

КОНТРОЛЬ СВІТЛОВИДНИХ СИСТЕМ

1. Підготовка світловидних систем до контролю

У світловидних системах необхідно контролювати наступні параметри:

1) геометричні параметри:

- середній діаметр оболонки й осердя світловода;
- некоаксильність;
- довжину, у тому числі й відстань до місця пошкодження світловода.

2) оптичні параметри:

- показник заломлення осердя й покриття;
- відносну різницю показників заломлення

$$\Delta = \frac{n_c - n_n}{n_c} \quad . \quad (1)$$

- числову апертуру світловода NA;
- профіль показника заломлення $n = f(r)$.

3) параметри загасання випромінювання:

- коефіцієнти поглинання, розсіювання, загасання;
- показник втрат, що характеризує ослаблення випромінювання, обумовлене виходом частини випромінювання через оболонку.

4) параметри широкополосності:

- модову дисперсію;
- хроматичну дисперсію;
- хвильоводну дисперсію;
- профільну дисперсію;
- смугу пропускання світловидів.

При контролі параметрів світловодів, вводу випромінювання у світловоди може проводитися:

- через торці очищених від захисних оболонок світловодів;
- за допомогою оптичних з'єднувачів.

При використанні першого варіанта поблизу торців необхідно видалити захисні оболонки світловодів. Для цього використовуються наступні методи:

- випалювання (переважно);
- механічне очищення;
- хімічне травлення.

Торці світловодів повинні бути перпендикулярні стосовно оптичної осі.

Ця перпендикулярність забезпечується трьома методами:

- некероване обламування на оправці (рис.1);

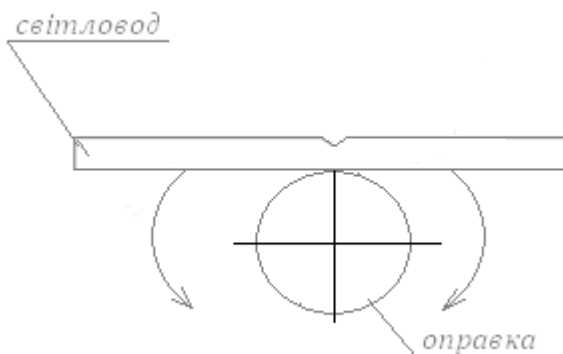


Рис.1. Некероване обламування на оправці

- кероване обламування (зі спеціальним інструментом);
- механічна обробка.

Збудження світловода, який треба контролювати

У багатомодових світловодах на початковій ділянці світловода спостерігається процес інтенсивного витікання мод високого порядку. Для запобігання витіканню мод застосовують режим рівноважного розподілу мод (PRM). Режим PRM досягається при використанні наступних способів:

- опромінення світловода 70% пучками (рис.2);

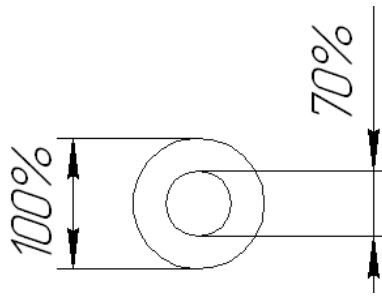


Рис.2. До розгляду одержання режиму РРМ опроміненням світловода

Діаметр пучка, що вводиться у світловод, становить 70% від діаметра осердя світловода. Апертура освітлюючого пучка становить 70% від апертури світловода.

- застосування спіральних фільтрів;
- застосування східчастих фільтрів, що становлять собою структури, з чередуванням градієнтних і ступінчастих світловодів як показано на рис. 3.

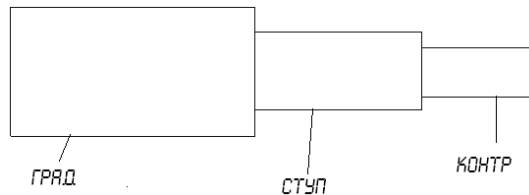


Рис.3. До розгляду одержання режиму РРМ застосуванням східчастих фільтрів

Імерсія

При будь-яких способах збудження світлодіода, як правило, застосовують імерсію вхідного торця світловода.

