснащено механізмом зміщення у площині, перпендикулярній осі резонатора (на ілюстраціях механізм не показаний). При зміщенні дзеркала 3 здійснюється регулювання виведення випромінювання з резонатора через отвір 4. Дзеркало 2 являє собою бокову поверхню прямого кругового конуса з кутом при вершині 90° . В центрі конічного дзеркала 2 є отвір 5 для виведення випромінювання на прилади контролю та управління лазером. Одне з дзеркал резонатора оснащено приладом для переміщення його вздовж осі резонатора (прилад на ілюстраціях не показано).

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. Субміліметрові лазери зазвичай працюють в одночастотному

одномодовому режимі, тому для отримання генерації необхідно налаштувати резонатор на резонансну довжину. Це здійснюється за допомогою переміщення одного з дзеркал вздовж осі резонатора. Резонатор формує когерентне випромінювання, напрямок поширення якого паралельний осі резонатора. Регулювання виведення випромінювання з резонатора через отвір 4 здійснюється зміщенням дзеркала 3 у площині, перпендикулярній осі резонатора. Виведення випромінювання через отвір 5 не регулюється.

З резонатора виводиться мінімальна частина випромінювання у випадку, коли центр отвору 4 проектується на вершину дзеркала 2 (фіг. 3, 4). У цьому випадку з резонатора виводиться тільки випромінювання, що попадає на отвори 4 і 5. Випромінювання, що не попадає в зону виведення, багаторазово відбивається 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 увігнутого дзеркала 3 з великим радіусом кривизни (значно перевищуючим довжину резонатора) випромінювання стискується до осі резонатора. Це збільшує щільність випромінювання в зоні отворів й одночасно знижує "непотрібне" дифракційне зсування випромінювання за зовнішні крайки дзеркал.

Для збільшення частки виведеного з резонатора випромінювання через отвір 4 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, рівної приблизно половині діаметра отвору 4. При цьому розташуванні дзеркала 3 частка виведеного з резонатора випромінювання приблизно подвоюється відносно випадку, коли центр отвору 4 проектується на центр кінцевого дзеркала 2. Це і складає діапазон регулювання. Такого діапазону регулювання цілком достатньо для коригування 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 діаметри отворів 4, 5 потрібно вибирати з тим розрахунком, щоб мінімальне виведення випромінювання було нижче оптимального. Переріз вивідних пучків випромінювання дорівнює перерізу отворів 4, 5 і не змінюється на будь-якому етапі регулювання. Випромінювання, що виводиться через отвір 5, спрямовується на прилади контролю та управління лазером. Зокрема, основною задачею управління роботою лазера є підтримування налаштування резонатора на резонансну довжину. Адже оптична довжина резонатора може поступово змінюватись в процесі роботи лазера під впливом теплових та інших факторів. Через отвір 5 виводиться лише частка лазерного випромінювання, достатня для роботи доволі чутливих приладів контролю. Тому отвір 5 зазвичай значно менший, ніж отвір 4.

Завдяки тому, що в центрі кінцевого дзеркала 2 виконано отвір 5, частка випромінювання не втрачається на вершині дзеркала 2, а через цей отвір виводиться з резонатора і попадає на прилади контролю і управління лазером. Отже виключається потреба відокремлювати частку від основного вихідного пучка лазерного випромінювання, що виводиться через отвір 4. Це підвищує ККД лазера і потужність лазерного випромінювання.

Використовувати таку схему лазера можна у терагерцевому діапазоні, де застосовуються вихідні дзеркала з отворами. Зі зменшенням розмірів лазерів і перерізу лазерних пучків діапазон застосування таких лазерів може розширюватися.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Лазер з плавним регулюванням виведення випромінювання з резонатора, що містить активний елемент та резонатор, утворений двома дзеркалами, розміщеними з обох сторін від активного елемента, одне з яких, плоске або увігнуте, має осьовий вивідний отвір та оснащене механізмом зміщення у площині, перпендикулярній осі резонатора, а друге являє собою бокову поверхню прямого кругового конуса з кутом при вершині 90° , який відрізняється тим, що в центрі другого дзеркала є отвір для виводу випромінювання.

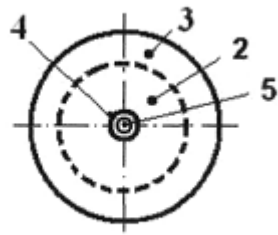


Fig. 1

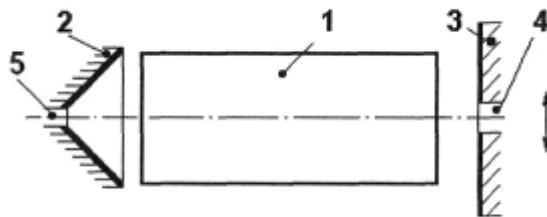


Fig. 2

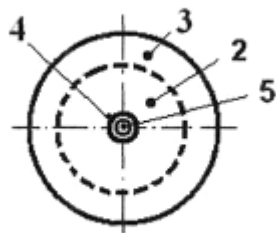


Fig. 3

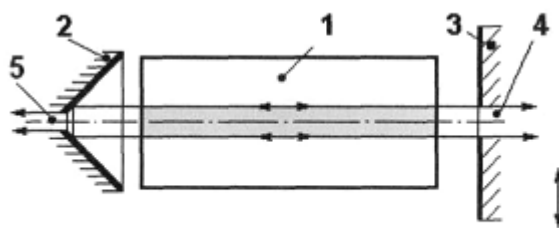


Fig. 4

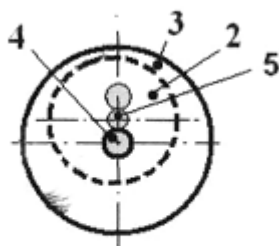


Fig. 5

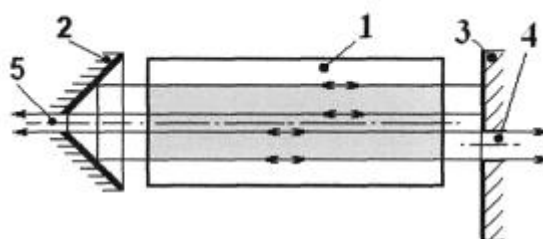


Fig. 6

Комп'ютерна верстка Т. Вахричева

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

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