

ним присоединяются силы сопротивления почвы динамическому напору со стороны поверхности  $J$  или что те же силы динамического давления почвы на неё.

#### Список литературы:

Аббасов З.М. Анализ процесса полосовой вспашки с одновременным заглаживанием вспаханной поверхности, Гянджа, 2008. Научные труды АСХА, 1 выпуск, стр.3-7.

### РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО СПОСОБА ЗАПИСИ МУЛЬТИПЛЕКСИРОВАННЫХ СПЕКЛ-ГОЛОГРАММ

DOI: [10.31618/ESU.2413-9335.2019.1.62.90](https://doi.org/10.31618/ESU.2413-9335.2019.1.62.90)

**Токонов Акиналы Тургуналиевич**  
старший преподаватель

Кыргызский Государственный Технический Университет им. И. Раззакова  
г. Бишкек, Кыргызская Республика

**Бримкулов Улан Нургазиевич**  
доктор тех. наук, профессор

Кыргызско-Турецкий Университета Манас  
г. Бишкек Кыргызская Республика

### DEVELOPMENT OF THE AUTOMATED METHOD OF RECORDING OF MULTIPLEXED SPECKLE-HOLOGRAMS

**Tokonov Akinaly Turgunaliyevich**

Senior Lecturer, Kyrgyz State Technical University. I. Razzakova  
Bishkek, Kyrgyz Republic

**Brimkulov Ulan Nurgaziyevich**

doctor of those. sciences, professor, Kyrgyz-Turkish Manas University  
Bishkek Kyrgyz Republic

#### АННОТАЦИЯ.

Предложена структурная схема автоматизированного способа записи мультиплексированных Фурье - голограмм спекл – полем. В данном способе транспарант освещается излучением, прошедшим сквозь матовую пластинку, в результате чего освещенность в плоскости транспаранта имеет хорошо известную случайную пятнистую структуру.

Оптическая схема установки построена на основе стандартного голографического стола. В качестве источника когерентного излучения использовался одномодовый аргоновый лазер ЛГ-385 ( $\lambda=0,488$  мкм) с диаметром пучка 1,5 мм. Технология автоматизированной записи мультиплексированных голограмм заключается в следующем, что транспарант и маска освещаются сферической спекл – волной и линза в фокальной плоскости формирует фурье – образы распределений комплексных амплитуд пропускания транспаранта и окошко. Первую голограмму записываем таким образом, что в транспарант вводят нужную информацию и окошко придают исходное состояние и после чего производят экспонирование регистрирующей среды. Для регистрации второй голограммы, достаточно поворачивать окошко в плоскости  $x_1y_1$  вокруг оси  $z$  на определенный угол называемый угол селективности регистрирующей среды.

#### ABSTRACT

A block diagram of an automated method for recording multiplexed Fourier - holograms by a speckle - field is proposed. In this method, the transparency is illuminated by radiation that has passed through a matte plate, as a result of which the illumination in the plane of the transparency has a well-known random spotted structure. The optical installation scheme is based on a standard holographic table. A single-mode argon laser LG-385 ( $\lambda = 0.488$   $\mu\text{m}$ ) with a beam diameter of 1.5 mm was used as a source of coherent radiation. The technology of automated recording of multiplexed holograms is as follows: the transparency and mask are illuminated by a spherical speckle-wave and the lens in the focal plane forms the Fourier-images of the distributions of the complex amplitudes of transmission of the transparency and the window. The first hologram is recorded in such a way that the necessary information is entered into the transparency and the window is given the initial state and then the recording medium is exposed. To register the second hologram, it is enough to turn the window in the  $x_1y_1$  plane around the  $z$  axis through a certain angle, called the angle of selectivity of the recording medium.

**Ключевые слова:** спекл-поля, Фурье-голограмма, транспарант, компьютер, цифровой блок, автоматизированный способ записи, маска с окошком, регистрирующая среда.

**Keywords:** speckle-fields, Fourier hologram, transparency, computer, digital block, automated recording method, mask with window, recording medium.

Регистрация мультиплексированных голограмм на фотополимеризующиеся носители (ФПН)

вызывает несомненный интерес. При последовательном методе регистрации на ФПН мультиплексирование голограмм заключается в проведении

нескольких экспозиций на регистрирующий слой и затем проявления путем нагрева регистрирующего слоя в течение 1 часа при температуре 100 С.

Однако, для локальной записи мультиплексированных голограмм на предварительно обработанный ультрафиолетовым излучением фотополимеризующийся носитель при ИК – нагреве более эффективно применение параллельного метода регистрации за счет устранения влияния неоднородности распределения интенсивности излучения по сечению ИК – пучка на качество проявления голограммы по ее площади. Данный метод также обеспечивает расширение передаточной характеристики и низкий уровень и позволяет получать дифракционную эффективность (ДЭ) для фурье – голограмм  $\eta = 12 - 14\%$ . В связи с этим в данной статье рассматривается вопрос автоматизированного мультиплексирования голограмм.

