07

МЕТОД ЗАПИСИ ИНФОРМАЦИИ НА ОБЪЕМНЫХ НАЛОЖЕННЫХ ГОЛОГРАММАХ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИЙ СЧИТЫВАНИЕ ИНФОРМАЦИИ БЕЗ ИСКАЖЕНИЙ И ЕЕ АССОЦИАТИВНЫЙ ПОИСК

В.В. Орлов

Известно, что оптическая запись информации в объемной регистрирующей среде могла бы обеспечить наибольшую информационную емкость и плотность записи информации [1]. При этом в качестве наиболее перспективного принципа записи информации рассматривается голография. Однако, существующие голографические методы записи информации не позволяют восстанавливать информацию с объемных голограмм без искажений, обусловленных, в частности, интермодуляционной структурой голограммы [2].

В настоящей работе предложен метод записи информации на объемных наложенных голограммах, обеспечивающий, в приближении модовой теории объемных голограмм [3, 4], считывание информации без искажений и ассоциативный поиск информации, при 100 % дифракционной эффективности голограмм и отсутствии у них интермодуляционной структуры.

Пусть подлежащая записи информация представлена в виде матрицы, содержащей $L \cdot N$, вообще говоря, комплексных чисел

$$\hat{A}_0 = \begin{pmatrix} a_{1,1} & a_{1,2} \dots & a_{1,N} \\ a_{2,1} & a_{2,2} \dots & a_{2,N} \\ \cdot & \cdot \;\; \dots & \cdot \\ a_{L,1} & a_{L,2} \dots & a_{L,N} \end{pmatrix}. \tag{1}$$

Для записи информации на голограммах матрица A_0 преобразуется в унитарную матрицу, содержащую ту же самую информацию, что и матрица $\hat{A}_0$. Как известно, для унитарности матрицы необходимо и достаточно, чтобы у квадратной матрицы все ее вектор-строки были бы ортонормированы [5]. Преобразование сначала состоит в расширении матрицы $\hat{A}_0$ до квадратной матрицы порядка $L + N - 1$

$$\hat{A}_1 = \begin{pmatrix} a_{1,1} & a_{1,2} & \dots & a_{1,N} & \dots & a_{1,N+L-1} \\ a_{2,1} & a_{2,2} & \dots & a_{2,N} & \dots & a_{2,N+L-1} \\ \cdot & \cdot & \dots & \cdot & \dots & \cdot \\ a_{L,1} & a_{L,2} & \dots & a_{L,N} & \dots & a_{L,N+L-1} \\ a_{L+1,1} & a_{L+1,2} & \dots & a_{L+1,N} & \dots & a_{L+1,N+L-1} \\ \cdot & \cdot & \dots & \cdot & \dots & \cdot \\ a_{L+N-1,1} & a_{L+N-1,2} & \dots & a_{L+N-1,N} & \dots & a_{L+N-1,N+L-1} \end{pmatrix}. \tag{2}$$

где в левом верхнем углу находятся элементы матрицы $\hat{A}_0$, содержащие информацию. Остальные элементы матрицы $\hat{A}_1$, находящиеся в вектор-строках с $L+1$ по $L+N-1$, или в вектор-столбцах с $N+1$ по $N+L-1$, информации не содержат. Их значения находятся из условия взаимной ортогональности всех вектор-строк матрицы $\hat{A}_1$, что приводит к системе из $\frac{1}{2}\ (L+N)(L+N-1)$ линейных уравнений, относительно элементов матрицы не содержащих информации. При этом решение всегда существует и оно не единственно, поскольку число неизвестных превышает число уравнений системы. После ортогонализации вектор-строки матрицы $\hat{A}_1$ нормируются, что можно представить, как умножение матрицы $\hat{A}_1$ на диагональную матрицу, содержащую соответствующие коэффициенты нормировки

$$\hat{A}_2 = \begin{pmatrix} k_1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & k_2 & \cdots & 0 \\ \cdot & \cdot & \cdots & \cdot \\ 0 & 0 & \cdots & k_{L+N-1} \end{pmatrix} \hat{A}_1 . \qquad (3)$$

Информация, представленная в виде унитарной матрицы $\hat{A}_2$, записывается на объемных наложенных голограммах. При этом в качестве объектов используется одна и та же для всех наложенных голограмм система из $L+N-1$ точечных источников, формирующих плоские волны; в качестве опорных источников, для первых L наложенных голограмм, используются, для каждой голограммы свой, точечные опорные источники, формирующие плоские опорные волны. Остальные наложенные голограммы записываются без опорных волн. Комплексные амплитуды объектных источников при записи i-й наложенной голограммы ($i = 1, 2, 3, \ldots, L+N-1$) принимают значения равные значениям i-й вектор-строки матрицы $\hat{A}_2$.

Полученные объемные наложенные голограммы, согласно результатам представленным в работах [6–8], не имеют интермодуляционной структуры, обусловленной интерференцией точек объектов друг с другом, в случае записи фазовых голограмм могут иметь 100 % дифракционную эффективность и восстанавливают объектное волновое поле без искажений. При этом у первых L голограмм первые N плоских волн восстановленного поля имеют комплексные амплитуды, пропорциональные значениям соответствующих вектор-строк информационной матрицы $\hat{A}_0$.

На основе полученных предложенным методом объемных наложенных голограмм может быть создана ассоциативная память, позволяющая восстанавливать ту информацию, из всей записанной на голограммах, которая наиболее близка по содержанию к информации, поступившей на вход памяти. Поиск адреса информации, т.е. номера наложенной голограммы, осуществляется путем освещения голограмм первыми N объектными источниками, воспроизводящими комплексные амплитуды вектора информации, поступившего на вход памяти. При этом наложенные голограммы восстановят опорные волны, комплексные амплитуды которых согласно [6–8], пропорциональны скалярному произведению вектора информации, поступившего на вход памяти, с вектор-строками унитарной матрицы $\hat{A}_2$. Умножение полученных скалярных произведений на коэффициенты обратные соответствующим коэффициентам, использованным в соотношении (3) для нормировки, дает скалярные произведения вектора информации, поступившего на вход памяти, с вектор-строками информационной матрицы $\hat{A}_0$. Максимальный из модулей последних скалярных произведений определяет адрес наиболее близкой по содержанию информации, которая затем восстанавливается путем освещения голограмм соответствующим опорным источником.

Список литературы

[1] Van Heerden P.J. // Appl. Optics. 1963. V. 2. N 4. P. 393-400.

[2] Зельдович Я.Б., Шкунов В.В., Яковлева Т.В. В кн.: Проблемы оптической голографии. Л., 1981. С. 80-87.

[3] Сидорович В.Г. // ЖТФ. 1976. Т. 46. В. 6. С. 1306-1312.

[4] Лещев А.А., Сидорович В.Г. // Оптика и спектроскопия. 1978. Т. 44. В. 2. С. 302-308.

[5] Виноградов И.М. Математическая энциклопедия. М., 1986. Т. 5. 1248 с.

[6] Орлов В.В. // Письма в ЖТФ. 1990. Т. 16. В. 2. С. 9-12.

[7] Денисюк Ю.Н., Орлов В.В. В кн.: Голографически оптические элементы и системы. С.-Петербург (в печати).

[8] Орлов В.В. // ЖТФ. 1992. Т. 62. В. 8 (в печати).

Поступило в Редакцию
26 июня 1992 г.