

А. А. Ковалев, С. Н. Жданович, В. Ф. Ярмолицкий, А. И. Конойко

ОПТИМИЗАЦИЯ ОПТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ЗАПИСИ
ФУРЬЕ-ГОЛОГРАММ НА ФОТОНОСИТЕЛИ С РЕЗОНАНСНЫМ
ВИДОМ ПЕРЕДАТОЧНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ

При использовании в системах регистрации оптической информации фотоносителей с резонансным видом передаточной характеристики особое внимание уделяется выбору оптической системы записи. Это обусловлено требованиями к качеству регистрации и восстановления голографического изображения. В работе [1] проведен анализ особенностей применения фототермопластических (ФТП) носителей в оптических системах регистрации больших массивов информации. Здесь наряду с качеством изображения важным вопросом является обеспечение высокой ($\geq 10^4$ бит/мм²) плотности записи. Возможности повышения плотности записи путем использования светосильной оптики ограничены в силу резонансного вида частотно-контрастной передаточной характеристики.

Ранее была показана возможность расширения для ФТП носителей полосы $\Delta\nu$ передаваемых пространственных частот за счет выбора средства теплового воздействия и оптимизации режима импульсного лазерного проявления [2]. Однако это не устраняет задачу согласования проектируемого оптической системой спектра пространственных частот с полосой $\Delta\nu$ передаточной характеристики. Здесь важно не допустить искажений восстановленного голограммой изображения за счет невозпроизведения части пространственных частот на краях передаточной характеристики. В традиционных системах записи с выделенным опорным пучком чаще всего используют объективы с малым относительным отверстием, что приводит к снижению плотности записи.

В работе предложен способ оптимизации системы записи Фурье-голограмм на регистрирующие среды с резонансным видом передаточной характеристики. На рис. 1 представлен конечный каскад оптической системы записи Фурье-голограмм. На нём показаны два варианта схем записи: с выделенным опорным пучком 1 и с опорным пучком 2, идущим через Фурье-объектив.

Плоскости линзы и голограммы обозначены соответственно XOY и $\eta O\xi$. Максимальные (минимальные) углы между интерферирующими пучками – β_{max1} (β_{min1}) и β_{max2} (β_{min2}), n – коэффициент, учитывающий отношение сторон транспаранта. В качестве объекта использовался транспарант размерами 18х18 мм. Он состоял из четырех прямоугольных субматриц ёмкостью 16х16 элементов, образованных прозрачными ячейками диаметром 0.35 мм с шагом 1.5мм. Предположим, что Фурье-преобразование транспаранта осуществляется тонкой линзой. Тогда координаты точек транспаранта на входе и выходе линзы практически совпадают.

