

ПРОЕКЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ ОТОБРАЖЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ:

Сегодня проекционные системы отображения информации доминируют на рынке дисплеев с большими экранами (диагональю 1–10 м и более). В 1996 году в мире было произведено около 1,3 млн. проекционных систем, а больших экранов (площадь в несколько десятков квадратных метров) на дискретных элементах (лазерных диодах, разрядных лампах, миниатюрных ЭЛТ) – менее 100 шт. Какие типы проекционных систем представлены на современном рынке, каковы их достоинства и недостатки? Какое место занимают отечественные производители на этом перспективном рынке? Попробуем ответить на эти вопросы.

Лидерство проекционных дисплеев на рынке средств отображения информации (СОИ) с большими экранами обусловлено такими техническими характеристиками, как высокие качество изображения (яркость и контраст) и разрешение (до 10000 строк для составных экранов), относительно малые габариты и масса (у лучших образцов – 3-5 кг). К тому же они простоты в настройке и регулировке. Цена их в несколько раз ниже, чем у дисплеев на дискретных элементах при сопоставимых размерах экрана, разрешении и качестве изображения.

Серьезный недостаток экранов на дискретных компонентах – низкая плотность элементов изображения (пикселей). У лучших образцов (составные экраны из плазменных панелей переменного тока, совместная разработка НИИ ГРП, г. Рязань, и ООО “МикС”, г. Москва) шаг между цветными точками составляет 3 мм [1]. Поэтому на таких экранах с диагональю 1,5-5,0 м не удастся воспроизводить изображение в графических стандартах SXGA (1280x1024 пикселей) и выше. Достоинство экранов на дискретных элементах – малая толщина: 10-30 против 60-90 см для составных, с использованием проекционных технологий. Но с увеличением диагонали различие этих экранов по толщине оказывается пренебрежимо мало по сравнению с рекомендуемым эргономикой расстоянием между наблюдателем и экраном – 1,5–2,5 диагоналей экрана. Поэтому основные области применения дисплеев на дискретных элементах – наружная реклама и зрелищные мероприятия, где требуется очень высокая яркость (1000 кд/м² и более) на экранах большой площади (50-100 м²) и не предъявляется высоких требований к разрешающей способности (достаточно телевизионного стандарта). Проекцион-

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ РАЗРАБОТОК И ПРОИЗВОДСТВА

ные же дисплеи незаменимы в различном автоматизированном оборудовании, в том числе с использованием технологий графических информационных систем (ГИС), в системах управления сложными технологическими процессами, мультимедийных комплексах обучения, включая дистанционные, при проведении видеоконференций, презентаций и т.п.

Конкуренцию проекционным системам с диагональю экрана 1-1,3 м в ближайшие несколько лет могут составить монолитные плоские экраны, в основном на базе плазменных панелей, технология которых сегодня отработана лучше других. Правда, для этого необходимо решить ряд сложных научно-технических и технологических задач с тем, чтобы улучшить качество изображения (особенно цветопередачу), разрешение и существенно снизить их цены. Сегодня цена плоских плазменных экранов с диагональю 40–42”, соотношением сторон 16:9 и адресуемым пространством 842x480 пикселей – 12–14 тыс. долл. Самые дешевые проекционные дисплеи в стандартах VGA, SVGA (640x480 и 800x600 пикселей, соответственно) стоят 1800-2500 долл., в стандарте XGA (1024x768) – 5-6 тыс. долл. Правда, ожидается, что при снижении цены до 3–4 тыс. долл. доля плоских плазменных экранов на рынке СОИ большого размера (в основном для телевизоров) может увеличиться до 20-30%.

Объем продаж проекционных систем в 1997 году, по данным фирмы Stanford Resources, составил 6,4 млрд. долл., к 2004 году прогнозируется его рост до 11,2 млрд., а к 2010-му – до 20 млрд. долларов.

Современные проекционные системы в основном (80% от общего объема продаж) выполнены на базе высокояркостных кинескопов (56%) и ЖК-модуляторов света (24%) [2,3]. Как правило, последние – это ЖК-матрицы с активными элементами управления (АМ ЖК). Примерно 17% объема продаж проекционных систем приходится на ЖК-панели для кадаскопов, 3% – на системы с большим световым выходом (несколько тысяч люменов) с использованием либо АМ ЖК, либо светуправляемых модуляторов света со структурой “жидкий кристалл-фотослой” (ЖК-Ф). Производство АМ ЖК для кадаскопов в настоящее время свертывается, поскольку они не выдерживают конкуренцию (в комплекте с кадаскопом) с проекторами на АМ ЖК. Сегодня динамично развивается производство проекционных систем на основе созданных на фирме Texas Instruments модуляторов света с управляемыми микрзеркалами (Digital Micromirror Device – DMD) [4], которые вытесняют на рынке АМ ЖК-проекторы.

Изображение в проекционной системе воспроизводится на отражающем или просветном экране. В первом случае для получения изображения хорошего качества необходимо затемнять плоскость экрана даже при больших световых потоках. В просветных экранах



Представляем автора статьи

САДЧИХИН Александр Вениаминович. Кандидат физико-математических наук. Генеральный директор компании "АР Технологические Исследования". Закончил МИФИ, кафедру физики твердого тела. Автор более 60 работ. Сфера профессиональных интересов – проекционные системы отображения информации на основе модуляторов света и квантоскопов.

применяется черная маска, поглощающая внешний свет, и для получения высокого контраста затемнения не требуется. Системы такого типа называют рир-проекционными, с отражающими экранами – фронт-проекционными. По данным фирмы Stanford Research, в 1996 году доля рир-проекционных систем составила примерно 50% общего объема продаж, из них более 99% приходилось на аппаратуру с высокояркими кинескопами [3].

Высокояркие кинескопы используются для проекции телевизионного изображения на большой экран с начала 70-х годов (массовое производство проекторов этого типа освоено в 1977-м). В 1997 году систем на их основе было продано примерно в два раза больше, чем аппаратуры на основе модуляторов света [5]. Цветное изображение в такой системе формируют три ЭЛТ красного, синего и зеленого цветов свечения (RGB), картинки которых совмещаются на экране. Современные системы могут проецировать изображение на просветный экран с диагональю до 1,8 м, на отражающий – до 5 м. Достоинство аппаратуры на высокоярких кинескопах – высокое качество цветопередачи и разрешение, позволяющее реализовать адресуемое пространство до 2500x2000 пикселей. Основные недостатки – малый световой поток (120–300 лм) и необходимость совмещения кадров трех ЭЛТ. Эти недостатки в значительной степени присущи рир-проекционным системам, поскольку достигаемые световые потоки позволяют получать на экранах указанных размеров качество изображения, достаточное для комфортного его восприятия даже в ярко освещенных помещениях. К тому же благодаря тому, что в рир-проекционных системах проектор и экран выполнены в единой жесткой конструкции, после перемещения аппаратуры не требуется ее дополнительной регулировки. Диагональ экрана высокоярких кинескопов равна 7–9", и проекционное расстояние мало, что позволяет создавать компактную аппаратуру: при диагонали экрана 40" глубина рир-проекционной системы равна всего 45 см (примерно такую же глубину – 47-49 см – имеет телевизор с 21"-экраном).

Технология высокоярких кинескопов для проекционных систем хорошо отработана. Основные производители – японские фирмы. Стоимость выпускаемых в серийном производстве ЭЛТ, предназначенных для формирования телевизионного или графического изображения в стандартах VGA и SVGA, – около 100 долл., срок службы – до 20 тыс. ч. Цена аппаратуры на основе высокоярких кинескопов, работающих в графических стандартах до UXGA (1600x1200 пикселей), – 20-40 тыс. долл. для фронт-проекционных систем, 30-60 тыс. долл. для рир-проекционных. Для сравнения: рир-проекционный телевизор стоит 1-4 тыс. долларов.

Сильную конкуренцию аппаратуре на высокоярких кинескопах оказывают другие типы проекционных систем, особенно с отражающими экранами. Однако, если необходимо высокое разрешение при относительно небольших размерах экрана, аппаратуре на основе высокоярких кинескопов (с учетом ее цены) пока альтернативы нет, и эта ситуация сохранится и в будущем. Согласно прогнозам, в 2004 году около половины рир-проекционных систем будет выполнено на основе высокоярких кинескопов [2,5]. По-видимому, рынок этих систем будет развиваться так же, как и рынок

дисплеев: несмотря на существование других перспективных устройств отображения и прогноз быстрого вытеснения ЭЛТ плоскими индикаторными панелями, кинескопы продолжают доминировать [6].

Для увеличения яркости изображения и разрешающей способности проекционной аппаратуры применяют высокояркие кинескопы с большими размерами излучающего экрана. Это приводит к усложнению проекционных объективов и ограничению максимального размера экрана девятью дюймами. Правда, недавно фирма Barco (Бельгия) выпустила проектор модели BarcoReality 812 на базе высокояркого кинескопа с диагональю экрана 12". Это – уникальный, единственный в своем классе, проектор с самым большим для аппаратуры подобного типа световым потоком, обеспечивающий самое высокое из всех типов проекционных систем качество изображения. Но весит он примерно 200 кг, а цена его – 130 тыс. долларов.

Другой способ увеличения яркости – применение усиливающих направленных экранов как просветных, так и отражательных. Чтобы получить приемлемую для восприятия яркость изображения на отражательном экране с диагональю 100", коэффициент усиления яркости в его центре должен быть равен примерно 10. Но при этом диаграмма направленности сужается до $\pm 15^\circ$ (по полуспаду яркости). Это ограничивает применение аппаратуры с такими экранами. Как правило, коэффициент усиления яркости просветных экранов равен 4-5, а диаграмма направленности – $\pm 70^\circ$. Такие экраны обычно имеют линзу Френеля и цилиндрический линзовый растр. Первая служит для исключения так называемого "горячего пятна" (яркое пятно в центре экрана, особенно сильное при большом коэффициенте усиления яркости экрана и малом расстоянии между экраном и проектором). Растр из цилиндрических линз формирует диаграмму направленности экрана. Для уменьшения влияния внешней засветки на контраст изображения линзы отделены друг от друга черными слоями. В экране, признанном Международным обществом информационных дисплеев (Society for Information Display – SID) лучшим устройством 1998 года, шаг линз равен 0,14 мм (фирма Dai Nippon Printing, Япония). Технология изготовления таких экранов сложна из-за очень высоких требований к точности – отклонение размеров не более нескольких десятков микрон, причем такая точность должна поддерживаться на длине 1 м и более (диагональ самого большого экрана – 5 м). Сейчас отечественная промышленность выпускает более простые, без линз Френеля, экраны, пригодные для светопрозрачных устройств. Попытки освоения технологии более сложных экранов, представленных на мировом рынке, пока закончились неудачно.

Российские разработчики (НИИ "Платан") пошли по пути повышения яркости кинескопов за счет возбуждения люминофора экрана одновременно несколькими электронными пучками. Созданы экспериментальные ЭЛТ с восемью электронными пучками. Однако такой способ формирования раstra оказался достаточно сложной задачей, так как при этом нарушается симметрия по отношению к оси электромагнитной системы отклонения. Проблемы возникают и при совмещении растров RGB-каналов. Поэтому сегодня можно говорить только о коммерческих образцах двухпучковых высокоярких кинескопов для формирования телевизионного изображения. В НИИ "Платан" на основе таких кинескопов создан телевизионный проектор ВП-7 с вдвое большим световым потоком (около 250 лм), чем у устройств с однопучковым кинескопом.

Важный элемент аппаратуры на высокоярких кинескопах – проекционный объектив. Он должен выполнять два противоречивых требования: с одной стороны, обеспечивать высокое разрешение, а с другой – достаточно высокий световой поток, который зависит от его светосилы. При светосиле объектива около 1:1 на экран попадает примерно 20% светового потока кинескопа. Разрешение объектива по полю при такой светосиле – 3-5 линий/мм, что достаточно для качественного воспроизведения телевизионных и графических изо-

бражений в стандартах VGA, SVGA. Для получения более высокого разрешения необходимо применять высококачественные стеклянные объективы со светосилой около 1:1,2 и разрешением 10-12 линий/мм при равномерности изображения по полю около 70%.

В России есть все необходимые условия для разработки и производства объективов любых типов (в том числе и с пластмассовыми приэкранными линзами), не уступающих по качеству зарубежным. Как показывают расчеты, в России выгодно производить стеклянные объективы даже при мелкосерийном производстве аппаратуры (50-100 комплектов в год). Развертывание же отечественного производства дешевых и широко представленных на мировом рынке объективов с пластмассовыми приэкранными линзами сейчас нецелесообразно.

Для многих областей применения перспективны составные экраны, образуемые видеокубами-модулями с проекторами различных типов (в том числе и на высокояркостных кинескопах) и просветными экранами диагональю 40–60". Зазор между модулями – 2–4 мм, глубина их – 65–90 см. Для формирования изображения на таком экране необходимы специальные видеопроцессоры, позволяющие суммировать адресуемое пространство модулей (что приводит к увеличению разрешения) и работать в многооконном режиме одновременно с различными базами данных, графическими программами и различными источниками видеоинформации. Адресуемое пространство экрана, содержащего 16 модулей с XGA-разрешением каждого, равно 4096x3072 пикселей. Такое высокое разрешение не может быть реализовано в аппаратуре с одним проектором и в том случае, когда информационная емкость изображения велика, например при использовании ГИС-технологий, альтернативы составному экрану в обозримом будущем нет.

