

Винахід відноситься до вимірювальної техніки, а саме до дослідження матеріалів за допомогою оптичних засобів і може бути використаний для точних вимірювань абсолютного і відносного коефіцієнтів дзеркального відбиття плоских поверхонь, а також коефіцієнта пропускання плоскопаралельних прозорих пластин (вікон, захисних стекол оптичних приладів) при різних кутах падіння та призм у широкому спектральному діапазоні.

Відомий пристрій для вимірювання коефіцієнтів відбиття та пропускання під різними кутами падіння, що містить у собі джерело випромінювання із освітлювальним каліметром, тримач зразків та рухомий приймач випромінювання з приймальним каліметром [1].

Відомий також пристрій, що містить джерело випромінювання, дзеркальну систему, рухомий відбивач, при двох положеннях якого утворюються вимірювальний та опорний канали, тримач зразків і приймач випромінювання [2].

Недоліком відомих пристроїв є невисока точність вимірювання, обумовлена можливістю здійснення одноразового або дворазового зондування зразка, крім того в [1] вноситься додаткова похибка, обумовлена зміщенням світлового пучка на світлочутливій поверхні приймача випромінювання при його повороті, а з [2] світловий пучок падає на допоміжне дзеркало і тільки відбившись від нього, падає на зразок, через те навіть при багаторазовому зондуванні потрібна велика кількість дзеркал, а значить ускладнюється юстирування пристрою і збільшуються його габарити.

Найбільш близьким за технічною сутністю до заявленого пристрою є вибраний як прототип пристрій для вимірювання спектральних коефіцієнтів пропускання та відбиття [3], до складу якого входить джерело випромінювання, дзеркальна система, рухомі відбивачі, що формують опорний та вимірювальний канали, тримач зразків, лінза і приймач випромінювання. Вимірюючи відношення величини світлового потоку при одно- або багаторазовому зондуванні зразка та світлового потону, падаючого на зразок, отримуємо значення (квадрат, куб чи інше) абсолютного коефіцієнта відбиття та пропускання.

Недоліком відомого пристрою є неможливість високоточного, вимірювання коефіцієнта пропускання зразка при нормальному падінні світлового пучка, наявність великої кількості дзеркал, трудність у забезпеченні рівних втрат, за рахунок відбиття у відповідних каналах, великі габарити пристрою і складність його юстирування.

Метою винаходу є спрощення пристрою та його юстирування, зменшення його габаритів, а також підвищення точності вимірювання коефіцієнта пропускання при нормальному падінні та розширення класу досліджуваних оптичних елементів.

Поставлена мета досягається тим, що в пристрої для вимірювання коефіцієнтів відбиття та пропускання міститься оптично зв'язані джерело випромінювання, вхідний і вихідний поворотні відбивачі, встановлені з можливістю переміщення за загальною направляючою, тримач зразків, основний і додатковий рухомі відбивачі, встановлені з можливістю переміщення вздовж лінії перпендикулярній площині установки зразка і приймач випромінювання, яке відрізняється тим, що вхідний і вихідний поворотні відбивачі виконані у вигляді прямої трикутної призми з можливістю повороту навколо вісі, перпендикулярної основі призми, і переміщення паралельно площині установки зразка, основний рухомий відбивач встановлений з можливістю повороту відносно вісі, що лежить у площині установки зразка, при цьому основний і додатковий рухомі відбивачі паралельні цій площині і спільно з тримачем зразків встановлені з можливістю поступального переміщення перпендикулярно площині установки зразка, крім того основний і додатковий рухомі відбивачі виконані у вигляді не менше одного призматичного відбиваючого елемента, виготовленого у вигляді прямої призми з рівнобедреною трапецією в основі, причому кут між боковими сторонами трапеції дорівнює 90° . На бокову грань призми, що відповідає меншій основі трапеції нанесене відбиваюче покриття, при цьому ці відбиваючі елементи встановлені з можливістю повороту навколо вісі перпендикулярної основі призми.

Дякуючи використанню відмінних ознак у взаємозв'язку однієї з другою і в строго визначеній послідовності, пристрій дає можливість проводити високоточні вимірювання коефіцієнта пропускання при нормальному падінні світлового пучка на зразок, розширити низку досліджуваних оптичних елементів, істотно спростити улаштування і його юстирування, а також зменшити його габарити.

На фіг.1 подана схема пристрою для вимірювання коефіцієнта дзеркального відображення та пропускання.

