

ЛАЗЕРНЕ ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ

«Київський політехнічний інститут»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

**ДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ
З ДИСЦИПЛІНИ “ЛАЗЕРНЕ ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ”**

«Конструкція твердотільних лазерів»

Для студентів напрямку підготовки 6.050502 “Інженерна механіка”

Гриф НТУУ «КПІ» наданий рішенням Методичної ради Університету
протокол № 03 від 24 листопада 2011 р.

Київ 2011

ЛАЗЕРНЕ ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Лазерне технологічне обладнання.» «Конструкція твердотільних лазерів» для студентів напряму підготовки 6.050502 “Інженерна механіка” /Уклад.: Олещук Л.М., Красавін О.П.

Укладачі: Олещук Леонід Маркович,
Красавін Олександр Петрович,

Відповідальний редактор Кривцун Ігор Віталійович, д.т.н., проф.

Рецензенти: Анякін М.І., д.т.н. заст. Директора НДІ «Лазерної техніки та технології» НТУУ «КПІ»

ЛАЗЕРНЕ ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ

ВКАЗІВКИ

ДО ВИКОНАННЯ ТА ОФОРМЛЕННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

Лабораторні роботи потрібно розглядати як одну із форм вивчення дисципліни «Лазерне технологічне обладнання», тому їх слід виконувати після засвоєння теоретичного матеріалу відповідного розділу. Потрібно також дотримуватись наступної послідовності дій та вимог щодо виконання та оформлення лабораторної роботи.

- Усвідомити мету і завдання до виконання лабораторної роботи, призначення елементів досліджуваної схеми та навчитись користуватись потрібними для виконання роботи контрольно-вимірювальними приладами.

- Оформлення пояснювальної записки до лабораторної роботи виконати на окремих аркушах формату А4 із зазначеними на титульній сторінці найменування університету, кафедри, учбової групи, а також прізвища і ініціалів виконавця та керівника роботи.

- В разі виконання розрахунків супроводжувати їх текстом, тобто коментувати суть дій та одержаних результатів.

- Позначення та одиниці виміру фізичних величин повинні відповідати ДСТУ.

- В разі виконання креслень вузлів устаткування, дотримуватись вимог ДСТУ.

В кінці пояснювальної записки поставити дату виконання роботи і особистий підпис.

ЛАЗЕРНЕ ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ

Лабораторна робота № 1

Будова випромінювача твердотілого технологічного лазера

Мета роботи: вивчити склад і конструктивні особливості випромінювачів лазерних установок на твердому тілі.

Устаткування та його елементи: технологічний лазер, запасна генераторна головка лазера, набір дзеркал резонатора.

1. Загальні положення

До складу лазера входять наступні елементи:

- робоче середовище, у якому може бути створена інверсія;
- пристрій (система накачування), у якому використовується фізичне явище, що дозволяє здійснити інверсію;
- оптичний резонатор: система, що підтримує коливання і формує енергетичні, частотні та просторові характеристики випромінювання;
- елемент, за допомогою якого здійснюється виведення енергії з резонатора (у більшості випадків одне з дзеркал з визначеним коефіцієнтом прозорості);
- додаткові елементи, що залежать від того, для яких цілей призначений лазер.

Робочим (активним) середовищем твердотілих лазерів є тверде тіло (кристалічні або аморфні діелектричні матеріали).

Інверсія населеності у твердому робочому середовищі створюється шляхом оптичного накачування.

Режим роботи - імпульсний, безперервний.

Імпульсний режим роботи здійснюється двома способами:

- модуляція добротності резонатора при безперервному накачуванні;
- імпульсне оптичне накачування (режим модуляції добротності або в режимі вільної генерації).

Безперервний режим здійснюється за безперервним накачуванням.

В лазерах з безперервним режимом роботи використовуються лампи накачування з безперервним режимом, пристрої для модуляції, вихідні дзеркала з меншим коефіцієнтом пропускання (1-10)%, активні елементи з більшим вмістом іонів неодиму.

Основними блоками твердотілого лазера є випромінювач, блок електроживлення, блок охолодження і система керування.

ЛАЗЕРНЕ ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ

Випромінювач поєднує активний елемент, освітлювальну систему (лампа накачування, відбивач), оптичний резонатор. Активний елемент, лампа накачування і відбивач розміщуються в герметичній камері, яка встановлена разом із дзеркалами резонатора на загальній підставці, що є оптичною лавою резонатора.

Блок електроживлення газорозрядної лампи складається із силової частини, пристрою запалювання і системи керування. Силова частина блоку електроживлення включає перетворювач напруги мережі, зарядний комутатор, зарядний пристрій і накопичувач енергії. У твердотільних лазерах частіше застосовуються ємнісні накопичувачі енергії. Найбільш раціональним способом зарядження ємнісних накопичувачів є зарядка їх постійним струмом за допомогою індуктивно- ємнісного перетворювача джерела напруги у джерело струму.

У технологічних твердотільних лазерах тепловий режим випромінювача забезпечується двоконтурною рідинною системою охолодження.

Активне середовище твердотільного лазера містить активні іони домішки у твердотільній матриці. Саме в іонах домішки і створюється інверсна населеність. У даний час інверсна населеність отримана на великому числі іонів. Однак у лазерах промислового призначення використовують лише хром і неодим.

Як матриці твердотільних активних середовищ використовуються кристалічні або аморфні діелектричні матеріали:

- 0,69мкм – корунд Al_2O_3 ;
- 1,06мкм – ітрій алюмінієвий гранат $Y_2A_{15}O_{12}$, скло.

Робочий активний елемент технологічного лазера повинен забезпечувати великий коефіцієнт підсилення, бути оптично однорідним, механічно міцним, термостійким, технологічним, прозорим для випромінювання накачування, допускати механічну й оптичну обробку, допускати виготовлення зразків великих розмірів і мати високу теплопровідність.

Особливості активних елементів зі скла з неодимом ($\lambda = 1,06$ мкм):

- висока оптична однорідність;
- низька кутова розбіжність випромінювання ($1 \dots 10'$) (діаметр плями фокусування досягає $5 \dots 20$ мкм);
- можливі великі розміри стрижня ($l = 260$, $d = 10 \dots 15$ мм);
- збільшена генерація в імпульсі;
- низький показник переломлення (1,55);
- ресурс до 10^6 спалахів.

ЛАЗЕРНЕ ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ

Недоліком цього матеріалу є порівняно низька теплопровідність, що не дозволяє одержувати високі середні потужності в режимі повторюваних імпульсів (частотою 1 Гц).

Особливість активних елементів з ІАГ + Nd:

- підвищений КПД (до 1,5...2%);
- вище термін служби;
- нижче рівень накачування;
- менше габарити;
- більш висока, чим у скла, теплопровідність;
- нижче коефіцієнт термічного розпаду;
- вище механічна міцність;
- вище температурна стабільність;
- можлива частота повторення імпульсів до 10Гц;
- можливий безперервний режим генерації;
- можливий режим модуляції добротності (при частоті повторення до 40кГц).

Недолік - більш висока вартість у порівнянні зі склом.

Лазерні стрижні виготовляють, як правило, у вигляді циліндра з плоскопаралельними торцевими поверхнями, перпендикулярними до осі стрижня. Неплощинність торцевих поверхонь $\lambda/5 \dots \lambda/20$, де λ - довжина хвилі випромінювання. Непаралельність торцевих поверхонь 5...10", а неперпендикулярність осі- кілька хвилин.

Розміри активних елементів визначаються вимогами експлуатації (потужність енергія, кут розбіжності, умови охолодження) і обмежуються технологічними можливостями одержання монокристалів і скляних елементів.

У твердотільних лазерах для одержання інверсної населеності використовується оптичне накачування за допомогою імпульсних ламп та ламп безперервного горіння. Для підвищення ефективності накачування лампу і активне тіло розміщують в освітлювачі.

Освітлювальна система, що складається з лампи і відбивача, характеризується ефективністю концентрації випромінювання лампи на активному елементі, ступенем однорідності світлового поля і терміном служби лампи і відбивача. Конструкція освітлювача визначається типом лампи й активного тіла, їх взаємним розташуванням і режимом роботи, вона істотно впливає на ефективність світлопередавання і розподіл поглиненої енергії в активному тілі.

Найбільш широке поширення одержали освітлювальні системи з одною прямою лампою та циліндричним або еліпсоїдним відбивачем. Такі системи

ЛАЗЕРНЕ ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ

мають велику ефективність використання випромінювання лампи. Однак через несиметричну конструкцію світлове поле накачування несиметрично і пучок лазера має нерівномірну структуру.

Відбивач відіграє важливу роль у процесі передачі випромінювання від лампи активному стрижневі. Особливо важливим є форма і якість поверхні, що відбиває, і спектральна характеристика відображення випромінювання.

Відбивачем може бути:

- внутрішня металева поверхня камери лазерної головки (гальванічно позолочена, латунна полірована);
- скляний або кварцовий блок з металевим покриттям (хімічно осаджене срібло, гальванічне срібло завтовшки 150...200 мкм, нікель, шар міді завтовшки 0,1 мм);
- дифузійно відбиваюча поверхня (порошки Mg, Al₂O₃);

Нікель знижує дифузію міді в срібло. Осаджене на прозору скляну підкладку срібло виключає прямий контакт дзеркального шару з водою. Коефіцієнт відбиття- 93-95%. Тривала експлуатація без зниження відбивної здатності. При щільності енергії в освітлювачі понад 50...80 Дж/см² срібне покриття починає відшаровуватися від скляної підкладки після 50...200 спалахів.

Дифузійні відбивачі викликають більш рівномірне збудження лазерного стрижня, однак підвищують граничну потужність накачування

Для фільтрації ультрафіолетового випромінювання лампи відбивач легується, наприклад, європієм.

Імпульсні лампи роблять із кварцових трубок із внутрішнім діаметром до 20 мм і товщиною стінки близько 1 мм. Електроди лампи з вольфраму. Лампа заповнена криптоном з тиском (1...4)10⁵Па.

Оптичний резонатор визначає просторову структуру, спектральний склад і спрямованість випромінювання. У твердотільних лазерах оптичний резонатор створюють два дзеркала, що поміщають на деякій відстані від торцевих поверхонь лазерного стрижня. Дзеркала бувають плоскі та сферичні. Мінімальну кутову розбіжність забезпечують плоскі дзеркала (паралельність 10"). Зі збільшенням довжини резонатору розбіжність зменшується: при l= 500 мм кутова розбіжність:

- АГ- (5...30)';
- скло- (1...10)'.

Використання резонатора з увігнутими сферичними дзеркалами приводить до збільшення розбіжності, але при цьому росте ККД лазера (тому, що збільшується добротність не аксіальних мод коливань).

ЛАЗЕРНЕ ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ

Збільшення коефіцієнта відбиття і ресурсу дзеркал досягається застосуванням багатошарових інтерференційних діелектричних покриттів. Застосування дзеркал, що повертаються ексцентрично осі випромінювання, дозволяє використовувати всю площу дзеркала 6...10 разів і збільшити ресурс до 5000 годин.

Коефіцієнт відбиття вихідного дзеркала залежить від типу активного матеріалу, довжини активного елемента і від умов накачування. У технологічних лазерах- 50...80% (коефіцієнт пропускання 20...50%). Відбиття другого дзеркала максимальне, як правило, 98...99,5%. Неплощинність підкладки $\lambda/10$. Радіус кривини увігнутих дзеркал 1...5 м. Стійкість до руйнування, викликаного поглинанням лазерного випромінювання у кращих діелектричних дзеркал 2...20 ГВт/см².

Дзеркала резонатора розміщуються на оптичній лаві. Як оптична лава використовується спеціальний пристрій або корпус випромінювача. Конструкція резонатора повинна бути механічно і термічно стабільною та, одночасно, забезпечувати прецизійне регулювання установки дзеркал з похибкою 5...20".

2. Порядок виконання роботи

- 2.1. Розібрати запасну генераторну головку лазера. Ознайомитися з конструкцією елементів випромінювача.
- 2.2. Вивчити характеристики елементів випромінювача лазера.
- 2.3. Намалювати ескіз генераторної головки.
- 2.4. Зібрати запасну генераторну головку лазера.
- 2.5. Навести структурну схему твердотільного технологічного лазера.
- 2.6. Оформити звіт та зробити висновки по роботі.

3. Методика виконання роботи

3.1. Розібрати генераторну головку лазера. Для цього варто зняти кришки герметизації ламп накачування і лазерного стрижня; акуратно, без перекосів вийняти лампу накачування і лазерний стрижень (разом з ущільненнями) з металевго корпусу генераторної головки; від'єднати від металевго корпусу одну з бічних кришок і вийняти кварцовий блок, що відбиває, з корпусу головки.

3.2. Вивчити характеристики елементів випромінювача лазера. Для цього необхідно намалювати ескізи лазерного стрижня, лампи накачування, блоку, що відбиває, дзеркал резонатору. Поставити на ескізах основні розміри

ЛАЗЕРНЕ ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ

елементів. До основних розмірів елементів відносяться: діаметр d і довжина l лазерного стрижня; діаметр $d_{л}$, загальна довжина $L_{л}$ і довжина міжелектродного проміжку $l_{л}$ лампи накачування; діаметр $D_{б}$ і довжина $L_{б}$ блоку, що відбиває; діаметри отворів $d_{бл.}$ і $d_{бс}$ у блоці (під лампу накачування і лазерний стрижень); діаметр $D_{з}$ і товщина b дзеркала, а також відстань L між дзеркалами резонатора.

3.3. Збирання генераторної головки здійснюється у такій послідовності:

- встановити кварцовий блок у металевий корпус і закрити останній однією з бічних кришок;
- встановити лампу накачування у відповідний отвір блоку та зафіксувати її кришкою з ущільненням;
- встановити лазерний стрижень у блок із закріпленим ущільненням на одному з його кінців і закріпити його кришкою;
- закрити генераторну головку іншою бічною кришкою, пропустивши у відповідні отвори кінці лампи та стрижня;
- встановити кришку з ущільненням на інший кінець лампи накачування;
- одягти на вільний кінець стрижня ущільнення і зафіксувати його кришкою.

4. Контрольні запитання

- 4.1. Які елементи входять до складу лазера?
- 4.2. З яких блоків складається твердотільний лазер?
- 4.3. Дати характеристику кожному з блоків.
- 4.4. Які матеріали використовуються в якості матриць твердотільного лазера? Їх переваги та недоліки.
- 4.5. Що входить у конструкцію освітлювача?
- 4.6. Навіщо використовується відбивач? Які матеріали можуть використовуватись у відбивачі?
- 4.7. Що таке резонатор лазерного випромінювання?
- 4.8. Які коефіцієнти відбиття дзеркал резонатора?

ЛАЗЕРНЕ ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ

Лабораторна робота № 2

Пристрій охолодження твердотільного технологічного лазера

Мета роботи: вивчити принцип роботи, склад і конструктивні особливості пристрою охолодження твердотільного технологічного лазера; перевірити продуктивність внутрішнього контуру пристрою охолодження.

Устаткування: пристрій охолодження твердотільного технологічного лазера, мірна ємність, годинник.

1. Загальні положення

Неминучість нагрівання активного тіла обумовлена наявністю безвипромінювальних переходів між енергетичними рівнями активних часток. Велику роль у поглинанні радіації накачування грає матриця речовини. Ріст температури активної речовини супроводжується зменшенням граничного коефіцієнта підсилення, знижується енергія випромінювання і ККД генератора. Температурні градієнти приводять до зміни геометричної форми активного елемента, порушують його оптичну однорідність і викликають анізотропію матеріалу. Поява оптичної анізотропії може істотно змінити поляризаційну структуру випромінювання. А це погіршує кутові характеристики випромінювання.

Особливістю забезпечення теплового режиму активного елемента твердотільного технологічного лазера є необхідність відведення тепла без порушення функціонування активного елемента, тобто вільного проходження енергії накачування й енергії генерації через бічні поверхні охолоджуваного тіла.

Реалізація оптимального теплового режиму оптичних елементів за допомогою спеціальних систем охолодження є однією з головних завдань при розробці технологічних лазерів. Вибір способу відведення тепла визначається необхідною його ефективністю, особливостями функціонування і властивостями охолоджувальних оптичних елементів. У технологічних лазерах застосовується рідинний спосіб виведення тепла.

Використання рідинного охолодження сприяє підвищенню ККД системи передачі променистої енергії за рахунок фокусуєчої дії холодоагенту з високим показником заломлення, можливої фільтрації випромінювання для зменшення навантаження на оптичні елементи і т.п.

ЛАЗЕРНЕ ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ

Пристрої охолодження можуть бути автономні та неавтономні. Неавтономні системи охолодження вимагають наявності зовнішніх рідинних магістралей, автономні мають власний запас холодоагенту.

Розрізняють системи охолодження: одноконтурні і багатоконтурні з розімкнутим і замкнутим контурами холодоагенту. Пристрої з розімкнутим контуром потребують постійного або періодичного надходження нових порцій холодоагенту. У системах із замкнутим контуром холодоагент замінюють лише перед черговим заправленням. Необхідність підтримки заданого температурного режиму оптичних елементів привела до необхідності створення багатоконтурних систем, що включають крім замкнутого контуру холодоагенту контури, що забезпечують скидання тепла.

Найбільше поширення одержали двоконтурні пристрої охолодження, автономні з теплообмінниками типу «вода-вода», з охолоджувальною рідиною, що циркулює по замкнутому контуру за допомогою рідинної помпи.

Охолоджувальне середовище - дистильована вода. Для підбору спектрального складу рідини таким чином, щоб відфільтрувати частину спектра лампи накачування, яка не бере участь у генерації, застосовують різні домішки: розчин нітрату натрію, біхромату амонію та ін.. Комбінуючи різні домішки можна підібрати склад рідини з досить вузькою смугою пропускання. Однак, при цьому, істотне значення має стійкість хімічного складу і відтворюваність спектральних характеристик розчину в процесі тривалої роботи.

В замкнутому контурі охолодження вода з баку подається у випромінювач, проходить по його каналам і повертається знову у бак. Зовнішній контур (розімкнутий) включає теплообмінник, який підключено до водопровідної магістралі.

У системі охолодження застосовуються поверхневі рекуперативні теплообмінники, у яких тепло від одного теплоносія до іншого передається через поділяючу стінку з теплопровідного матеріалу.

Теплообмінники класифікуються:

- по виду теплоносія - рідинні;
- по конфігурації поверхні - трубчасті з прямими трубками, спіральні, пластинчасті, змієподібні;
- по взаємному напрямку потоків - прямотечійні, протитечійні;
- по матеріалу;
- по числу ходів.

ЛАЗЕРНЕ ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ

В системі охолодження використовуються прилади контролю і регулювання для захисту від порушення нормальної експлуатації лазера та для підтримки заданого теплового режиму.

До складу системи охолодження входять: бак з охолоджувальною рідиною, pompa відцентрова, електричний привод помпи, фільтр, теплообмінник, датчики протоку рідини, вентиль, трубопроводи. Всі елементи системи охолодження приведено на принциповій схемі.

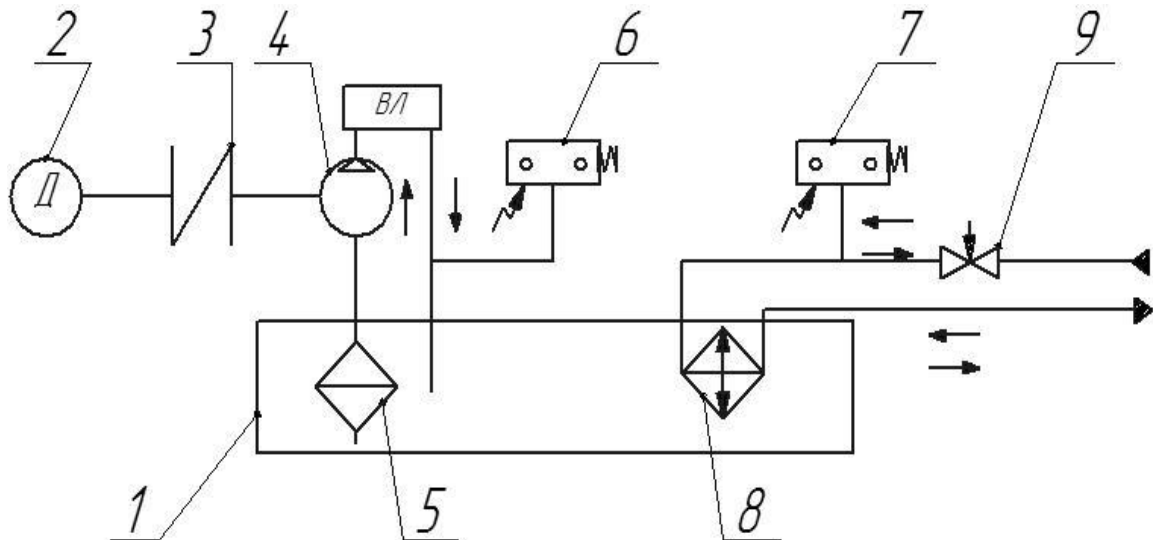


Рис. 1. Принципова схема системи охолодження твердотільного технологічного лазера

1- бак з охолоджувальною рідиною, 2- електродвигун приводу помпи, 3- муфта, 4- pompa відцентрова, 5 - фільтр, 6,7- датчики протоку рідини, 8- теплообмінник, 9- вентиль.

Технічна характеристика системи охолодження

1. Продуктивність внутрішнього контуру, не менш, л/хв.	40
2. Продуктивність внутрішнього контуру при якій реле розриває ланцюг блокування, не менш, л/хв.	18
3. Межа продуктивності зовнішнього контуру при якій реле розриває ланцюг блокування, не менш, л/хв.	4,5
4. Ємність бака, л	20
5. Температура водопровідної води, не більш, °С	20
6. Час безперервної роботи, год.	8
7. Тиск у внутрішньому контурі, МПа	$6 \cdot 10^{-2}$
8. Споживча потужність, Вт	400

ЛАЗЕРНЕ ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ

2. Порядок виконання роботи

- 2.1. Ознайомитися з технічними характеристиками системи охолодження випромінювача лазера.
- 2.2. Ознайомитися з агрегатами, які розташовано на верхній кришці пристрою охолодження.
- 2.3. Ознайомитися з агрегатами, які розташовано усередині бака пристрою охолодження.
- 2.4. Намалювати ескіз відцентрової помпи.
- 2.5. Перевірити продуктивність відцентрової помпи.
- 2.6. Оформити звіт і зробити висновки по роботі.

3. Методика виконання роботи

- 3.1. Ознайомитися з агрегатами, які розташовано на верхній кришці пристрою охолодження.
- 3.2. Розібрати пристрій охолодження. Для цього варто акуратно зняти кришку герметизації бака. Ознайомитися з агрегатами, які розташовано у середині бака пристрою охолодження.
- 3.3. Зібрати пристрій охолодження.
- 3.4. Перевірити продуктивність відцентрової помпи:

$$Q = \frac{60 \cdot V}{t}, \left(\frac{\text{л}}{\text{хв}} \right)$$

V - об'єм охолоджувальної рідини;

t - час роботи.

4. Контрольні запитання

- 4.1. Навіщо призначена система охолодження?
- 4.2. Що входить до складу системи охолодження?
- 4.3. Що використовується в якості охолоджувальної рідини?
- 4.4. Класифікація теплообмінників.
- 4.5. Яка різниця між автономними та неавтономними системами охолодження?

ЛАЗЕРНЕ ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ

Лабораторна робота № 3

Оптичний резонатор твердотільного технологічного лазера

Мета роботи: вивчити склад і конструктивні особливості оптичного резонатора твердотільного технологічного лазера; придбати практичні навички юстирування оптичного резонатора.

Обладнання і його елементи: твердотільні технологічні лазери з імпульсним і безперервним режимами роботи, газорозрядний He-Ne лазер, набір діафрагм, стіл координатний.

1. Загальні положення

Оптичний резонатор визначає просторову структуру, спектральний склад і спрямованість випромінювання. У твердотільних лазерах оптичний резонатор створюють два дзеркала, що розміщують на деякій відстані від торцевих поверхонь лазерного стрижня. Дзеркала бувають як плоскі так і сферичні.

Дзеркала резонатора розміщуються на оптичній лаві. Як оптична лава використовується опора з двома призми, пристроями для юстирування дзеркал і фіксатором лазерної головки. Стаціонарні призми є базою для установки лазерної головки. Оптичною лавою може бути корпус випромінювача. Пристрої для юстирування розміщуються у отворах торцевих стінок корпусу. В середині корпусу знаходиться пристрій для вертикального переміщення і фіксації лазерної головки.

Конструкція резонатора повинна бути механічно і термічно стабільною та водночас забезпечувати прецизійне регулювання установки дзеркал. Застосування дзеркал, що можуть повертатися до осі з певним ексцентриситетом, дозволяє збільшити площу використання дзеркал у 6...10 разів та їх ресурс.

В оптичних резонаторах використовують дзеркала з багат шаровим діелектричним покриттям. Коефіцієнт відбиття вихідного дзеркала залежить від типу активного елемента його довжини і від умов накачування. На довжині хвилі генерації коефіцієнт відбиття може досягати 99,9%, коефіцієнт поглинання менше 0,1%. У технологічних лазерах коефіцієнт пропускання напівпрозорого дзеркала 20...50%. Неплощинність підкладки 0,1λ. Радіус кривини увігнутих дзеркал 1...5 м. Стійкість до руйнування, викликаного поглинанням лазерного випромінювання в кращих діелектричних дзеркалах

ЛАЗЕРНЕ ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ

2...20 ГВт/см². Це забезпечує високу добротність резонатора, під час генерації дзеркала не перегріваються і не вигорають, витримуючи високі щільності енергії випромінювання. Знижується поріг генерації і збільшується ККД лазера.

При виготовленні дзеркал на підкладку по черзі наносять шари матеріалу, що чергуються, з високим і низьким коефіцієнтом заломлення. Як підкладку використовують кварц, скло та інші матеріали прозорі для випромінювання лазера. Діелектричні дзеркала виготовляють методами термічного випару у вакуумі і катодного розпилення в атмосфері кисню. Як покриття застосовують сірчистий цинк (ZnS, коефіцієнт заломлення $n=2,36$) та фтористий магній (MgF₂, $n=1,38$). Коефіцієнт відбиття і селективність дзеркал збільшується зі збільшенням кількості шарів. Зовнішній шар повинен мати високий показник заломлення, інакше він буде «просвітлювальним». Зміна відбиття і пропускання з додатком чергового шару в міру збільшення кількості шарів стає все меншим. Для досягнення коефіцієнта відбиття більше 99% наносять до 15...17 шарів. Варто помітити, що одержати дзеркала з коефіцієнтом відбиття більш ніж 99% нелегко. Для цього необхідна висока рівномірність шарів, строге витримування товщини, висока якість підкладки. Одне з дзеркал оптичного резонатора має коефіцієнт селективного відображення, близький до одиниці, інше - напівпрозоре. Напівпрозорі дзеркала мають 3...7 діелектричних шарів.

При розробці конструкції лазера важливо вірно оцінити необхідну і достатню точність взаємного положення й орієнтації кожного елемента оптичної схеми. Зміна взаємного розташування елементів схем у різному ступені позначається на енергетичних, кутових і спектральних характеристиках випромінювання. Найбільш сильний вплив на параметри випромінювання дає роз'юстирування дзеркал резонатора, що впливає на характеристики генерації твердотільних лазерів.

У резонаторі, що роз'юстировано, напрямок випромінювання змінюється. Крім того, варто мати на увазі, що при роз'юстируванні дзеркал спостерігається збільшення кута розбіжності генеруемого пучка у напрямку роз'юстирування. Нахил дзеркал резонатора приводить і до перебудови типів коливань, що генерують. Зі збільшенням кута між дзеркалами помітно зменшується число типів коливань, що генерують, зростає амплітуда пічків, збільшуються і стабілізуються інтервали між ними.

ЛАЗЕРНЕ ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ

2. Методи юстирування оптичних елементів резонатора.

Юстирування оптичних елементів резонаторів лазерів здійснюється різними методами: автоколімаційним, оптичного важеля, інтерференційним, використанням діафрагм.

Автоколімаційний метод юстирування елементів резонатора полягає в тому, що за допомогою автоколіматора послідовно, починаючи з далекого дзеркала, сполучають зображення автоколімаційного хреста від непрозорого відбивача з зображенням хреста від переднього торця активного тіла і вихідного дзеркала.

