

ОБЪЕМНЫЙ МНОГОКАНАЛЬНЫЙ ОРГАНИЧЕСКИЙ СВЕТОДИОД

Бобрешов А.М.¹, Кошелев А. Г.¹, Золотухин Е. В.¹

¹ФГБОУ ВО «ВГУ», Воронеж, Российская Федерация

Аннотация. Предложена конструкция объемного многоканального органического светоизлучающего RGB диода, разработана методика высокоскоростной передачи информации с его помощью, рассмотрены области применения вокселя и устройства на его основе.

Ключевые слова: воксел, передача информации, оптический канал, интерференция, JPEG.

MULTICHANNEL ORGANIC LIGHT EMITTING DIODE

Bobreshov A.M.¹, Koshelev A.G.¹, Zolotukhin E.V.¹

¹Voronezh State University, Voronezh, Russian Federation

Abstract. The design volume multichannel organic light radiation RGB the diode is offered, the technique of high-speed information transfer based on voxel is developed, scopes of its usage are considered

Keywords: voxel, information transfer, optic channel, interference, JPEG.

1. ВВЕДЕНИЕ

Как известно, органический светоизлучающий диод - ОСИД (в англоязычной литературе принято обозначение OLED – Organic Light-Emitting Diode) представляет собой монолитный тонкопленочный полупроводниковый прибор со светоизлучающей поверхностью, состоящий из ряда тонких органических пленок, которые размещены между двумя тонкопленочными проводниками. Светоизлучающая поверхность образована множеством одновременно излучающих свет ячеек (пара катод – прозрачный анод). Причем электроды могут быть изготовлены либо методом напыления, либо методом литографии.

Цвет, эффективность и интенсивность излучения приборов ОСИД зависят от использованных органических материалов, которыми определяется многообразие воспроизводимых дисплеем цветов. В приборах ОСИД используются два класса органических материалов. Это макромолекулы и полимеры. На данный момент приборы на основе макромолекул (SM-OLED = Small Molecular-OLED) опережают приборы на основе полимеров (PLED) по квантовой эффективности и сроку службы [1, 2].

Достоинства приборов ОСИД следующие:

1. низкое напряжение питания (3–10 В);
2. широкий угол обзора (более 160°);
3. малое время запаздывания (время отклика) (около 10 микросекунд);
4. простота управления;
5. могут работать в широком диапазоне температур (от –40°С до 80°С);
6. равномерно и без меликания излучают яркость от нескольких кд/м² (для ночной работы) до очень высоких яркостей (10000 кд/м²);
7. тонкий экран.

Одним из последних конструктивно-технологических решений, направленных на расширение информационных и функциональных возможностей такого прибора является предложенный нами объемный многоканальный органический RGB диод кругового светового излучения (ОМОСИД) [3].

Данная статья посвящена особенностям применения ОМОСИД (или многоканального вокселя) в качестве передатчика (излучателя) информации в оптическом диапазоне длин волн, обеспечивающего быстродействие, а при необходимости и высокую её защиту.

2. КОНСТРУКЦИЯ И ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ ОМОСИД

На рисунке 1 представлена упрощенная конструкция объемного многоканального органического светоизлучающего диода, главной особенностью которого является возможность одновременного кругового многоканального RGB - излучения когерентных электромагнитных волн.

Органический светоизлучающий диод включает несущую основу, выполненную в виде прозрачной подложки, внутри которой герметично установлены прозрачный анод, светоотражающий катод и размещенный между ними набор слоев органических веществ. Органический слой состоит, по меньшей мере, из прозрачного слоя транспортировки дырок, эмиссионного слоя, содержащего органические вещества для излучения красного (R), зеленого (G) и синего (B) цветов, слоя транспортировки электронов. Анод, катод и слои органических веществ выполнены в виде полых цилиндров соосно вставленных друг в друга. Причем катод может быть выполнен как из светоотражающего, так и из прозрачного материала. Органические слои и слой анода разделены по окружности на заданное количество светоизлучающих RGB сегментов, образуя цилиндрический экран, содержащий m кольцевых строк и n столбцов с чередующимися RGB последовательностями, обеспечивающими возможность развертки кадров, как по строкам, так и по столбцам, а также поворота изображения вокруг оси экрана.