На фіг.2 показано положення елементів пристрою при вимірюванні коефіцієнта відбиття та пропускання при багаторазовому зондуванні, кут падіння $\beta = 45^\circ$

На фіг.3 показано положення елементів пристрою при вимірюванні коефіцієнта пропускання при нормальному падінні світлового пучка на зразок.

На фіг.4 показано положення пристрою при вимірюванні коефіцієнта пропускання при нормальному падінні світлового пучка на зразок (багаторазове зондування).

На фіг.5, 6 показано положення елементів пристрою при вимірюванні коефіцієнта пропускання призм (наприклад БР - 180° , кутові відбивачі, АР- 90°).

Пристрій містить оптично зв'язані джерело випромінювання 1, вхідний поворотний відбивач, виконаний у вигляді прямої трикутної призми 2 з катетними гранями 3, 4 і гіпотенузою 5, основний рухомий відбивач виконаний у вигляді прямої призми 6 з відбиваючою боковою гранню, і прозорими боковими гранями 8, 9, 10, вихідний поворотний відбивач, виконаний у вигляді прямої трикутної призми II, з катетними гранями 12, 14 і гіпотенузою 13, приймач випромінювання 15, тримач зразків 16 і додатковий рухомий відбивач 17.

Пряма призма 2 з трикутником в основі являє собою призму повного внутрішнього відбиття, що направляє світловий пучок під заданим кутом на зразок, причому, якщо в основі призми лежить

прямокутний трикутник, то кут L між перпендикуляром до катетної грані 3 призми 2 і падаючим пучком визначає кут β падіння світлового пучка на зразок таким співвідношенням $\beta = 2L$.

Рухомі відбивачі(основний і допоміжний) виконані у вигляді не менше одного призматичного відбиваючого елемента 6, виготовленого у вигляді прямої призми з рівнобедренною трапецією в основі з можливістю переміщення вздовж лінії перпендикулярної площині установки зразка, крім того основний відбивач може установлюватись у фіксованих положеннях, при яких відбувається утворення опорного(положення I) і вимірювального(положення II, III) каналів. Переведення відбивача із положення I в положення II, III здійснюється шляхом повороту на $180^\circ(90^\circ)$ відносно вісі обертання(див. фіг.1, 5), що лежить у площині установки зразка, при цьому відбиваюча грань 7(при вимірюванні відбиття та пропускання під кутом) або прозора грань 9(при вимірюванні пропускання при нормальному падінні) призми 6 паралельна цій площині.

Пряма призма II аналогічна призмі 2 за формою та за принципом дії і призначена для виводу відбитого від зразка(або такого, що пройшов зразок) пучка на світлочутливу поверхню приймача випромінювання 15.

Призма 2 та II установлені на вході і виході пристрою симетрично відносно площини перпендикулярної площині установки зразка з можливістю переміщення за загальною направляючою(див. фіг.1) паралельно площині установки зразка і фіксації у певних положеннях по відношенню до падаючого на їх катетні грані 3, 4 і 12, 14 світлового пучка.

Тримач зразків 16 виконаний, наприклад, у вигляді вертикально розташованого столика, з допомогою якого здійснюється введення вимірюваних зразків або зразків порівняння у світловий пучок.