При використанні методу оптичного важеля промінь допоміжного газорозрядного лазера 1 з малою кутовою розбіжністю через отвір у дзеркалі 2 попадає в оптичний резонатор, відбиває від дзеркал 4 і 5 резонатора і від дзеркала 2, попадає на екран 3, де спостерігається ряд світних плям. Критерієм правильності юстирування є зникнення плям з екрана 3, тобто сполучення їх з отвором дзеркала 2.

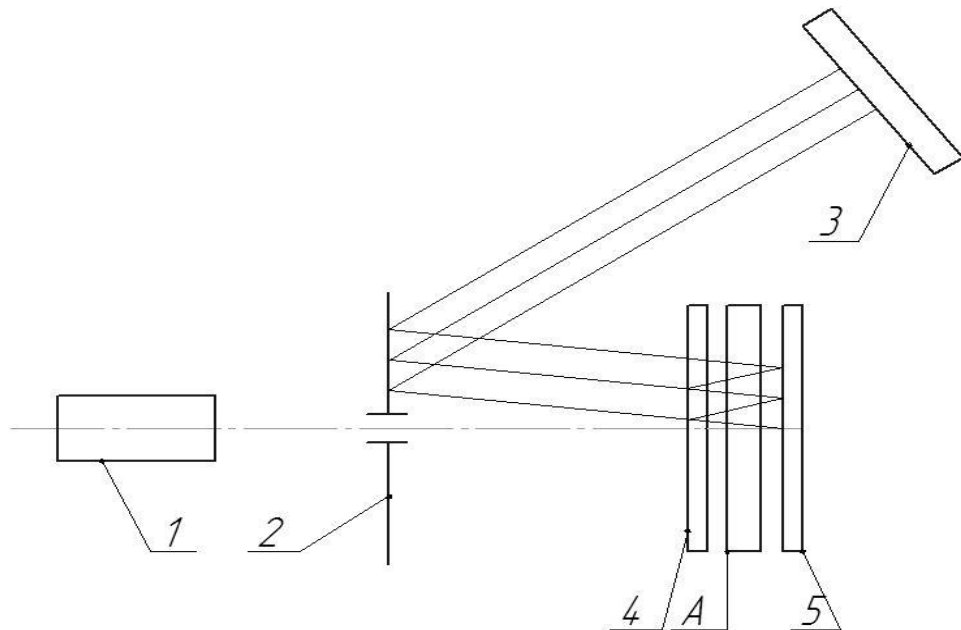


Рис.1 Схема юстирування оптичного резонатора методом оптичного важеля

1- допоміжний газорозрядний лазер; 2- дзеркало з отвором; 3- екран; 4,5- дзеркала оптичного резонатора; А- активний елемент.

Інтерференційний метод юстирування полягає у тому, що промінь допоміжного газорозрядного лазера 1 проходячи через отвір екрана 2 і лінзу 3, висвітлює дзеркала оптичного резонатора 4 і 5. Місце установки і сила лінзи вибирається з розрахунку повного висвітлення апертури дзеркал. На екрані

ЛАЗЕРНЕ ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ

можна спостерігати дві плями, що при накладенні утворюють інтерференційні смуги, які являють собою ряд концентричних інтерференційних кілець, центрованих щодо джерела світла, тільки у тому випадку, коли поверхні, що відбивають, паралельні між собою.

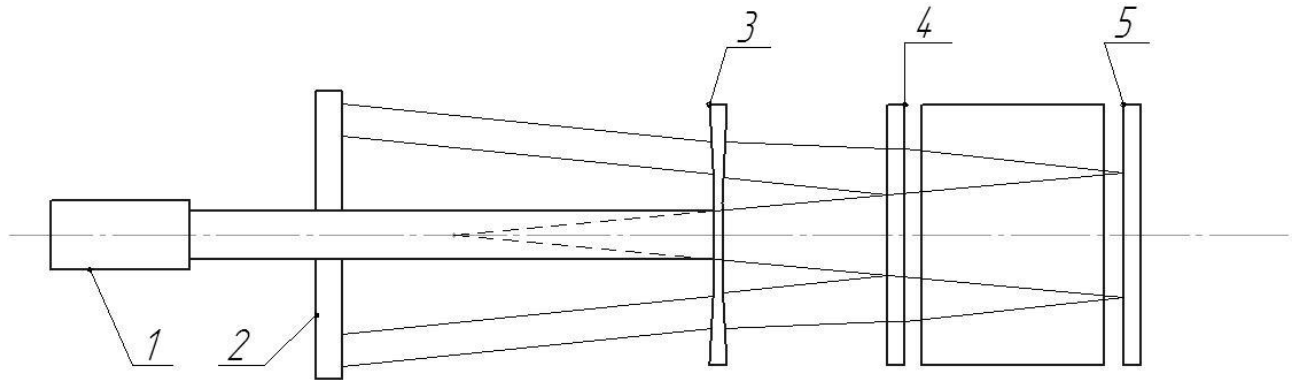


Рис.2 Схема юстирування оптичного резонатора інтерференційним методом.

1- допоміжний газорозрядний лазер, 2- екран з отвором, 3- лінза, 4,5- дзеркала оптичного резонатора.

Юстирування за допомогою діафрагм здійснюють у наступній послідовності: Як найближче перед дзеркалами встановлюються діафрагми з невеликим отвором у центрі. На вихідне і далеке дзеркала через отвір у діафрагмі попадає випромінювання від допоміжного газорозрядного лазера. За допомогою нахилів дзеркала робимо так, щоб відбитий промінь лазера потрапив в отвори діафрагми. Інше дзеркало настроюють аналогічно. Коли промінь газового лазера, послідовно відбившись від дзеркал, попадає в отвір діафрагми, юстирування можна припинити. Після цього встановлюють робочий стрижень між дзеркалами, регулюванням його положення намагаються досягти сполучення відблисків, відбитих від торців стрижня, з отворами діафрагми.

Для одержання необхідної точності взаємного положення елементів оптичної схеми застосовують спеціальні юстирувальні пристрої. Вони повинні бути чутливими для встановлення оптичних деталей лазерів з тією точністю, що може бути забезпечена описаними вище методами юстирування. Як пристрої юстирування використовуються:

- механізм нахилу дзеркала навколо двох взаємно перпендикулярних осей;
- механізм нахилу дзеркала навколо осей, які є сторонами рівнобічного трикутника;
- механізм сферичний;
- механізм карданний.

ЛАЗЕРНЕ ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ

У першому пристрої дзеркало закріплене на опорі, що встановлена рухливо щодо основи. Положення опори з дзеркалом визначається трьома точками I, II, III, розташованими під кутом 90° . Точки I і II утворюють вісь OX, а точки I і III вісь OY системи координат. У точці I у конусних лунках опори і основи розташована кулька. Точки II та III опори є центрами різьбових отворів, у які вкручують гвинти. Сферичні кінці гвинтів упираються в основу. Силowe замикання опори і основи відбувається двома циліндричними пружинами, що розташовані між кулькою і гвинтами. При обертанні гвинта у точці II опора з дзеркалом повертається щодо осі OY, а при обертанні гвинта в точці III- навколо осі OX. Нахили дзеркала здійснюється у двох перпендикулярних напрямках навколо осей OX і OY. Ця конструкція забезпечує можливість послідовної установки дзеркал у двох площинах.

У другому пристрої точки I, II та III є вершинами рівнобічного трикутника. Нахили дзеркала здійснюються навколо осей, якими є сторони трикутника. Ця конструкція теж забезпечує можливість послідовної установки дзеркал у двох площинах.

У третьому пристрої дзеркало закріплено на опорі, що встановлюється рухливо щодо основи. Взаємодія між опорою і основою відбувається по сферичній поверхні. Нахили дзеркала здійснюються у двох взаємно перпендикулярних напрямках навколо осей OX і OY за допомогою двох гвинтів. Силowe замикання опори і основи здійснюється двома циліндричними пружинами.

У четвертому пристрої дзеркало закріплено на кільцевій опорі, що встановлено рухливо навколо осі OX у підшипниках іншої кільцевої опори. Ця опора встановлена рухливо навколо осі OY у підшипниках основи. Нахили дзеркала здійснюються у двох взаємно перпендикулярних напрямках навколо осей OX і OY за допомогою двох гвинтів. Один гвинт надає переміщення першій кільцевій опорі, а другий гвинт- іншій кільцевій опорі. Силowe замикання опор і основи здійснюється двома циліндричними пружинами.

3. Порядок виконання роботи

- 3.1. Ознайомитися з конструкцією оптичних резонаторів.
- 3.2. Ознайомитися з методами юстирування дзеркал оптичних резонаторів.
- 3.3. Провести юстирування дзеркал оптичного резонатора твердотілого лазера.

ЛАЗЕРНЕ ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ

3.4. Виконати ескізи пристроїв юстирування дзеркал оптичного резонатору

3.5. Виконати ескіз пристрою для вертикального переміщення і фіксації лазерної головки.

3.6. Оформити звіт і зробити висновки по роботі.

4. Методика виконання роботи

Метою юстирування є встановлення активного елемента лазерної головки та дзеркал оптичного резонатору таким чином, щоб їхні робочі поверхні (торці активного елемента і поверхні дзеркал, що відбивають) стали паралельні одна одній. Юстирування проводимо з використанням діафрагм.

4.1. Юстирування твердотільних лазерів технологічного устаткування типу Квант-10, Квант-16, Квант-18.

Особливістю цих лазерів є конструкція оптичної лави. Вона виконана як опора з двома стаціонарними призмами, пристроями для юстирування дзеркал і фіксатором лазерної головки.

До проведення юстирування з поверхні оптичних деталей необхідно вилучити сліди жиру, пилу й інших забруднень. Перед газорозрядним лазером 1 і торцями активного елемента 5 лазерної головки встановити діафрагми 2, 4 і 6 з невеликим отвором у центрі (рис.3.).

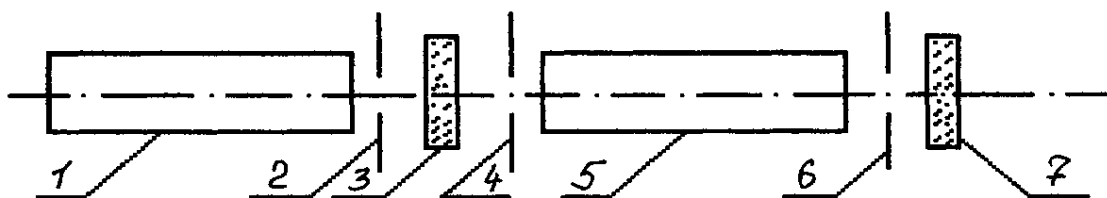


Рис.3. Схема юстирування оптичного резонатора.

1-допоміжний газорозрядний лазер, 2, 4, 6- діафрагми, 3, 7- дзеркала оптичного резонатора, 5- активний елемент лазерної головки.

Встановити допоміжний газорозрядний лазер таким чином, щоб вісь його променя співпала з віссю активного елемента. Для цього за допомогою координатного столу встановити газорозрядний лазер 1 у такий спосіб, щоб його промінь проходив крізь центри отворів у діафрагмах 4 та 6 і, відбитий від торців активного елемента, повертався в центр діафрагми 2.

Встановити дзеркало 7 паралельно торцям активного елемента. Для цього за допомогою гвинтів юстирувального пристрою встановити дзеркало 7 в

ЛАЗЕРНЕ ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ

таке положення, при якому відбитий від його робочої поверхні промінь газорозрядного лазера 1 попадає у центр отвору діафрагми 2.

