

Улучшение оптических свойств жидкокристаллических панелей

Владимир Высоцкий (Беларусь, Минск), Валерий Бауткин (Москва)

Массово производимые ЖК-мониторы и ЖК-панели предназначены для работы, как правило, в бытовых условиях. Для нестандартных условий их необходимо дорабатывать. Описаны применяемые на практике способы улучшения оптических свойств ЖК-панелей для их использования в жёстких условиях эксплуатации.

В настоящее время жидкокристаллическая (ЖК) технология является основным, бурно развивающимся направлением создания средств видеодоброображения. К преимуществам ЖК-мониторов можно отнести малый размер и вес, отсутствие видимого мерцания, дефектов фокусировки и сведения лучей, помех от магнитных полей, проблем с геометрией изображения и чёткостью. Энергопотребление этих устройств в 2...4 раза меньше, чем у ЭЛТ и плазменных экранов сравнимых размеров.

Всем хороши ЖК-мониторы наших компьютеров, телевизоров и другой бытовой и специальной техники на этой основе, прочно вошедшей в нашу повседневную жизнь. Мы используем их в офисе, дома и уже просто не мыслим своего существования без этих «электронных друзей». Приличная яркость, высокий контраст, великолепный цветовой охват и точность цветопередачи – что ещё надо для полного и комфортного восприятия изображения?

Но стоит только через окно в комнату заглянуть лучу солнца и ярко освещать

помещение, как сразу картинка почему-то тускнеет, а мы нервно предпринимаем действия, направленные на устранение яркого внешнего освещения: полностью или наполовину закрываем шторы, опускаем жалюзи и роллеты, отворачиваемся от солнца и закрываем ладонью экран мобильного телефона. Или, к примеру, зимним морозным утром вы заводите машину, а её многофункциональный ЖК-дисплей начинает нормально «ворочаться» только тогда, когда вы уже приехали на работу. Куда неожиданно пропадает заявляемый в спецификациях контраст изображения, уже переваливший, по словам производителей, за 100 000 : 1? Куда пропадает быстрое действие в 2...3 мс?

Неужели учёным и разработчикам, достигшим небывалых высот в технологии и конструировании ЖК-панелей, не по силам решить, казалось бы, столь несложные задачи? Конечно, по силам. Но, ориентируясь на самые массовые сегменты рынка, где каждый дополнительный доллар в себестоимости взвешивается на весах конкуренции, производители не могут позволить себе удорожание продукта, если это не отыгрывается объёмами продаж.

А что же делать в ситуациях, когда вам в силу тех или иных обстоятельств необходимо использовать некий портативный прибор, косясь по полям-лесам-болотам? Что если вам надо установить ЖК-монитор в кабину машиниста электропоезда или водителя карьерной техники? Что если надёжностью считывания изображения в этих непростых условиях определяется качество выполнения сложнейших и ответственных работ, от которых будет зави-

сеть безопасность и жизнь людей, надёжная и бесперебойная работа жизненно важных систем? Не говоря уже про особо ответственную область применения – военную технику, где для оценки ситуации и принятия решения отводятся доли секунды и это решение надо принять на основе данных, отображаемых на дисплее. В условиях боя или напряжённого боевого дежурства уже нет времени встать и задвинуть занавеску, да и самой занавески тоже нет.

Следовательно, для использования в жёстких условиях эксплуатации, существенно отличающихся от бытовых, ЖК-панели необходимо дорабатывать. И на доработку этих панелей направлен целый сегмент рынка, называемый раггедизацией (от английского ruggedization – закругление, усиление).

Откуда основная проблема?

Дело в том, что от верхней поверхности ЖК-панели отражается, в зависимости от модификации, до 5...6% падающего света. Примерно столько же дополнительно отражается от каждой границы раздела фаз стекло/воздух. То есть в простейшей конструкции, когда для защиты ЖК-панели от внешних воздействий её просто помещают в металлический корпус с защитным стеклянным окном, доля отражённого света может составить 15% и даже выше от падающего (рис. 1). Поэтому какой бы контраст не заявлял производитель, отражённый в глаз наблюдателя свет при определённой интенсивности начинает просто перебивать свет задней подсветки. Как результат – на панели ничего не видно.