Автоматизированным способом записывались мультиплексированные фурье – голограммы на ФПН. Получено 4 мультиплексированные фурье – голограммы на одну и ту же позицию носителя при хорошем качестве восстановленного изображения.

Для раздельного восстановления данных с каждой мультиплексированной голограммы необходимо существование признака, по которому бы различалась каждая пара «опорный пучок – записанная голограмма». При этом наличие или отсутствие данного признака у опорного пучка должна быть определяющим фактом в отношении способности этого пучка восстанавливать данную голограмму. Это значит, что наличие такого признака у опорной волны обеспечивает взаимодействие именно с той голограммой, при записи которой принимал участие опорный пучок с волной, обладающей тем же самым признаком. Еще один, не менее важный фактор, чтобы восстанавливающий опорный пучок не взаимодействовал с другими голограммами, при регистрации которых не принимал участие этот опорный пучок. Это требование определяет наличие и отсутствие перекрестных помех при восстановлении голограмм. Необходимое условие для выполнения этого требования – это наличие свойства селективности при восстановлении голограмм. Селективность можно определить [1] как степень изменения опорного пучка относительно исходного опорного пучка использованного при записи голограммы, при котором дифракционная эффективность восстановленной голограммы становится пренебрежимо малой. Понятие пренебрежимо малой дифракционной эффективности должно в данном случае пониматься не по сравнению с максимальной дифракционной эффективностью, к значению которой следует стремиться при

восстановлении необходимой голограммы, а по сравнению со значением, которое достаточно, чтобы внести недопустимые искажения в восстановленные данные с голограммы.

Здесь рассматриваются проблемы автоматизированной мультиплексирования голограмм при конечной развертке опорного пучка вокруг предметного пучка.

Поскольку транспарант освещается излучением, прошедшим сквозь матовую пластинку, в результате чего освещенность в плоскости транспаранта имеет хорошо известную случайную пятнистую структуру, необходимо выяснить, при каких условиях информация, имеющаяся на транспаранте, будет записываться достаточно надежно.

Схема автоматизированной установки для записи мультиплексированных голограмм на ФПН приведена на рис.1.

Оптическая схема установки построена на основе стандартного голографического стола. Компьютер размещать не более 5 м. от стандартного голографического стола, а цифровой блок устеоавливается голографическом столе. В качестве устройства управления использованы цифровые блоки приведенные в [2]. А источником когерентного излучения использовался одномодовый аргонный лазер ЛГ-385 ( $\lambda=0,488$  мкм) с диаметром пучка 1,5 мм. В статье [3] приведен с автоматизированный способ записи Фурье – голограмм спекл полем. Формирующая оптика предметного пучка с изображением случайного рассеивателя в плоскости голограммы также проходит через диффузор. В процессе регистрации мультиплексированных голограмм излучения лазера освещает малую площадь “s” диффузора D. Автоматизированной технологией записи мультиплексированных голограмм заключается в следующем, что транспарант Т и маска q освещаются сферической спекл – волной и линза  $L_2$  в фокальной плоскости uv формирует фурье – образы распределений комплексных амплитуд пропускания транспаранта и окошко q. Первую голограмму записывают таким образом, что в транспарант вводят нужную информацию и окошко придают исходное состояние и после чего производят экспонирование регистрирующей среды.

Для регистрации второй голограммы, достаточно поворачивать окошко в плоскости  $x_1y_1$  вокруг оси z на определенный угол  $\varphi$  - называемый угол селективности регистрирующей среды (рис.2.). Комплексные выражения при этом описываются функциями  $a_2(x_1, y_1)$  и  $r_2(x_1+b, y_1)$  в плоскости  $x_1y_1$ .

Комплексная амплитуда света в плоскости  $x_1y_1$  имеет вид

$$a_1(x_1, y_1) + r_1(x_1, y_1 - b). \quad (1)$$

В плоскость регистрации голограмм uv комплексная амплитуда волны выражается

$$A_1(u, v) + R_1(u, v) \exp(i2\pi vb), \quad (2)$$

где  $A_1(u, v)$  и  $R_1(u, v)$  – соответственно фурье – образы  $a_1(x_1, y_1)$  и  $r_1(x_1, y_1)$ .

Распределение интенсивности описывается выражением

$$I(u, v) = A_1(u, v) A_1^*(u, v) + R_1(u, v) R_1^*(u, v) + A_1(u, v) R_1^*(u, v) \exp(-i2\pi vb) + A_1^*(u, v) R_1(u, v) \exp(i2\pi vb). \quad (3)$$

Третье слагаемое в выражении (3) соответствует действительному изображению объекта. Если голограмму осветить опорной волной  $R_1(u,v)\exp(i2\pi vb)$ , то восстановленная волна в плоскости  $uv$  выражается

$$E_1(u,v) = R_1(u,v) R_1^*(u,v) A_1(u,v). \quad (4)$$

Комплексная амплитуда волны в плоскости  $x_2y_2$  пропорциональна его обратному фурье – образу:

$$e_1(x_2,y_2) = \iint_{uv} R_1(u,v) R_1^*(u,v) A_1(u,v) \exp[-i2\pi(ux_2 + vy_2)] du dv \quad (5)$$

На основании теоремы о автокорреляции, можно записать произведение  $R_1(u,v) R_1^*(u,v)$  в виде

$$R_1(u,v) R_1^*(u,v) = \iint_{x_2y_2} \beta_1(x_2,y_2) \exp[i2\pi(ux_2 + vy_2)] dx_2 dy_2 \quad (6)$$

$$\text{где } \beta_1(x_2,y_2) = \iint_{xy} r_1^*(x,y) r_1(x+x_2, y+y_2) dx dy \quad (7)$$

Тогда  $e_1(x_2,y_2)$  принимает вид

$$e_1(x_2,y_2) = \iint_{uv} \left\{ \iint_{x_2y_2} \beta_1(x_2,y_2) \exp[i2\pi(x_2u + y_2v)] dx_2 dy_2 \iint_{x_2y_2} a_1(x_2,y_2) \exp[i2\pi(x_2u + y_2v)] dx_2 dy_2 \right\} \cdot \exp[-i2\pi(x_2u + y_2v)] du dv \quad (8)$$

Используя, теорему о свертке имеем

$$e_1(x_2,y_2) = \iint_{xy} \beta_1(x,y) a_1(x_2 - x, y_2 - y) dx dy \quad (9)$$

На основании теоретического исследования, можно сделать вывод, что комплексная амплитуда волны в выходной плоскости представляет собой свертку  $a_1(x_2,y_2)$  с функцией автокорреляции пропускания  $r_1(x_2,y_2)$ . Такая свертка дает неискаженное изображение выходного транспаранта  $a_1(x_2,y_2)$ , если автокорреляционная функция  $\beta_1(x_2,y_2)$  представляет собой  $\delta$  - функцию.

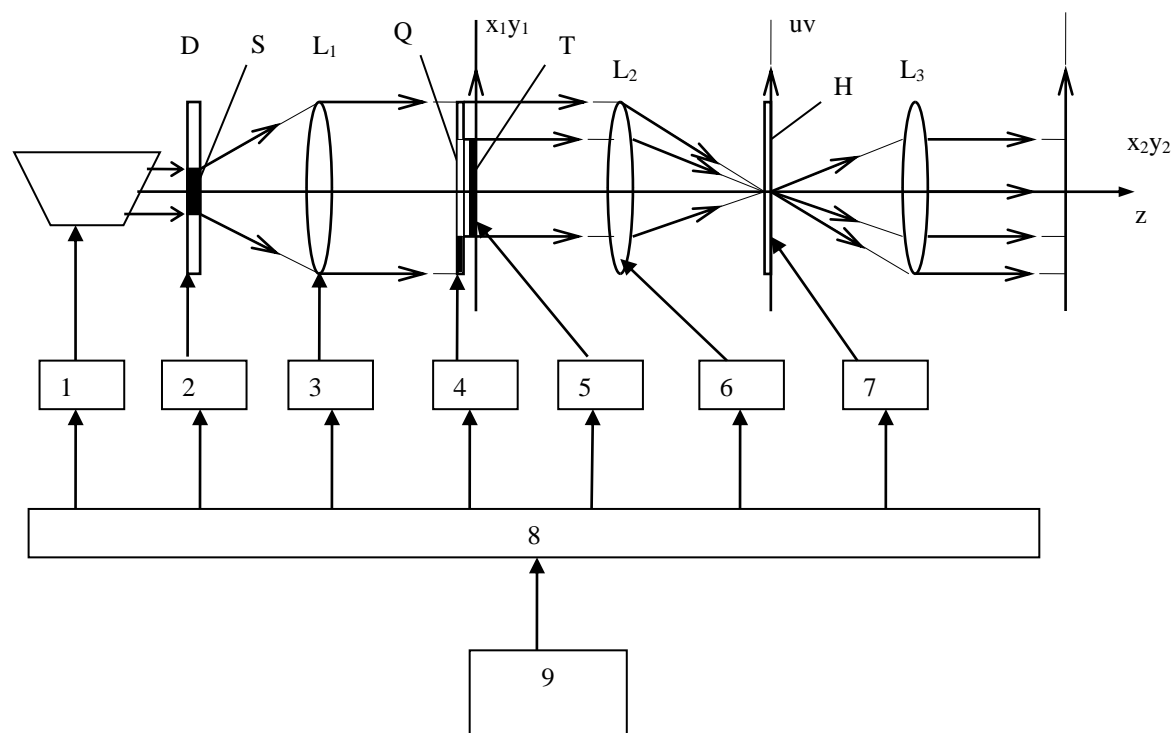


Рис.1. Оптическая схема записи мультиплексированных голограмм спектральной волной.