Імерсія переслідує дві мети:

- видалення оболонкових мод зі світловода;
- виключення впливу мікродефектів торців на результати виміру.

2. Контроль геометричних і оптичних параметрів світловодів

Контроль геометричних параметрів

Відхилення цих параметрів від номіналу збільшує втрати в роз'ємних з'єднаннях. Стандартизовані геометричні розміри світловодів наступні:

1) діаметр осердя і покриття складають:

- для одномодовим світловодів 5-7/50-60 мкм;
- для багатомодових світловодів 80/125 - 250/375 мкм.

2) допуск на геометричні розміри складає:

- діаметр серцевини $\pm 6\%$;
- діаметр оболонки $\pm 4\%$;
- неконцентричність 6%;
- еліптичність 6%.

У лабораторних умовах для виміру геометричних розмірів застосовують імерсійні методи. Схема станда для виміру діаметра світловодів показана на рис.4.

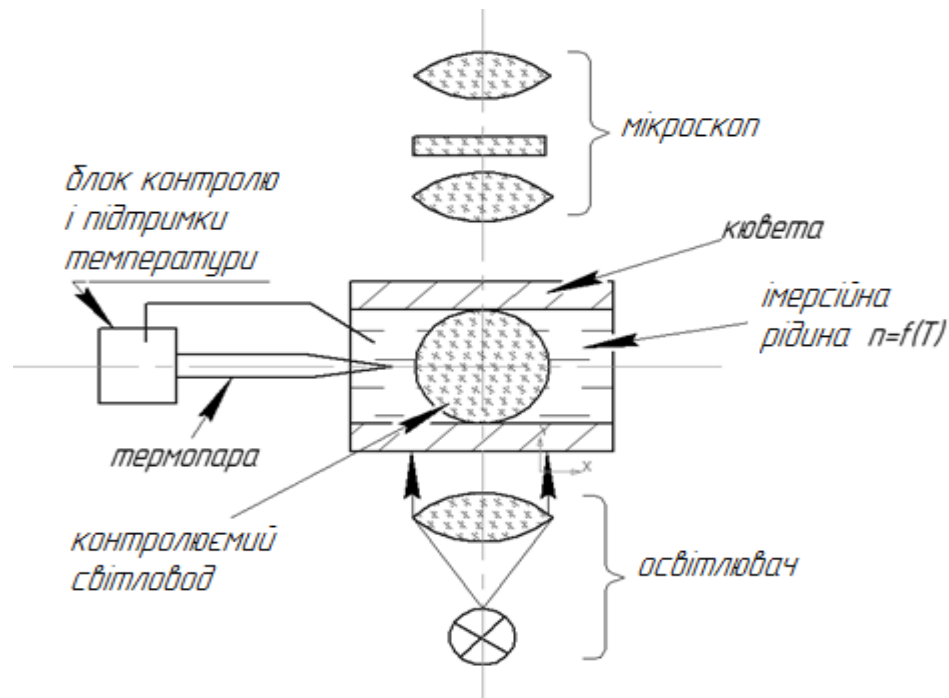


Рис.4. Схема станда для виміру діаметра світловодів

Поступово міняючи температуру імерсійного середовища до моменту зникнення межі розділу «імерсійне середовище - покриття», «покриття - осердя» за допомогою мікроскопа визначають діаметри осердя і покриття.

В заводських умовах контроль діаметра світловода можна робити на установці з застосуванням оптичного важеля (рис.5).