В России компания "АР Технологические Исследования" создала составной экран из видеокубов собственной разработки на основе высокояркостных кинескопов (рис. 1). Диагональ видеокуба – 52", адресуемое пространство – 640x480 или 800x600 пикселей. Суммарное адресуемое пространство составного экрана достигает 1600x1200 пикселей. Работу видеопроцессора поддерживает ОС Windows NT. Система имеет видеовход (PAL, SECAM, NTCS) и позволяет воспроизводить 17 млн. цветов. Нарастив число видеокубов, можно получить практически любую разумную конфигурацию составного экрана.

Таким образом, хотя в России проекционные системы на базе высокояркостных кинескопов развиваются давно, и она имеет необходимую производственно-технологическую базу, по основным элементам аппаратуры – высокояркостным кинескопам и проекционным объективам – мы отстаем от зарубежных фирм. Системы на основе

отечественных трубок могут формировать изображение в стандартах не выше SXGA. Для более высоких стандартов необходимы новые типы высокояркостных кинескопов. И главная трудность здесь – производство дорогостоящих стеклооболочек диаметром 8" и 9". Технически эта задача выполнима, но без достаточно большого объема (1000 и более высокояркостных кинескопов в год) производство нерентабельно. Представляется один выход: наряду с мелкосерийным производством профессиональных проекционных систем наладить производство относительно недорогих телевизоров, доходы от продажи которых покроют основные издержки.

Возможность создания **проекционных систем на основе модуляторов света** различного типа начали изучать практически одновременно с появлением первых телевизоров. До начала 90-х годов выпускалась в основном аппаратура на основе модуляторов света с деформируемой масляной средой (наиболее известные изделия этого класса – Eidophor фирмы Gretag, Швейцария, и Talaria фирмы General Electric, США). Сейчас эту аппаратуру на рынке вытеснили более дешевые и простые в обслуживании системы на основе АМ ЖК- и ЖК-Ф-модуляторов света.

В последние годы **проекционные системы на основе АМ ЖК-модуляторов света** бурно развиваются. Принцип их работы прост: формированием изображения на ЖК-экране управляет матрица тонкопленочных транзисторов, каждый из которых перекрывает элемент изображения экрана. Исследования АМ ЖК были начаты в США. Но сегодня на рынке этих устройств лидируют японские фирмы – Sharp, Sony, Epson.

Существует три типа АМ ЖК для проекционных систем: с одной или тремя просветными и тремя отражательными матрицами. Изображение в проекционных системах с одним АМ ЖК-модулятором создается так же, как в диапроекторе. Для цветоразделения используются RGB-фильтры, располагаемые перед каждым пикселем. В результате цветную точку образуют три элемента, что ухудшает качество изображения. Как правило, коэффициент пропускания таких АМ ЖК низкий и, как следствие, световые потоки малы.

В меньшей степени эти недостатки присущи проекционным системам с тремя АМ ЖК, в которых цветной элемент изображения создается путем совмещения точек трех основных цветов. Это обеспечивает более высокое качество изображения. Кроме того, в таких системах применяют интерференционные зеркала с очень высокой световой эффективностью, что позволяет получать большие световые потоки. В первых проекторах использовались АМ ЖК с диагональю 3,1". Транзисторы активной матрицы выполнялись на подложке из аморфного кремния. Из-за его плохой термостойкости и высокого коэффициента поглощения матрицы такие АМ ЖК не выдерживали больших световых потоков.

В следующем поколении транзисторы АМ ЖК формировали на подложке из поликремния, что позволило уменьшить их размеры и, следовательно, размеры модулятора. Поскольку термостойкость поликремния значительно выше, чем аморфного кремния, АМ ЖК второго поколения выдерживают большие световые потоки. А благодаря меньшим размерам транзисторов они имеют лучший (на 20-40%) коэффициент пропускания. В результате световой поток проекторов с такими АМ ЖК значительно больше, чем в устройствах первого поколения (1000-1500 лм в относительно недорогих системах). Уменьшение размера АМ ЖК (до 1,3" и даже 0,9") позволило снизить стоимость самого АМ ЖК, а также оптических компонентов проекционной системы. Аппаратура значительно подешевела, уменьшились ее габариты и масса. Проекционный дисплей модели А10 фирмы ASK Impression, признанный на выставке Infocomm 98 лучшим проектором года среди устройств со световым потоком до 1500 лм, весит всего 4,9 кг, а габариты его – 118x262x312 мм. Световой поток дисплея – 1200 лм, разрешение – XGA.



Рис. 1. Первый отечественный экран компании "АР Технологические Исследования"



Для дальнейшего уменьшения размеров АМ ЖК необходимо решить такие технические (не считая технологических) проблемы, как уменьшение световой эффективности, усложнение алгоритмов управления из-за возрастания нелинейной зависимости светового пропускания от управляющего напряжения и др. Для 1,3"-АМ ЖК размер пиксела в стандарте XGA равен 26 мкм, в стандарте VGA – 41 мкм, а световая апертура – 52 и 67%, соответственно (АМ ЖК фирмы Epson). При размере пиксела 15 мкм световая апертура АМ ЖК составляет уже 30% (дисплей с 1/4 VGA-разрешением фирмы Corin). С увеличением адресуемого пространства эта проблема обостряется. Поэтому некоторые фирмы идут на увеличение размеров АМ ЖК, что к тому же позволяет уменьшить проекционное расстояние системы. В конце 1998 года фирма Sharp объявила о создании прототипа рир-проекционного дисплея с тремя 2,6"-АМ ЖК со световой апертурой 63% и адресуемым пространством 1280x1024 пиксела. Глубина рир-проекционного дисплея с диагональю 60" равна 66 см.

Одно из самых больших значений световой эффективности (около 5 лм/Вт) среди аппаратуры на основе просветных АМ ЖК имеет проектор BarcoGraphics 6300 фирмы Barco, появившийся на рынке в конце 1998 года. В нем используются три 1,8"-АМ ЖК и металло-галогенная лампа мощностью 400 Вт. Световой поток проектора – 2200 лм при XGA-адресуемом пространстве. Фирма Barco выпускает и рекордный по величине светового потока (7000 лм при том же адресуемом пространстве) проектор с просветными АМ ЖК модели BarcoGraphics 9300. Источник света – металло-галогенная лампа мощностью 1800 Вт. Следует отметить, что срок службы поликремниевых АМ ЖК достигает 30-40 тыс. часов.

Дальнейшее улучшение параметров рассматриваемых проекционных систем связывают с разработкой следующего поколения АМ ЖК, работающих на отражение и изготавливаемых на подложке из монокристаллического кремния. В таких АМ ЖК управляющие транзисторы и часть топологии схемы расположены за зеркалом, отражающим проходящий через модулирующую ЖК-среду свет. Это позволяет увеличить световую апертуру до 75 и даже 90% при размере пиксела 10 и 30 мкм, соответственно.

