

И. Н. ХОМИЧ

Украина, г. Львов, НИИ «Эротрон»
E-mail: erotron@org.lviv.net

Дата поступления в редакцию
10.04 2009 г.

Оппонент В. Г. ЮРЬЕВ
(ЦКБ «Ритм», г. Черновцы)

СВЕТОФИЛЬТРЫ С ТОНКОПЛЕНОЧНЫМ ПРОЗРАЧНЫМ НАГРЕВАТЕЛЕМ

Предложена конструкция светофильтров с антибликовым покрытием и прозрачным нагревателем на основе многослойных тонкопленочных интерференционных покрытий из оксидов кремния, индия и титана.

Жидкокристаллические (ЖК) панели, которые широко используются в различных областях, при всех своих многочисленных преимуществах перед электронно-лучевыми трубками, имеют существенный недостаток, особенно недопустимый при их применении в военной технике, а именно — малую стойкость жидких кристаллов к воздействию низких температур. Поэтому актуальной является задача термостабилизации ЖК-матрицы за счет локального подогрева, решению которой посвящена настоящая работа.

Подобная проблема возникла, когда обледенение ветрового стекла самолетов стало угрожать безопасности авиационных полетов, и была решена в 1940 г. благодаря нанесению на его поверхность полупрозрачной электропроводной тонкой пленки.

Впервые такое свойство некоторых веществ — создавать тонкие пленки, которые являются одновременно электропроводными и прозрачными для видимой области спектра, заметил и исследовал Бадкер [1] еще в 1907 г., изучая окисленные нагретом пленки кадмия (CdO).

На данный момент известен целый класс веществ с подобными свойствами: SnO_2 , In_2O_3 , CdO и Cd_2SnO_4 , а также эти же вещества с примесями Sb, In, Sn, Ti, Te, P или W. Этот ряд веществ характеризуется обратной зависимостью между электропроводностью и коэффициентом пропускания τ , т. е. покрытия с высоким значением τ имеют низкую электропроводность. Это означает, что тепловая мощность таких пленок недостаточна для использования их в качестве нагревателей ЖК-панели.

Стекланные защитные светофильтры (СЗС) используются для комплектации индикаторов с жидкокристаллическими экранами, которые предназначены для работы при температурах ниже 0°C и прямом солнечном освещении (бортовые индикаторы систем авионики, индикаторы бортовых, морских и наземных систем спутниковой навигации и т. д.).

Основой предлагаемого СЗС является стеклянная пластина толщиной 2 мм и размером от 60×80 до

180×230 мм, на которую с двух сторон наносятся просветляющие покрытия: на фронтальную сторону — антибликовое, на заднюю — пленка-нагреватель с токопроводящими шинами для подключения к системе электропитания.

Требования к интерференционным покрытиям СЗС в диапазоне длины волны от 450 до 680 нм:

— для фронтальной поверхности		
интегральный коэффициент зеркального отражения		не более 0,25%;
коэффициент пропускания		не менее 99,5%;
— для задней поверхности		
интегральный коэффициент зеркального отражения		не более 0,30%;
коэффициент пропускания		не менее 80%;

Удельное сопротивление пленки-нагревателя рассчитывалось исходя из необходимости обеспечения перегрева задней поверхности СЗС относительно температуры окружающей среды на 40°C при напряжении внешнего источника питания 27 ± 1 В.

При разработке просветляющего покрытия учитывалось, что наибольшее распространение приобрели просветляющие покрытия типа $L-H-M$ [2, с. 136], где L , H , M — соответственно пленка с низким, высоким и промежуточным показателем преломления. Пленка L согласовывает переход «подложка — просветляющая система»; H обеспечивает широкую зону просветления; M определяет интегральный коэффициент зеркального отражения.

Оптические параметры просветляющего покрытия могут быть улучшены путем замены пленки L на эквивалентную пару $H-L$ значительно меньшей толщины при одновременной коррекции толщины следующих двух пленок [4, с. 26, 28]. В результате компьютерного моделирования была получена конструкция просветляющего покрытия, показанная в табл. 1.

Таблица 1
Конструкция просветляющего покрытия

Материал	Показатель преломления	Толщина, нм
SiO_2	1,46	92,93
TiO_2	2,3	124,39
SiO_2	1,46	36,39
TiO_2	2,3	12,84
Стекло	1,52	

Таблица 2

Конструкция антибликового покрытия

Материал	Показатель преломления	Коэффициент поглощения	Толщина, нм
SiO ₂	1,46	0	88,82
TiO ₂	2,3	0	112,95
In ₂ O ₃	1,95	0,01	354,54
SiO ₂	1,46	0	35,31
TiO ₂	2,3	0	10,47
Стекло	1,52		

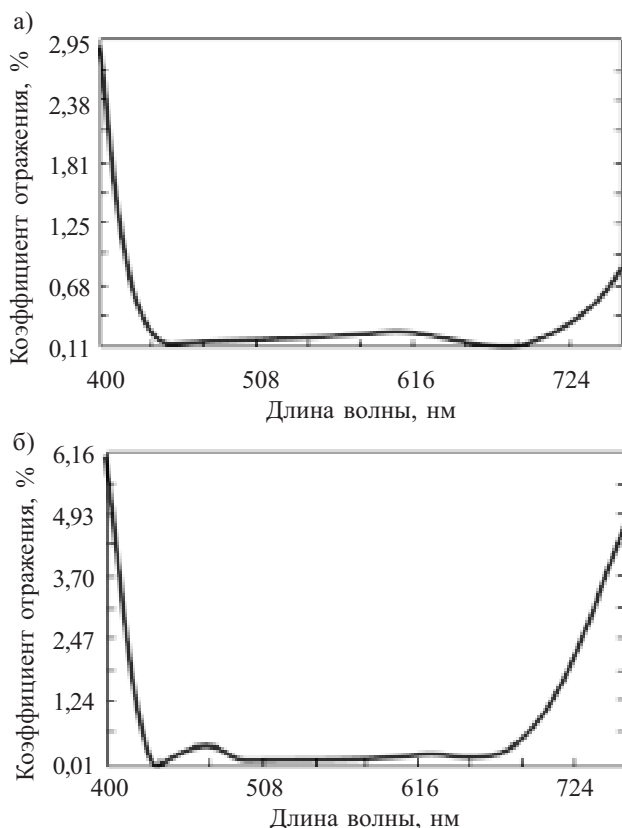


Рис. 1. Спектр коэффициента отражения фронтальной (а) и задней (б) поверхности СЗС

В научно-технической литературе информация об антибликовом покрытии с подогревом отсутствует, поэтому в первом приближении нами рассматривалась стандартная конструкция просветляющего покрытия на основе оксидов титана, кремния и индия (TiO₂-SiO₂-In₂O₃-TiO₂-SiO₂), поскольку оксид индия имеет наибольшую прозрачность при высокой проводимости [3]. Как показало расчетное моделирование, проведенное с помощью разработанной в НИИ «Эротрон» компьютерной программы «Пленка», такая система (табл. 2) имеет перспективу практического использования.

Конструкция токопроводящих шин должна, в первую очередь, обеспечивать качественную адгезию с антибликовым покрытием и высокую проводимость, чтобы материал шины не перегревался при протекании тока, достаточного для разогрева СЗС. Очевидно, что шина не может быть однослойной, поскольку

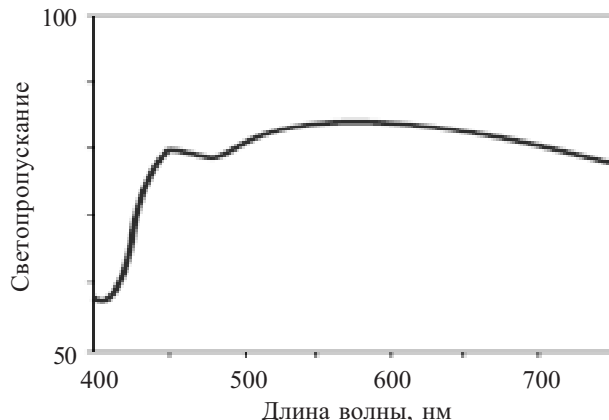


Рис. 2. Спектр светопропускания СЗС

те материалы, которые имеют хорошую адгезию с основой, не имеют нужной электропроводности, а электропроводные материалы не обеспечивают желательной адгезии. После изучения доступной научно-технической информации и проведения экспериментальных напылений была выбрана схема (по толщине) «5 нм Cr – 10 нм Cu – 5 нм Cr – 100 нм Cu» [5, с. 20]. В такой конструкции первая пленка (хрома) обеспечивает адгезию, а последняя (меди) — проводимость; внутренняя медно-хромовая пара является элементом согласования.

На установке вакуумного напыления А1504 фирмы «Leybold AG» были изготовлены все покрытия защитного светофильтра.

Оптические параметры изготовленных образцов измерялись спектрофотометром «Lambda-2» фирмы «Perkin-Elmer», проводимость шин и прозрачной проводящей пленки — мегомметром Е6-10, температура перегрева — контактным термометром [6]. Результаты измерений показаны на рис. 1 и 2.

Сопротивление токопроводящей прозрачной пленки составляет 67 Ом, при напряжении питания 27 В достигается перегрев 90°С.

Таким образом, теоретически и практически обработаны принципиальные вопросы по созданию серии светофильтров различных типоразмеров с антибликовым покрытием и тонкопленочным прозрачным нагревателем на основе тонких (от 5 до 400 нм) пленок оксидов кремния, индия и титана. Проведенные исследования параметров и характеристик четырех макетов светофильтров подтвердили правильность выбранных конструкторско-технологических решений.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Vossen J. L. Transparent conducting films // Phys. Thin Films.— 1977.— Vol. 9.— P. 1—77.
2. Корзо В. Ф., Курочкин В. А., Демин В. П. Пленки из элементоорганических соединений в радиоэлектронике.— М.: Энергия, 1973.
3. Яковлев П. П., Мешков Б. Б. Проектирование интерференционных покрытий.— М.: Машиностроение, 1987.
4. Тихонравов А. В. Синтез слоистых систем // Знание.— 1987.— № 5.— С. 1—47.
5. Готра З. Ю. Тонкопленочные резисторы микросхем.— Львов: Каменяр, 1976.
6. Комраков Б. М., Шапочкин Б. А. Измерение параметров оптических покрытий.— М.: Энергия, 1973.