

## ПОЛУЧЕНИЕ МНОГОРАКУРСНОГО ТЕЛЕВИЗИОННОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ НА МАТРИЧНОМ ДИСПЛЕЕ

*И.А. Мухин, [ivanmuchin@yandex.ru](mailto:ivanmuchin@yandex.ru)*

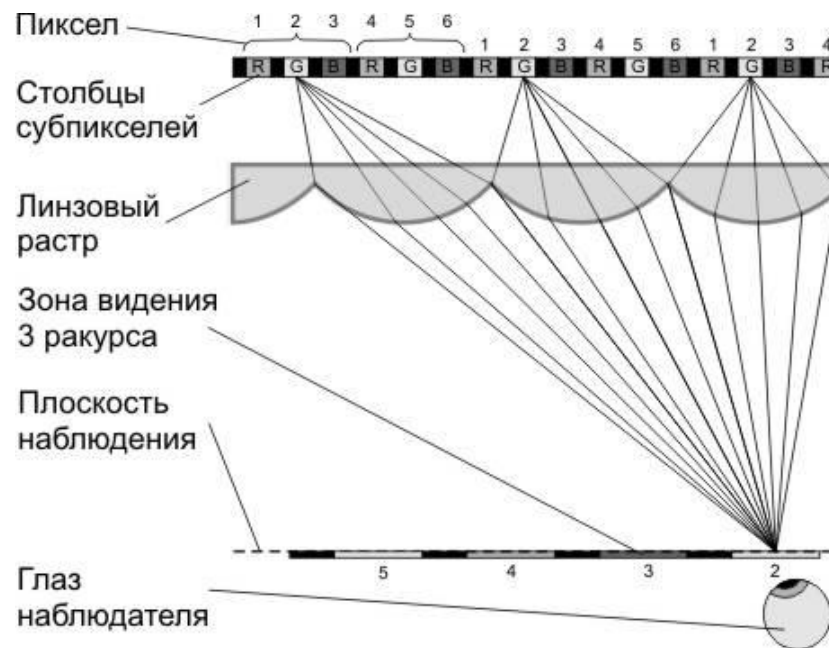
*О.В. Украинский, [ukrainsk@sut.ru](mailto:ukrainsk@sut.ru)*

*СПбГУТ, Санкт-Петербург, Россия*

Зрительное восприятие человека имеет ряд интересных особенностей. Например, благодаря бинокулярному свойству зрительного аппарата, человек способен воспринимать объем – различать взаимное расположение предметов в пространстве. При непосредственном восприятии каких-либо зрительных образов, человеку свойственно оглядывать предметы, то есть, изменяя положение головы, рассматривать их под разными углами (разными ракурсами).

При разработке высококачественного отображающего устройства необходимо учитывать особенности зрительного восприятия человека, чтобы максимально приблизить зрителя к реальным условиям наблюдения. Для восприятия объема достаточно воспроизвести только два ракурса (стереоскопическое изображение) – для левого и правого глаз. Существует несколько способов получения стереоизображений, например: анаглифный, поляризационный, эклипсный и растровый. Для достижения эффекта «оглядывания» необходимо воспроизвести более двух ракурсов (многоракурсное изображение). Для этого используются голограммы и линзо-растровые мониторы. Голограммы содержат в себе информацию о бесконечно большом количестве ракурсов, что делает их практически неотличимыми от реальных объектов. Однако голографические изображения имеют ряд недостатков, связанных, в основном, со сложностью процесса их получения. В частности, голограммы не способны передавать изображения движущихся предметов. Линзо-растровые мониторы способны воспроизводить не более двух-трех десятков ракурсов, однако этого вполне достаточно для появления эффекта оглядывания.

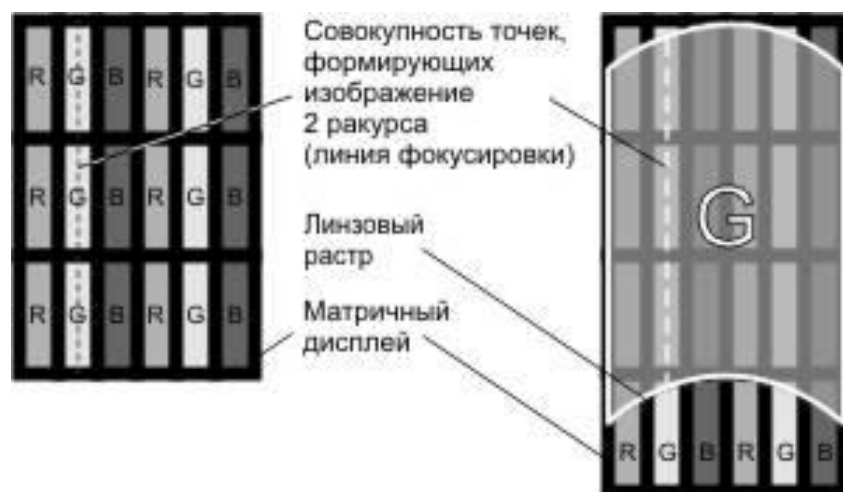
Рассмотрим процесс формирования изображения линзо-растровым монитором с вертикальным расположением линз. Каждая цилиндрическая линза растра прикрывает два столбца пикселей (шесть столбцов субпикселей) матричного дисплея (рис. 1).