Для отражательных АМ ЖК представляется перспективной оптическая система с четырьмя ЖК-зеркалами на основе немато-холестерической смеси. Зеркала одновременно выполняют функции поляризатора и анализатора и выделяют RGB-составляющие светового потока (рис.2) [7]. Световая эффективность оптической системы – 5 лм/Вт (при длине дуги лампы около 3 мм). При использовании высокоэффективной металло-галогенной лампы ультравысокого давления с длиной разрядного промежутка 1,0 - 1,5 мм (фирмы Philips) световая эффективность возрастает до 8-10 лм/Вт.

Первые проекторы на основе отражательных АМ ЖК были выпущены фирмами Pioneer (модель RVD-XG10) и Hughes-JVC (модель DLA-G10, признанная лучшей разработкой 1998 года). Последний содержит три отражательных АМ ЖК с диагональю 0,9", обеспечивает адресуемое пространство 1365x1024 пиксела и световой поток 1000 лм (при мощности лампы 400 Вт). О работах по созданию проекционной системы на основе отражательных АМ ЖК, выполненных на подложке монокристаллического кремния, сообщила и IBM. Разрешение системы – 2048x2048 пикселей, световая апертура АМ ЖК – 82% при размере пиксела 17 мкм [8].

Для получения высокой световой эффективности любой проекционной системы на основе модулятора света одна из самых главных задач – формирование хорошо сфокусированного светового потока считывания информации модулятора. Как правило, источник светового потока – металло-галогенная лампа, эффективность которой выше (в два-три раза), чем у традиционной ксеноновой. В простых осветительных системах степень коллимации излучаемого лампой светового потока обратно пропорциональна длине дуги разрядной

лампы. Поэтому производители разрядных ламп для проекционных систем работают над ее уменьшением. Типичное значение длины дуги современных газоразрядных ламп мощностью 100-400 Вт – 1-3 мм, более мощных – 3-5 мм. Срок службы металло-галогенных ламп достигает 1-2 тыс. ч. Рекордный ресурс работы (4-8 тыс. ч) имеют разработанные на фирме Philips короткодуговые лампы сверхвысокого давления (UHP) мощностью 100-120 Вт [5]. По стоимости они сопоставимы с комплектом высококачественных ЭЛТ, обеспечивающих VGA, SVGA-адресуемое пространство.

В России (на совместном предприятии ОАО ВНИИИС, г. Саранск и компании "АР Технологические Исследования", г. Москва) в 1992-93 годах были созданы экспериментальные образцы металло-галогенных ламп мощностью 150-1000 Вт. Из-за финансовых трудностей эти работы остановлены. Тем не менее, потенциал для их продолжения при улучшении финансово-экономической ситуации в стране сохранился. В целом для развития и производства проекционных систем на основе АМ ЖК в России имеются необходимые предпосылки, в том числе и АМ ЖК, разрабатываемые НИИ "Платан".

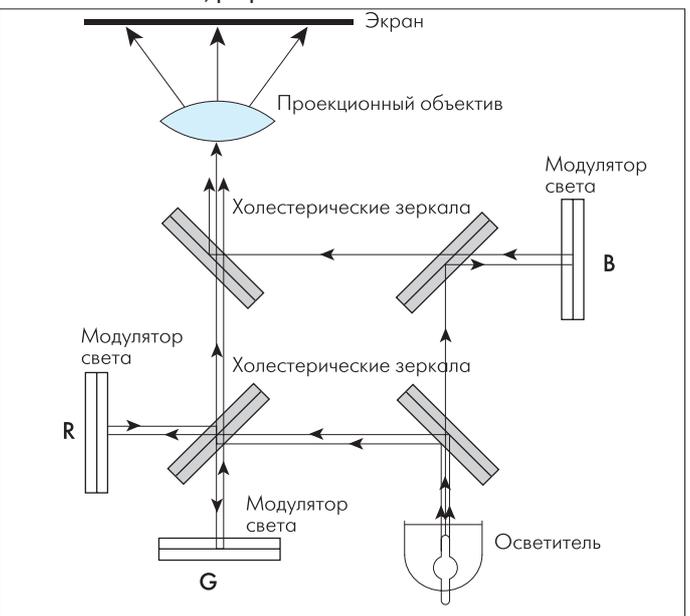


Рис.2. Оптическая схема системы с тремя отражательными ЖК-модуляторами света и четырьмя холестерическими зеркалами

Проекционные системы на основе ЖК-Ф модуляторов света появились на рынке благодаря усилиям фирм Hughes Aircraft (США) и JVC (Япония). В ЖК-Ф-аппаратуре излучение компактной ЭЛТ через волоконно-оптическую планшайбу попадает на фотослой модулятора света (рис. 3), вызывая изменение его напряжения, а следовательно, и напряжения на ЖК-ячейке. При этом вследствие анизотропии жидких кристаллов плоскость поляризации считываемого потока изменяется. Интерференционный поляризатор преобразует это изменение в модуляцию интенсивности светового потока проектора. Для получения полноцветного изображения можно использовать схему, приведенную, например, на рис.2.

Проекционные системы на основе ЖК-Ф-модуляторов характеризуются рекордными световыми потоками – до 12 тыс. лм. Проекционные дисплеи с таким световым потоком и адресуемым пространством до 2500x2000 пикселей выпускают компании AmPro (совместно с фирмой Gretag, Швейцария) – модель AE 12 стоимостью примерно 300 тыс. долл. и Hughes JVC – модель ILA 12K, цена – 400 тыс. долл. В более доступных по цене моделях реализуются световые потоки 3000-4000 лм.

В России разработка проекционной аппаратуры на основе ЖК-Ф-модуляторов велась в компании "АР Технологические Исследования". В 1992-93 годах было освоено мелкосерийное производство

созданных компанией проекционных систем с очень высоким для того времени световым потоком – 1200 лм [9]. В проекторе применены уникальные (и для сегодняшнего времени) запатентованные осветительные конденсорные системы, содержащие комбинацию элементов с эллипсоидной, сферической и параболической поверхностями. Система даже при длине дуги разрядной лампы 5 мм обеспечивает сбор 35% светового потока лампы при его расходимости до 10^0 . Достижимая однородность изображения – 75-80% [10].

Возможности разработки и производства отечественных ЖК-Ф-проекторных систем и их основных компонентов (ЖК-Ф модуляторов, оптических компонентов для формирования считывающего светового потока, его цветоделения и поляризации) сохранены до сегодняшнего дня.

