

О ВОЗМОЖНОМ ПРИМЕНЕНИИ ДВУХКООРДИНАНТНОГО ДЕФЛЕКТОРА В ГОЛОГРАФИЧЕСКОМ ЗАПОМИНАЮЩЕМ УСТРОЙСТВЕ

Для расчета голографических запоминающих устройств (ГЗУ) важно иметь систему критериев применимости устройств, входящих в их состав, в частности, акустооптических deflectоров (АОД). В работе формулируется критерий разрешения двухкоординатного АОД, предназначенного для адресации данных в ГЗУ исходя из допустимой вероятности ложной адресации и уровня шумов.

Ключевые слова: двухкоординатный deflectор, голографическая запоминающая устройства, функция

THE POSSIBLE USE OF TWO-COORDINATE DEFLECTOR IN HOLOGRAPHIC MEMORY

To calculate the holographic storage devices (GZU) it is important to have a system of criteria for the applicability of the devices included in their composition, such as acousto-optic deflectors (AOD). The work permit is formulated criterion XY ANM designed to address data GZU based on the allowable probability of a false address and the noise level.

Keywords: XY deflector, holographic storage devices function

Акустооптические deflectоры (АОД) являются важнейшим элементом голографических запоминающих устройств (ГЗУ), обеспечивающим выборку голограмм по заданным адресам [1]. Поскольку хранение данных в ГЗУ осуществляется обычно не менее чем в двух координатах, для выборки требуется использование двухкоординатного АОД

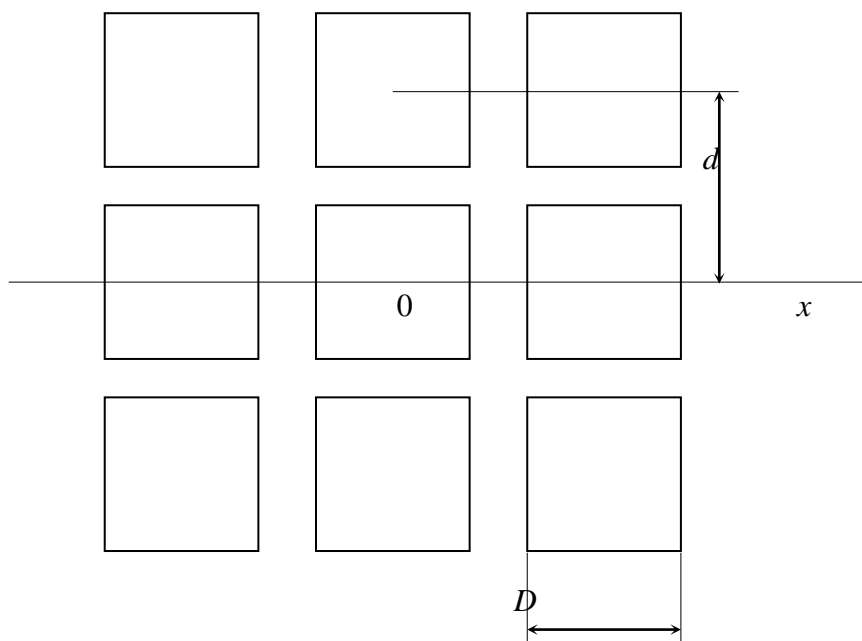


Рис. 1. Расположение пикселей в выходной плоскости двухкоординатного АОД.

Применимость того или иного АОД для выборки голограмм в ГЗУ может быть оценена в соответствии с критериями разрешения. Как было показано для различных акустооптических устройств [2], оптимальным критерием является информационный критерий, исходящий не только из величины провала между разрешаемыми точками, но также принимающий во внимание уровень шума и допустимую вероятность неразличения единицы информации. Применительно к адресующим АОД в этой роли может выступать допустимая вероятность адресации неверного данного либо неадресации нужного данного.

Рассмотрим двухкоординатное адресующее устройство. Предположим, что адресующий пучок света имеет гауссово сечение. Тогда сечение пучка в плоскости голограммы тоже имеет гауссову форму. Подобные же рассуждения могут быть проведены и для случая адресующего пучка прямоугольного сечения; в плоскости голограммы интенсивность света для такого пучка распределена в соответствии с функцией $\text{sinc}(x)$.

Распределение интенсивности света для случая пучка гауссового сечения в плоскости, где расположены адресуемые пиксели, может быть выражено как

$$I = I_0 \exp[-(x^2/2\sigma_x^2) - (y^2/2\sigma_y^2)], \quad (1)$$

где σ – полуширина гауссовой функции. Предположим также, что ширина пикселя равна D , начало координат помещено в его центр, а расстояние между соседними пикселями равно d (см. рис. 1).