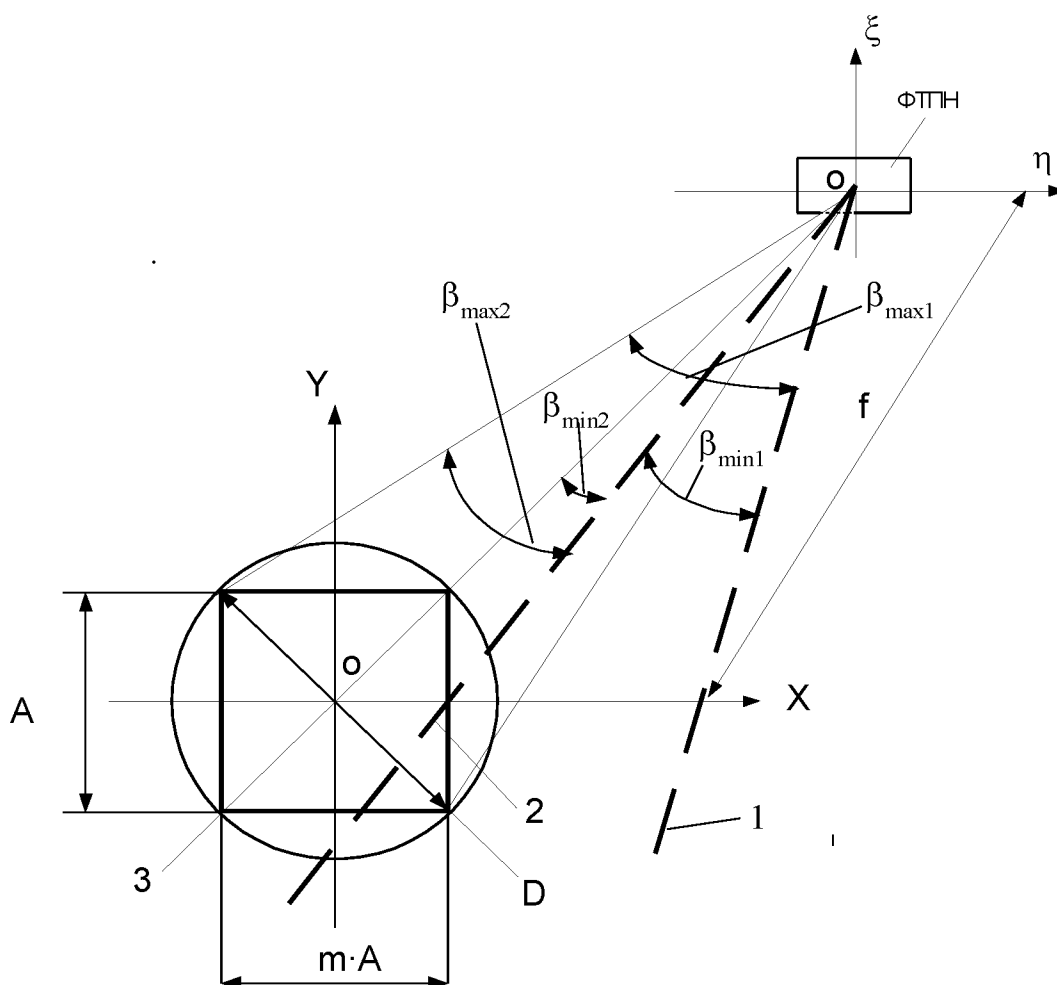


Рис. 1. Конечный каскад оптической системы записи Фурье-голограмм
1 – оптическая ось опорного пучка вне объектива; 2 – оптическая ось опорного пучка, проходящего через объектив; 3 – оптическая ось объектива

Используя приведенные на рисунке обозначения, нетрудно найти минимальные и максимальные углы между опорным и сигнальным пучками для обеих схем:

$$\beta_{max1} = \frac{A\sqrt{4.25}}{f}, \beta_{max2} = \frac{A\sqrt{1.25}}{f}, \beta_{min1} = \frac{A}{f}, \beta_{min2} = \frac{A}{2f}. \quad (1)$$

Пользуясь (1) и зная, что $A = \frac{D}{\sqrt{2}}$, запишем выражения для максимальных (минимальных) пространственных частот интерференционной картины в плоскости записи $\xi O\eta$:

$$v_{max1} = \frac{\sqrt{2.12}}{\lambda} \left(\frac{D}{f} \right)_1, v_{max2} = \frac{\sqrt{0.62}}{\lambda} \left(\frac{D}{f} \right)_2, \\ v_{min1} = \frac{1}{\sqrt{2}} \frac{1}{\lambda} \left(\frac{D}{f} \right)_1, v_{min2} = \frac{1}{2\sqrt{2}} \frac{1}{\lambda} \left(\frac{D}{f} \right)_2. \quad (2)$$

Воспользовавшись (2) запишем выражения для расчета полосы пространственных частот, проецируемых на ФТП носитель в различных схемах записи:

$$\Delta v_1 = v_{max1} - v_{min1} = \frac{1}{\lambda} \left(\frac{D}{f} \right)_1 0.75, \Delta v_2 = v_{max2} - v_{min2} = \frac{1}{\lambda} \left(\frac{D}{f} \right)_2 0.43. \quad (3)$$

При этом учитывалось, что для разделения интермодуляционного шума и восстановленного изображения транспаранта угол между оптической осью объектива записи и опорным пучком (1, 2) должен удовлетворять условию:

$$\beta_0 \geq \arcsin k \frac{A}{2f}, \quad (4)$$

где A – линейный размер стороны транспаранта, f – фокусное расстояние объектива записи, k – коэффициент, зависящий от соотношения интенсивностей опорного и сигнального пучков [3].

Полагая, что $v_{max1} = v_{max2}$, найдем отношение относительных отверстий Фурье-преобразующих объективов, при которых возможна регистрация максимальных пространственных частот голограммы:

$$\left(\frac{D}{f}\right)_2 : \left(\frac{D}{f}\right)_1 = \sqrt{3.4}. \quad (5)$$

Плотность записи информации в голограмме $\rho \sim \left(\frac{D}{f}\right)^2$ [3].

Тогда, несмотря на потерю половины информационной ёмкости транспаранта ($m = 0.5$), схема с опорным пучком, проходящим через Фурье-преобразующий объектив, обеспечивает выигрыш в плотности, равный:

$$\frac{\rho_2}{\rho_1} = m \left[\left(\frac{D}{f}\right)_2 : \left(\frac{D}{f}\right)_1 \right]^2 = 1.5.$$

Проведенный анализ показывает, что при записи голограмм с высокой плотностью, целесообразно использовать объективы с меньшим фокусным расстоянием и применять схему с опорным пучком, идущим через Фурье объектив. Если обеспечение высокой плотности записи не является доминирующим требованием, можно использовать традиционную схему записи с опорным пучком 1. На практике приходится выбирать между достижением высокой плотности и большой информационной емкостью голограммы и требованиями к оптической системе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Черкасов Ю. Н., Чайка А. Н., Александрова Е. Л. и др. Оптическая память со сверхвысокой скоростью ввода информации и предельной емкостью с записью наложенных микроголограмм на фототермопластическом носителе. // Оптический журнал. 1997. Т. 64, № 4. С. 12–18.
2. Ковалев А. А., Жданович С. Н. Влияние условий лазерного проявления на передаточную характеристику и дифракционные свойства фототермопластических носителей при голографической записи оптической информации. // ЖПС. 1990. Т. 52, № 3. С. 489–493.
3. Акаев А. А., Майоров С. А. Когерентные оптические вычислительные машины. Л.: Машиностроение, 1977. 440 с.