

Винахід належить до способів виготовлення оптичних елементів, які забезпечують відділення певної частини спектра випромінювання, конкретніше до способів виготовлення інфрачервоних світлофільтрів, і може бути використаний при виготовленні оптичних елементів інфрачервоних лазерних систем.

Оптичні фільтри, що містять інтерференційні покриття (ІП) знайшли широке використання в оптичному приладобудуванні. Як правило, більшість ІП становлять систему шарів, що чергуються, з низьким і високим значенням показника заломлення. Найбільш поширеною (базовою) конструкцією є багатшарове покриття типу П (НВ)<sup>n</sup> або ПВ (НВ)<sup>n</sup>,

де П - оптично полірована підкладка;

В - інтерференційний шар з відносно високим показником заломлення;

Н - інтерференційний шар з відносно низьким показником заломлення;

n - число пар шарів типу В і Н.

Відомий спосіб виготовлення інтерференційного фільтра, [описаний у патенті Російської Федерації №2035752, МПК<sup>6</sup> G02B1/10, 5/28, 1995р.], згідно з яким підкладку обробляють до високого ступеня чистоти, формують плазменне середовище атмосферного тиску. У плазменне середовище послідовно вводять елементоорганічні сполуки та осаджують на поверхні підкладки оксидні шари з різними коефіцієнтами заломлення. Плазменне середовище формують у вигляді плазменного потоку, який створюють принаймні двома плазменними струменями, що збігаються, а елементоорганічні сполуки вводять в область збігання плазменних струменів. Осадження здійснюють при багаторазовому перетинанні плазменного потоку підкладкою зі швидкістю 0,1-5,0м/с. На підкладку послідовно наносять шари  $\lambda/4$  оксиду титану, та оксиду кремнію.

Спільними суттєвими ознаками з винаходом, що заявляється, є нанесення у на підкладки інтерференційних шарів, що чергуються, з різними коефіцієнтами заломлення.

Причинами, які перешкоджають одержанню очікуваного технічного результату, є те, що вказаний спосіб придатний для нанесення шарів лише з тих речовин, які утворюються при термічному розкладі у плазменному потоці легких елементоорганічних сполук.

Відомий спосіб виготовлення інтерференційного фільтра [патент Російської Федерації №2087014, МПК<sup>6</sup> G02B5/28, 1997р.], який включає виготовлення підкладок (полірованих пластин, наприклад із ZnSe), завантаження у вакуумну камеру підкладок і човників із плівкотвірною речовиною телуридом германію, що містить телур у кількості 55-58ат %. Створюють у камері вакуум з тиском  $4 \cdot 10^{-4}$  Па, підкладки при потребі нагрівають до 100°C. Плівкотвірну речовину знегажують у вакуумі при нагріванні, потім струм емісії електронно-променевого випарника збільшують до робочого значення і наносять шар плівкотвірної речовини заданої товщини при швидкості конденсації не меншій 7м/с.

Спільними суттєвими ознаками з винаходом, що заявляється, є нанесення у вакуумі на підкладки інтерференційних шарів, що чергуються, з різними коефіцієнтами заломлення.

Причинами, які перешкоджають одержанню очікуваного технічного результату, є те, що виготовлений таким способом інтерференційний фільтр не витримає значних динамічних перевантажень під час прискореного руху цього фільтра, а також потребує використання досить екзотичної і дуже дорогої сполуки телуриду германію, що містить телур у кількості 55-58ат %.