Предположим, что мы имеем наихудший случай – центральный пиксель не адресуется, а все 8 соседних являются адресуемыми. В этом случае полная интенсивность света, попадающая на угловые адресуемые элементы равна (с учетом «добавки» от соседних пикселей)

$$I_1 = I_0 A_1 A_2 \{ [\Phi(D/2\sigma_x) - \Phi(-D/2\sigma_x)] [\Phi(D/2\sigma_y) - \Phi(D/2\sigma_y)] + \\ + [\Phi(D/2\sigma_x) - \Phi(D/2\sigma_x)] [\Phi(d + (D/2)/2\sigma_y) - \Phi(d - (D/2)/2\sigma_y)] + \\ + [\Phi(d + (D/2)/2\sigma_x) - \Phi(d - (D/2)/2\sigma_x)] [\Phi(D/2\sigma_y) - \Phi(D/2\sigma_y)] \}, \quad (2)$$

где $\Phi(\xi)$ представляет собой функцию ошибок, или интеграл вероятности

$$\Phi(\xi) = \int_{-\infty}^{\xi} \exp(-x^2) dx,$$

A_1 и A_2 – коэффициенты нормировки, равные $\sigma_x (\pi/2)^{1/2}$ и $\sigma_y (\pi/2)^{1/2}$ соответственно. Аналогично можно рассчитать и полную интенсивность для верхних и боковых элементов. На неадресуемый центральный элемент приходится следующая интегральная интенсивность

$$I_2 = I_0 A_1 A_2 \{ [\Phi(d + (D/2)/2\sigma_x) - \Phi(d - (D/2)/2\sigma_x)] [\Phi(D/2\sigma_y) - \Phi(D/2\sigma_y)] + \\ + 2[\Phi(D/2\sigma_x) - \Phi(D/2\sigma_x)] [\Phi(d + (D/2)/2\sigma_y) - \Phi(d - (D/2)/2\sigma_y)] + \\ + 4[\Phi(d + (D/2)/2\sigma_x) - \Phi(d - (D/2)/2\sigma_x)] [\Phi(d + (D/2)/2\sigma_x) - \Phi(d - (D/2)/2\sigma_x)]. \quad (3)$$

Таким образом, по аналогии с критерием разрешения для однокоординатных АОД, сформулированным в работе [3], можно считать, что двухкоординатный АОД обеспечивает необходимую интегральную разрешающую способность, если одновременно выполняются два следующих условия:

$$I_1 \geq I_{th} + Q \quad (4)$$

и

$$I_2 \leq I_{th} - Q, \quad (5)$$

где I_{th} – пороговая величина интенсивности света, при которой и выше которой пиксель адресуется, а Q – величина, зависящая от заранее заданной вероятности ложной адресации, а также от имеющегося в системе уровня шума. Расчет этой величины уже был проведен для случая акустооптического устройства, реализующего обработку спектра сигнала [2]. Таким образом, сам информационный критерий адресации остался неизменным. Отличие двухкоординатного случая заключается лишь в более сложной формуле, описывающей интегральную интенсивность на адресованном и неадресованном элементах, а также в количестве соседних элементов для каждого из пикселей. Таким образом, при большом количестве измерений измеренная величина распределяется, как и ранее, по нормальному закону, при этом сигналом является среднее значение, а дисперсия распределения есть среднееквадратичное значение шума. Если задана величина вероятности отказа (ложной адресации) $P_{failure}$, то величина превышения сигналом порогового значения Q может быть рассчитана исходя из графика нормального закона по измеренной дисперсии шума σ_n^2 :

$$P_{failure} = (1/2)[1 - \Phi(Q/\sigma_n)]. \quad (6)$$

Отсюда следует, что чем больше превышение порога срабатывания или меньше шумы, тем меньше вероятность ложного срабатывания. Таким образом, рассмотрение расширения информационного подхода к анализу характеристик двухкоординатных акустооптических устройств класса «дефлектор» показало, что существенных изменений введение второй координаты в данном случае не несет. Сама формулировка критерия и основные соотношения остаются теми же, что и в однокоординатном случае, а различия проявляются лишь на стадии предварительных расчетов.

Мы провели сравнение полученных расчетных данных с результатами экспериментального исследования разрешения двухкоординатных АОД, осуществленного в [4]. В этих экспериментах использовалась схема АОД на двух отдельных ячейках Брэгга (рис. 2).

