



Современные жидкокристаллические стереодисплеи

Окончание. Начало в №8/2010

Ольга Зинченко, Александр Смирнов,
Александр Чекурин, Александр Инвалев

В первой части статьи рассматривались общие вопросы стереоизображения, история возникновения и развития 3D-дисплеев, автостереоскопический и эклипсные дисплеи.

Чересстрочные стереодисплеи

Чересстрочные стереодисплеи во многом повторяют давно известный принцип чересстрочного видео, выводя его на новый уровень. В таких дисплеях благодаря ЖК-технологии стал возможным одновременный, а не последовательный вывод на экран двух полей стереопары. Одна половина стереопары выводится на четных строках, другая – на нечетных, имеющих разную поляризацию (ортогональную при линейной и противоположную – при круговой поляризации), благодаря чему происходит разделение изображений для левого и правого глаз при просмотре через поляризационные очки.

Корейская компания Zalman, известная прежде всего производством систем охлаждения, элитных корпусов и наушников, освоила производство стереодисплеев. В марте 2007 года две модели – ZM-M190 и ZM-M220W с диагональю экрана 19" и 22" соответственно – впервые демонстрировались на международной выставке CeBIT'07.

Представленные модели вошли в новую серию Trimon и на сегодняшний день наиболее активно продаются.

Стереодисплеи того же класса, что и Zalman, выпускают корейские фирмы Pavonine и Hyundai IT Corp.

Pavonine производит серию стереодисплеев Miracube с диагоналями экрана 17", 24" и 32", а Hyundai – две модели с диагоналями 24" и 46": Hyundai P240W/XpoIW и Hyundai P460W/XpoIW. Описание этих моделей здесь не приводится, поскольку они являются практически полными аналогами Zalman, с теми же достоинствами и недостатками.



Стереодисплеи Zalman

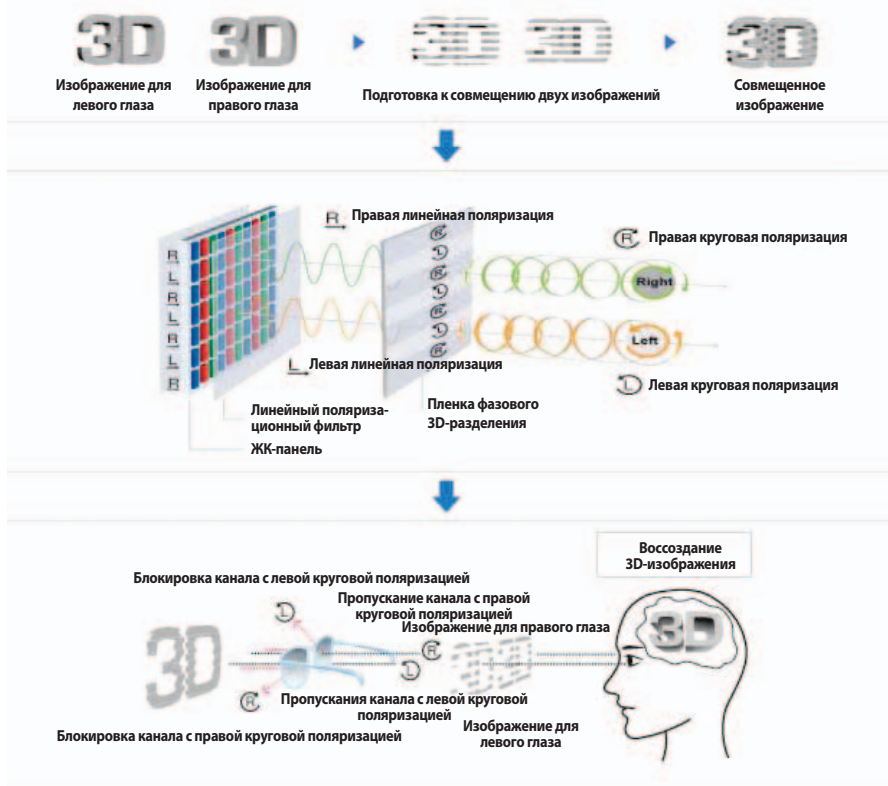
Стоимость чересстрочных стереодисплеев сравнима с ценой 120-герцовых ЖК-дисплеев, но очки существенно дешевле, что заметно снижает стоимость системы в целом, особенно при длительной эксплуатации и необходимости иметь несколько пар очков.

Достоинства:

- ◆ компактность и приемлемая цена;
- ◆ сохранение качества изображения в 2D-режиме;
- ◆ отсутствие мерцания, свойственного эклипсному методу;
- ◆ пассивные поляризационные очки намного дешевле и легче, чем затворные – возможен вариант исполнения очков в виде насадки-клипсы для крепления на оправу обычных очков с диоптриями;
- ◆ используется круговая поляризация, позволяющая пользователю менять наклон головы без потери стереоизображения.

Недостатки:

- ◆ использование только половины строк раstra приводит к потере разрешения и микрополосчатости, что вызывает повышенную утомляемость пользователя при длительной работе и, как следствие, снижение производительности труда;
- ◆ при проведении измерений и прорисовке мелких объектов для компенсации эф-



Принцип действия чересстрочного стереодисплея

факта потери вертикального разрешения необходимо работать в увеличенном масштабе, что не всегда комфортно;

- ♦ данный стереорежим приспособлен в основном для полноэкранный просмотра: в оконном режиме становится нечитаемым текст и элементы интерфейса окон;
- ♦ ограниченная поддержка на уровне видеодрайверов и графических стандартов (OpenGL).

Поляризационно-фазовые стереодисплеи

В поляризационно-фазовых дисплеях используется оригинальный способ получения стереоэффекта, не применявшийся ранее. Он основан на представлении стереопары как суммы двух ортогонально-ориентированных поляризованных изображений. Технически это реализуется установкой второй ЖК-панели без поляризационных фильтров, которая поворачивает плоскость поляризации в зависимости от отношения яркости пикселей на левой и правой половине стереопары. На первой панели в каждом пикселе задается суммарная интенсивность, а на второй – ориентация плоскости поляризации проходящего света. На поляризационных фильтрах очков происходит обратное преобразование и изображения для левого и правого глаза вновь разделяются.

Угол поворота плоскости поляризации фазовращающей матрицей определяется как:

$$alpha = \arctg(A_{left}/A_{right});$$

где α – угол поворота плоскости поляризации для данного пикселя; A_{left} , A_{right} – яркость пикселя на левой и правой половине стереопары соответственно.

Яркость модулирующей (обычной) матрицы задается как векторная сумма яркостей точек на левой и правой половине стереопары:

$$A_2 = A_{left} + A_{right}$$

Затем при просмотре через очки с взаимно-ортогональными светофильтрами происходит обратное разделение ракурсов:

$$A_{left} = A \times \cos(\alpha); A_{right} = A \times \sin(\alpha)$$

Достоинства поляризационно-фазовых дисплеев:

- ♦ небольшие габариты;
 - ♦ применение легких пассивных поляризационных очков;
 - ♦ сохранение исходного разрешения ЖК-матрицы;
 - ♦ отсутствие мерцания, свойственного эклипсному методу.
- Недостатки:
- ♦ невысокий стереоконтраст (то есть неполное разделение ракурсов стереопары – двоение контуров) и артефакты (искажения изображения) из-за погрешности поворота угла поляризации ЖК-матрицей и неточного совмещения пикселей модулирующей и фазированной матриц, особенно по краям экрана;
 - ♦ снижение качества изображения в 2D-режиме из-за наличия дополнительной фазированной матрицы.

Стереоскопический фазово-поляризационный дисплей Perceiva является разработкой одной из старейших фирм-изготовителей 3D-оборудования – компании MacNaughton (США). Этот дисплей имеет два независимых видеовхода для левого и правого изображения, дальнейшее преобразование входных изображений производится специальным встроенным видео-процессором. В настоящее время компания выпускает всего одну модель – Perceiva DSD190 с диагональю экрана 19".

Достоинства DSD190:

- ♦ высокая яркость и контрастность изображения благодаря использованию в качестве источника света устройства,



Стереодисплей Perceiva DSD190

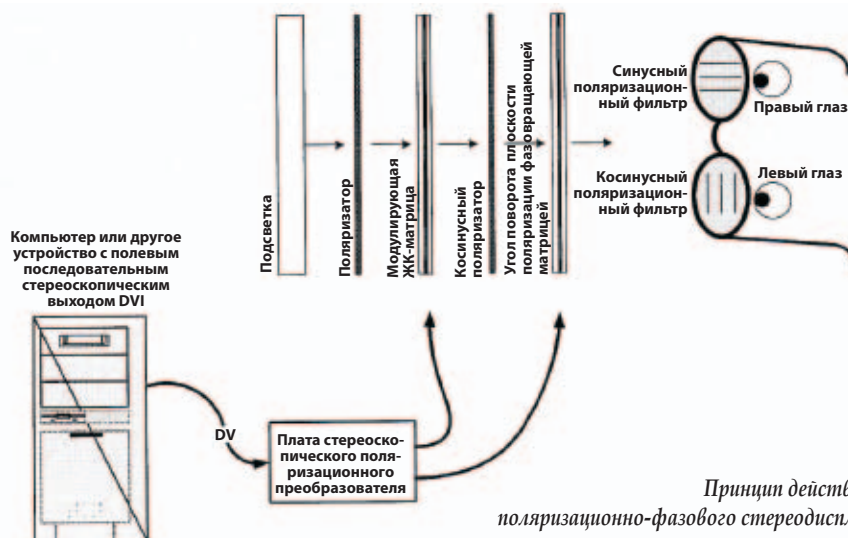
аналогичного применяемому в проекционных телевизорах;

- ♦ наличие независимых видеовходов для левого и правого изображений и аппаратное формирование стереопары, что обеспечивает хорошую программную совместимость со стандартами OpenGL, а также позволяет напрямую подключать источники видеосигнала, например, стереовидеокамеры.

Недостатки:

- ♦ высокая цена – свыше 6 тыс. долларов США;
- ♦ большие габариты и масса.

Аналогичный принцип используется и в 22" стереодисплее iZ3D одноименной компании, однако, в отличие от Perceiva, кодирование производится программно, с помощью видеодрайвера. Благодаря этому удалось достичь цены дисплея и очков на уровне чересстрочных дисплеев, а платой за это стало снижение производительности системы (из-за затрат вычислительных ресурсов на программное кодирование стереоизображения) и ограниченная поддержка на уровне видеодрайверов и графических стандартов (OpenGL).



Принцип действия поляризационно-фазового стереодисплея



Внешний вид стереодисплея iZ3D

Зеркальные стереодисплеи

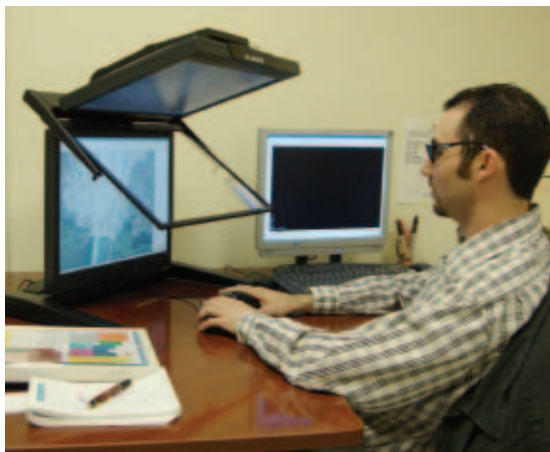
Современные зеркальные стереодисплеи в целом построены по схеме, примененной еще П.В. Шмаковым (ч.1, Mediavision №8/2010), основанной на совмещении двух ортогонально поляризованных изображений с двух дисплеев с помощью полупрозрачного зеркала и последующем разделении левого и правого ракурсов стереопары с помощью пассивных поляризационных очков. Существенным отличием современных стереодисплеев является использование ЖК-панелей, что позволяет создать конструкцию, приемлемую по размерам для стандартного рабочего места.

Достоинства:

- ♦ высокое качество изображения;
- ♦ легкие поляризационные очки;
- ♦ хорошая совместимость с имеющимся программным обеспечением. Для работы в оконных стереорежимах требуются профессиональные видеокарты (NVIDIA Quadro FX, ATI FireGL и т.п.) с аппаратной поддержкой стереорасширений (QuadBuffer) OpenGL, либо специализированные прикладные программы, поддерживающие непосредственный вывод на два экрана;
- ♦ возможность прямого, без компьютера, подключения стереовидеокамер (изображение с каждой камеры выводится на отдельный дисплей).

Недостатки:

- ♦ высокая цена;
- ♦ ограниченное зеркалом поле зрения, что затрудняет обучение и совместную работу нескольких пользователей;
- ♦ большие габариты, сравнимые с габаритами ЭЛТ-дисплея с тем же размером экрана.



Стереодисплей фирмы Planar

Компания Planar (США) выпускает стереодисплеи, состоящие из двух ЖК-панелей, между которыми находится полупрозрачное зеркало. В настоящее время в ассортименте фирмы есть модели с диагональю 17"...26".

Они хороши тем, что имеют минимальные габариты для данного класса 3D-дисплеев и привлекательный дизайн, но страдают от большой погрешности совмещения ракурсов стереопары из-за низкой жесткости конструкции и характеризуются относительно высокой ценой по сравнению с другими дисплеями данного типа.

Корейская компания TRUE3Di с 2004 года специализируется на производстве стереодисплеев на основе ЖК-панелей Hitachi и Samsung, выпуская четыре модели – 8", 19", 24" и 40". В целом, данные модели являются аналогами стереодисплеев Planar. Отличие состоит лишь в том, что ЖК-панели находятся в закрытом корпусе, а зеркало между ними неподвижно.



3D-дисплей TRUE3Di

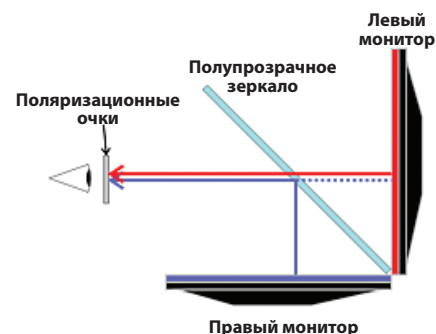
Достоинства:

- ♦ высокая точность совмещения изображений благодаря жесткой конструкции и неподвижному зеркалу;
- ♦ закрытый корпус, защищающий ЖК-панели от пыли;
- ♦ повышенная яркость дисплея, превышающая показатели дисплея Planar;
- ♦ наличие компактной 8" модели для прямого подключения видеокамер.

Недостатки:

- ♦ громоздкость конструкции, особенно у моделей с большими диагоналями;
- ♦ снижение качества изображения в 2D-режиме из-за неподвижного зеркала и дополнительного стекла, закрывающего корпус.

Основным отличием стереодисплеев StereoPixel от дисплеев Planar и TRUE3Di является общая компоновка панелей – второй дисплей находится



Компоновка дисплея StereoPixel

снизу, а не сверху, что обеспечивает повышенную устойчивость системы. Также отличается и конструкция корпуса: более жесткая, чем у Planar, но, в отличие от TRUE3Di, с опускающимся зеркалом и регулируемым углом наклона панелей. В настоящее время серийно производятся две модели: 17" и 20". Под заказ возможно изготовление стереодисплеев в корпусе заказчика (закрытых, мобильных и пр.) с диагональю экрана 8"...45".

Достоинства:

- ♦ более низкая, чем у аналогов, цена;
- ♦ высокая точность совмещения изображений благодаря жесткой конструкции и регулируемому положению зеркала;
- ♦ более высокая устойчивость благодаря нижнему расположению одной из панелей;
- ♦ возможность регулировки наклона всей конструкции, что обеспечивает выбор оптимального угла просмотра стереодисплея;
- ♦ возможность изготовления 3D-дисплеев в соответствии с требованиями заказчика (закрытых, мобильных и пр.) с размером экрана 8"...45".

Основным недостатком является попадание пыли на зеркало и горизонтальную нижнюю панель.

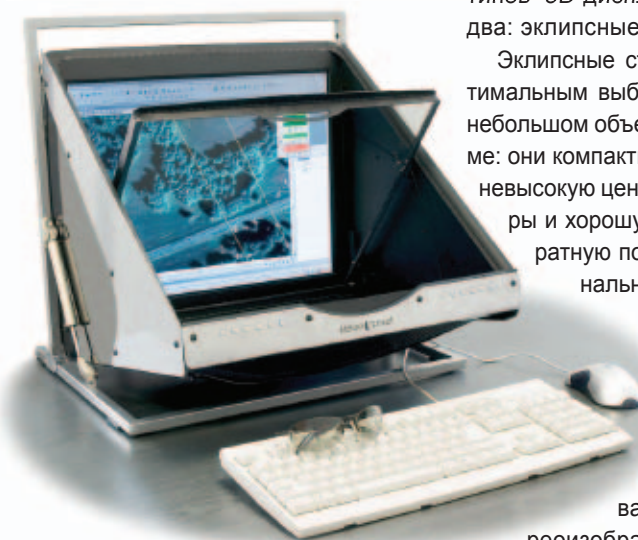
Заключение

В данной статье было рассмотрено большинство 3D-дисплеев, уже имеющих на рынке и пригодных для профессионального применения. В обобщающей таблице приведены основные характеристики рассмотренных моделей.