Як прототип вибрано за максимальним числом спільних суттєвих ознак спосіб виготовлення інтерференційного фільтра, [описаний у патенті Російської Федерації №2124223, МПК<sup>6</sup> G02B5/28, 1998рр.] Спосіб виготовлення реалізується наступним шляхом. Спочатку визначають теоретично або експериментально параметри багатшарової інтерференційної конструкції, тобто визначають число і товщину шарів, виходячи з функціональних вимог, що пред'являються до покриття (дзеркальне, світлорозділююче, світлофільтр з певною довжиною хвилі пропускання тощо), і робочої області довжин хвиль, на основі конструкції П/(MgF<sub>2</sub>-SiO<sub>2</sub>-MgF<sub>2</sub>)-ZnS/<sup>n</sup> або іншого плівкотвірного матеріалу (ПМ) типу В: ZnSe, Sb<sub>2</sub>S<sub>3</sub>, As<sub>2</sub>S<sub>3</sub>, As<sub>2</sub>S<sub>3</sub>. При цьому експериментально уточнюють необхідну товщину прошарку SiO<sub>2</sub> в області значень, що рекомендуються, (0,2-0,5)Н. У випадку необхідності мати високу механічну та променеву стійкість поверх шару типу В потрібно передбачити захисний півхвильовий шар, що складається з чвертьхвильового шару типу MgF<sub>2</sub>-SiO<sub>2</sub>-MgF<sub>2</sub> та чвертьхвильового шару SiO<sub>2</sub>. Потім за допомогою вакуумної технології на підкладку наносять багатшарове покриття, використовуючи будь-які способи контролю товщини шарів ПМ у процесі вакуумного нанесення. Одержане таким способом покриття складається із шарів, що чергуються, з низьким значенням показника заломлення (MgF<sub>2</sub>) і з високим показником заломлення (не менш 2,2) з матеріалу, прозорого в ІЧ-області (ZnS, ZnSe, Sb<sub>2</sub>S<sub>3</sub>, As<sub>2</sub>S<sub>3</sub>, As<sub>2</sub>S<sub>3</sub> тощо). У середину шарів MgF<sub>2</sub> уводять прошарок із діоксиду кремнію. Прошарок складає 0,2-0,5 оптичної товщини шару MgF<sub>2</sub> за рахунок відповідного зменшення товщини шару MgF<sub>2</sub>.

Спільними суттєвими ознаками з винаходом, що заявляється, є нанесення у вакуумі на підкладки інтерференційних шарів, що чергуються, із сульфиду цинку та фториду металу.

Причинами, які перешкоджають одержанню очікуваного технічного результату, є надмірна багатостадійність способу: для нанесення кожного шару ПМ з відносно низьким коефіцієнтом заломлення треба провести три послідовних процеси вакуумного нанесення MgF<sub>2</sub>-SiO<sub>2</sub>-MgF<sub>2</sub>.

В основу винаходу покладено задачу у способі виготовлення інтерференційного фільтра шляхом зміни параметрів процесу забезпечити підвищення стійкості інтерференційного фільтра до динамічних навантажень під час прискорень руху цього фільтра при збереженні потрібних оптичних характеристик інтерференційного фільтра в інфрачервоній області.

Поставлена задача вирішується тим, що у способі виготовлення інтер-ференційного фільтра, який включає нанесення у вакуумі на підкладки інтерференційних шарів, що чергуються, із сульфиду цинку та фториду металу, згідно з винаходом, в якості фториду металу беруть фторид ітрію, а виготовлені дві підкладки з різним числом шарів нанесеного інтерференційного покриття закріплюють за допомогою клею та герметика у металеву оправку, що має нижнє та верхнє посадочні гнізда для підкладок.

Згідно з винаходом до фториду ітрію додають фторид стронцію у ваговому співвідношенні YF<sub>3</sub>:SrF<sub>2</sub> від 3:1

до 4:1.

Згідно з винаходом, на одну підкладку наносять 27 інтерференційних шарів, а на другу підкладку - 15 інтерференційних шарів.

Згідно з винаходом, у нижнє посадочне гніздо металевої оправки наносять шар герметика, вкладають інтерференційним покриттям уверх підкладку, що має 15 шарів інтерференційного покриття, після тверднення герметика зазор між металевою оправкою і підкладкою заповнюють клеєм, після тверднення клею у верхнє посадочне гніздо металевої оправки вкладають інтерференційним покриттям униз підкладку, що має 27 інтерференційних шарів, у фаски верхнього посадочного гнізда металевої оправки і підкладки наносять клей, а після тверднення клею у зазор між металевою оправкою та підкладкою наносять герметик.

Для реалізації способу, що заявляється використовують такі прилади та обладнання:

- вакуумна випарна установка ВУ-1 А, або ВУ-2М, або ВУТП-2

- термопара хромель-копель, ГОСТ 6616-74,

- фотометричний пристрій для контролю оптичної товщини інтерференційного шару (фотометр СФКТ-751),

- спектрофотометр СФ-20, ТУ 3-344-76,

- фольга вольфрамова товщиною 0,03-0,05мм, ТУ 48-42-40-70,

- сульфід цинку для оптичних потреб, ТУ 6-09-31-84-79,

- фторид ітрію для оптичних потреб, ТУ 3-3.13-79,

- фторид стронцію для оптичних потреб, ТУ 6-09-31-63-79,

- скло К108, ГОСТ 3514-76,

- скло ИКС-5, ГОСТ 9411-81,

- герметик УТ-34, ГОСТ 24285-60,

- клей К-300-61, ОСТ В6-05-5100-77.