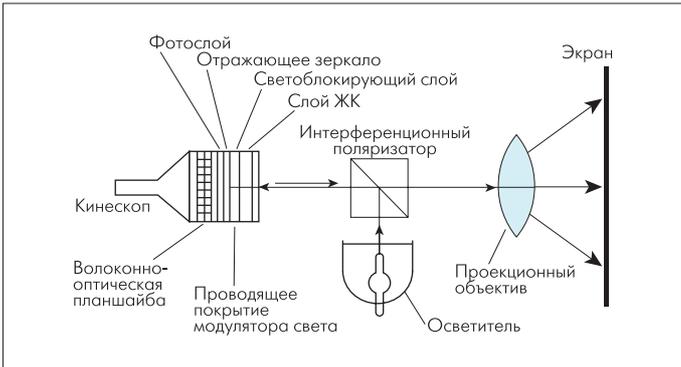


Рис.3. Базовая оптическая схема системы на основе ЖК-Ф-модулятора света

Первые проекционные системы на основе DMD-модуляторов появились в 1996 году в результате 20-летних работ фирмы Texas Instruments [11]. DMD-модулятор представляет собой выполненную на кремниевой подложке по технологии микроэлектромеханических систем матрицу микрзеркал размером 16×16 мкм каждое. Микрзеркала под действием электростатической силы вращаются на торсионах в пределах угла $\pm 10^0$ в соответствии с подаваемым на управляющие электроды напряжением (рис. 4). В состоянии “выключено” (-10^0) отраженный от микрзеркал свет не попадает на проекционный объектив, в состоянии “включено” ($+10^0$) – через объектив проецируется на экран. Время переключения зеркала – около 15 мкс. Столь малое время позволяет получать полутоновое изображение путем изменения длительности включенного состояния даже при последовательном (во времени) способе его формирования. В настоящее время выпускаются DMD-модуляторы света с SVGA, XGA-адресуемым пространством.

Чаще всего в проекторе используется один DMD-модулятор. Цветоделение осуществляется с помощью вращающегося цветового фильтра. Высокая световая эффективность DMD-модулятора (более 60%) обеспечивает световые потоки до 500-600 лм (мощность лампы 120-250 Вт). Благодаря простоте цена проектора достаточно низкая (4500-7000 долл.). Поэтому сегодня большое число фирм, включая и японские, производят дисплеи, в том числе и с составными экранами, с одним DMD-модулятором. При этом глубина отражательного составного экрана благодаря малому проекционному расстоянию не превышает 70 см.

Недостаток проекционного дисплея с одним DMD – значительное (в три раза) снижение светового потока из-за последовательного формирования цветного изображения. Для его устранения были разработаны проекторы с двумя и даже тремя DMD-модуляторами. Однако пока из-за высокой стоимости (до 100 тыс. долл. за проектор на основе трех DMD со световым потоком около 5000 лм) выпуск их ограничен.

В 60-е годы появились **лазерные проекционные системы**. Первые образцы предназначались не столько для получения изобра-

жения, сколько для создания специальных световых эффектов в шоу-бизнесе. Излучателями служили газовые лазеры, обеспечивавшие высокую степень коллимации светового луча, абсолютное отсутствие послесвечения и высокое цветовое насыщение. На Международной промышленной выставке в Осаке в 1970 году фирма Hitachi экспонировала цветную проекционную телевизионную систему коллективного пользования, в которой источником света служили ионные газовые лазеры на криптоне и аргоне. Но несмотря на достаточно хорошее качество изображения, подобные системы не получили широкого распространения в основном из-за высокой стоимости (до 1 млн. долл.), большого энергопотребления (50-70 кВт), необходимости применения громоздких охлаждающих устройств и механических систем развертки лазерного луча, требующих сложных схем управления и квалифицированного персонала для обслуживания.

Создаются и проекционные дисплеи с лазерами на парах металлов. Наиболее отработаны проекторы с лазерами на парах меди (желтая и зеленая линии излучения). В этих системах для модуляции применяют либо акустооптические дефлекторы, либо ЖК-модуляторы света. Практически реализованы световые потоки 1000–5000 лм.

В последнее время интенсивно ведутся разработки систем на основе полупроводниковых инжекционных лазеров (КПД 10-30% в красной и ближней ИК-области при комнатной температуре), а также твердотельных лазеров с накачкой инжекционными лазерами или светодиодами (КПД 3-5%). Однако такие проекционные системы пока не обеспечивают больших световых потоков.

По-видимому, наиболее перспективны для проекционных дисплеев полупроводниковые лазеры с электронной накачкой. Еще в 1967 году советскими учеными Басовым Н.Г., Богданкевичем О.В. и Насибовым А.С. был запатентован лазерный электронно-лучевой прибор, представлявший собой полупроводниковый лазер с продольной электронной накачкой и получивший название “квантоскоп” [12]. Экран прибора – лазерная полупроводниковая мишень (рис.5). Для сканирования электронного луча используется традиционная система отклонения ЭЛТ телевизоров и мониторов. Изображение на экране, создаваемое с помощью квантоскопа, характеризуется высокими яркостью, контрастом и разрешением.

Сегодня освоена промышленная технология изготовления таких приборов, выполняемых в виде отпаянных ЭЛТ [13]. Энергетический

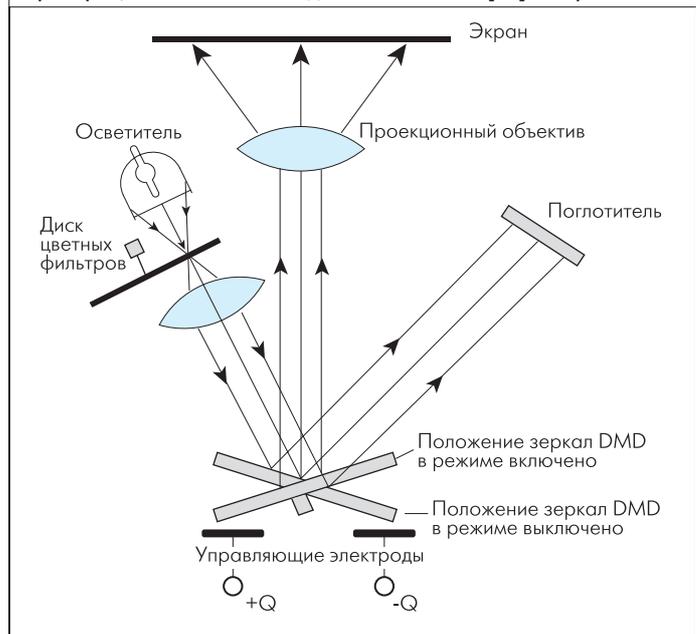


Рис.4. Оптическая схема проекционной системы на основе DMD-модулятора света

КПД квантоскопов (относительно энергии электронного пучка накачки) – 12-15% (на отдельных образцах при азотном охлаждении КПД достигает 20% в красной и зеленой областях и около 5-8% в синей области спектра). Срок службы поставляемых на рынок квантоскопов до падения мощности излучения на 30% – около 1000 ч и более 5000 ч при 50%-ном падении мощности. Эти параметры получены при ускоряющем напряжении электронного пучка 60-65 кВ (для упрощения системы охлаждения напряжение подается на катод квантоскопа) и при температуре лазерной мишени 80-150 К.