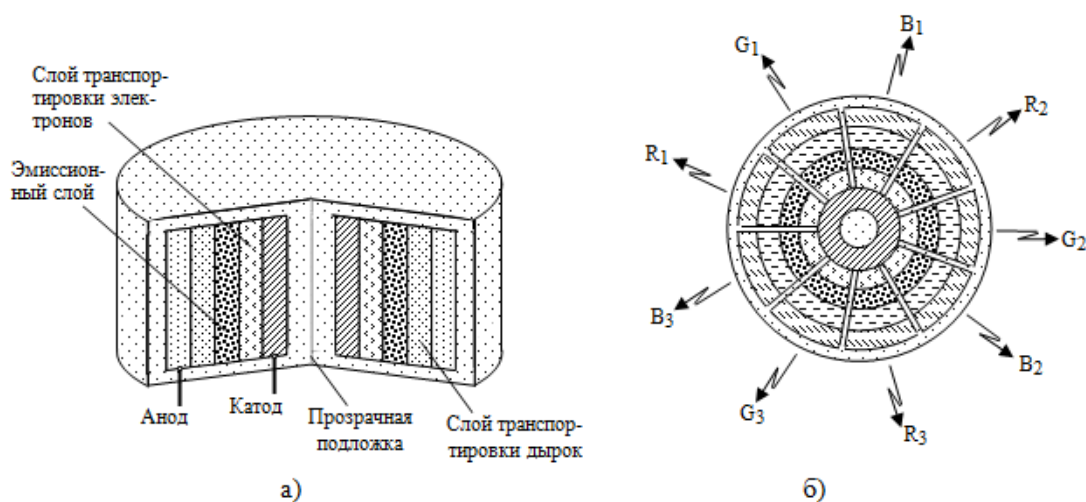


Рис.1. Упрощенная конструкция многоканального органического RGB вокселя в разрезе; (а) - вид сбоку, (б) - вид сверху

ОМОСИД может работать в следующих режимах светоизлучения:

- светоизлучение в одном или в нескольких направлениях;
- одновременное круговое светоизлучение всех сегментов, что обеспечивает круговое одновременное светоизлучение как одного цвета, так и разных цветов;
- светоизлучение в виде строчной круговой развертки изображения, когда данный диод можно представить в виде мини-дисплея, содержащего только одну строку строчной развертки;
- поворота (сдвига) изображения вокруг оси за счет выбора первого сегмента строчной развертки изображения.

Одновременное круговое светоизлучение всех сегментов обеспечивается одновременной подачей соответствующих положительных напряжений на аноды всех сегментов.

На рисунке 2 представлены диаграммы направленности ОМОСИД, соответственно красного (R), зеленого (G) и синего (B) синфазных (когерентных) излучений.

Кроме того, ОСИД являются источниками Ламберта, т.е. их плоская поверхность имеет одинаковую яркость по всем направлениям и излучает свет, сила которого изменяется по закону косинуса:

$$I = I_0 * \cos \theta \quad (1)$$

где I_0 – сила света, направленная по нормали к поверхности, θ – эмиссионный угол (радиан) между рассматриваемым направлением и нормалью (рисунок 3).