Теперь представим, что в конструкцию панели надо ввести дополнительные слои, выполняющие функции подогрева при низких температурах, защиты устройства от внешних электромагнитных воздействий, защиты монитора от считывания информации на расстоянии и др. Каждая граница раздела материал/воздух начинает вносить свою долю переот-

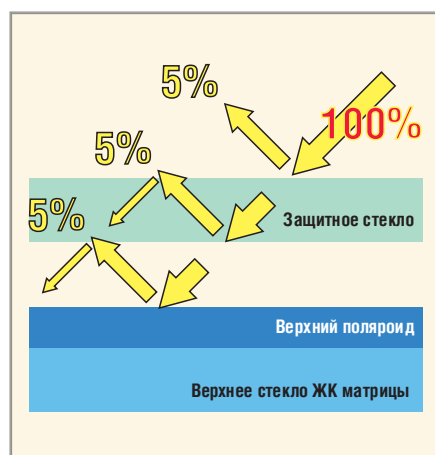


Рис. 1. Отражение света на границах сред

ражений, уменьшая общий контраст изображения.

УВЕЛИЧЕНИЕ ЯРКОСТИ ЗАДНЕЙ ПОДСВЕТКИ

Можно сказать, что это решение «в лоб». Однако без него не обойтись, когда ЖК-модуль должен работать при максимальной внешней освещённости. Дело в том, что бесконечно снижать коэффициент отражения невозможно, ведь даже в самых передовых изделиях ведущих мировых производителей он редко опускается ниже 1%. Поэтому единственной возможностью увеличить контраст является увеличение яркости подсветки. Для примера: при 30 000 люкс, что соответствует освещённости в ясный солнечный день, яркость ЖК-модуля, работающего на улице, должна быть не менее 900 Кд/м². Для авиационных применений яркости более 1500 Кд/м² уже давно не редкость. С учётом того, что 95% энергопотребления приходится именно на блок подсветки ЖК-панели, грамотный подход к конструкции и оптике этого узла имеет чрезвычайно большое значение.

Пассивные методы увеличения яркости

К пассивным относятся методы, не приводящие к увеличению потребляемой мощности и дополнительному рассеиванию тепла серийной ЖК-панелью. Для этих целей применяются такие узкоспециализированные материалы, как:

- матовые и зеркальные краски и покрытия;
- светоотражатели;
- рассеивающие плёнки и пластики (диффузеры);
- световоды;
- VEF (призматические) и DBEF (отражающее-поляризующие) плёнки.

Все используемые материалы имеют ультравысокие оптические характеристики: коэффициенты пропускания и отражения 99% и выше. При комплексном и грамотном использовании методов этой группы можно увеличить яркость ЖК-панели в два раза (рис. 2).

К пассивному методу также относится переделка ЖК-панели из просветного типа в полупросветный, когда часть падающего внешнего света, пройдя сквозь панель, отражается обратно в глаз наблюдателя. Таким образом, осуществляется принцип



Рис. 2. Результат пассивного увеличения яркости задней подсветки

«чем хуже – тем лучше», т.е. чем ярче окружающий фон, тем лучше видна картинка на ЖК-панели. Недостаток – существование небольшого диапазона освещённости, сравнимой со светлыми сумерками, когда и своего, и внешнего света для панели недостаточно.

Активные методы

К этой группе относится увеличение яркости за счёт увеличения количества и мощности светоизлучателей задней подсветки: флюоресцентных ламп или светодиодов. Несмотря на технические трудности реализации светодиодной подсветки, она имеет и очевидные преимущества перед флюоресцентными лампами. Одно из них – более широкий спектр излучения, а значит, и цветовой охват. Поэтому в современных разработках практикуется замена ламп на светодиоды, использование которых даёт дополнительные преимущества:

- снижается рабочее напряжение;
- уменьшается уровень излучения ЭМИ;
- устраняется схема подогрева ламп при поджиге на низких температурах;
- легче и без мерцаний реализуется широкий диапазон регулировок яркости;
- повышается надёжность конструкции;
- потенциально уменьшаются габариты ЖК-модуля.

