



УДК 621.358.838

**Хомич І.М.**

ДП "Науково-дослідний інститут приймальних електронно-променевих трубок "ЕРОТРОН".  
Україна, Львів

### СВІТЛОФІЛЬТРИ З ПІДГРІВОМ

#### *Анотація*

*В статті показана можливість створення вітчизняних світлофільтрів з противідблискуючим покриттям і з самопідгрівом. Наведені графіки основних параметрів виготовлених макетів світлофільтрів та їх конструкції (матеріал, послідовність нанесення, товщини).*

#### *Abstract*

*In clause the opportunity of creation domestic filters with antireflection by a covering and with self-heating is shown. The diagrams of the basic parameters of the made breadboard models filters and their design (material, sequence of drawing, thickness) are given.*

Рідкокристалічні РК-панелі, що широко впроваджуються в різні галузі народного господарства, при всіх своїх численних перевагах над електронно-променевими трубками мають суттєвий недолік, який особливо недопустимий в військовій справі. Це — низька стійкість рідких кристалів щодо від'ємних температур. Тобто, існує проблема термостабілізації РК-матриці за рахунок локального підігріву.

Подібна проблема була розв'язана в 1940 р., коли обледеніння вітрового скла літаків стало загрозою безпеки авіапольотів. Мета була досягнута нанесенням на поверхню вітрового скла напівпрозорої електропровідної тонкої плівки.

Вперше подібну властивість деяких речовин створювати тонкі плівки, які одночасно є електропровідними та прозорими для видимої області спектру, помітив та дослідив Бадекер [6] ще в 1907 р., вивчаючи окислені нагрівом плівки кадмію (CdO).

На даний момент відомий цілий клас речовин з подібними властивостями:  $\text{SnO}_2$ ,  $\text{In}_2\text{O}_3$ , CdO і  $\text{Cd}_2\text{SnO}_4$ , а також ті самі речовини з домішками: Sb, In, Sn, Ti, Te, P або W. Всі вони характеризуються різними значеннями електропровідності та світлопропускання, проте спільним фактором є обернена залежність між оптичною прозорістю і електропровідністю. Це означає, що покриття з високою прозорістю матиме низьку електропровідність, а це приведе до зниження потужності такої плівки як електронагрівача і, відповідно, до непридатності для використання її як нагрівача РК-панелі.

Відомо [2], що електрооптичні параметри вищезгаданих сполук сильно залежать від способу та технологічних умов одержання їх. В даній роботі досягнення поставленої мети сильно ускладнено завданням досягнути одночасно високих як прозорості, так і електропровідності, причому потрібно добитись оптичного узгодження провідної плівки з просвітлюючим покриттям, необхідним для усунення паразитних відблисків світла. Згадані обмеження заставляють вибрати з списку відомих прозорих електропровідних плівок покриття на основі  $\text{In}_2\text{O}_3$ , оскільки при заданій прозорості воно має найвищу електропровідність.

Скляні захисні світлофільтри (СЗС) призначені для комплектації індикаторів з рідкокристалічними екранами, які працюють при мінусових температурах. Метою є забезпечення рідкокристалічних екранів індикаторів різного призначення (індикатори бортових, морських та наземних систем супутникової навігації, бортові індикатори систем авіоніки та її стійкістю до дії знижених температур з одночасним зменшенням інтенсивності світлових відблисків при прямому сонячному освітленні.

Основою СЗС служитиме скляна пластина товщиною 2 мм розміром від 60 x 80 мм<sup>2</sup> до 180 x 230 мм<sup>2</sup>.

На фронтальну сторону пластини наноситься просвітлююче покриття, а на задню — противідблискове з електропровідною компонентою та електропровідними шинами для підключення до системи електроживлення.

Вимоги, яким повинні відповідати інтерференційні покриття СЗС наведені нижче.

Інтегральний коефіцієнт дзеркального відбивання покриття в діапазоні довжин хвиль від 450 нм до 680 нм не більше

- 0,25% для фронтальної поверхні;
- 0,30% для задньої поверхні.

Прозорість світлофільтра в діапазоні довжин хвиль від 450 нм до 680 нм:

- фронтальної поверхні — 99,5%;
- задньої поверхні — 80%.

Питомий опір плівки-нагрівача повинен забезпечити перегрів задньої поверхні СЗС відносно температури навколишнього середовища на 40°C при напрузі зовнішнього джерела живлення  $(27 \pm 1)$  В.