Пристрій працює таким чином

I. Вимірювання абсолютного коефіцієнта відбиття під кутом, близьким до нормалі($\beta = 2L = 8^\circ$) (див.фіг.1)

Призму 2 встановлюють і фіксують у положенні I, при якому перпендикуляр, до катетної грані 3 призми 2 утворює кут $L = 4^\circ$ з направленням світлового пучка, що виходить із джерела випромінювання. Призму II установлюють симетрично призмі 2 відносно площини перпендикулярній площині установки зразка. Основний рухомий відбивач виконаний у вигляді однієї призми 6 установлюють у положення I, при цьому відбиваюча грань 7 призми 6 звернена до площини установки зразка і паралельна їй. Світловий пучок, що виходить із джерела випромінювання I, попадає на катетну грань 3 призми 2, відчуває повне внутрішнє відбиття на гіпотенузній грані 5 і, заломившись на катетній грані 4, попадає(у відсутності вимірювального зразка) на відбиваючу грань 7 призми 6. Потім відбитий пучок попадає на катетну грань 12 призми II, відчуває повне внутрішнє відбиття на гіпотенузній грані 13 і, заломившись на катетній грані 14, попадає на світлочутливий шар приймача випромінювання 15. Сигнал I_1 , знятий з приймача випромінювання 15 відповідає інтенсивності світлового пучка, що пройшов всю оптичну систему улаштування у відсутності вимірювального зразка. Потім рухомий відбивач з призмою 6 переводиться у положення II, а зразок вводиться з допомогою тримача 16 у світловий пучок, при цьому утворюється вимірювальний канал(див. фіг.1, хід променів показаний пунктиром). У цьому випадку світловий пучок від джерела випромінювання I, пройшовши призму 2 і, відчувши повне внутрішнє відбиття на її гіпотенузній грані 5, попадає на вимірювальний зразок. Відбившись від поверхні зразка, пучок попадає на відбиваючу грань 7 призми 6, яка направляє його назад на зразок. Відчувши повторне відбиття від зразка, світловий пучок через катетну грань 12 входить в призму II і, відчувши повне внутрішнє відбиття на гіпотенузній грані 13, попадає в приймач випромінювання 15, при цьому поперечний перетин пучка і його положення на світлочутливому шарі залишається незмінним(як і при вимірюванні сигналу I_0), оскільки довжина ходу пучка в опорному і вимірювальному каналі однакові. Сигнал I_1 знятий з приймача випромінювання 15 відповідає інтенсивності світлового пучка, що пройшов всю оптичну систему улаштування і відчув дворазове відбиття від вимірювального зразка.

Обчислення абсолютного коефіцієнта відбиття здійснюється за формулою.

$$R_{\text{зр}} = \sqrt{\frac{I_1}{I_0}} \quad n = 2 \text{ (для схеми на фіг.1)} \quad (1)$$

де: $R_{\text{зр}}$ - коефіцієнт відбиття зразка;

I_0 - інтенсивність світлового пучка у відсутності зразка;

I_1 - інтенсивність світлового пучка, що відчув дворазове відбиття від зразка;

n - число відбиття від зразка.

З метою підвищення точності вимірювання вводиться додатковий відбивач 17(див. фіг.2), виконаний із одного або більшого числа призматичних відбивних елементів, і крім того збільшують число аналогічних елементів в основному відбивачі, при цьому відбиваючі грані 7 всіх елементів паралельні площині установки зразка. Послідовність дій при вимірюванні коефіцієнта абсолютного відбиття при великих кутах падіння(наприклад, $\beta = 60^\circ$, див. фіг.1) така ж як і при вимірюванні відбиття під кутом близьким до нормалі, однак перед початком вимірювання необхідно провести такі підготовчі операції:

1. Призми 2 і II із збільшенням кута падіння переміщують у напрямку до джерела і приймача вищопомічено відповідно(положення II призми 2, див. фіг.1, $L = 30^\circ$) і встановлюють за кутом таким чином, щоб кут L , який утворює перпендикуляр до катетної грані 3 призми 2 з напрямком світлового пучка, що виходить із джерела випромінювання, дорівнював половині кута падіння, β

2. Каретка з установленими на ній основним і додатковим відбивачами і тримачем зразків із збільшенням кута падіння поступово переміщується у напрямку призми 2, II і фіксується в положенні, при

якому світловий пучок, що вийшов із призми 2 попадає на поверхню зразка.

3. Основний і додатковий відбивачі у вигляді призми 6, із збільшенням кута падіння наближають до площини установки зразка і встановлюють в положення, при якому забезпечується дворазове(багаторазове) відбиття від зразка.

II. Вимірювання коефіцієнта відбиття відносно зразка порівняння(див. фіг.1) здійснюється за схемою вимірювального каналу(відбивач знаходиться в положенні II) при почерговому введенні в світловий пучок зразка порівняння з відомим коефіцієнтом відбиття $R_{зп}$ і вимірювального зразка. Якщо I_2 - сигнал, знятий з приймача випромінювання 15, що відповідає інтенсивності світлового пучка, що пройшов всю оптичну систему улаштування і відчув дворазове відбиття від зразка порівняння, то обчислення коефіцієнта відбиття обчислюється за формулою:

$$R = R_{зп} \cdot \sqrt[n]{\frac{I_1}{I_2}} \quad n = 2 \quad (2)$$

де $R_{зп}$ - коефіцієнт відбиття, зразка порівняння,

I_2 - інтенсивність світлового пучка, що відчуває дворазове відбиття від зразка порівняння,

n - число відбиття від зразка.