Методы устранения паразитных отражений

Ламинирование поверхности ЖК-панели антиотражающей и антибликово-антиотражающей плёнкой

Изначально следует отметить различие в терминах «антиотражающий» и «антибликовый», поскольку даже среди специалистов часто возникает путаница. Антиотражающее покрытие

(AR) уменьшает долю отражённого света за счёт снижения коэффициентов как зеркального, так и диффузного отражения. Антибликовое покрытие (AG) уменьшает коэффициент зеркального отражения за счёт роста коэффициента диффузного отражения, как бы «размазывая» яркий блик по площади ЖК-панели (рис. 3). На бытовом уровне антиотражающая плёнка выглядит прозрачной и глянцевой, а антибликовая – полупрозрачной и матовой.

Способ ламинирования плёнкой наименее затратный, но позволяет добиться прекрасных результатов. Плёнка является стандартным продуктом, имеет коэффициент зеркального отражения порядка 1,5% и поставляется в рулонах или листах. Её можно наклеивать как внутрь окна металлической рамки ЖК-панели, так и под неё. В последнем случае необходимо сначала разобрать панель, а затем, после ламинирования, вновь её собрать. Ламинирование под рамку имеет преимущество, так как снижает вероятность отклейки плёнки в процессе эксплуатации.

Если ЖК-модуль имеет конструкцию с защитным стеклом на воздушном зазоре подобно показанной на рис. 1, то дополнительно надо ламинировать обе поверхности защитного стекла, иначе видимого улучшения изображения достигнуть не удастся. Причём для защитного стекла должна использоваться только AR-плёнка, а для ламинирования ЖК-панели могут использоваться оба типа. На это особенно следует обращать внимание при разработках больших табло, например, для вокзалов или уличных банковских терминалов.

Недостатком этого способа является низкая стойкость покрытия к исцарапыванию, несмотря на то что на саму плёнку дополнительно наносится специальное твёрдое покрытие.

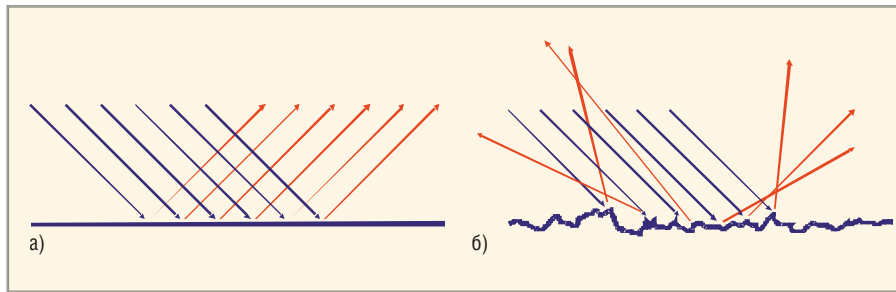


Рис. 3. Различие между зеркальным (а) и диффузным (б) отражениями



Рис. 4. Сравнение контраста ЖК-панели с ламинированной поверхностью (справа) и без неё (слева) при яркой внешней засветке