При розробці просвітлюючого покриття було взято до уваги те, що з усіх типів просвітлюючих покриттів найбільшого поширення набули покриття типу [1] L—H—M,

де L — плівка з проміжним показником заломлення (узгоджує перехід підкладка — просвітлююча система); H — плівка з високим показником (забезпечує широку зону просвітлення); M — плівка з низьким показником заломлення (визначає інтегральний коефіцієнт дзеркального відбивання).

Оптичні параметри просвітлення можуть бути покращені [4] шляхом заміни плівки L на еквівалентну пару H—M значно меншої товщини при одночасній корекції товщини наступних двох плівок покриття, що й було пророблено, використовуючи методи комп'ютерного моделювання в рамках даної роботи. Конструкцію просвітлюючого покриття показано в табл. 1.

Таблиця 1

Конструкція просвітлюючого покриття

№ п/п	Матеріал	Показник заломлення	Товщина, нм
1	$\text{SiO}_2$	1,46	92,93
2	$\text{TiO}_2$	2,3	124,39
3	$\text{SiO}_2$	1,46	36,39
4	$\text{TiO}_2$	2,3	12,84
	Скло	1,52	

В науково-технічній літературі інформація про противідблискові покриття з підігрівом відсутня,

тому в першому наближенні нами розглядалася конструкція на основі оксидів титану, кремнію і індію ( $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2\text{-In}_2\text{O}_3\text{-TiO}_2\text{-SiO}_2$ ), оскільки оксид індію володіє найвищою прозорістю при найвищій провідності [2]. Як показало розрахункове моделювання даної конструкції за допомогою розробленої в ДП "НДІ "Еротрон" комп'ютерної програми "Плівка" – така система (табл. 2) є цілком перспективною для практичного використання.

**Таблиця 2**  
Конструкція противідблискового покриття

№ п/п	Матеріал	Показник заломлення	Коефіцієнт поглинання	Товщина, нм
1	$\text{SiO}_2$	1,46	0	88,82
2	$\text{TiO}_2$	2,3	0	112,95
3	$\text{In}_2\text{O}_3$	1,95	0,01	354,54
4	$\text{SiO}_2$	1,46	0	35,31
5	$\text{TiO}_2$	2,3	0	10,47
	Скло	1,52		

Конструкція струмопровідних шин повинна в першу чергу забезпечувати якісну адгезію до противідблискового покриття та високу провідність, щоб матеріал шини витримав без перегріву проходження струму, достатнього для розігріву СЗС. Очевидно, що шина не може бути одношаровою, оскільки ті матеріали, що мають добру адгезію до основи, не володіють достатньою електропровідністю, а електропровідні матеріали не забезпечують бажаної адгезії. Після вивчення доступної науково-технічної інформації та проведених експериментальних напилень було вибрано таку схему [3] (по товщині):

5нм Cr – 10 нм Cu – 5 нм Cr – 100 нм Cu. В такій конструкції перша плівка хрому забезпечує

адгезію, а остання (міді) – відповідає за провідність; внутрішня мідно-хромова пара є елементом узгодження.

На установці вакуумного напилення A1504 фірми "Leybold AG" були виготовлені всі покриття захисного світлофільтра.

Оптичні параметри зроблених зразків вимірювалися [5] спектрофотометром "Lambda - 2" фірми "Perkin – Elmer", провідність шин та прозоріть провідної плівки – мегомметром Е6-10, температура перегріву – контактним термометром.

Результати вимірювань прозорості та коефіцієнтів відбивання показані на графіках.

Опір провідної прозорої плівки становить  $R = 67 \text{ Ом}$ .

Температура перегріву  $T = 40^\circ\text{C}$  досягається при напрузі живлення  $U = 27 \text{ В}$ .

### Висновки

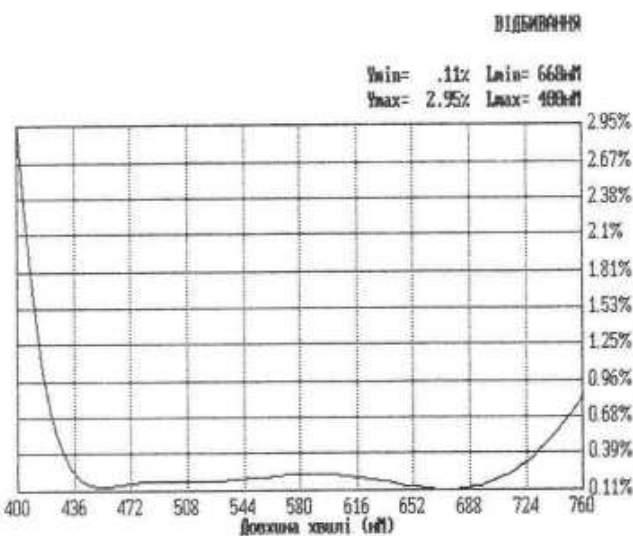
Теоретично і практично відпрацьовані принципи питання, які показують можливість створення серії світлофільтрів з противідблискоючим покриттям і з самопідігрівом.

Проведені роботи по дослідженню шляхів досягнення основних параметрів світлофільтра, що розробляється. Показано, що досягнення заданих параметрів можливе за допомогою інтерференційних систем на основі тонких (від 5 нм до 300 нм) плівок оксидів кремнію, індію і титану.

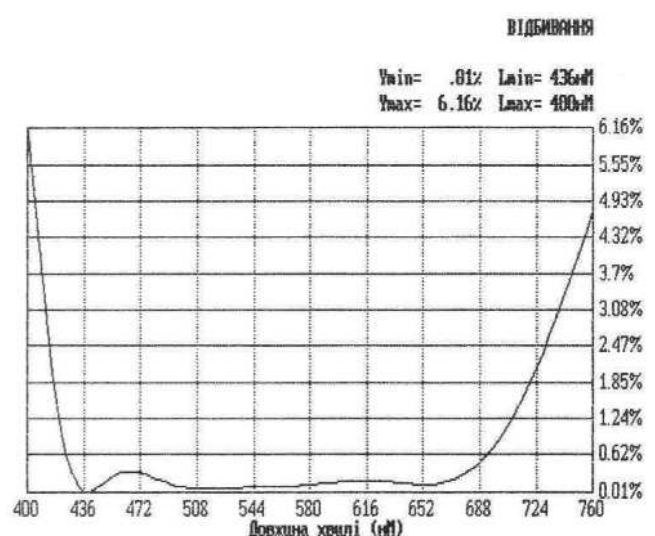
Розроблені комп'ютерні програми вибору оптимальної конструкції та режимів вакуумного напилення інтерференційних покриттів світлофільтра.

Розроблені ескізні варіанти конструкцій інтерференційних покриттів:

- задньої поверхні світлофільтра;
- фронтальної поверхні;
- струмопровідної шини.



**Рис. 1.** Спектр відбивання фронтальної сторони світлофільтра СЗС



**Рис. 2.** Спектр відбивання задньої сторони світлофільтра СЗС

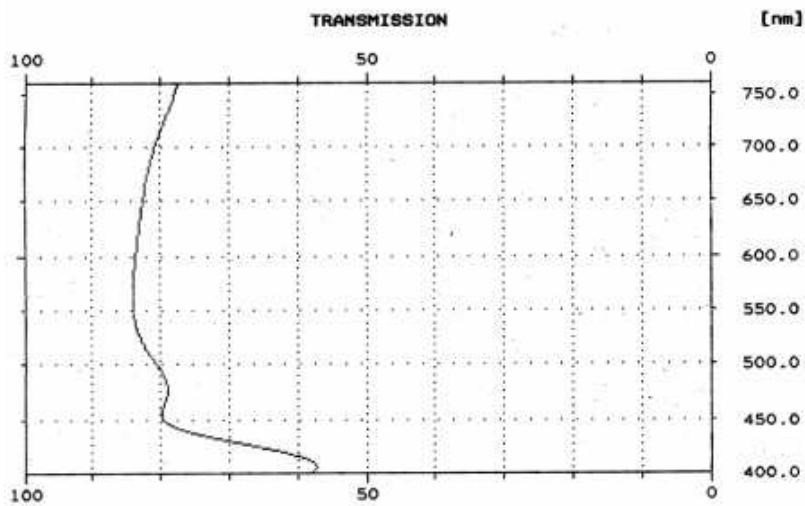


Рис. 3. Спектр прозорості світлофільтра СЗС

Виготовлено 2 макети світлофільтра. Досліджені параметри і характеристики підтверджують правильність вибраних конструкторсько-технологічних напрямків.

### Література

1. Яковлев П.П., Мешков Б.Б. Проектирование интерференционных покрытий. — Москва: "Машиностроение", 1987.
2. Корзо В.Ф., Курочкин В.А., Демин В.П. Пленки из элементо-органических соединений в радиоэлектронике. — Москва: "Энергия", 1973.
3. Готра З.Ю. Тонкопленочные резисторы микросхем. — Львов: "Каменяр", 1976.
4. Тихонравов А.В. Синтез слоистых систем. — Москва, "Знание". 5/1987.
5. Комраков Б.М., Шапочкин Б.А. Измерение параметров оптических покрытий. — Москва: "Энергия", 1973.
6. Vossen J.L. Transparent Conducting Films. Phys. Thin. Films/ Vol.9. 1977.