

- [3] Богомолов В.Н., Кумзеров Ю.А., Романов С.Г., Фокин А.В. // Письма в ЖТФ. 1989. Т. 15. № 3. С. 10-13.
- [4] Губанков В.Н., Дивин Ю.Я. // СФХТ. 1990. Т.3. № 10. С. 2184-2193.

Институт высоких температур
АН СССР

Поступило в Редакцию
13 февраля 1991 г.

Письма в ЖТФ, том 17, вып. 8

26 апреля 1991 г.

04; 07

© 1991

О ВОЗМОЖНОСТИ СИНТЕЗА ТРЕХМЕРНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ ГАЗОРАЗРЯДНЫХ ИСТОЧНИКОВ СВЕТА

Ю.Б. Г о л у б о в с к и й, И.Э. С у л е й м е н о в

Газоразрядный источник света зачастую существует в режиме распространения бегущих ионизационных волн (страт). Легко осуществляются режимы, в которых эти страты являются регулярными нелинейными волнами с большой амплитудой и глубиной модуляции. При этом их длина волны и частота могут изменяться в широких пределах в зависимости от разрядных условий и типа страт. Представляется перспективным использовать подобную среду для синтеза изображений, в том числе и трехмерных. В настоящей работе обсуждаются возможности реализации таких изображений (с помощью представления интегральной интенсивности излучения в виде пространственного ряда Фурье).

Рассмотрим систему из N^2 прозрачных газоразрядных трубок в качестве трехмерного экрана. По аналогии с телевизионным изображением будем рассматривать каждую трубку в качестве отдельной строки. При условии, что существует способ создания заданного распределения яркости вдоль каждой трубки $\langle J(x) \rangle$ такая система может играть роль трехмерного экрана. Подобная система может быть реализована, например, с использованием набора контрагированных шнуров, а также другими способами. Принципиальное отличие подобной схемы от двумерного телевизионного экрана состоит в следующем: на двумерном телевизионном экране изображение формируется электронным пучком из третьего измерения, при этом яркость в каждой точке экрана формируется независимым образом. Для трехмерной среды представляется перспективным использовать ее коллективные свойства, а не подводить управляющий сигнал к каждой отдельной точке. Управляя величи-

ной $j(t)$ разрядного тока во времени, можно создать (с учетом усреднения за времена неразрешаемые глазом) произвольное распределение яркости в вдоль трубки.

Воспользуемся аналогией с обычной телевизионной строкой, где электронный луч в каждый момент времени высвечивает точку, что приближенно соответствует δ -образному распределению яркости по пространству. Глаз, выполняя усреднение по времени, дает необходимое распределение яркости вдоль по строке. Эта процедура приближенно соответствует разложению изображения по набору δ -функций.

$$\langle J \rangle = \sum_k a_k \delta(x - x_k). \quad (1)$$

Подобное разложение не является единственно возможным. Пусть произвольное распределение яркости может быть представлено в виде разложения по полному набору функций $\{\psi(k)\}$:

$$\langle J \rangle = \sum_k a_k \psi_k(x). \quad (2)$$

Требуемая точность восстановления изображения определяет число гармоник разложения.

Пусть имеется устройство, создающее поочередно в каждый момент времени распределения яркости $\psi_k(x)$ с нужной амплитудой a_k . При этом зависящее от пространственной и временной переменных распределение яркости дается выражением:

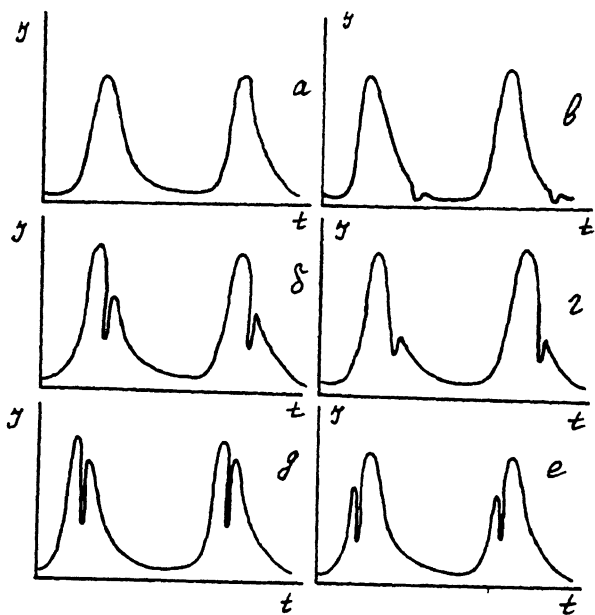
$$J(t, x) = \sum_k \text{rect}(t_k \leq t < t_{k+1}) \psi_k(x), \quad (3)$$

где $\text{rect}(t_k \leq t < t_{k+1}) = 1(t_k \leq t < t_{k+1})$; $0(t < t_k; t \geq t_{k+1})$.