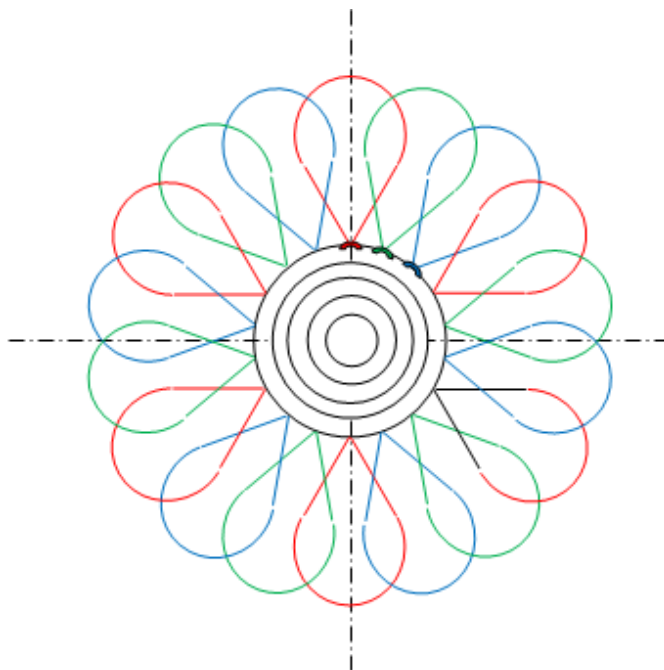


Рис.2. Диаграммы направленности RGB ОМОСИД

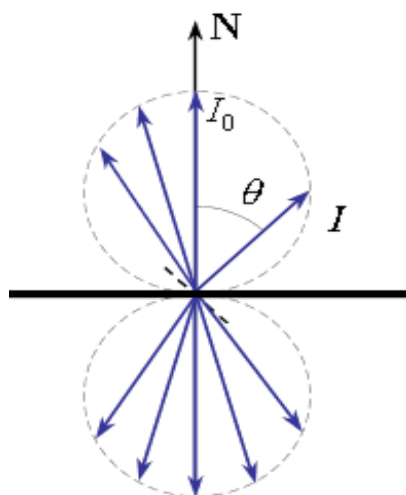


Рис. 3. Диаграмма излучения света с эмиссионного слоя ОСИД, как источника Ламберта

При суперпозиции когерентных волн происходит перераспределение интенсивности света I в пространстве: в одних местах возникают максимумы, в других - минимумы интенсивности. Это явление называется интерференцией волн. Особенно отчетливо (контрастно) интерференция проявляется тогда, когда $I_1 = I_2$. Тогда, согласно (2), $I = 4I_1$ в максимумах и $I = 0$ в минимумах.

На рисунке 4 показаны диаграммы излучения трех когерентных красных излучений и их сложение в местах пересечения световых потоков интенсивность результирующих колебаний, которых определяется из выражений:

$$I_{12} = I_1 + I_2 + 2 * \sqrt{I_1 * I_2} * \cos \varphi$$

$$I_{23} = I_2 + I_3 + 2 * \sqrt{I_2 * I_3} * \cos \varphi$$

$$I_{13} = I_1 + I_3 + 2 * \sqrt{I_1 * I_3} * \cos \varphi$$

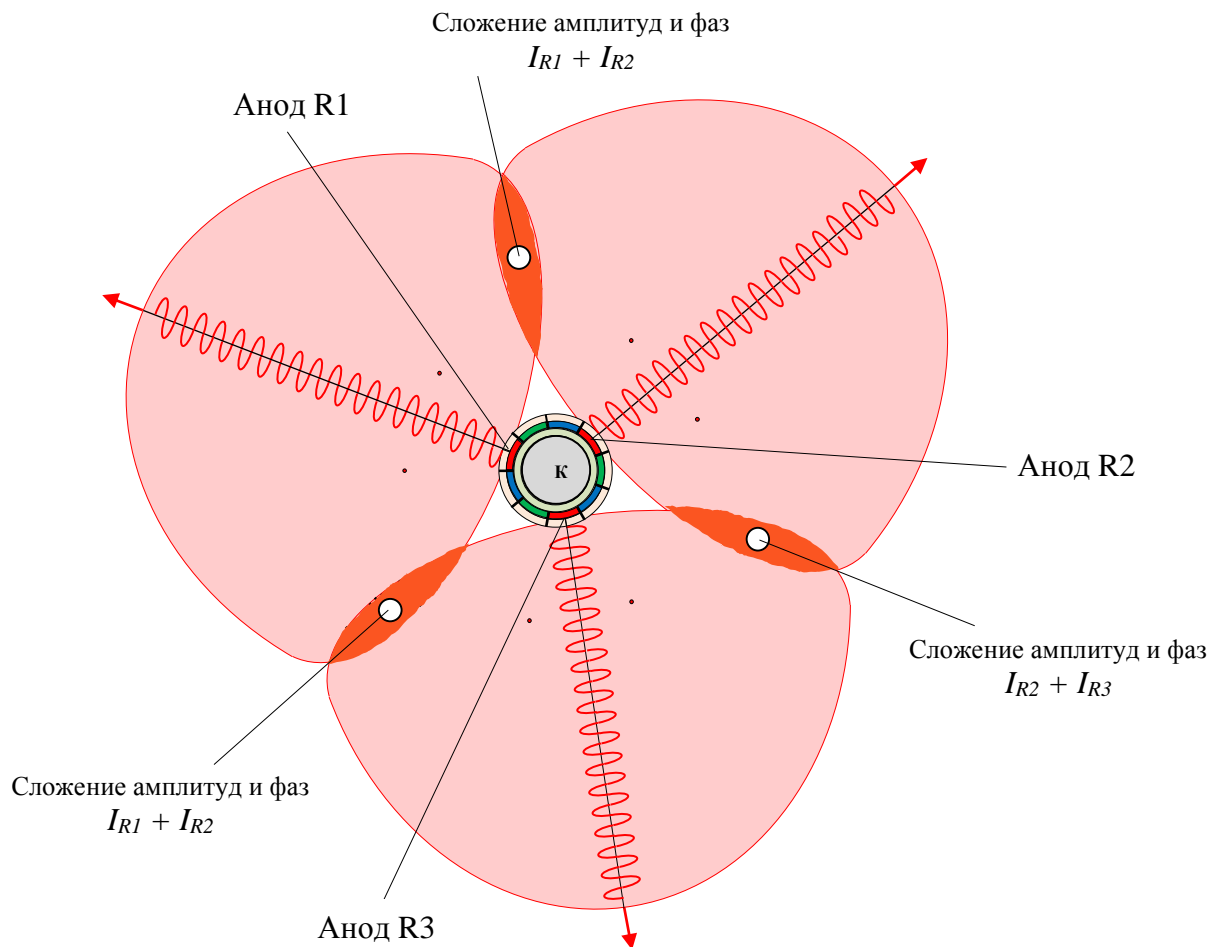


Рис.4. Диаграммы излучения трех когерентных красных излучений и их сложение в местах пересечения

Отсюда можно сделать вывод о возможности усиления светового потока в некоторых определенных точках приема, например, при использовании ОМОСИД для передачи информации в системе беспроводной передачи Li-Fi [4], способной одновременно освещать помещение и передавать данные с помощью наборов красного (R), зеленого (G) и синего (B) излучений.

Рассмотрим некоторые другие примеры применения ОМОСИД.

3. УСТРОЙСТВО ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ НА ОСНОВЕ ОМОСИД

На рисунке 5 представлена структурная схема приемо-передающего устройства на основе ОМОСИД.

Устройство включает в себя многоканальный светодиод, играющий роль передатчика и систему светофильтров и фотоприемников. Поток данных поступает на различные

каналы ОМОСИД - передатчика. ОМОСИД начинает одновременно излучать электромагнитные волны в оптическом диапазоне. После считывания информации фотоприемниками происходит восстановление передаваемого изображения после чтения всех фрагментов.

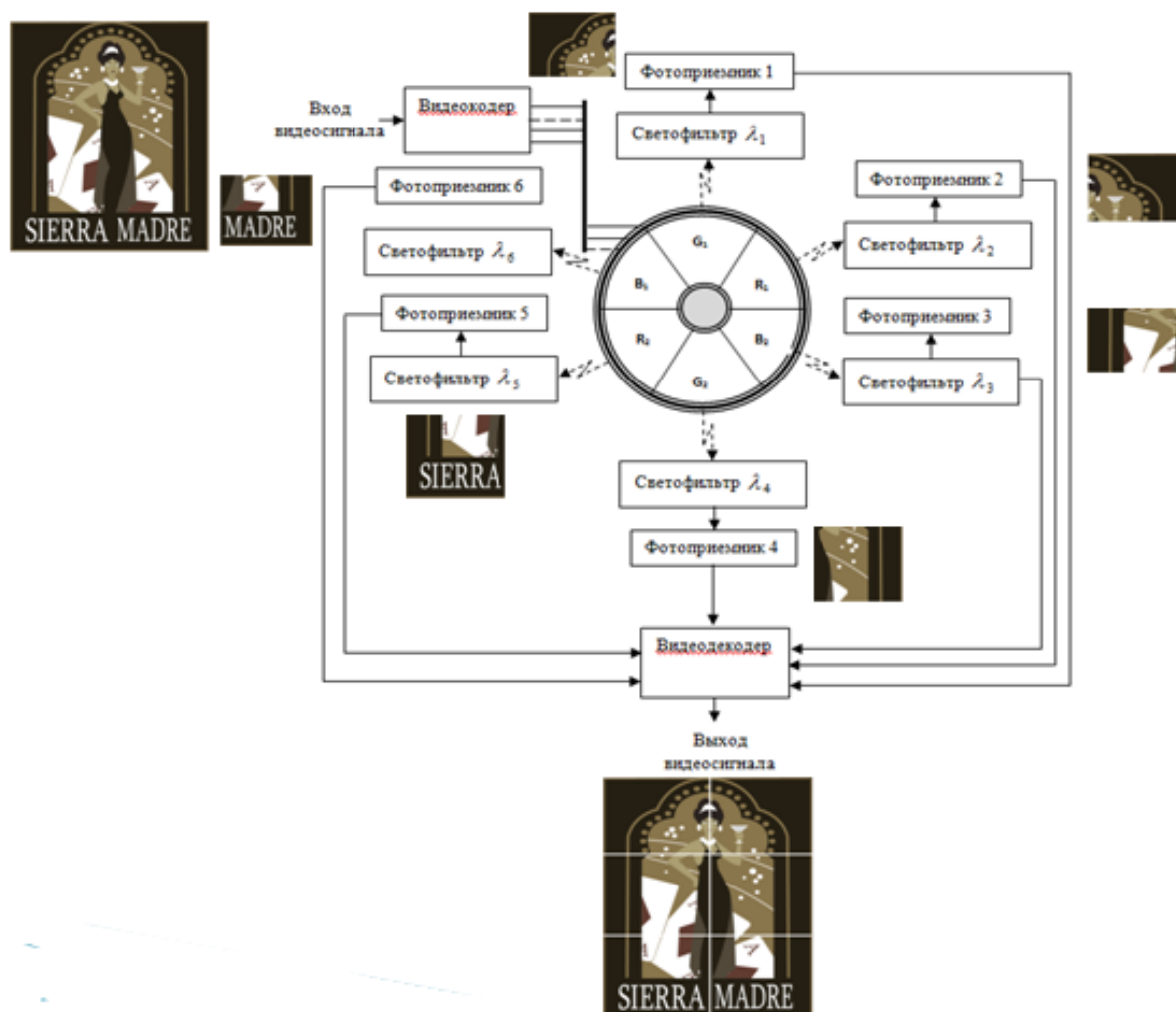


Рис.5. Приемо-передающее устройство на основе ОМОСИД

Другой пример его применения - кодирование изображения по стандарту JPEG [5]. Стандарт JPEG относится к методам сжатия изображений с потерями и используется в основном при записи неподвижных изображений с целью экономии объема запоминающих устройств. Последовательность операций при кодировании, поясняемая структурной схемой на рисунке 6, включает:

- разбиение изображения на блоки 8x8 пикселей;
- выполнение быстрого ДКП (БДКП) в каждом блоке;
- квантование полученных коэффициентов ДКП с использованием таблицы коэффициентов квантования (таблица Q);
- энтропийное кодирование квантованных коэффициентов ДКП каждого блока изображения.