Далі винахід підтверджується такими прикладами конкретної реалізації.

Приклад 1. Напилювання проводять на вакуумній випарній установці ВУ-1А, оснащеній резистивним (термічним) випарником для випаровування сульфиду цинку  $ZnS$  і електронно-променевим випарником для випаровування фториду ітрію  $YF_3$ . Для напилювання  $ZnS$  беруть випарник ("човник" з молібденової фольги) глибиною 15мм. Порівняно велика глибина випарника необхідна для одержання більш рівномірного потоку речовини, що випаровується, і спрямованого переважно вгору, а не в бік. Для напилювання  $YF_3$  в електронно-променевий випарник установлюють односекційний (одночашковий) тигель. Таблетки  $ZnS$  перед завантаженням у випарник ("човник") подрібнюють до розміру осколків 5-7мм. Це необхідно для одержання більш рівномірного кутового розподілу потоку речовини, що випаровується, спрямованого вгору на підкладки. Таблетки фториду ітрію  $YF_3$  не подрібнювали, оскільки вони перед напилюванням і в процесі напилювання розплавляються. Установлюють у вакуумну камеру карусель (тримач з підготовленими підкладками). Підкладки були виготовлені зі скла К108. Закривають дверцята вакуумної камери і вмикають відкачку. Після досягнення тиску  $10^{-2}$ Па (вакуум не гірше  $1,3 \cdot 10^{-4}$ мм рт.ст.) вмикають систему нагрівання підкладок температури  $150^{\circ}C$ . При досягненні температури підкладок  $150^{\circ}C$  і тиску  $10^{-3}$ Па (вакуум не гірше  $1,3 \cdot 10^{-5}$ мм рт.ст.) прогрівають матеріали, що будуть випаровуватись, при температурі, близькій до температури випаровування, щоб знегазити їх. Потім вимикають нагрівання підкладок і після зниження їхньої температури до  $60^{\circ}C$  починають вакуумне напилення. Конструкція вузько смугового фільтра являє собою систему з 27 шарів:

$P_3(BH)2B_3(BH)kH_3(BH)2B_3(BH)$

13 шарів

13 шарів

Тут літерою П позначено підкладку, В - чвертьхвильові шари з високим показником заломлення ( $ZnS$ ), Н - чвертьхвильові шари з низьким показником заломлення ( $YF_3$  або суміш  $YF_3$  із  $SrF_2$ ), k - коефіцієнт, що указує відносну оптичну товщину 14-го (розділового) шару в порівнянні з чвертьхвильовим шаром. Щоб робоча смуга пропускання фільтра мала необхідну ширину, коефіцієнт k дорівнює 1,35. Вмикають обертання каруселі (тримача підкладок) і встановлюють швидкість обертання каруселі з підкладками 90об./хв. Вмикають резистивний випарник  $ZnS$ , відкривають його заслінку, плавно збільшують струм розжарення випарника і розігрівають матеріал до початку випаровування. Зменшують струм розжарення випарника до номінальної величини, при якій час напилювання чвертьхвильового шару складає 2хв. У момент досягнення оптичної товщини чвертьхвильового шару закривають заслінку і вимикають розжарення резистивного випарника  $ZnS$ . Потім вмикають електронно-променевий випарник (ЕПВ) при відкритій його. Плавно збільшуючи струм електронного променя розплавляють  $YF_3$  і розігрівають до початку випаровування. Зменшують струм емісії ЕПВ до номінальної величини, при якій час напилювання чвертьхвильового шару складає 3хв. Напилюють чвертьхвильовий шар фториду, закривають заслінку і виключити емісію ЕПВ. Повторивши ще два рази процес нанесення на підкладку шарів  $ZnS$  та  $YF_3$ , одержують 6 шарів покриття (3 пари ВН). Потім наносять 7-й шар  $ZnS$  подвійної товщини. Далі напилюють ще 6 шарів покриття, починаючи з  $YF_3$  (з 8-го по 13-й - 3 пари ВН) і 14-й шар покриття  $YF_3$ . Оптична товщина 14-го шару складає  $1,35 \lambda/4$ . Наступні 13 шарів фільтра (з 15-го по 27-й) наносять так, як описано вище. Потім вимикають живлення випарників, обертання каруселі. Витримують підкладки з нанесеним інтерференційним покриттям у вакуумній камері протягом 30хв. Напускають у вакуумну камеру повітря, підкладки з багат шаровим інтерференційним покриттям вивантажують і перевіряють відповідність їх параметрів потрібним вимогам. За методиками, що були описані вище, на підкладки, виготовлені зі скла марки ИКС-5, напиляють 15 шарів інтерференційного покриття: 0,5В 1,5Н 6(ВН) В. У нижнє посадочне гніздо металевої оправки наносять голкою шар герметика УТ-34, вкладають підкладку зі скла марки ИКС-5, що має 15 шарів інтерференційного покриття так, щоб інтерференційне покриття було звернуто. Видавлюють і видаляють надлишок герметика ватним тампоном змоченим невеликою кількістю ацетону. Металеву оправку розміщують на монтажному столику, вивіреному за рівнем у горизонтальній площині, залишають для тверднення герметика протягом доби під вантажем 50г. Потім у зазор між підкладкою і