В промышленных квантоскопах активные области лазеров изготавливаются на объемных монокристаллах группы A^2B^6 , процесс выращивания которых неуправляем. Качество полученного материала в полной мере может быть определено после изготовления квантоскопа. При изготовлении лазерной мишени кристаллы шлифуют и полируют вручную. При этом теряется большое количество дорогостоящего материала, что приводит к увеличению стоимости квантоскопа. Эти недостатки удастся устранить при использовании в качестве активной среды лазерной мишени тонкопленочной структуры, выращенной методом молекулярно-пучковой эпитаксии или химического осаждения из паров металлоорганических соединений. По-видимому, только после промышленного освоения этих технологий можно рассчитывать на широкое продвижение квантоскопов на рынок.

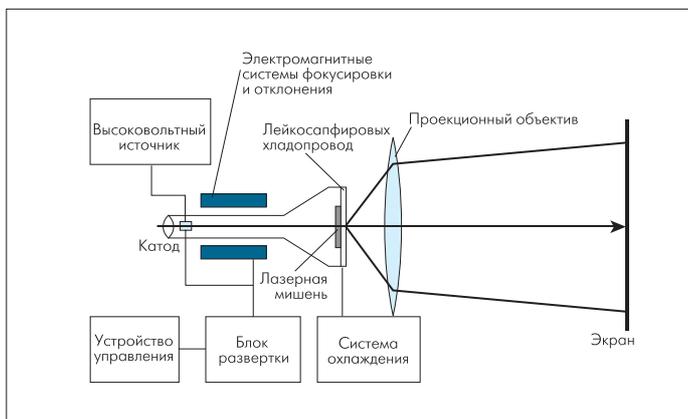


Рис.5. Схема проектора на основе квантоскопа с накачкой через глухое зеркало

Наибольшее развитие сегодня получили квантоскопы, работающие при коллинеарном направлении распространения электронного и лазерного пучков. В этом случае электронный пучок накачки проходит через глухое зеркало, а лазерный – через полупрозрачное выходное зеркало, клеящий слой и лейкосапфировую подложку, которая одновременно является выходным окном квантоскопа и хладопроводом лазерной мишени. Именно квантоскопы такого типа освоены в промышленном производстве. На наш взгляд, более перспективны квантоскопы, в которых электронный пучок падает на выходное зеркало лазерной мишени под углом близким к 45° (рис.6) [10, 14]. Технология изготовления таких квантоскопов (их можно назвать обратными или отражательными) сложнее, чем рассмотренных выше. К тому же они требуют более сложных систем управления. Вместе с тем эти квантоскопы имеют ряд преимуществ, главное из которых – лучшие условия отвода тепла от лазерной мишени.

Достоинство квантоскопов, помимо малой расходимости пучка, – высокое разрешение. Диаметр сфокусированного на экране пятна квантоскопа примерно в 5-8 раз меньше размера аналогичного пятна традиционного кинескопа [15]. Это объясняется модовым характером излучения лазера. Еще одно достоинство квантоскопов – меньшая, чем у люминофоров цветных кинескопов, ширина спектра излучения. Это означает, что благодаря высокой чистоте цвета из-

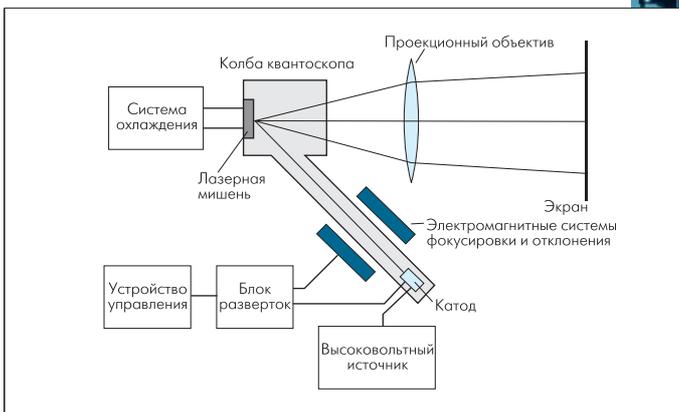


Рис.6. Схема проектора на основе квантоскопа с накачкой через выходное зеркало

лучения устройства на основе квантоскопов могут воспроизводить более широкую гамму цветов, чем современные цветные телевизоры. Долгое время продвижение проекционных систем на основе квантоскопов на рынок сдерживалось техническими трудностями, связанными в основном с необходимостью охлаждения лазерных мишеней до криогенных температур, а также конструктивными трудностями, обусловленными высоким катодным ускоряющим отрицательным напряжением (-60-65 кВ). В первых демонстрационных проекционных системах с большим экраном (рис.7) лазерные мишени охлаждали жидким азотом, а высоковольтные устройства, в том числе электронные устройства управления квантоскопом, размещали в баке с трансформаторным маслом [13].

Интересна высокоэффективная компрессионная система охлаждения лазерных мишеней, созданная компанией "AP Технологические Исследования" [9]. Она состоит из высокотемпературного блока, основные узлы которого – компрессор бытового холодильника, конденсаторный теплообменник воздушного охлаждения и низкотемпературный блок, содержащий дроссельные устройства и рекуперативные теплообменники. Блоки соединены сильфонными шлангами, по которым циркулирует рабочее тело при температуре окружающей среды. Главные достоинства системы – применение серийного смазываемого герметичного компрессора, что обеспечивает большой ресурс работы (десяtkи тысяч часов), отсутствие промежуточного теплоносителя, удобство стыковки с квантоскопом (особенно при накачке через выходное зеркало). Термодинамический КПД дроссельной системы охлаждения при полезной холодопроизводительности более 60 Вт и температуре охлаждения 130-140 К превышает 12%.

Такая система охлаждения применена в экспериментальной проекционной системе на базе квантоскопов с накачкой через выходное зеркало (компания "AP Технологические Исследования") [10]. В ходе разработки системы были также решены конструктивные и технологические задачи создания высоковольтных источников питания и устройств управления высоковольтными квантоскопами без применения жидких диэлектриков (трансформаторного масла, кремний-органической жидкости и т.п.). Суммарная нестабильность выходного напряжения разработанного малогабаритного источника на -65 кВ (средний ток нагрузки до 5 мА) лучше 0,1%. Это достаточно для получения качественного изображения. В проекторах на квантоскопах световой поток достигает 5000 лм в зеленой и желтой областях, 3000 лм – в красной, 800 лм – в синей области спектра. Суммарное излучение с учетом коэффициентов баланса белого – 6000-8000 лм, что соответствует световой эффективности проектора 3-4 лм/Вт. Разрешение – не менее 2000 ТВ-строк при контрасте 100:1. Проектор с квантоскопами красного, желтого и зеленого излучения перспективен для применения в наружной рекламе и шоу-бизнесе. В этом

случае суммарный световой поток может достигать 13000 лм, а световая эффективность – примерно 6 лм/Вт. Это самая высокая световая эффективность, получаемая при формировании изображения на экране большого размера.