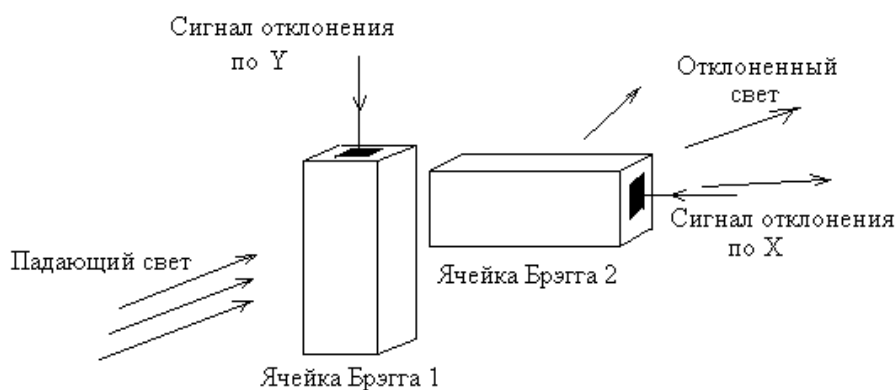


Рис. 2. Схема организации двухкоординатного АОД с отклонением в отдельных ячейках Брэгга по каждой координате.

Недостатком такой схемы является необходимость взаимной юстировки ячеек Брэгга и наличие дополнительных поверхностей раздела, где могут возникать нежелательные блики и потери света. Однако, с одной стороны, на современном уровне развития технологии нанесения просветляющих покрытий эта проблема не столь существенна, а, с другой стороны, данная схема открывает возможность использовать оптимальным образом кристаллографические характеристики для отклонения в каждом из направлений.

В эксперименте основой каждой из ячеек служил монокристалл парателлуриата TeO_2 с присоединенным к нему пьезо преобразователем из ниоба лития. Он обеспечивал возбуждение в парателлуриате медленной сдвиговой волны. При этом пьезопреобразователи были согласованы на центральную частоту рабочего диапазона, составляющую 100 МГц.

С помощью специализированного экспериментального стенда, показанного на рис. 3, были измерены значения интенсивности света на выходе – 5 выборок по 50 реализаций в каждой. Далее вычислялись средние значения в выборках, далее рассматриваемые как значения сигнала, а также среднеквадратичные отклонения от среднего значения, принимаемые в дальнейшем за значения шума.

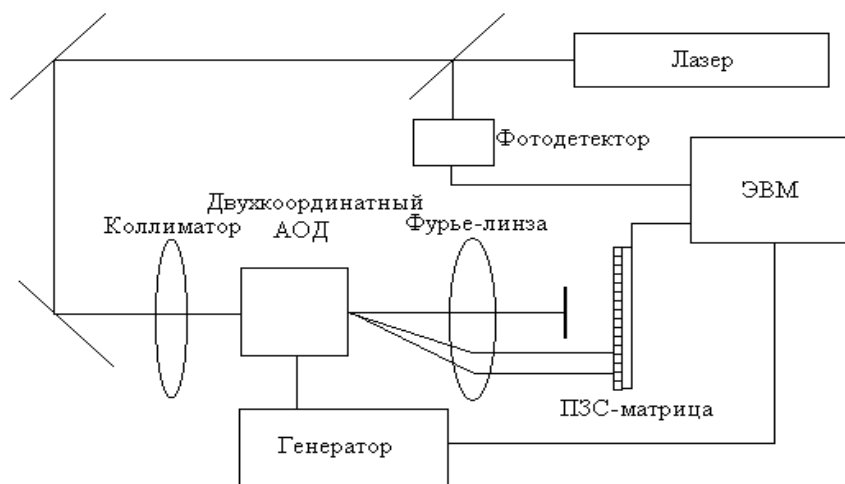


Рис. 3. Блок-схема измерительного стенда, предназначенного для исследования параметров двухкоординатных АОД

Сравнение результатов измерений, приводимых в [4] с расчетными данными, получаемыми по формулам (2) и (3), приводят к выводу о том, что предложенная модель хорошо описывает реальную ситуацию, имевшую место в экспериментах. Приводимые в экспериментах значения вероятности разрешения для различных уровней шума также хорошо согласуются с вероятностью ложной адресации, определяемой по формуле (6).

Таким образом, можно считать, что критерий разрешения двухкоординатного АОД, определяемый формулами (4) и (5), может успешно использоваться при применении таким АОД в ГЗУ.

Литература:

1. Жумалиев К.М., Гуревич С.Б., Гуревич Б.С., Алымкулов С.А., Бекбоев З.. Взаимосвязь акустооптики и голографической памяти. – Наука и новые технологии, 2000, № 2, с. 10-14.
2. Жумалиев К.М., Сагымбаева К.А., Мамырбеков М.Т. Экспериментальное исследование акустооптического перестраиваемого фильтра. – Известия КГТУ им. И.Раззакова, 2011, №24, с. 274-277.
3. Gurevich B.S., Gurevich S.B., Zhumaliev K.M., Akkoziev I.A., and Alymkulov S.A., «Application of acousto-optics in holographic memories», Proceedings of the SPIE, 1999, vol. 3801, pp. 75-82.
4. Gurevich B.S., Andreyev S.V., Burov P.A., Markov V.A., and Sokolov V.N., "Gray scale levels transmission by acousto-optical devices", Proceedings of the SPIE, 1997, vol. 3160, pp. 178-186.