$I$  – лазерное излучение;  $D$  – диффузор;  $S$  – освещаемая площадь;  $L_1, L_2, L_3$  – линзы;

$Q$  – маска с окошкой;  $T$  – транспарант;  $H$  – регистрирующая среда.

1-7 электронные блоки позволяющие устанавливать оптические элементы нужное положение.

8- устройство управления, 9- компьютер

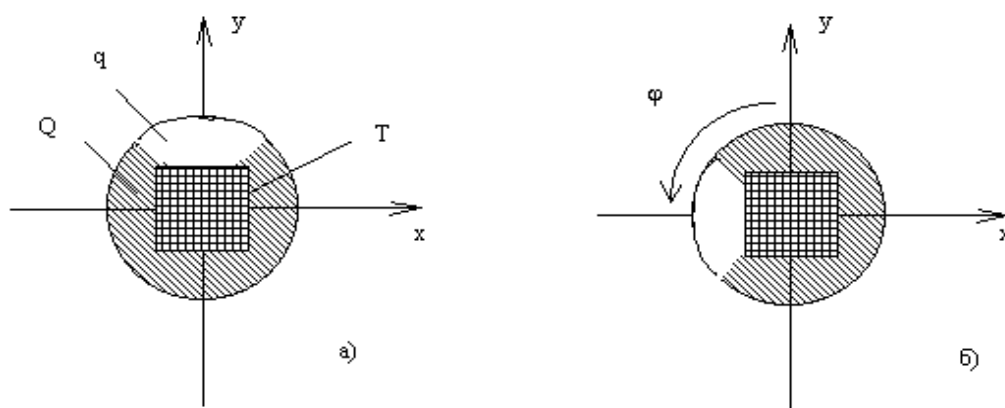


Рис.2. Размещение транспаранта  $T$  и маски  $Q$  с окошком  $q$ .

а) при записи первой голограммы,  $\varphi=0$ .

б) при записи второй голограммы,  $\varphi=90^\circ$ .

### ВЫВОД

Рассмотрена новая технология записи мультиплексированных спекл голограмм с дискретной разверткой опорного пучка вокруг предметного пучка по образующей конуса траектории, при этом для каждой развертки опорный пучок обладает различным случайным фазовым распределением.

Теоретически полученное выражение комплексной амплитуды восстановленного изображения в выходной плоскости для первой голограммы означает, что комплексная амплитуда восстановленного изображения в выходной плоскости представляет собой свертку функции комплексно – спеклового пропускания транспаранта с корреляционной функцией, опорной и восстанавливающей волн. При этом получаем неискаженное изображение выходного транспаранта, если корреляционная функция опорной и восстанавливающей волн представляет собой  $\delta$ - функция. Это достигается, когда опорные и восстанавливающие волны абсолютно идентичны, что определяет селективности записанных голограмм.

Из выведенного выражения комплексной амплитуды восстановленного изображения с учетом действия диффузора следует, что при постоянной интенсивности излучения в плоскости диффузора с увеличением освещаемой площадью “ $S$ ” диффузора линейно возрастает величина комплексной амплитуды восстановленного изображения и площадь фона вокруг изображения в выходной плоскости.

К достоинству метода относятся:

- мультиплексирование осуществляется при одной установке носителя без всяких изменений;
- на этапе записи ряда голограмм остается неизменной геометрия освещения диффузора;
- регистрирующая среда не обязательно должна быть толстым, мультиплексирование голограмм можно осуществить и в тонких регистрирующих средах;
- простота и надежность конструкции.

### Литература

1. Акаев А.А., Жумалиев К.М., Алымкулов С.А. / Регистрация информации на ленточном фототермопластическом носителе/ II-Всесоюзная конференция “Методы оптической обработки информации” Бишкек., 1992.
2. Токонов А.Т., Аспердиева Н.М., / Разработка цифрового блока для способа автоматизированной записи восстановления Фурье-голограмм спекл-полем. / научный и информационный журнал МУИТ, №2, 2019(11), Бишкек.
3. Токонов А.Т., Каримов Б.Т., Аспердиева Н.М., / Автоматизированный способ записи Фурье-голограмм с использованием пространственно-модулированных световых волн. / Известия КГТУ им И. Раззакова, №4, 2018, Бишкек.