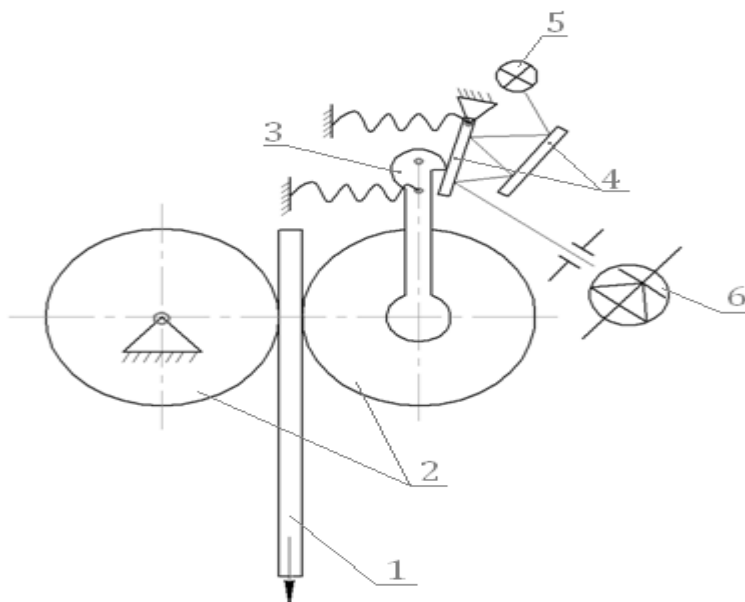


Рис.5. Установка з застосуванням оптичного важеля для контролю діаметра світловода: 1 – світловод; 2 – прижимні ролики; 3 – важіль; 4 – дзеркала; 5 – джерело; 6 – фотоприймальний пристрій

При зміні діаметра світловода змінюється взаємне розташування дзеркал 4 і, як наслідок, змінюється сигнал з фотоприймача.

Для виміру поздовжніх геометричних параметрів використовують два методи:

- намотування світловода на барабан відомого діаметра (похибка не більше 2%);
- метод зворотнього релеєвського розсіювання, що заснований на механізмі зворотнього розсіювання в матеріалі світловода за рахунок флуктуацій показника заломлення на відстані меншій довжини хвилі випромінювання з застосуванням рефлектометрів (похибка не більше 0,1-0,2%).

Вимір оптичних параметрів

Для контролю профіля показника заломлення застосовують імерсійний метод (похибка 0,01%).

Для виміру числової апертури світловода застосовують три методи.

1) Метод ближньої зони або метод 3-х кілець ілюструє рис.6.

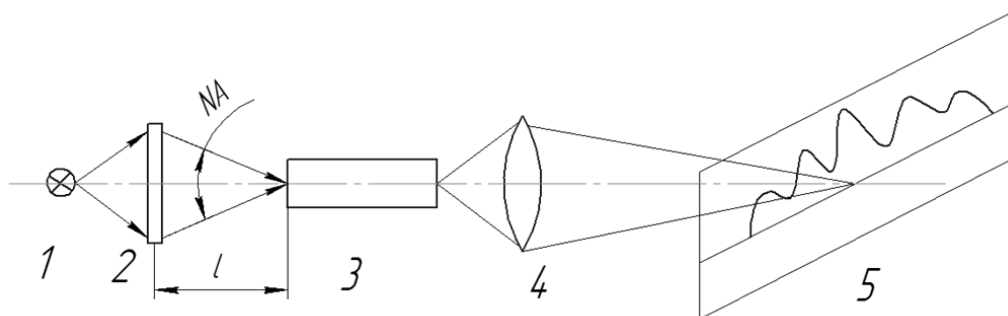


Рис.6. Схема установки, побудованої по методу ближньої зони: 1 - джерело випромінювання; 2 – світлорозсіюючий диск, 3 - контрольований світловід; 4 - проєкційний об'єктив; 5 – екран

У ході виміру міняють відстань l до моменту, поки числова апертура NA_o освітлювача не дорівнюватиме числовій апертурі NA_c світловода: $NA_o = NA_c$. При виконанні цієї рівності на вихідному торці світловода з'являється три яскравих кільця, які проєктуються на екран. Природа виникнення цих кілець пояснюється рис. 7. Як видно з рисунка частина випромінювання розповсюджується в осерді, частина по межі розподілу осердя - покриття, частина в покритті.

