

09.7

Анализатор свернутого спектра с жидкокристаллическим устройством ввода сигналов

© М.С. Кузьмин, С.А. Рогов

Санкт-Петербургский государственный политехнический университет
E-mail: sarogov@mail.ru

Поступило в Редакцию 25 февраля 2014 г.

Приводятся результаты экспериментальной проверки возможности применения для ввода сигналов в когерентный оптический анализатор со свернутым спектром жидкокристаллической матрицы, выпускаемой промышленностью. Продемонстрировано высокое качество выходных сигналов такой системы и соответствие полученных параметров теоретически ожидаемым. Делается вывод о перспективности ее практического использования.

Когерентный оптический анализатор со свернутым спектром является перспективной системой для обработки сигналов с большим произведением длительности сигнала на ширину его спектра (базой сигнала) [1]. Это простое устройство с пространственным интегрированием, в котором, как и в обычном когерентном оптическом анализаторе спектра, для преобразования Фурье используется одна линза [2]. Возможность обработки сигналов с большой базой достигается за счет использования второй координаты оптической системы и растрового представления сигнала на входе устройства. Спектр на выходе анализатора также формируется в двумерном формате с высоким разрешением по одной координате и низким — по другой (свернутый спектр).

Перспектива применения анализатора со свернутым спектром зависит от параметров используемого в нем двумерного пространствен-

ного модулятора света. Первые эксперименты, продемонстрировавшие возможности анализатора, проводились с записью входных сигналов на фотопленке, не в реальном времени. Использовались также устройства ввода с растровой записью электронным лучом, однако они были слишком громоздкими для практического применения таких систем. В настоящее время промышленностью выпускаются малогабаритные жидкокристаллические (ЖК) матрицы с растровым вводом сигнала для телевидения и видеоаппаратуры. Хотя эти устройства и не предназначены для когерентного света, некоторые из них имеют хорошее оптическое качество, позволяющее применять их в когерентных системах [3]. В данном сообщении приводятся результаты экспериментального исследования возможности применения таких матриц в анализаторе со свернутым спектром.

Использованная в наших экспериментах схема анализатора состояла из расположенных на одной оптической оси малогабаритного полупроводникового лазера, ослабляющего светофильтра, расширителя лазерного пучка (состоящего из микрообъектива, точечной диафрагмы и объектива), ЖК-матрицы, объектива преобразования Фурье, поляроида-анализатора и веб-камеры. Нами использовалась ЖК-матрица от видеопроектора размерностью 1024×768 , способная работать со скоростью до 70 fps.

Обрабатываемые сигналы генерировались в ЭВМ с помощью специальных программ и вводились в ЖК-матрицу через ее устройство управления. Для обработки двуполярных сигналов, перед подачей на матрицу они складывались с постоянной составляющей, величина которой подбиралась для работы на линейном участке модуляционной характеристики [3].

На рис. 1 показано распределение интенсивности света на выходе анализатора в мелком масштабе, позволяющем видеть всю его зону обзора по частоте. На вход одновременно подавались несколько монохроматических сигналов с частотами в разных частях полосы пропускания устройства. Вертикальная ось является осью грубого отсчета частоты, горизонтальная — осью точного отсчета. Сверху располагается пятно нулевого порядка (0), соответствующее началу отсчета частоты (нулю). В зоне обзора анализатора (обозначена на рисунке штриховой линией) располагаются все частоты от нуля до 512 пространственных периодов входного сигнала на строку раstra (максимальной частоты полосы пропускания, равной, в соответствии с теоремой отсчетов, половине

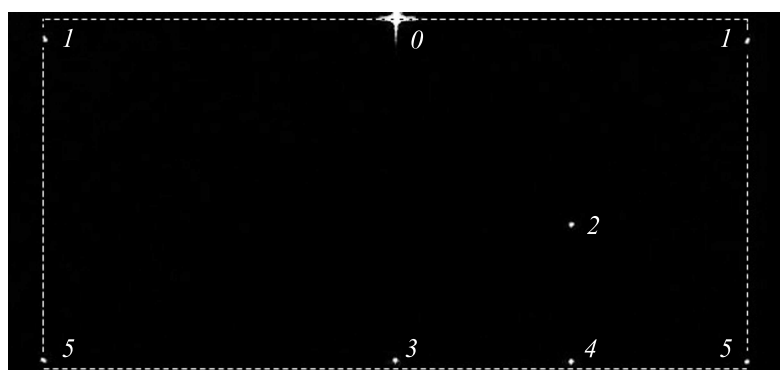


Рис. 1. Сигналы на выходе анализатора со свернутым спектром, полученные в эксперименте. Ось грубого отсчета частоты — вертикальная, ось точного отсчета — горизонтальная. Зона обзора по частоте обозначена штриховой линией. Частоты входных сигналов: 0 — 0; 1 — 20.5; 2 — 270.25; 3 — 500; 4 — 500.25; 5 — 500.5 периодов на строку раstra.

числа элементов матрицы в строке). За пределами зоны обзора могут наблюдаться отметки сигналов от вторичных пространственных спектров, появляющихся в плоскости регистрации вследствие дискретного ввода информации на входе. В данном случае они находятся вне части спектральной плоскости, попадающей на фотоприемник. Общее число разрешимых точек анализатора спектра в зоне обзора составляет 512×768 . Разрешающая способность по грубой оси частот при этом составляет один период на строку раstra, а разрешение по точной оси — величину, в M раз меньшую, где $M = 768$ — число строк раstra (число строк ЖК-матрицы).

На рис. 2 в укрупненном масштабе показаны выходные сигналы анализатора при подаче на вход гармонических сигналов с разностью частот, соответствующей теоретическому значению разрешения по грубой и точной осям. Выходные сигналы, как видно из рисунка, разрешены.

Отметим, что приведенные выше значения пространственных частот и частотных разрешений могут быть пересчитаны во временные единицы (Hz) с коэффициентами, зависящими от скорости работы матрицы. Так, при вводе полного раstra за 10 ms анализируемая полоса

1* Письма в ЖТФ, 2014, том 40, вып. 15



Рис. 2. Выходные сигналы анализатора при подаче на вход сигналов с частотами, соответствующими разрешению по точной 1 и грубой 2 осям.

частот составляет 35 МГц. Если использовать специальное устройство электронного управления матрицей с повышенной скоростью работы, полоса анализатора может быть увеличена. Промышленность уже выпускает матрицы, имеющие около 10 миллионов элементов, работающие с частотой до 100 fps. Это соответствует полосе пропускания устройства в сотни мегагерц.

Динамический диапазон анализатора экспериментально определялся как отношение мощностей минимального гармонического входного сигнала, соответствующего появлению над шумами сигнала на выходе, и максимального, соответствующего появлению над шумами сигналов двойной частоты, возникающих из-за нелинейности модуляционной характеристики. Измерения дали значение динамического диапазона около 30 dB. Динамический диапазон, измеренный по сигналам перекрестной модуляции, был больше, однако при работе устройства в максимально возможной полосе частот в зону обзора попадают также и сигналы двойной частоты, которые следует учитывать и которые в данном случае определяют величину динамического диапазона.

Для иллюстрации возможности обработки сложных сигналов в анализаторе со свернутым спектром на рис. 3, а приведен вид выходного сигнала устройства при подаче на его вход импульсного сигнала на несущей частоте с модуляцией по фазе 13-элементным кодом Баркера (Barker). Распределение интенсивности спектра по частоте (рис. 3, б),

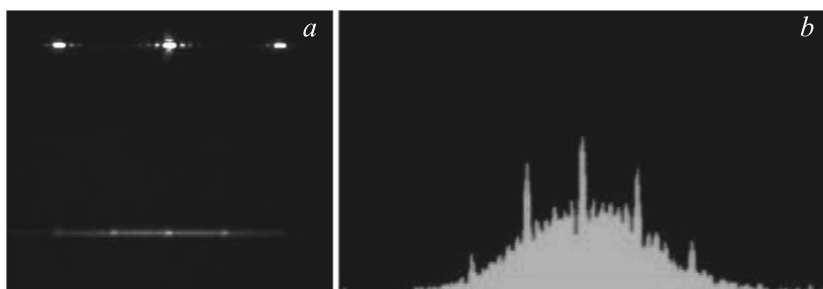


Рис. 3. Выходной сигнал анализатора со свернутым спектром при подаче на его вход импульсного сигнала с модуляцией 13-элементным кодом Баркера (*a*): распределение спектра по частоте (*b*).

соответствует теоретически ожидаемому и не меняется при временном сдвиге сигнала на входе.

Таким образом, проведенные эксперименты показали высокое качество сигналов на выходе анализатора спектра с использованным нами устройством ввода. Можно ожидать, что на основе применения выпускаемых промышленностью ЖК-матриц в оптических анализаторах свернутого спектра будут созданы простые малогабаритные быстродействующие устройства с широкой полосой пропускания, с обработкой сигналов с большой базой, высокой разрешающей способностью и приемлемым динамическим диапазоном.

Список литературы

- [1] Оптическая обработка информации. Применения / Под ред. Д. Кейсента. М.: Мир, 1980. (Optical data processing. Applications / Ed. D. Casasent. Berlin, Heidelberg, N.Y.: Springer-Verlag, 1978.)
- [2] Турпин Т.М. // ТИИЭР. 1981. Т. 69. № 1. С. 92–108. (Turpin T.M. // Proc. IEEE. 1981. V. 69. N 1. P. 79–92.)
- [3] Kuzmin M.S., Rogov S.A. // Optical Memory & Neural Networks (Information Optics). 2013. V. 22. N 4. P. 261–266.