*Рис.1. Формирование изображений линзо-растровым монитором*

Параметры линзового растра рассчитаны таким образом, что из любой точки плоскости наблюдения зритель видит через каждую цилиндрическую линзу не все шесть столбцов, расположенных под ней, а только небольшую область матричного дисплея, сосредоточенную в пределах очень узкой вертикальной полосы – назовем ее линией фокусировки. Смещаясь в пределах плоскости наблюдения, зритель видит последовательно все столбцы, расположенные под линзой. Шаг линз подобран так, что из одной и той же точки плоскости наблюдения видны столбцы с одинаковыми порядковыми номерами. Совокупность точек плоскости наблюдения, из которых видны, например, столбцы 2, называется зоной видения 2 ракурса. Рассмотрим наиболее распространенный

тип матричного дисплея, у которого субпиксели одного и того же цвета расположены по вертикали друг под другом, без чередования (рис. 2).



*Рис. 2. Применение матричного дисплея без чередования пикселей*

В этом случае все цилиндрические линзы будут иметь один и тот же цвет. Такой дисплей может воспроизводить монохроматические изображения шести ракурсов (из зон видения 1 и 4 будут видны исключительно пиксели красного цвета, из зон видения 2 и 5 – пиксели зеленого цвета, а из зон видения 3 и 6 – пиксели синего цвета).

Для получения цветных изображений необходимо использовать матричный дисплей с чередованием субпикселей по вертикали (рис. 3).

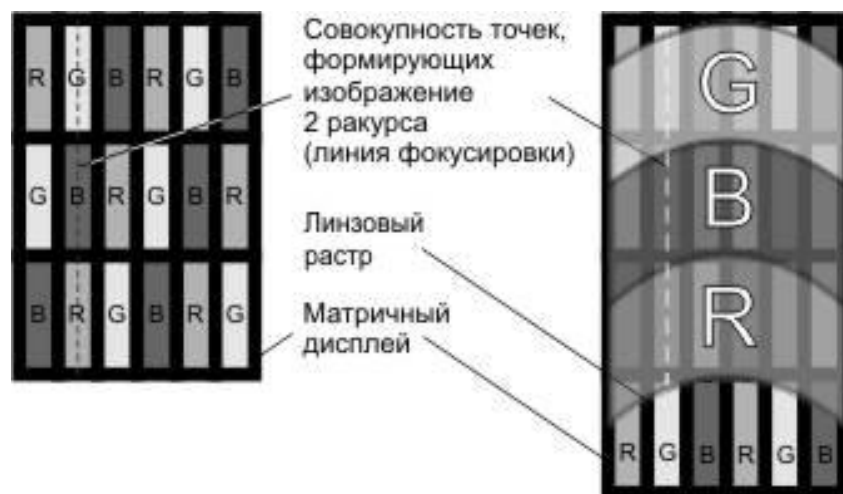


Рис. 3. Применение матричного дисплея с чередованием пикселей

В этом случае, как и в предыдущем, нет чередования цвета по горизонтали, но зато есть чередование по вертикали. Такой дисплей способен воспроизводить цветные изображения шести ракурсов. Разрешение каждого изображения вычисляется следующим образом.

По горизонтали на каждые 2 пикселя матричного дисплея приходится только один пиксель изображения ракурса:

$$H_{\text{рак.}} = H_{\text{матр.}}/2,$$

где  $H_{\text{рак.}}$  – разрешение по горизонтали для изображения ракурса;  $H_{\text{матр.}}$  – разрешение по горизонтали матричного дисплея.

По вертикали на каждые 3 пикселя матричного дисплея приходится только один пиксель изображения ракурса. Отсюда:

$$V_{\text{рак.}} = V_{\text{матр.}}/3,$$

где  $V_{\text{рак.}}$  – разрешение по вертикали для изображения ракурса,  $V_{\text{матр.}}$  – разрешение по вертикали матричного дисплея.

В итоге, суммарное разрешение изображения каждого из шести ракурсов в 6 раз ниже разрешения матричного дисплея:

$$H_{\text{рак.}} V_{\text{рак.}} = \frac{H_{\text{матр.}} V_{\text{матр.}}}{6}.$$

Основное достоинство данного многоракурсного дисплея – высокая степень сепарации изображений ракурсов на границах зон видения. Объясняется это тем, что при переходе из одной зоны видения в другую линия фокусировки попадает строго между столбцами и наблюдатель не видит ни изображения предыдущего ракурса, ни изображения последующего. Главный недостаток монитора заключается в необходимости использовать матричный дисплей со специальным расположением пикселей. Кроме того, синтезированное изображение каждого из ракурсов состоит из горизонтальных монохроматических полос (красной, зеленой и синей). Ширина каждой из полос в три раза больше ширины субпикселя. Такая структура может быть заметна с небольшого расстояния, что вызовет ощущение дискомфорта при наблюдении.

Для получения двух и более цветных изображений на матричном дисплее, не имеющем чередования субпикселей по вертикали, можно сделать следующее. Во-первых, чередования цветов по горизонтали можно добиться, если шаг линз не кратен шагу пикселей по горизонтали. Рассмотрим для примера случай, когда каждой линзе соответствует 1,33 пикселя (4 субпикселя). При этом если в одной линзе линия фокусировки попадает на столбец «красных» субпикселей, то в соседних линзах – на столбцы «зеленых» и «синих» субпикселей (рис. 4).

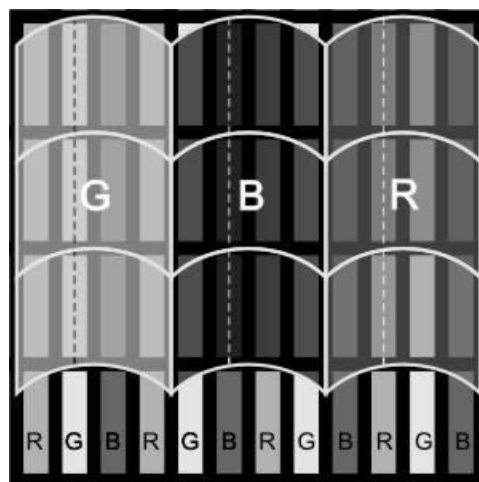


Рис. 4. Чередование цветов при изменении шага линз

Таким образом получается чередование цветов по горизонтали. Разрешение по вертикали для каждого ракурса остается равным разрешению матричного дисплея, а разрешение по горизонтали уменьшается в 4 раза. Различие разрешений по вертикали и горизонтали в четыре раза – главный недостаток данного монитора.

Другой способ получения цветных изображений нескольких ракурсов заключается в применении наклонного линзового растра. Плоскость наклонного растра параллельна плоскости экрана матричного дисплея, однако составляющие его цилиндрические линзы повернуты относительно столбцов дисплея на некоторый угол. Величина этого угла выбирается таким образом, чтобы из некоторой точки плоскости наблюдения можно было видеть через линзу только по одному пикселю в пределах каждой строки. Для этого линия фокусировки линзы должна совпадать с диагональю прямоугольника, образующего субпиксель (рис. 5а)

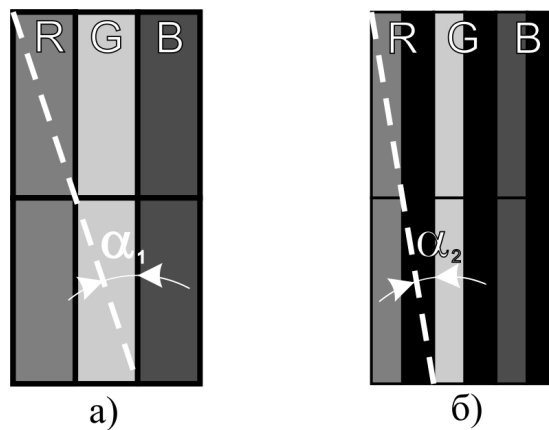


Рис. 5. Углы наклона линзовых растров: а - больший, б - меньший углы

Если учесть, что субпиксели матричного дисплея разделены непрозрачными полосами, имеющими ширину, приблизительно равную ширине «полезной» части субпикселя, то можно выбрать меньший угол наклона линз (рис. 5б). Точное значение углов наклона рассчитывается следующим образом:

$$a_1 = \arctg(d_{\text{пикс.}}/h_{\text{пикс.}}) = \arctg(d_{\text{пикс.}}/3d_{\text{пикс.}}) = 18,43^\circ,$$

$$a_2 = \arctg(d_{\text{пикс.}}/2h_{\text{пикс.}}) = \arctg(d_{\text{пикс.}}/6d_{\text{пикс.}}) = 9,46^\circ,$$

где  $h_{\text{пикс}}$  – высота пикселя,  $d_{\text{пикс}}$  – ширина пикселя.

В первом случае, для угла наклона  $a_1$ , линии фокусировки соседних ракурсов расположены на расстоянии, равном ширине субпикселя. Таким образом, для получения  $N$  ракурсов ширина горизонтального сечения линзы должна быть равна суммарной ширине  $N$  субпикселей. В случае, когда количество ракурсов кратно 3, чередование цветов происходит исключительно по вертикали – именно за счет наклона линз растра (рис. 6).

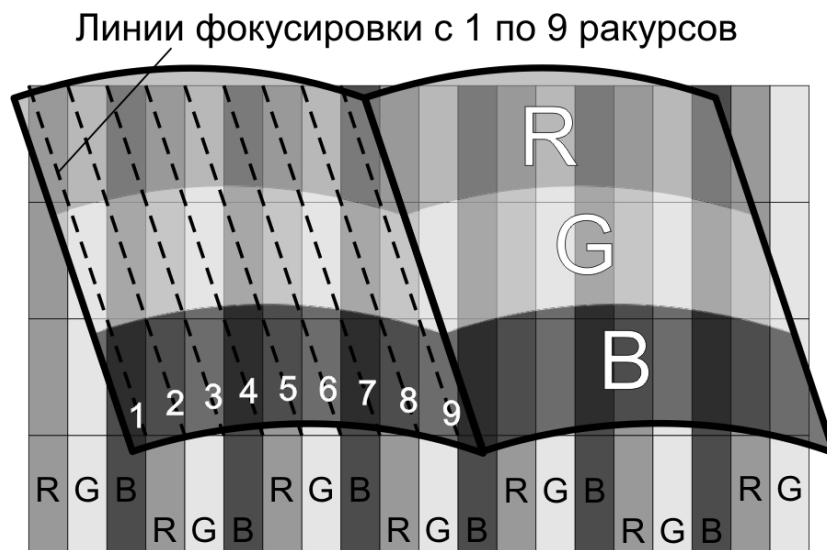


Рис. 6. Формирование изображений растром с большим углом наклона линз

Во втором случае, для угла наклона  $a_2$ , линии фокусировки соседних ракурсов расположены на расстоянии, равном половине ширины субпикселя. Таким образом, для получения  $N$  ракурсов ширина горизонтального сечения линзы должна быть равна половине суммарной ширины  $N$  субпикселей. (рис. 7).



Рис. 7. Формирование изображений растром с уменьшенным углом наклона линз

В приведенных выше примерах оба наклонных растра позволяют получить изображения ракурсов с одинаковым разрешением по вертикали и по горизонтали. Однако растр с меньшим углом наклона растра имеет вдвое меньшую ширину линз, поэтому площадь светящейся точки изображения, формируемого растром, вдвое меньше, что очень важно при передаче мелких деталей, например, текста (рис. 8).

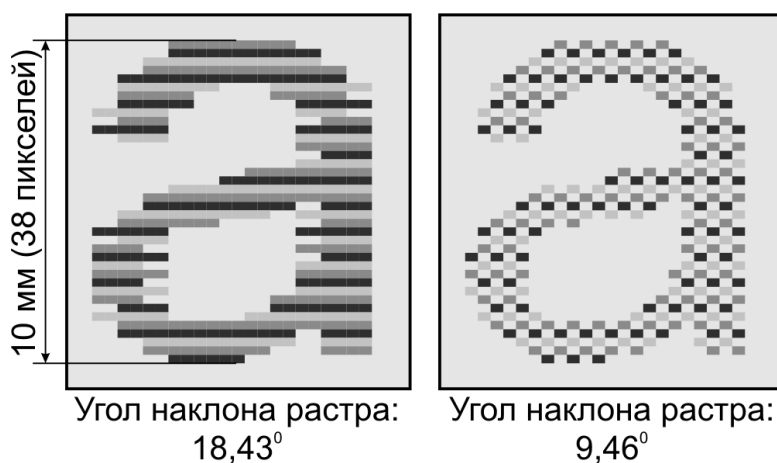


Рис. 8. Передача мелких деталей растрами с различными углами наклона линз



Чем меньше площадь точек, из которых формируется изображение, тем точнее передаются мелкие детали. С этой точки зрения растр с большим углом наклона линз хуже растра с меньшим углом наклона.

Рассмотрим степень сепарации изображений, формируемых двумя типами растров. Выше показаны оптимальные положения линий фокусировки, соответствующие максимальной сепарации изображений соседних ракурсов. При смещении наблюдателя от центра зоны видения к ее краю, линия фокусировки сдвигается от своего оптимального положения, проходя через пиксели, принадлежащие сразу двум ракурсам. В итоге на границах зон видения наблюдатель видит сразу два изображения соседних ракурсов. Мониторы с большим углом наклона линз растра имеют лучшую сепарацию изображений, так как при наличии темных разделительных полос между субпикселями линия фокусировки может сдвигаться в некоторых пределах, не задевая пикселей соседних ракурсов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Айзензон А. Е. Курс физики. М: Высшая школа, 1996.

*Статья поступила в редакцию в апреле 2006 г.,  
после доработки - в мае 2006 г.*