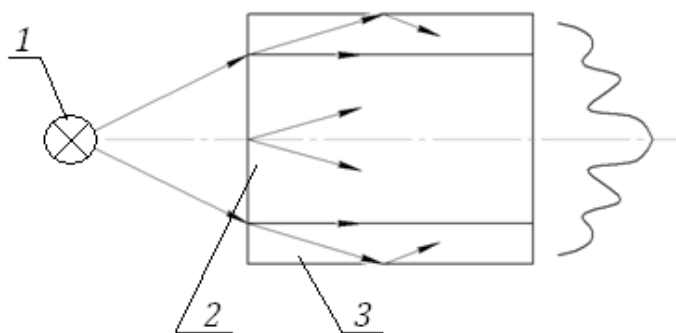


Рис. 7. До визначення числової апертури методом ближньої зони:

1 – джерело; 2 – осердя; 3 – покриття

Числова апертура визначається відповідно до співвідношення:

$$\operatorname{tg}(NA) = \frac{0,5D}{l} \quad (2)$$

2) Метод дальньої зони ілюструє рис.8, коли спостерігається розподіл освітленості на віддаленому екрані.

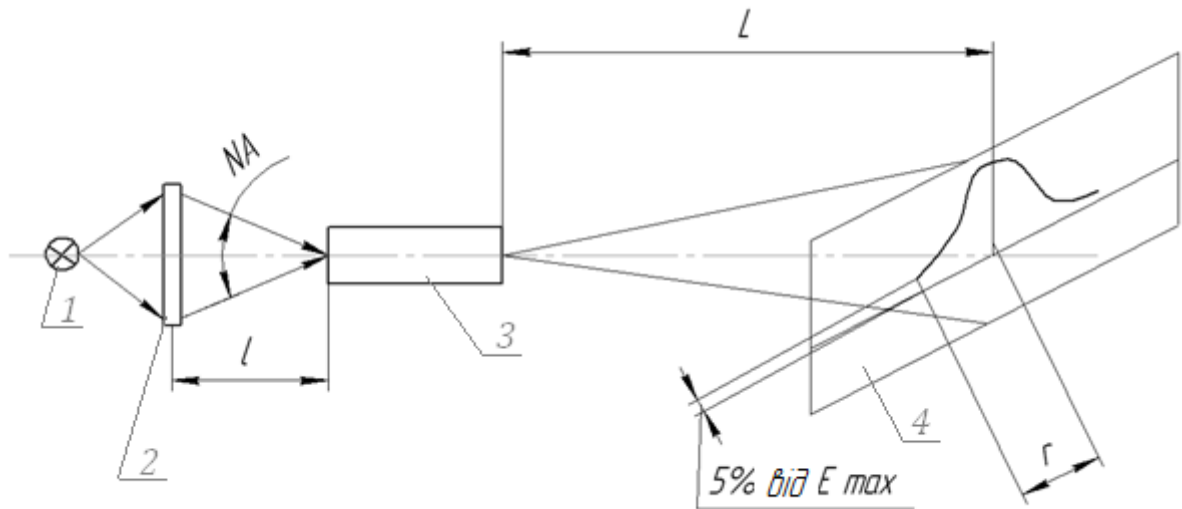


Рис. 8. Схема установки, побудованої по методу дальньої зони: 1 – джерело;
2 – світлорозсіювач; 3 – світловід; 4 – екран

Тангенс апертурного кута визначається виходячи зі співвідношення:

$$\operatorname{tg}(\omega) = \frac{r}{l} \quad ; \quad (3)$$

де r - відстань від центра індикатрисис, при якій освітленість становить 5% від максимуму.

3) Метод каліброваного зазора.

Даний метод має на меті вимір залежності втрат на каліброваному зазорі між торцями еталонного світловода і світловода, що контролюється, залежно від довжини хвилі. Схема метода приведена на рис.9.

Потужність оптичного випромінювання на виході еталонного світловода вимірюється для двох значень довжин хвиль. Потім приєднується другий світловід і на його виході проводять такі самі виміри.

Втрати оцінюються при підключенні контрольованого світловода в установку. Залежно від величини втрат оцінюється невідповідність апертур еталонного й контрольованого світловодів.