При этом развертка каждого блока 8x8 происходит построчно – слева направо и сверху вниз. Последняя операция выполняется кодером Хаффмана с использованием таблицы кодирования (таблица кодов). Вместо кодера Хаффмана может использоваться арифметический кодер

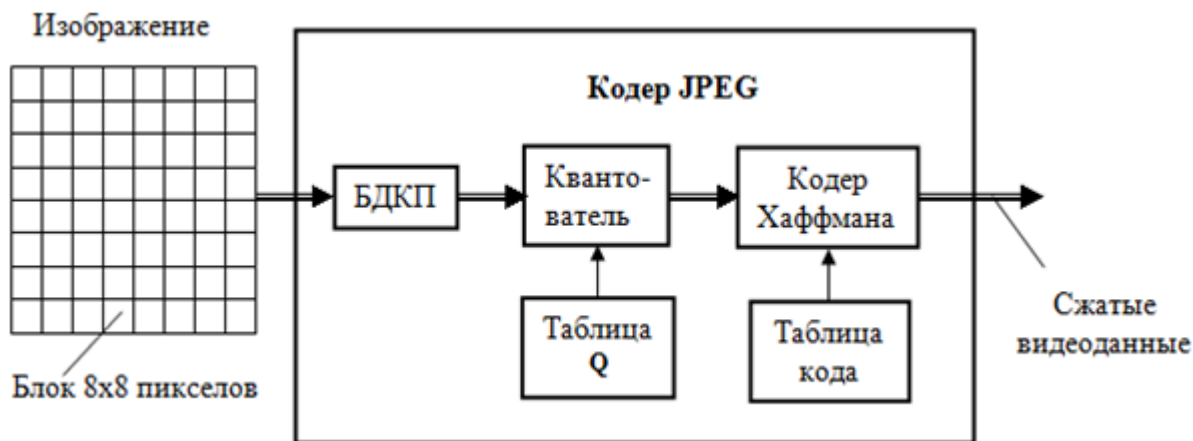


Рис.6. Структурная схема кодирования по стандарту JPEG

Ещё один пример применения ОМОСИД – троичное счисление. В новой схеме кодирования предлагается изменить число разрядов квантования.

Согласно цифрового телевизионного стандарта ITU-R BT 601 [7], для телевизионных сигналов яркости и цвета предусмотрено число разрядов квантования $n=8$, что дает число уровней квантования $N_{\text{кв}} = 2^8 = 256$. При этом уровню черного сигнала яркости соответствует 16-й уровень квантования, а номинальному уровню белого – 235-й уровень квантования. 16 уровней квантования снизу и 20 уровней квантования сверху образуют резервные зоны на случай выхода значений аналогового сигнала яркости за пределы номинального диапазона [7]. Уровни 0-й и 255-й квантования имеют особые назначения. С помощью соответствующих им кодов передаются сигналы синхронизации.

Чтобы повысить скорость обработки информации, не ухудшая качество передаваемого изображения при данном сжатии необходимо снизить количество разрядов квантования. Для этого переходим от двоичного счисления к троичному при котором, количество уровней будет равно $3^5 = 243$, что с некоторым приближением будет соответствовать $2^8 = 256$ двоичного счисления. Таким образом, число разрядов квантования снизится с 8 до 5. Уровню черного сигнала яркости будет соответствовать 9-й уровень квантования, а номинальному уровню белого – 231-й уровень квантования. Если за нулевой уровень принять напряжение 0 В, а за 243-й – напряжение 1 В, то величина шага квантования будет определяться из выражения:

$$\Delta U = \frac{U}{N_{\text{кв}}} = \frac{1}{3^5} = \frac{1}{243} = 0,00412 \text{ (В)}$$

На рисунке 7 показано соответствие между уровнями напряжения и уровнями квантования в троичном представлении.