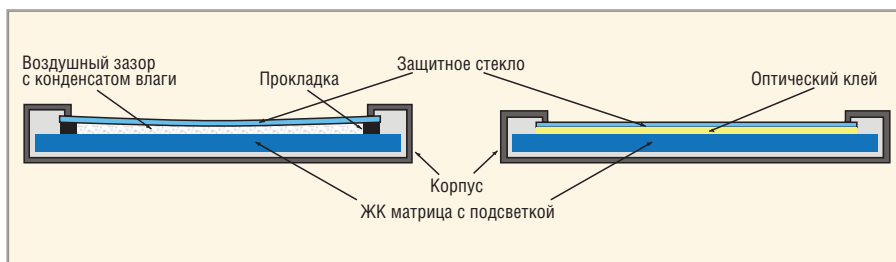


Рис. 5. Устранение воздушного зазора в конструкции ЖК-модуля

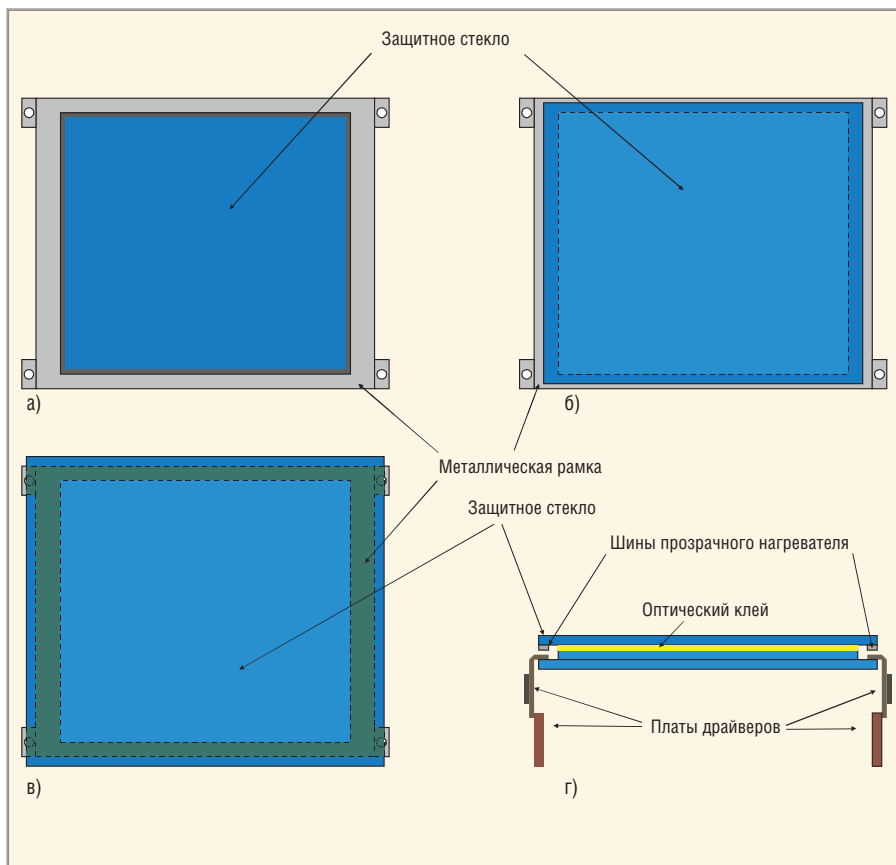


Рис. 6. Конструкции оптической склейки ЖК-панелей

Использование ламинирования плёнкой позволяет увеличить контраст изображения на улице в 2...3 раза без увеличения яркости задней подсветки (рис. 4).

Резонно возникает вопрос: когда следует использовать антиотражающую плёнку, а когда антибликовую? Здесь общего правила нет. Обычно антибликовую плёнку разной степени матовости используют, когда устройство будет «ловить» яркие точечные источники света. Если же ЖК-панель будет работать в условиях рассеянного внешнего освещения, то лучше использовать антиотражающую. В конечном счёте выбор во многом субъективен и зачастую определяется исключительно предпочтением разработчиков и заказчиков.

Устранение воздушных зазоров (оптическая склейка)

Для изготовления ЖК-модулей для особо ответственных применений увеличения яркости и ламинирования плёнками становится недостаточно. Для достижения наилучших параметров в этом случае применяется технология оптической склейки, т.е. лицевой стеклянный антиотражающий фильтр наклеивается непосредственно на саму ЖК-панель (рис. 5). Таким образом, в три раза снижается количество разделов фаз стекло/воздух. Оптический клей имеет коэффициент преломления, близкий к коэффициенту преломления стекла, поэтому уровень паразитных переотражений света в таком «оптическом пироге» намного ниже.

Оптическая склейка может выполняться как без разборки корпуса ЖК-панели – внутрь окна металлической рамки (рис. 6а) или поверх неё (рис. 6б, 6в), – так и с разборкой (рис. 6г).

Оптическая склейка дополнительно даёт несколько важных преимуществ:

- устраняет такой неприятный эффект, как конденсация влаги на внутренних поверхностях видимой зоны корпуса ЖК-модуля;
- устраняет паразитное двоение изображения при наблюдении под углом;
- увеличивает ударопрочность модуля. Оптическая склейка превращает ЖК-модуль в триплекс, и стекло толщиной 1 мм эквивалентно защитному стеклу 4...5 мм в конструкции на воздушном зазоре;
- уменьшает вес и габариты всей конструкции.

Как недостаток следует отметить сложность технологии. А отсюда следует, что

оптическая склейка является самым дорогим методом повышения контраста.

ПРОЗРАЧНЫЕ НАГРЕВАТЕЛИ

Несмотря на указываемые в спецификациях ЖК-панелей нижние рабочие температуры $-25...-30^{\circ}\text{C}$, реально при отрицательных температурах большинство панелей сменяют картинку очень медленно. Для расширения рабочего диапазона в сторону отрицательных температур используют прозрачные нагреватели на основе оксида индия–олова (ITO).

Стандартная конструкция предусматривает размещение нагревателя между ЖК-матрицей и задней подсветкой. Для снижения оптических и тепловых потерь его также можно приклеить методом оптической склейки (рис. 7а).

Идя дальше по пути совершенствования конструкции, можно использовать передний антиотражающий фильтр, совмещённый с прозрачным нагревателем на одной стеклянной подложке (рис. 7б). Это позволяет снизить вес и габариты ЖК-модуля и уменьшить время разогрева панели до рабочей температуры.

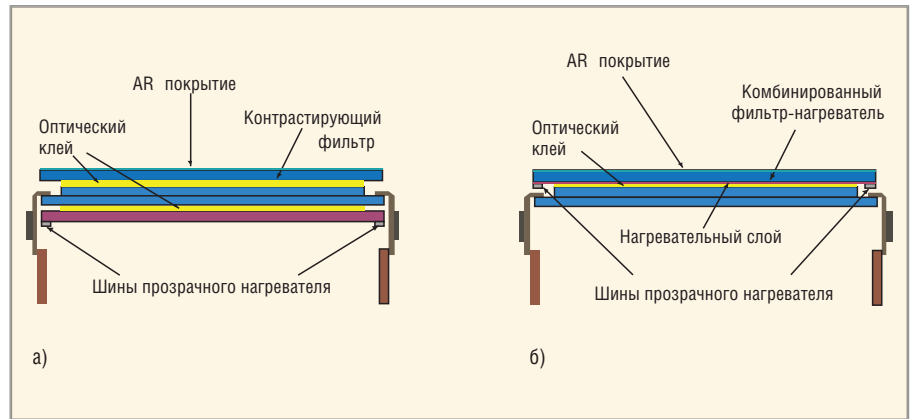


Рис. 7. Варианты размещения прозрачного нагревателя

СПЕЦИАЛЬНЫЕ ПОКРЫТИЯ

Для реализации специальных требований можно вводить в конструкцию дополнительные слои:

- инфракрасный фильтр, позволяющий совмещать работу ЖК-модуля с приборами ночного видения;
- покрытия, направляющие изображение от ЖК-модуля в определённый угол;
- покрытия, снижающие уровень ЭМИ монитора и уровень воздействия электромагнитного импульса.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, проблема надёжности считывания информации в жёстких условиях эксплуатации может быть решена несколькими способами. Применяя любой из них по отдельности или комбинируя несколько, можно резко увеличить контраст изображения ЖК-панелей при яркой внешней засветке. В зависимости от области применения и ценового фактора, за разработчиками остаётся только грамотный выбор конструкции и методов изготовления.