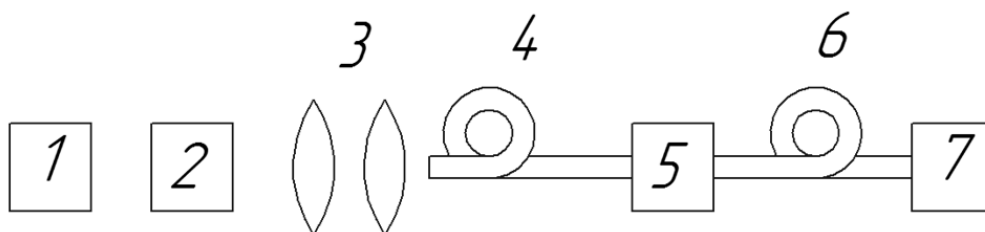


Рис.9. Структурна схема установки, побудованої по методу каліброваного зазора: 1 - джерело випромінювання; 2 - монохроматор; 3 - система вводу випромінювання; 4 - еталонний світловод; 5 - муфта з каліброваним зазором; 6 - контрольований світловод; 7 - вимірник потужності

3. Методи контролю загасання і широкополосності

Контроль загасань здійснюється з використанням наступних методів:

- 1) двуточкового;
- 2) заміщення;
- 3) зворотнього релеєвського розсіювання в часовій області.

Двуточковий метод реалізується по наступних схемах:

- метод обламування;
- безобламувальний метод

Метод обламування

Реалізується у відповідності зі схемою, показаною на рис.10.

Випромінювання від джерела (1) конденсором (2) направляється на вхідну щілину монохроматора (3) який виділяє необхідну довжину хвилі. У схемі застосований модулятор (4). Частина випромінювання світлоділительною пластинкою (5) направляється на фотоприймач (7) і

реєструється блоком (6). Таким чином, можна врахувати нестабільність випромінювання джерела.

Об'єктиви (8) і (10) формують пучок з необхідними параметрами. Вхідний і вихідний кінці світловода містять у кювету (12) з імерсійною рідиною. У схему входить еталонний світловод (13), з яким стикується контрольований світловод (15). Сигнал з виходу надходить на фотоприймач (7), блок реєстрації

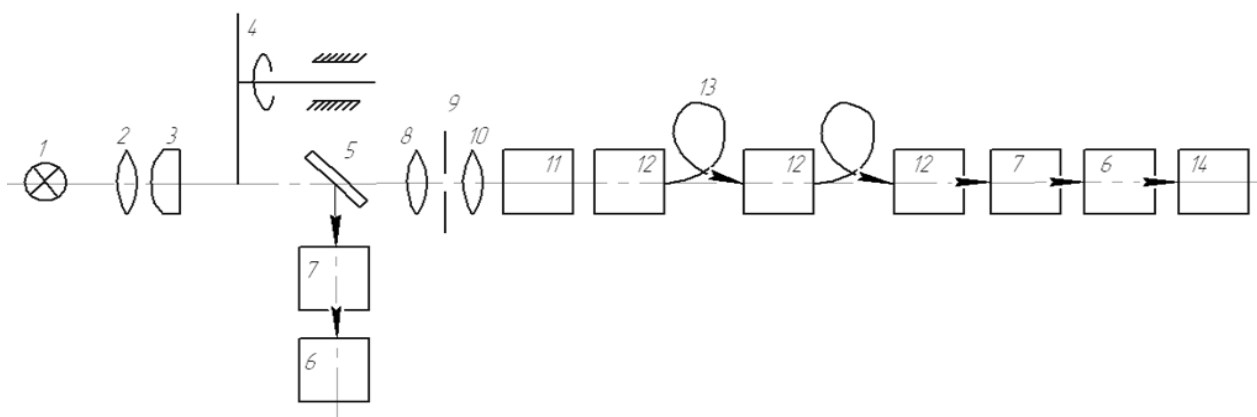


Рис.10. Структурна схема, що реалізує метод обламування: 1-джерело;2-конденсор;3- монохроматор;4- модулятор;5- світлоділильна пластинка;6- реєструючий блок;7-фотоприймач;8,10-об'єктиви;9-діафрагма;12-кювета з імерсійною рідиною;13-еталонний світловод;14- реєструючий блок

(6) і пристрій, що документує результати вимірювань(14).Для попереднього юстування еталонного світловода використовується V-образний тримач (11).

У ході контролю визначають величину вихідного сигналу з фотоприймача на всій довжині контрольованого світловода. Після цього світловод обламують на відстані від торця 3..5 метрів. Не порушуючи схему вводу випромінювання, визначають сигнал з фотоприймача.

Безобломний метод у випадку стабілізованого джерела випромінювання

Реалізується відповідно до одноканальної схеми, показаної на рис.11.

Контрольований світловод з'єднується із засобами виміру за допомогою оптичних роз'ємів.

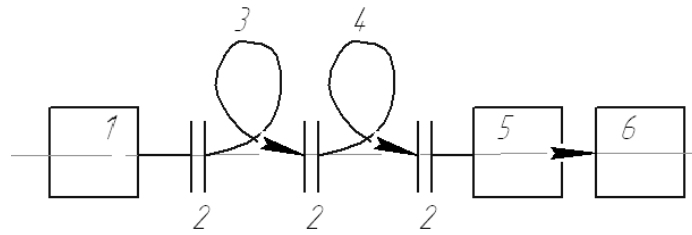


Рис.11. Одноканальна структурна схема, що реалізує безобломний метод: 1- джерело випромінювання; 2 - сполучні з'єднання; 3 - контрольований світловод; 4 - допоміжний світловод; 5 - вимірювач потужності; 6 – реєструючий пристрій

Спочатку вимірюється сигнал на реєструючому пристрої без контрольованого світловода , а потім з цим світловодом

Безобломний метод при нестабілізованому джерелі випромінювання

Цей метод реалізується відповідно до двуканальної схеми на рис.12.

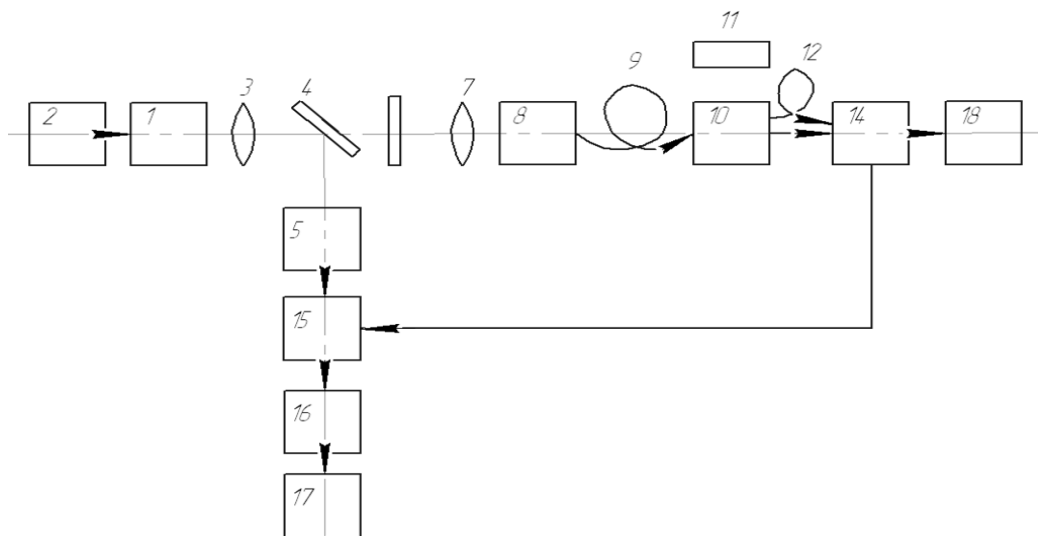


Рис.12. Двуканальна схема безобломного метод: 1- джерело; 2-блок живлення; 3,7-об'єктив; 4-світлоподільна пластина; 5-фотоприймач; 6-світлофільтр; 8,10-кювета з імерсійною рідиною; 9-допоміжний світловод; 11 мікроскоп; 12-світловод що контролюється; 14-вимірювач потужності; 15, 16 і 17 - канали контролю стабільності випромінюючого джерела

При первісному настроюванні за допомогою пристрою (8) добиваються вводу випромінювання в допоміжний світловод (9), що забезпечує досягнення режиму РРМ.

Порядок вимірювання загасання наступний:

- 1) до виходу допоміжного світловода (9) послідовно підключаються короткий відрізок світловода (13) і контрольований світловод (12);
- 2) точність поєднання торців контролюють за допомогою мікроскопа (11);
- 3) регулюванням підсилення вимірювача потужності (14) установлюють 0 дБ при підключенні короткого світловода (13);
- 4) установлюють світловод (12) і вимірюють втрати потужності.

Метод зворотнього релеєвського розсіювання у часовій області

Метод заснований на вимірі розсіювання випромінювання на молекулах і атомах матеріала світловода. Цей метод подає інформацію розподілу загасання на всій довжині світловода. Метод реалізується за допомогою рефлектометрів і заснований на зондуванні світловода прямокутними імпульсами.

Величина випромінювання розсіяного у зворотньому напрямку дорівнює:

$$P_p(t) = P_0 \cdot \hat{a}_p(z) \cdot S(z) \cdot \exp[-[a^+(z) + a^-(z)] \cdot z \cdot V_t \cdot t], \quad (4)$$

де P_p - потужність розсіювання прямокутних імпульсів;

P_0 - потужність прямокутних імпульсів введених у світловод;

$\hat{a}_p(z)$ - коефіцієнт ефективного розсіювання;

$S(z)$ - фактор зворотнього розсіювання;

$a^+(z)$, $a^-(z)$ – середнє загасання на ділянці від «0» до «z» у прямому й зворотньому напрямках;

V_t – швидкість поширення випромінювання у волоконному світловоді;

t – тривалість оптичного імпульсу.

При зростанні t зростає динамічний діапазон і підвищується точність.

Вимір широкополосності

Широкополосність світловода визначається його дисперсією. Дисперсійні властивості визначаються на підставі часових спотворень, які має оптичний імпульс гаусоподібної форми.

Схема стенда для виміру широкополосності показана на рис.13.

Імпульси лазера мають форму близьку до гаусової і тривалістю 250 пс на рівні 0,5. За допомогою ФПБ (7) реєструється зміна тривалості $\Delta\tau$ цих імпульсів. Широкополосність визначається відповідно до співвідношення:

$$B = \frac{1}{\Delta\tau} \quad , \quad (5)$$

де $\Delta\tau$ - часове розширення імпульсів.

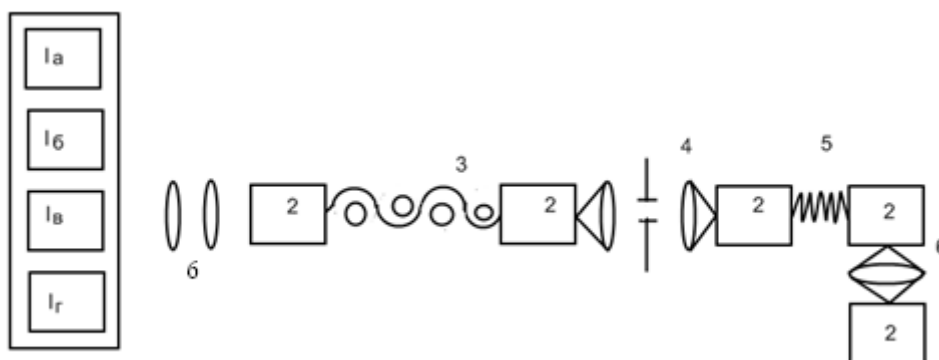


Рис.13. Структурна схема стенда для виміру широкополосності: 1а – 1г – лазерні діоди ($\lambda_1 - 803\text{нм}$; $\lambda_2 - 824\text{нм}$; $\lambda_3 - 866\text{нм}$; $\lambda_4 - 902\text{нм}$); 2 - тримачі волоконних світловодів; 3 - серпантинний фільтр; 4 - пристрій вводу випромінювання у світловод; 5 – контрольований світловод; 6 - погоджуючі лінзи; 7 – фотоприймальний блок (ФПБ)