Усредняя (3) за времена порядка τ - времени разрешения глаза, получаем разложение вида (2).

Суммирование с нужным весом a_k можно обеспечить двояким образом как через время высвечивания Δt_k данной компоненты разложения, так и через ее модуляцию по яркости.

В качестве набора функций ψ_k можно взять, в частности, гармонические функции. Физическая реализация такого разложения может быть основана на использовании свойств стратифицированного газового разряда. При постоянном разрядном токе распределение яркости вдоль оси разрядной трубки ведет себя как бегущая волна, обладающая резкими максимумами. Независимо от механизма стратификации модуляция разрядного тока приводит к эффекту визуализации. Его сущность поясняет рисунок, на котором приведен набор осциллограмм, полученных при сканировании регистрирующего устройства вдоль оси разрядной трубки и модуляции разрядного тока кратковременными прямоугольными импульсами. Видно, что в зависимости от фазы страты, в которую попадает модулирующий импульс, относительные изменения интенсивности



Осциллограммы интегральной интенсивности свечения разряда в различных точках вдоль оси трубки.

свечения имеют различную величину. Вследствие такого нелинейного взаимодействия среднее по времени распределение интенсивности свечения вдоль оси разрядной трубки уже не является постоянным. Разряд визуально оказывается разделенным на чередующиеся светлые и темные участки. Упомянутое распределение можно рассчитать по приближенной формуле:

$$J(x,t) = J_0(x,t) \{1 + C \cdot j(t)\}, \quad (4)$$

где $j(t)$ — модулирующий ток, C — зависящая от типа страт постоянная. Подбирая профиль модулирующего сигнала можно получить синусоидальное распределение средней во времени яркости. Смысл соотношения (4) можно пояснить так: наложим осциллограммы свечения, полученные в разных фазах страты друг на друга так, что положения невозмущенных максимумов совпадут. При этом профиль огибающей откликов на прямоугольные импульсы оказывается подобен профилю невозмущенных страт. Приближение (4) является довольно грубым, в частности, связь между $J(x,t)$ и $j(t)$ носит нелокальный характер, то есть $J(x,t)$ зависит от значения тока не только в данный, но и в предшествующие моменты времени. Это обстоятельство ограничивает возможность применения (4) к сигналам сложного спектрального состава. Однако, для наших целей достаточно рассмотреть связь вида (4).

Рассмотренный выше эффект относится к ситуации, когда частота сигнала совпадает с частотой страт. Как это следует и из (4), на частотах, кратных частоте страт ν_0 также имеет место эффект визуализации, причем если $\nu = n\nu_0$, то $\lambda = \lambda_0/n$, где λ_0 - длина страты, ν - частота модуляции. Без специальных мер реализовать визуализацию страт при $n > 6$ не удастся, однако использование селективной по частоте обратной связи позволяет существенно продвинуться в сторону больших n .

Таким образом, физически реализовать случай гармонических функций ψ_k действительно можно с использованием эффекта визуализации страт на различных кратных частотах. Соответственно, управляющий сигнал (модуляция тока), реализующий после проведения по времени требуемое распределение яркости, представляет собой последовательность радиоимпульсов, причем $\nu_k = \nu_0 + \nu_{k-1}$, а их длительность определяется весом a_k . Подстановка такого сигнала в (4) показывает, что в этом случае $\langle J(x) \rangle$ действительно представляет собой сумму ряда по гармоническим функциям. Поскольку полная система гармонических функций включает в себя как синусы, так и косинусы, необходим учет фазовых характеристик. Это несколько меняет вид используемого разложения, но принцип остается тем же.

Эффект визуализации страт на кратных частотах имеет место для любых типов страт и разрядных условий. Однако соотношение (4), использованное как модельный пример, выполняется далеко не всегда и не отражает нелинейного взаимодействия различных гармоник модулирующего колебания. Использование последовательности достаточно длительных радиоимпульсов позволяет устранить это взаимодействие. Вместе с тем расчет конкретных значений параметров этой последовательности радиоимпульсов (длительность, амплитуда и глубина модуляции) требует отыскания $\langle J(x) \rangle$, как функции отклика на $j(t)$ через решение соответствующей системы дифференциальных уравнений, записанных применительно к конкретному типу страт.

Таким образом, в настоящей работе проанализирована модель, показывающая возможность синтеза изображений, в частности, трехмерных, на основе стратифицированной газоразрядной плазмы.

Поступило в Редакцию
16 февраля 1991 г.