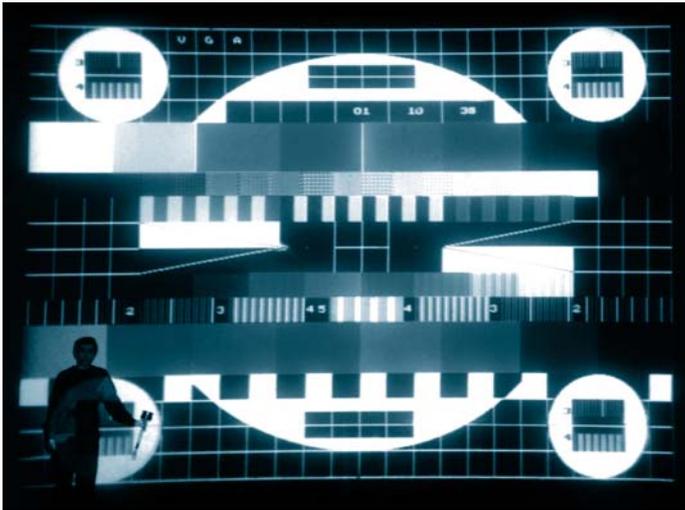


Рис. 7. Изображение, полученное на демонстрационной установке НИИ "Платан"

Таким образом, среди лазерных проекционных средств, особенно тех, которые предназначены для получения изображения на экране большой площади, наиболее перспективны квантоскопы. Сегодня Россия лидирует в области создания аппаратуры на основе этих устройств, хотя некоторые зарубежные компании уже активно ведут работы в этом направлении, нередко заимствуя при этом опыт российских специалистов.

Из вышесказанного можно сделать вывод, что Россия имеет необходимый научно-технический потенциал как для разработки, так и для промышленного производства проекционной аппаратуры с различными техническими и экономическими параметрами, пригодной практически для любых областей применения. **Как же реализовать в коммерческой продукции имеющийся отечественный научно-технический потенциал?** Многие предлагаемые технические и технологические решения позволяют улучшить качество существующих устройств и создавать системы, не имеющие аналогов за рубежом, открывая тем самым России выход на зарубежные рынки. При этом большие капитальные вложения не нужны, так как необходимая для разработки и производства большинства изделий, в том числе и конечных устройств, технологическая база уже существует, а разработку отсутствующих компонентов можно вести в кооперации с зарубежными компаниями (при экономической целесообразности этих работ).

Сейчас из-за больших сроков реализации наукоемких проектов (полтора года и более) и отсутствия обеспечения под кредитные ресурсы кредитование таких проектов банками исключается. Поэтому сегодня практически единственная возможность финансирования работ – привлечение частных инвестиций. Правда, пока это сложная задача, так как условия для таких инвестиций в современной России не назовешь благоприятными, а платежеспособность рынков России и СНГ низка. Согласно оценкам, сейчас в Москве ежегодно продается 1200-1500 проекционных дисплеев (в целом по России – в 1,5 раза, в мире – примерно в 1000 раз больше). Поэтому промышленное производство таких систем, особенно с небольшим световым потоком (до 1000 лм), для внутреннего рынка России не имеет смысла. Тем не менее, инвесторы проявляют интерес к проектам создания и производства проекционных систем. Это относится прежде всего к рентабельным проектам по освоению мелкосерийного производства сложной аппаратуры для систем управления различ-

ного назначения или систем контроля сложных технологических процессов, шоу-бизнеса, наружной рекламы.

Реализация таких проектов требует решения некоторых организационных вопросов, связанных со структурой предприятий, участвующих в проекте. Производство проекционных систем имеет многоотраслевую "уклад". Операции включают элементы тонкопленочной, вакуумной, микроэлектронной, оптической, радиотехнической и других технологий. Единого предприятия, владеющего всем необходимым набором средств, в России нет. Существующие специализированные предприятия, как правило, очень большие. Привлечение их к мелкосерийному производству возможно только за счет использования отдельных производственных участков либо через механизм доверительного управления, либо через создание многоотраслевых организационных структур со смешанным капиталом. Но для этого необходима государственная поддержка. Тем не менее, этот путь, по-видимому, единственный, который позволит сохранить имеющийся научно-технический потенциал, привлечь частные инвестиции, реально начать структурную перестройку и конверсию ряда предприятий бывшей "оборонки" и эффективно проводить работы по созданию и освоению производства СОО двойного назначения. В дальнейшем, по мере оживления отечественного рынка, появится возможность перейти к крупносерийному производству.

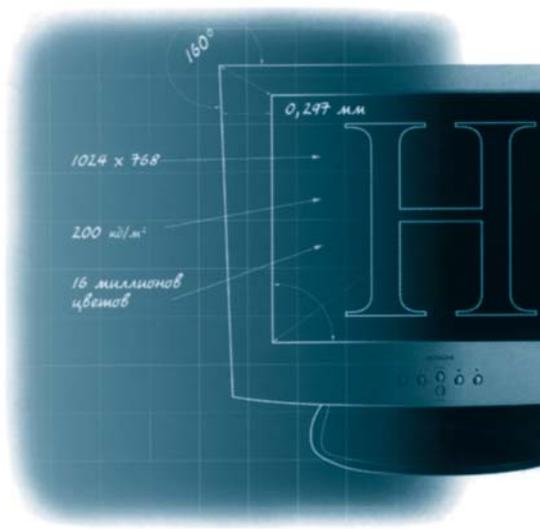
Решающие факторы для развития наукоемкого производства – стабильность финансовой сферы и создание благоприятных условий по налогообложению инвестиций. Если выполнение этих условий не затянется, у России появится возможность выйти на мировой рынок проекционных систем с современной конкурентоспособной техникой и активно участвовать в создании передовых информационных технологий.

ЛИТЕРАТУРА.

1. Рахимов А., Рой Н., Коган Б. Плазменные экраны коллективного пользования. Отечественная промышленность идет своим путем. – Электроника: Наука, Технология, Бизнес, 1999, №3, с. 12.
2. Kahn F.J. Projection Display Market and Technology Trends: Looking Towards 2010.- Proceedings of the International Display Research Conference SID Asia Display 98, p. 264.
3. Соловьева Н. Проекционные и наשלменные дисплеи.- Электроника: Наука, Технология, Бизнес, 1997, N 1, с.31-34.
4. Гузенкова Н. Эпоха миниатюризации: на очереди дисплеи. – Электроника: Наука, Технология, Бизнес, 1998, №5-6, с. 33-36.
5. Stupp E.H., Brennesholts M.S.- Projection Displays, John Wiley & Sons, 1999, 418p.
6. Mently D.E. Manufacturing Cost Structures Provide the Key to the Electronic Display Market.- Information Display, 1998, v.14, N 11, p.26-29.
7. Патент 95108083/25 (013901) РФ. Устройство для отображения информации/ Беляев С.В., Садчихин А.В., Труфанов А.М. Приоритет от 18.05.96.
8. Alt P.M. Single Crystal Silicon for High Resolution Displays.- Records of the 18-th International Display Reseach Conf., Toronto, Canada, 1997, p. M-19 - M-27.
9. Садчихин А.В., Махлис Л.Н. Современные средства отображения информации коллективного пользования.- Научно-технический сборник "Информатика". Сер. Средства отображения информации. – ВНИИМИ, 1993, вып. 1, с.33-46.
10. Belyaev S., Malimonenko N., Kosygin A., Sadchikhin A., Trufanov A., Vagin L. Full Color Projector with Liquid Crystal-Photoconductor Modulator and Cholesteric Color Mirrors.- Proceedings of the International IS&T/SPIE Symposium on Electronic Imaging: Science & Technology, February 1996, San Jose, USA.
11. Hornbeck R.J. Digital Light Processing for Projecion Displays: A Progress Report.- Proceedings of the International Display Research Conference SID EuroDisplay 96, Birmingham, England, October 1996.
12. А.с. В3172 СССР Электронно-лучевая трубка/Басов Н.Г., Богданкевич О.В., Насибов А.С. Приоритет от 20.02.1967.
13. Уласюк В.Н. Квантоскопы - М.: Радио и связь, 1988., 256с.
14. Bogdankevich O.V., Sadchikhin A.V. High Resolution Projection Displays Based on E-beam Laser Devices. – Proceedings of the 5th International Symposium on Information Displays, Republic of Belarus, Minsk, 1996, p.16-27.
15. Богданкевич О.В., Котюхов А.Н., Кузнецов В.П., Созинов С.Б. Исследование разрешающей способности лазерных ЭЛТ-квантоскопов. – Квантовая электроника, 1998, вып.25, N4, с. 123.



Мониторы и фирма Hitachi – что общего?



Фирма Hitachi не нуждается в представлении. Но как отметил директор московского представительства Андрей Соловьев, – “многие знакомы с Hitachi по бытовой технике, но как производитель компьютерного оборудования, и в частности мониторов, компания не столь широко известна, хотя традиции производства такого оборудования имеют глубокие корни”. Напомним, что фирма 50 лет представлена на рынке кинескопов, 30 лет – на рынке мониторов. Она занимает первое место в мире по продажам цветных дисплеев (20% рынка).

В рамках состоявшейся 8 июля пресс-конференции отделения бизнес-систем (Business Systems Division - BSD) московского представительства Hitachi прошла презентация новых мониторов фирмы. Как и во всем мире, работы фирмы в этой области направлены на увеличение разрешения, улучшение фокусировки, уменьшение габаритов ЭЛТ (в том числе и за счет создания трубок с короткой горловиной), упрощение процедур настройки, снижение потребляемой мощности, создание плоских устройств отображения с большими экранами. Основные достижения фирмы в этой области – кинескоп с усовершенствованным точечным шагом (Enhanced Dot Pitch – EDP), электронная пушка с эллиптической апертурой и динамической фокусировкой (Advanced-Elliptical Aperture Dynamic Focus – A-EADF) и пушка трубки с короткой горловиной, выполненная по технологии узкой эллиптической апертуры с многошаговой динамической фокусировкой (Narrow Elliptical Aperture Technology-MultiDynamic Focus – NEAT-MDF). Помимо улучшения эргономических параметров применение NEAT-MDF-пушки позволило снизить потребляемую мощность, улучшить фокусировку (на 10%), контраст и угол отклонения луча (на 100° против обычных 90°). В последних моделях мониторов фирмы применяется и новый люминофор типа EBU, позволяющий значительно расширить цветовую гамму при воспроизведении цветного изображения.

Все эти достижения использованы в 17"- и 19"- мониторах, которые сочетают в себе последние технологические разработки, качество и разумную цену. Мониторы этого класса фир-

ма начала выпускать на российский рынок со второго квартала этого года, прекратив в апреле поставку моделей с 15"-экраном. В конце года Hitachi намерена представить на рынке плоские мониторы на плазменных панелях.

Первый кинескоп Hitachi выпустила еще в 1950 году. В 1970-м на базе опыта, накопленного в ходе разработки суперкомпьютеров и совершенствования кинескопов, фирма выпустила первую модель компьютерного монитора. Далее работы в области средств отображения информации наращиваются, и в 1975 году появляется первый монитор с ЖК-экраном, в 1987-м – монитор с ЖК-экраном с активной матричной адресацией на тонкопленочных транзисторах (AM ЖК с ТПТ), а в 1996-м – монитор с AM ЖК на базе супертонкопленочных транзисторов. На российском рынке мониторов фирма появилась в 1995 году. В 1996-м была развернута дистрибьюторская сеть и ее сервисная поддержка, а уже в следующем году на долю продукции фирмы пришлось 4% российского рынка этих устройств. В этом году, по данным агентства “Мобиле”, Hitachi заняла третье место по продаже мониторов с диагональю экрана 19".

Конференция проводилась в связи с решением фирмы реорганизовать дистрибьюторскую сеть и открыть российское отделение бизнес-систем с тем, чтобы укрепить контакты со своими партнерами. В заключение конференции состоялось официальное вручение дистрибьюторского сертификата компании “Формоза” (основного дилера фирмы на российском рынке) и авторизация ее дилерской сети, ради чего из Стокгольма приехал руководитель отделения бизнес-систем по Северной Европе П. Гонзар.

Корейские фирмы бросают вызов японским производителям плоских ЭЛТ

Южнокорейские фирмы готовы начать массовое производство плоских кинескопов и потеснить японцев, являющихся до сих пор монополистами на этом рынке. Обострение конкуренции между фирмами двух стран связано с появлением на рынке трубок с плоским экраном, в производстве которых корейские поставщики добились значительных успехов.

По прогнозам, в этом году будет продано 5,5 млн. плоских ЭЛТ, или 3,7% от общего мирового объема их продаж, оцениваемого в 145 млн. шт. Ожидается, что спрос на такие трубки будет расти по мере расширения рынков США и Западной Европы и увеличения их производства в Японии и Южной Корее. Поэтому такие фирмы, как Samsung Display Devices и LG Electronics, наращивают производство плоских трубок и расширяют номенклатуру поставляемых на рынок изделий. Samsung предлагает 21-, 32- и 34-дюймовые (53, 81 и 86 см), LG Electronics – 21-, 25-, 29- и 32-дюймовые трубки. Объем производства последней в 2000 году достигнет 1,5 млн. шт. Японские фирмы готовы принять вызов. Так, Sony, ведущий изготовитель ЭЛТ, намерена увеличить выпуск плоских трубок до 6 млн. шт. в год, т.е. в шесть раз по сравнению с предыдущим годом.

www.edtn.com/story/biz/OEG19990721S0012-T