оправкою наносять клей К-300-61. Залишають на добу для тверднення клею. У верхнє посадочне гніздо вкладають інтерференційним покриттям униз підкладку зі скла марки К108, що має 27 шарів інтерференційного покриття. Наносять голкою клей К-300-61 у фаски підкладки й оправки. Видаляють лишки клею за допомогою змоченого ацетоном ватного тампона і залишають для тверднення на добу. У зазор між оправкою і підкладкою за допомогою голки наносять герметик УТ-34. Видаляють лишки герметика і залишають для тверднення на добу. Після цього виготовлені інтерференційні фільтри витримують протягом 7-10 діб для остаточного старіння покриттів та тверднення герметика. Потім перевіряють спектральні параметри та клас чистоти виготовлених інтерференційних фільтрів.

Приклад 2. Виготовлення інтерференційного фільтра здійснювали так, як описано у прикладі 1, за винятком того, що змінили параметри способу, а напilenня проводили на вакуумній випарній установці ВУ-2М. Змінені параметри способу наведені у прикладі 2 таблиці.

Приклад 3. Інтерференційний фільтр виготовляли так, як описано у прикладі 1, за винятком того, що змінили деякі параметри способу, а напilenня проводили на вакуумній випарній установці ВУТП-2. Змінені параметри способу наведені у прикладі 3 таблиці.

Експериментальні дослідження показали, що способом, що заявляється, можна виготовляти інтерференційні фільтри з такими технічними характеристиками:

- коефіцієнт пропускання фільтра на робочій довжині хвилі при куті падіння випромінювання  $\alpha=15^\circ$  відносно нормалі до поверхні фільтра  $\geq 60\%$ ; при куті  $\alpha=12^\circ$  - становить  $\geq 70\%$ ; при куті  $\alpha=0^\circ$  - становить  $\geq 40\%$ ;
- фон  $\tau_f$  у діапазоні від 0,35 до 0,92мкм становить не більше 0,5%; у діапазоні від 0,92 до 0,98мкм - не більше 1%, у діапазоні від 0,98 до 1,2мкм становить не більше 0,5%;
- фільтри витримують перевантаження обумовлене прискоренням 10000g.

Таблиця

Параметр способу	Номер прикладу		
	1	2	3
Тип вакуумної установки	ВУ-1А	ВУ-2М	ВУТП-2
Максимальна температура нагріву підкладки перед напilenням, °С	150	180	200
Температура підкладок на початку напilenня, °С	60	55	50
Швидкість обертання каруселі з підкладками, об./хв.	90	60	30
Коефіцієнт $k$ , що вказує відносну оптичну товщину 14-го(розділового) шару в порівнянні з чвертьхвильовим шаром	1,35	1,40	1,45
Час напilenня чвертьхвильового шару ZnS, хвилин	2	3	4
Час напilenня чвертьхвильового шару фториду, хвилин	3	4	5
Вагове співвідношення фториду ітрію до фториду стронцію	чистий YF <sub>3</sub>	4:1	3:1

Спосіб, що заявляється може бути реалізований на стандартному обладнанні, не потребує значних додаткових економічних витрат.