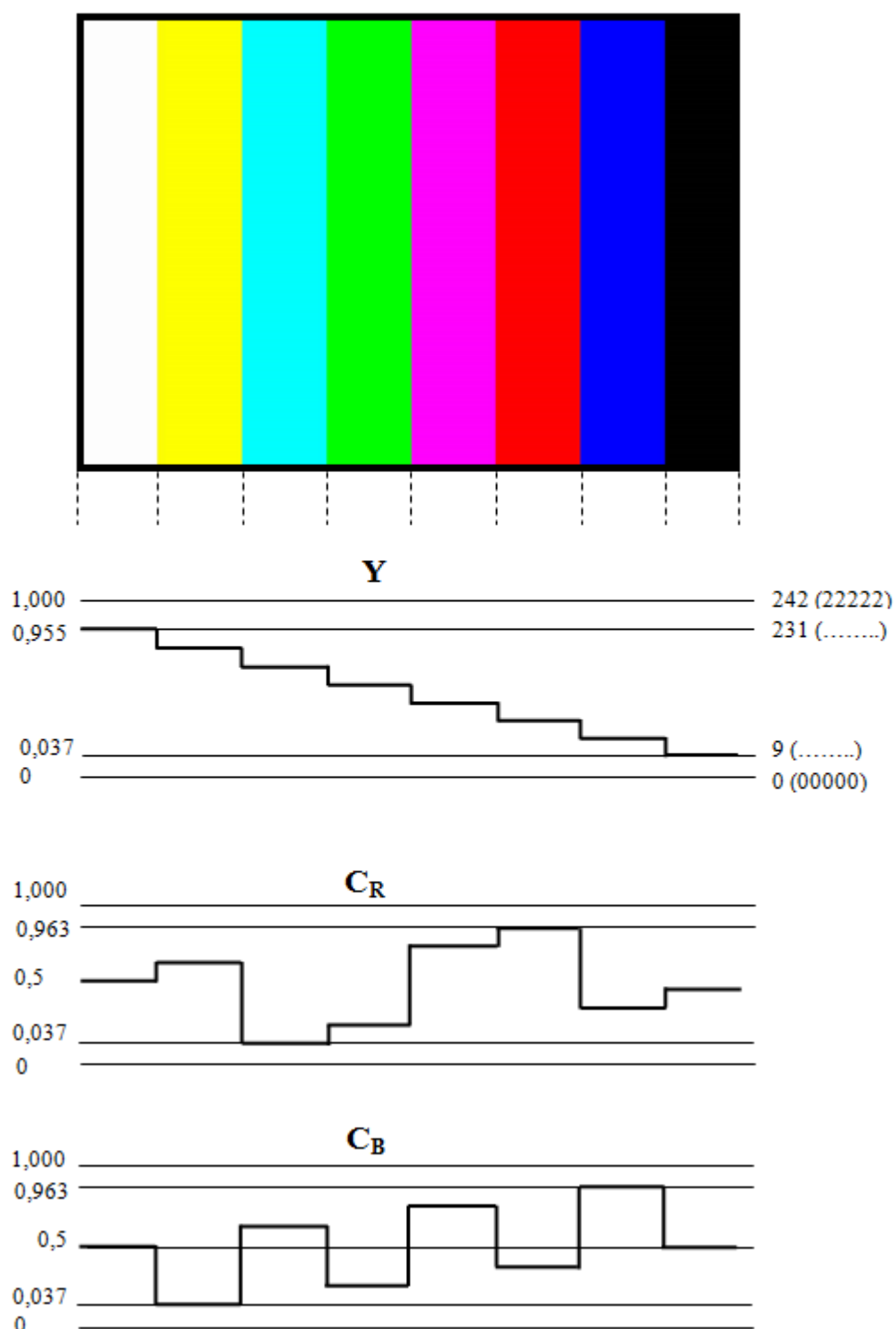


Рис. 7. Пример уровней квантования сигнала в троичном представлении

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

Исходя из полученных выше результатов анализа многоканального органического светодиода кругового RGB излучения, а также целесообразности использования цветового кодирования троичного сигнала с помощью трех основных базовых цветов – красного, зеленого и синего, можно заключить следующее.