III. Вимірювання коефіцієнта пропускання під кутом, що відрізняється від нормалі(див. фіг.1)

При вимірюванні коефіцієнта пропускання основний рухомий відбивач 6 устанавлюють у положення I, тоді якщо сигнал I_1 , знятий з приймача випромінювання 15 відповідає інтенсивності світлового пучка, що пройшов всю оптичну систему улаштування і двічі пройшов через зразок, то обчислення коефіцієнта пропускання здійснюється за формулою:

$$T = \sqrt[n]{\frac{I_1}{I_0}} \quad n = 2 \quad (3)$$

Де T - коефіцієнт пропускання зразка,

I_0 - інтенсивність світлового пучка у відсутності зразка,

I_1 - інтенсивність світлового пучка, що пройшов двічі через зразок,

n - число зондувань зразка.

IV. Вимірювання коефіцієнта пропускання при нормальному падінні світлового пучка на зразок.

Призми 2 та II устанавлюють таким чином, що їх катетні грані 3, 4 та 12, 14 попарно паралельні, при цьому грань 3 призми 2 перпендикулярна напрямку світлового пучка(див. фіг.3). Основний рухомий відбивач 6 устанавлюють в положення I, при цьому прозора грань 9 призми 6 повернена до площини установки зразка і паралельна їй. Світловий пучок, що виходить із джерела випромінювання I, проходить через призму 2 і, відчувши повне внутрішнє відбиття на гіпотенузній грані 5 падає по нормалі на випробовуваний зразок. Пройшовши зразок, пучок світла попадає на призму 6 рухомого відбивача і, зазнавши повне внутрішнє відбиття на гранях 8 та 10 призми 6, знову по нормалі падає на зразок. Пройшовши вдруге, світловий пучок проходить призму II і, відчувши повне внутрішнє відбиття на гіпотенузній грані 13 попадає в приймач випромінювання. Якщо I_0 - сигнал, знятий з приймача випромінювання 15 у відсутності зразка, I_1 - сигнал, що відповідає інтенсивності світлового пучка, який пройшов всю оптичну систему і двічі пройшов крізь зразок, то обчислення $T_{норм}$ здійснюється за формулою(3). З метою підвищення точності вимірювання(збільшення числа зондування зразка) вводять додатковий відбивач 17, виконаний із одного або більшого числа призматичних відбивних елементів, і крім того збільшується число аналогічних елементів в основному відбивачі(див. фіг.4 основний відбивач - 2 елемента, додатковий - 1 елемент), при цьому прозорі грані 9 всіх елементів повернені до площини установки зразка і паралельні їй.

У. Вимірювання коефіцієнта пропускання призм.

а). Призма БР - 180°, кутові відбивачі(див. фіг.5).

Призми 2 та II встановлюють таким же чином як і при вимірюванні пропускання при нормальному падінні, однак вони зміщені до джерела випромінювання I по відношенню до вісі обертання основного рухомого відбивача, виконаного у вигляді призми 6, який встановлюють в положення II, при цьому прозора грань 9 призми повернена до площини фронтальної грані досліджуваної призми і паралельна їй. Світловий пучок, що виходить із джерела випромінювання I проходить призму 2 і, відчувши повне внутрішнє відбиття на гіпотенузній грані 5, падає по нормалі на фронтальну грань досліджуваної призми. Відчувши відбиття на гранях досліджуваної призми, світловий пучок падає на фронтальну грань 9 призми 6 основного рухомого відбивача і направляється нею назад на досліджувану призму. Пройшовши вдруге через досліджувану призму і відчувши відбиття на її гранях, світловий пучок призмой II направляється на світлочутливу поверхню приймача випромінювання 15, при цьому знімають сигнал - I_1 .

Якщо I_0 - сигнал знятий з приймача випромінювання 15 у відсутності досліджуваної призми(рухомий відбивач 7 в положенні I, призма виведена із пучка) то обчислення $T_{пр}$ здійснюється за формулою:

$$T_{пр} = \sqrt[n]{\frac{I_1}{I_0}} \quad (4)$$

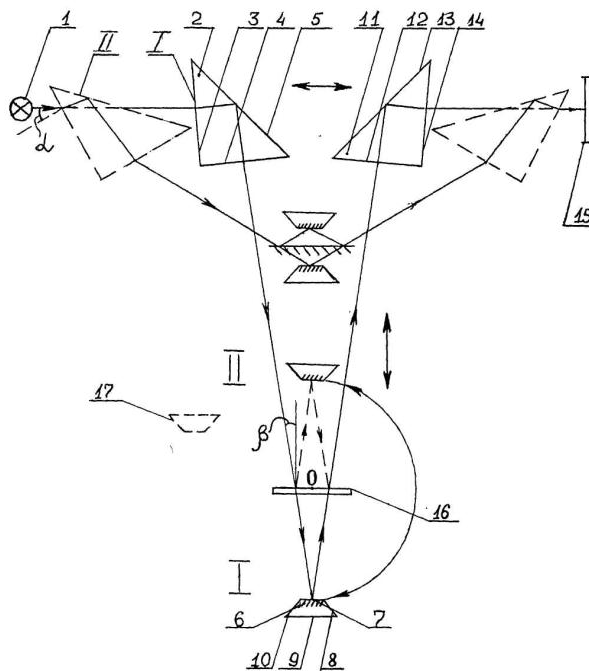
б) Призма AP-90

Призми 2 та II установлюють таким же чином, як і при вимірюванні пропускання при нормальному падінні, а досліджувану призму установлюють так, щоб вісь обертання основного рухомого відбивача проходила через середину гіпотенузої грані призми, а її катетна грань була перпендикулярна до світлового пучка. Рухомий відбивач 6 із положення I переводять в положення III шляхом повороту на 90° відносно вісі обертання "0"9(див. фіг.6), тоді якщо I_0 - це сигнал, знятий з приймача випромінення 15 у відсутності зразка, а I_1 - сигнал, що відповідає інтенсивності світлового пучка, який пройшов всю оптичну систему і двічі пройшов крізь досліджувану призму, то обчислення $T_{пр}$ здійснюється також за формулою(4).

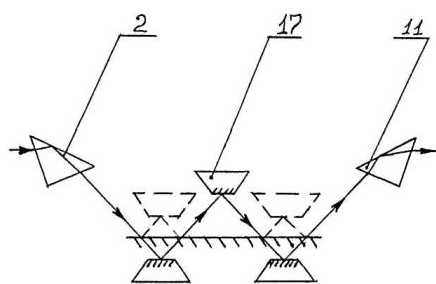
Таким чином, використання відмінних ознак у взаємодії однієї з другою дозволило вирішити поставлену мету винаходу, а саме, спростити конструкцію і значно зменшити її габарити за рахунок зменшення кількості оптичних елементів, необхідних для здійснення вимірювань і раціональної їх компоновки(в улаштуванні), істотно упростити процес юстирування улаштування і його підготовки при переході від одного виду вимірювань до другого, усунути залежність результату вимірювань від значення коефіцієнта відбиття дзеркал в опорному та вимірювальному каналах за рахунок оригінального взаємозв'язку рухомих елементів. Улаштування дозволяє проводити високоточні вимірювання коефіцієнта пропускання(багаторазове зондування) при нормальному падінні світлового пучка на зразок, що є істотною перевагою, тому що випадок нормального падіння світлового пучка на поверхню оптичних елементів оптико-механічних приладів є найбільш поширеним. Крім цього, улаштування дозволяє виміряти абсолютний і відносний коефіцієнти пропускання різних призм(AP- 90° , БР- 180° , кутових відбивачів та інш.), що також є істотною перевагою перед наявним улаштуванням, тому що значення коефіцієнта пропускання призм є таким же необхідним для виготовлення оптико-механічних приладів, як і плоско-паралельних деталей.

Література:

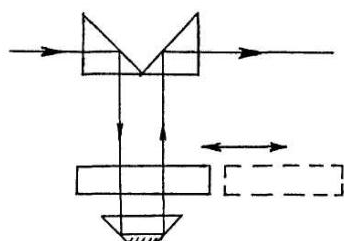
1. ОМП 1977р. №4 с. 67
2. М. А. Бухштаб. "Измерение малых оптических потерь", Энергоиздат, Л. 88
3. А.С. СССР №1229661(прототип)



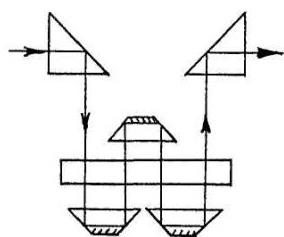
Фиг. 1



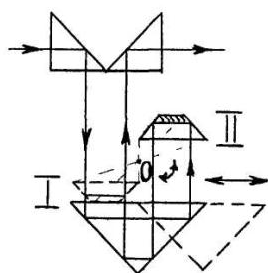
Фиг. 2



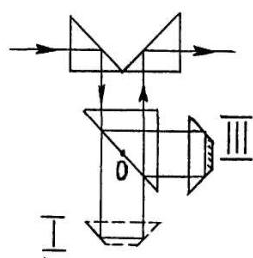
Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6