На основании имеющегося опыта использования 3D-дисплеев мы считаем, что для профессиональных приложений важно иметь возможность простого переключения между режимами 2D и 3D, высокое качество и

Стереоскопические дисплеи

Класс	Производитель	Модель	Размер экрана	Разрешение 2D/3D	Яркость, кд/м2	Контрастность	Угол обзора, град.	Интерфейс	Тип поляризации	Рекомендуемое применение	
Чересстрочные	Zalman (Корея)	ZM-M190	19"	1280×1024/1280×512	300	1000:1	160	D-SUB, DVI-D	круговая	Демонстрации, реклама, игры	
		ZM-M220W	22"	1680×1050/1680×525		1000:1					
	Pavonine (Корея)	Miracube G170S-C	17"	1280×1024/1280×512	300...400	700:1		DVI			
		Miracube G170S-L									
		Miracube G240S	24"	1920×1200/1920×600				DVI и VGA			
		Miracube G320S	32"	1360×760/1360×384							
Hyundai (Корея)	P240W/XpoIW	24"	1920×1200/1920×600			1000:1					
	P460W/XpoIW	46"									
Фазово-поляризационные	NuVision (США)	Perceiva DSD 190	19"	1280×1024	2D – 200 3D – 40 на каждый глаз	> 1000:1	>160	DVI & VGA		Демонстрации, реклама, игры, наука, производство	
	iZ3D (США)	iZ3D	22"	1680×1050	250	700:1	170	1×DVI, 1×DVI/VGA		Демонстрации, реклама, игры	
Зеркальные	Planar (США)	SD1710	17"	1280×1024	70	2D – 400:1 3D – 150:1	170	DVI	линейная	Фотограмметрия, производство, наука, демонстрации, реклама, игры.	
		SD2220	22"	1600×1200	150	2D – 400:1 3D – 150:1					
		SD2620	26"	1920×1200	180	2D – 400:1 3D – 150:1					
	TRUE3Di (Канада)	Opsis 190	8"	800×480	300	500:1		1000:1			VGA, S-VHS компонентный, композитный
		Opsis 190	19"	1280×1024	250						DVI-I, VGA
		Opsis 240	24"	1920×1200	400						VGA, DVI-D, S-VHS компонентный
		Opsis 400	40"	1920×1080	400						DVI-D, SVHS, композитный, VGA
StereoPixel (Россия)	LcReflex-1702	17"	1280×1024	1280×1024	300	600	170	VGA			
	LcReflex-2002	20"	1400×1050	1400×1050				VGA, DVI-D			



3D-дисплей компании StereoPixel

разрешение изображения во всех режимах, совместимость с имеющимся программным и аппаратным обеспечением, а главное – дисплей должен минимизировать нагрузку на пользователя при длительной работе. С этой точки зрения среди рассмотренных

типов 3D-дисплеев можно выделить два: эклипсные и зеркальные.

Эклипсные стереодисплеи будут оптимальным выбором при сравнительно небольшом объеме работ в стереорежиме: они компактны, имеют относительно невысокую цену, приемлемые параметры и хорошую программную и аппаратную поддержку на профессиональных видеокартах.

Однако для регулярной и длительной (по несколько часов) работы в стереорежиме, а также при повышенных требованиях к качеству стереоизображения, оптимальными являются зеркальные стереодисплеи: они примерно в 2...3 раза дороже эклипсных, но дают яркое, без мерцания, изображение, что значительно уменьшает нагрузку на зрение пользователя. Кроме того, в ряде случаев к ним гораздо проще напрямую, без компьютера и дополнительного преобразования сигнала, подключить внешний источник стереосигнала (например,

видеокамеры) или адаптировать уже имеющееся программное обеспечение для работы в стереорежиме, просто создав два окна на разных мониторах и выведя туда левую и правую половины стереопары.

Источники информации

<http://www.icpt.su/?fi=362>
<http://www.zalman.co.kr/ENG/>
 Сергей Книгин «3D-дисплеи» <http://www.3dnews.ru/display/3dd/>
http://www.inition.co.uk/inition/products.php?catID_5
 Jean Etienne Gaudreau, Mark Bechamp Vince Power «Innovative Stereoscopic Display using variable polarized angle»
 О. Tishutin, T. Striegler «Stereoscopic 3D and iZ3D Perception»
<http://www.stereo3d.com/displays.htm>
http://www.pirit.ru/new_catalog.asp?cat1=7651&cat2=20938
http://3dstereo.ru/f3dezhovown_r.htm
<http://www.planar3d.com>
<http://www.stereo-pixel.ru/lcreflex.htm>
www.nuvision3d.com
www.neurokoptics.com
www.true3di.com