Встановити дзеркало 3 паралельно торцям активного елемента. Для цього за допомогою гвинтів юстирувального пристрою встановити дзеркало 3 в таке положення, при якому відбитий від його робочої поверхні промінь газорозрядного лазера 1 попадає у центр отвору діафрагми 2.

4.2. Юстирування твердо тільних лазерів типу ЛТН-101, ЛТН-102, ЛТІ-501, ЛТІ-502

Особливістю цих лазерів є конструкція оптичної лави. Оптичною лавою є корпус випромінювача. Пристрої для юстирування дзеркала розміщуються у отворі задньої торцевої стінки корпусу. Вихідне дзеркало не має пристрою юстирування. Оправа з цим дзеркалом розміщується у отворі передньої торцевої стінки корпусу. В середині корпусу знаходиться пристрій для вертикального переміщення лазерної головки відносно корпусу і її фіксації.

Перед газорозрядним лазером 1 і торцями активного елемента 5 лазерної головки встановити діафрагми 2, 4 і 6 з невеликим отвором у центрі (рис.3.).

Встановити допоміжний газорозрядний лазер таким чином, щоб вісь його променя співпала з віссю отвору в оправі вихідного дзеркала оптичного резонатора. Для цього за допомогою координатного столу встановити газорозрядний лазер 1 у такий спосіб, щоб його промінь пройшов крізь центр отвору діафрагми 6 і, відбитий від робочої поверхні дзеркала 7, повернувся у центр отвору діафрагми 2.

Встановити активний елемент лазерної головки так, щоб його вісь співпала з віссю променя газорозрядного лазера. Для цього за допомогою гайки і гвинта пристрою для вертикального переміщення лазерної головки відносно корпусу встановити її так, щоб промінь газорозрядного лазера проходив крізь центр отворів у діафрагмах 4 та 6 і, відбитий від робочої поверхні дзеркала 7 і торців активного елемента 5, повернувся у центр отвору діафрагми 2.

Встановити робочу поверхню дзеркала 3 паралельно торцям активного елемента. Для цього за допомогою гвинтів юстирувального пристрою встановити дзеркало 3 в таке положення, при якому відбитий від його робочої поверхні промінь газорозрядного лазера 1 попадає у центр отвору діафрагми 2.

4.3. Юстирування твердотільних лазерів типу ЛТН-103 та твердотільних лазерів технологічного устаткування типу Квант-15

Особливість конструкції цих лазерів полягає у тому, що у випромінювачі лазера встановлено дві лазерні головки. Між дзеркалами оптичного резонатора розташовані два активних елементи. Тому при юстируванні лазера такого типу необхідно спочатку встановити далеку від

ЛАЗЕРНЕ ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ

газорозрядного лазера головку і за допомогою координатного столу домогтися проходження випромінювання газорозрядного лазера крізь центр активного елемента. Встановити другу лазерну головку і за допомогою координатного столу сполучати оптичні вісі газорозрядного лазера, першого і другого активного елемента. Після цього встановити і юстиувати далеке від газорозрядного лазера дзеркало, а потім і ближнє.

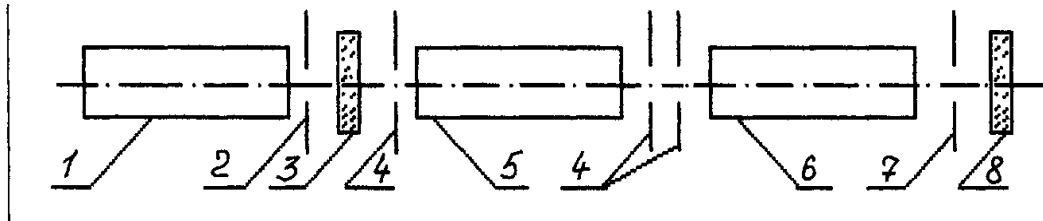


Рис. 4. Схема юстирування оптичного резонатора.

1.-допоміжний газорозрядний лазер; 2, 4, 7- діафрагми; 3, 8- дзеркала оптичного резонатора; 5, 6- активні елементи лазерних головок.

4.4. Після проведення юстирування за вказаними методиками проводять заключне юстирування за допомогою візуалізатора лазерного випромінювання.

5. Контрольні запитання

5.1. Яка форма дзеркал резонатора, що використовуються у лазерних системах?

5.2. Які вимоги до матеріалу дзеркал?

5.3. Навіщо використовується багат шарове покриття?

5.4. Які методи юстирування оптичних резонаторів?

5.5. Назвіть які пристрої юстирування використовуються?

ЛАЗЕРНЕ ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ

Список рекомендованої літератури

1. Зебов В.А. Методы измерения характеристик излучения.- М. Наука. 1973.- 192с.: ил.
2. Измерение энергетических параметров и характеристик лазерного излучения/ А.Ф. Катюк, Б.Я. Бурдаев, Р.А. Валитов и др.: Под ред. А.Ф. Катюка.- М.: Радио и связь. 1981.- 288с.: ил.
3. Технологические лазеры: Справочник: В 2т. Т2: Системы автоматизации. Оптические системы. Системы измерения. /Г.А. Абильсиитов, В.Г. Гонтарь, А.А. Колпаков и др.: Под общей ред. Г.А. Абильсиитова.- М.: Машиностроение. 1991.- 544с.: ил.
4. Хирд Г. Измерение лазерных параметров. Пер. с англ. /Под ред. Ф.С. Файзуллова.- М.: Мир. 1970.- 539с.: ил.

Зміст

- | | |
|--|----|
| 1. Лабораторна робота № 1. Будова випромінювача твердотілого технологічного лазера | 5 |
| 2. Лабораторна робота № 2. Пристрій охолодження твердотілого технологічного лазера | 11 |
| 3. Лабораторна робота № 3. Оптичний резонатор твердотілого технологічного лазера | 15 |