Конструктивно-технологические и выходные электрические характеристики многоканального органического светодиода кругового RGB излучения (его многоканальность и

круговое одновременное излучение разных длин световых волн в заданной последовательности), позволяют:

1. Использовать воксел, как в беспроводной передаче данных на расстояние по оптическому каналу связи, так и по каналам межблочной связи.
2. К основным преимуществам такого способа передачи информации можно отнести: высокие скорости передачи, простота инсталляции, а также работа в свободной области частотного диапазона.
3. Использовать интерференцию световых потоков для усиления оптического сигнала и, соответственно, повышения передаточных характеристик устройства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Самарин А.В. Жидкокристаллические дисплеи. Схемотехника, конструкция и применение – М.: СОЛОН-Р, 2002. С.188-195.
2. Чередниченко А.Г. Синтез, свойства и практическое использование материалов для органических светоизлучающих устройств. Рукопись диссертации / А.Г. Чередниченко. — Москва: РХГУ им. Д.И. Менделеева, 2016. — 485 с.
3. Кошелев А.Г., Бобрешов А.М., Золотухин Е.В., Органический светоизлучающий диод : пат. 2548603 (Рос. Федерация) : МПК Н 01 L 51/50 /— опубл. 20.04.2015, Бюлл. №11.
4. <http://www.corpomir.ru/13591-V-Oksforde-sozdayut-terabitnuyu-sistemu-besprovodnoy-svyazi.html>
5. Бобрешов А.М., 3 Кошелев А.Г., Золотухин Е.В. Многоканальный органический светоизлучающий RGB диод, как элемент троичной логики. Вестник ВГУ, серия: Физика, математика. 2016, № 2.
6. Использование троичного кода и трёхзначной логики в цифровых машинах: научный отчет / Н.П. Брусенцов — М.: Изд-во ВЦ МГУ, 1969. — 27 с. — №24-ВТ.
7. Бобрешов А.М. Цифровая обработка ТВ сигналов. Часть 2: Учебное пособие / А.М. Бобрешов, А.Г. Кошелев. — Воронеж: Изд-во ВГУ, 2005. — 47 с.

REFERENCES

1. Samarin A.V. Liquid crystal displays. Жидкокристаллические дисплеи. Circuit design, construction and application /A.V. Samarin – M.: SOLON-R, 2002. 304 p. – («Engineer's library» series).
2. Cherednichenko A.G. Synthesis, properties, and the practical use of materials for organic light-emitting devices. Manuscript of the dissertation, Moscow: Dmitri Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, 2016, 485 p.
3. Koshelev A.G., Bobreshov A.M., Zolotukhin E.V., Organic light emitting diode: patent no. 2548603 (Russian Federation): published on 20.04.2015, bulletin no.11.
4. <http://www.corpomir.ru/13591-V-Oksforde-sozdayut-terabitnuyu-sistemu-besprovodnoy-svyazi.html>
5. Bobreshov A.M., Koshelev A.G., Zolotuhin E.V. Multichannel organic lightemitting RGB diode, as an element of figurative logic. VSU bulletin, series: Physics, mathematics. 2016, № 2.
6. The use of ternary coding and ternary logic in digital devices: research re-port / N.P. Brusentsov. Moscow: RCC MSU publishing house, 1969, 27 p., no.24-VT
7. Bobreshov A.M., Koshelev A.G. Digital TV signal processing. Part 2. Tutorial, Voronezh: Voronezh state university publishing house, 2005, 47 p.