

Светодиодный 3D-дисплей с электромеханической развёрткой изображения¹

А. В. КЛЮЕВ

ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского», Нижний Новгород
E-mail: klyuev@rf.unn.ru

Аннотация

Предложен метод получения трёхмерного изображения для использования в световой рекламе и декоративном освещении, создана экспериментальная установка, реализующая этот метод. Последняя представляет собой светодиодный 3D-дисплей с электромеханической развёрткой изображения. Предложено математическое описание разработанной системы трёхмерного изображения. Используется шестимерное координатное пространство, в котором первые три координаты вектора соответствуют пространственным координатам трёхмерного пространства, а последние три – составляющим цвета по трём базисным векторам (цветам) – красному, зелёному и синему.

Ключевые слова: светодиоды, микроконтроллер, трёхмерное изображение, цветовое пространство, многомерное координатное пространство.

При всём многообразии современных рекламных методов и средств, световая реклама выделяется наибольшей эффективностью. Она гораздо ярче всех остальных видов рекламы и особенно привлекает к себе внимание в тёмное время суток.

Светотехнические решения такого рода рекламы разнообразны: информационные табло, буквенные обозначения или светящиеся логотипы фирм.

Световые табло хороши тем, что на них можно выводить меняющуюся во времени информацию (текст, логотипы и изображения). И наиболее эффектно выглядела бы система трёхмерного изображения такой меняющейся информации.

В последнее время получили широкое распространение и обрели большую популярность системы трёхмерного изображения с использованием специальных очков. Для воссоздания же реальной глубины и объёма без использования очков необходимо наличие некой среды, в которой тем или иным способом возбуждаются элементы требуемых цвета и яркости. Однако среда при этом должна оставаться достаточно прозрачной для выхода света из объёма, занимаемого средой, чтобы зрители могли видеть объёмное изображение. В общем, есть некоторые сложности при переходе от двумерного дисплея к истинно трёхмерному.

При этом, если бы мы хотели изобразить плоское сечение сферы на двумерном экране, то получили бы окружность. Но восстановить в этом случае и трёхмерное изображение сферы нетрудно: так как сфера центрально симметрична, достаточно просто привести экран во вращение! Таким образом, для визуализации объёмных фигур

с центральной симметрией построение их трёхмерных изображений сводится к изображению их плоских сечений на вращающемся экране! Очевидно, для построения объёмных изображений объектов, не обладающих центральной симметрией (и меняющихся во времени), необходимо использовать микроконтроллер (микропроцессор), управляющий включением и выключением светодиодов в определённых положениях вращающегося экрана. Соответственно, появляется возможность получать объёмные изображения объектов со сложной топологией поверхности (меняющейся во времени).

Упрощённая схема объёмного 3D-дисплея приведена на рис. 1. Подобная идея ранее предложена в Технологическом институте Канадзавы (Япония) при разработке трёхмерного светодиодного экрана для рекламных устройств [1].

Для наиболее адекватного описания системы трёхмерного изображения удобно шестимерное пространство, в котором первые три координаты вектора соответствуют координатам трёхмерного пространства, а последние три – составляющим цвета по трём базисным векторам (цветам) – *R* (красный), *G* (зелёный), *B* (синий).

Координатное подпространство наиболее удобно анализировать в криволинейных координатах (цилиндрических). Посредством цилиндрической системы координат (в которой ρ – полярный луч, φ – полярный угол, z – координата декартовой системы координат) можно задавать положение элемента (модуля) из нескольких светодиодов базовых цветов, расположенного на вращающейся плоскости (рис. 1.). Таким образом, построенное шестимерное пространство, вообще говоря, криволинейно, и встаёт вопрос о метрике этого пространства и выборе базиса.

В данном случае удобны криволинейные координаты в следующем виде: $q_1 = \rho$, $q_2 = \varphi$, $q_3 = z$, $q_4 = r$, $q_5 = g$, $q_6 = b$. Вычисляя коэффициенты Ламе $H_i(q_1, \dots, q_6)$, где $i = 1, \dots, 6$, как

$$H_i = \sqrt{\left(\frac{\partial(\rho \cos \phi)}{\partial q_i}\right)^2 + \left(\frac{\partial(\rho \sin \phi)}{\partial q_i}\right)^2 + \left(\frac{\partial z}{\partial q_i}\right)^2 + \left(\frac{\partial r}{\partial q_i}\right)^2 + \left(\frac{\partial g}{\partial q_i}\right)^2 + \left(\frac{\partial b}{\partial q_i}\right)^2}$$

метрику в нашей ортогональной системе координат можно записать как

$$ds^2 = (d\rho)^2 + \rho^2 (d\phi)^2 + (dz)^2 + (dr)^2 + (dg)^2 + (db)^2.$$

Тензор метрики, записанный в координатах q_i , имеет диагональный вид, при этом на диагонали стоят квадраты коэффициентов Ламе: $G_{ii} = H_i^2$, $G_{ij} = 0$, при $i \neq j$.

¹ Краткое сообщение. Полный текст статьи депонирован в редакции.

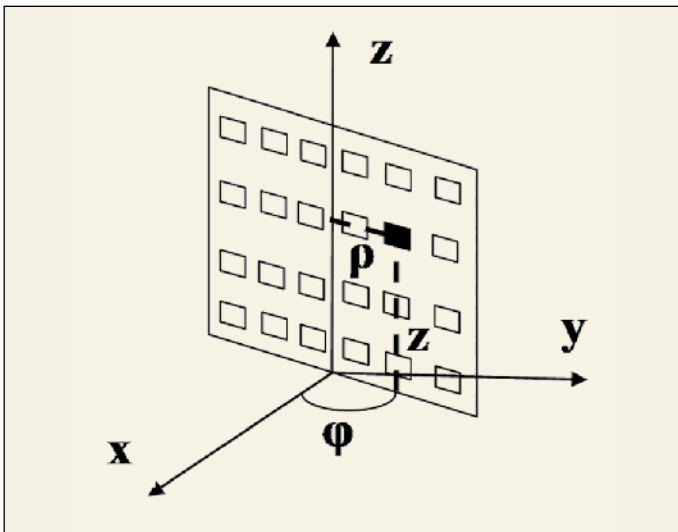


Рис. 1. Описание объёмного 3D-дисплея с помощью цилиндрической системы координат

Переходя, с помощью этого тензора, к определению базиса пространства, имеем: $e_\rho = (1, 0, 0, 0, 0, 0)$, $e_\phi = \left(0, \frac{1}{\rho}, 0, 0, 0, 0\right)$, $e_z = (0, 0, 1, 0, 0, 0)$, $e_r = (0, 0, 0, 1, 0, 0)$, $e_g = (0, 0, 0, 0, 1, 0)$, $e_b = (0, 0, 0, 0, 0, 1)$.

Любой вектор x из построенного пространства можно разложить по выбранному базису:

$$x = x_\rho e_\rho + x_\phi e_\phi + x_z e_z + x_r e_r + x_g e_g + x_b e_b.$$

Следует отметить, что рассматриваемый базис — локальный, так как меняется при переходе от точки к точке.

На основе описанного метода создана экспериментальная установка, формирующая трёхмерное изображение в объёме. Быстро вращающаяся полоска из семи светодиодов [2–4] освещается в определенные моменты времени, от чего возникает оптический эффект объёмности изображения сферы с вращающейся вокруг неё меняющейся надписью (рис. 2).

При монтаже схемы использовались светодиоды и микроконтроллеры от производителей из КНР и электродвигатель SCARLETT SC-179.

В заключение следует отметить возможность расширения сферы применения такого рода устройств в сторону декоративных источников света, источников света для создания светодинамических эффектов при оформлении пространства во время проведения театрально-зрелищных мероприятий и т.д., поскольку они специально разработаны для того, чтобы подчеркнуть красоту объёмных форм. Устройства эти подойдут для изготовления световых надписей и логотипов любой сложности, создания объёмных изображений для витрин и помещений. Встроенный микроконтроллер позволяет придавать разнообразные светодинамические и светоанимационные эффекты различным декоративным геометрическим формам, формируемым вращающимся экраном. Использование RGB-модулей позволяет получать практически любой возможный цветовой оттенок цвета. При этом один пиксель экрана — это один модуль. Подобная гибкая система декоративного освещения призвана решать



Рис. 2. Экспериментальная установка во время работы

практически неограниченное количество задач, поскольку благодаря использованию светодиодов и программируемого микроконтроллера она имеет широкую цветовую палитру, многообразие формируемых объёмных изображений и стабильные световые характеристики. Соответствующие устройства могут быть неплохим украшением городских парков, площадей, отелей и офисных зданий, поскольку позволяют создавать праздничные светоанимационные эффекты.

Автор благодарит проф. А.В. Якимова, доц. А.А. Дубкова и доц. О.В. Болховскую за плодотворное обсуждение работы.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки России, код проекта — 2183, и поддержана грантом (соглашение от 27.08.2013 № 02.В.49.21.0003 между МОН РФ и ННГУ).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Беляев В.* Международному дисплейному обществу (SID) — 50 лет! // *Электроника: наука, технология, бизнес.* — 2012. — № 6. — С. 94–100.
2. *Беляков А.В., Клюев А.В., Якимов А.В.* Проявление 1/f шума тока утечки в наноразмерных светоизлучающих структурах. // *Известия ВУЗов. Радиофизика.* — 2008. — Т. 51. — № 2. — С. 149–161.
3. *Klyuev A.V., Yakimov A.V.* 1/f noise in GaAs nanoscale light-emitting structures // *Physica B.* — 2014. — Vol. 440. — P. 145–151. URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.physb.2014.01.021> (дата обращения: 21.11.2015).
4. *Шуберт Ф.Е.* Светодиоды. Пер. с англ. под ред. А.Э. Юновича. — 2-е изд. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. — 496 с.



Клюев Алексей Викторович, кандидат физ.-мат. наук. Окончил в 2005 г. радиофизический факультет Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского. Доцент кафедры бионики и статистической радиофизики ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского»