

О МУЛЬТИПЛИЦИРОВАНИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ
С ПОМОЩЬЮ ОДНОСЕВЫХ ГОЛОГРАММ

Г. Н. Буйнов, И. Е. Кит, К. С. Мустафин и М. И. Саврасова

Экспериментально показана возможность использования голограммы совокупности точечных источников, снятой путем последовательного голографирования одного и того же точечного источника, для получения многократных идентичных изображений транспаранта.

В ряде работ [1-6] для получения мультиплицированных изображений транспарантов предлагается использовать голограммы системы точечных источников, полученные по двухосевой схеме голографирования. Однако такие голограммы в общем обладают анаморфотными свойствами и формируют искаженные изображения. Это обстоятельство затрудняет возможность применения их для изготовления фотошаблонов интегральных схем.

В [7] была показана возможность использования одноосевой голограммы набора точечных источников для получения неискаженных мультиплицированных изображений транспаранта. При этом голограмма была получена путем одновременного голографирования всей совокупности идентичных точечных источников когерентного излучения. Такая голограмма, однако, также не свободна от недостатков. Так, например, многократное переналожение излучения от отдельных источников, особенно в центре голограммы, неизбежно ведет к неравномерной интенсивности восстановленных изображений и снижению их контраста. Кроме того, практически очень сложно осуществить большое число одинаковых по размерам и интенсивности точечных источников. Следует отметить также, что в этом случае возможно получение голограмм лишь со сравнительно небольшой угловой апертурой. Эти же затруднения в той или иной мере встречаются при изготовлении голограмм совокупности точечных источников по двухосевой схеме [1-6].

В настоящей работе изложены результаты экспериментов по мультиплицированию изображений с использованием голограммы-мультипликатора, полученной по одноосевой схеме путем последовательного голографирования одного и того же точечного источника таким образом, чтобы отдельные голограммы лишь незначительно перекрывались друг другом. Очевидно, что при изготовлении голограммы таким способом отмеченные выше недостатки не имеют места.

Голограмма была получена по схеме типа интерферометра Цендера—Маха. Точечный источник формировался с помощью микрообъектива (объектив 10× из комплекта микроскопа МБИ-3), освещенного коллимированным лазерным пучком. Опорный волновой фронт был плоским. Фотопластинка (типа Kodak 649F) располагалась перпендикулярно опорному пучку. Диаметр и фокусное расстояние голограммы можно было менять изменением расстояния от микрообъектива до фотопластинки. Между экспозициями отдельных голограмм фотопластинку можно было перемещать в двух взаимно перпендикулярных направлениях параллельно плоскости фотопластинки. Постоянство экспозиции голограмм обеспечи-

валось с точностью до 1% использованием специально изготовленного для этой цели автоматического экспозиметра.

На рис. 1 представлена оптическая схема установки для мультиплицирования изображений. Объект 1 освещается излучением ртутной лампы ДРШ-250 ($\lambda=546$ нм). Излучение от объекта 1, коллимированное с помощью объектива 3 (типа И-37; $f'=300$ мм; диаметр выходного пучка 60 мм), падает на голограмму 4, в фокальной плоскости которой формируются многократные изображения объекта 6. Диафрагма 2 служит для ограничения размеров объекта. С целью уменьшения фоновой засветки фотопластинки на расстоянии 0.5 мм от фокальной плоскости 6 голограммы 4 установлена система диафрагм 5.

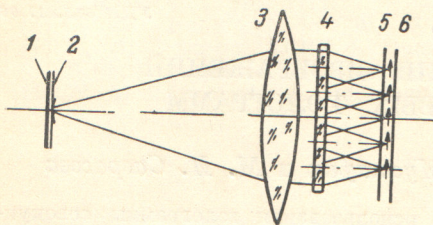


Рис. 1. Оптическая схема установки для мультиплицирования изображений объекта.

1 — объект, 2 — диафрагма, 3 — объектив, 4 — голограмма-мультипликатор, 5 — система диафрагм, 6 — плоскость мультиплицированных изображений.

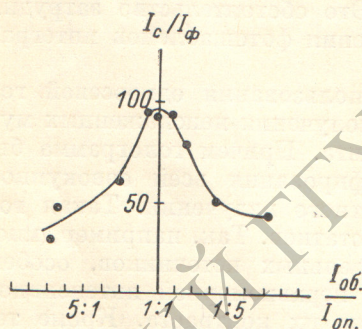


Рис. 2. Зависимость отношения I_c/I_ϕ от соотношения интенсивностей сигнального и опорного пучков $I_{об.}/I_{оп.}$ при получении голограммы. $S_{гол.} = 0$.

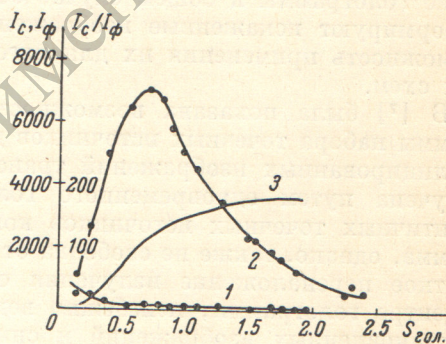


Рис. 3. Зависимость интенсивностей I_c , I_ϕ и их отношения от средней плотности почернения голограммы $S_{гол.}$. 1 — I_ϕ , 2 — I_c , 3 — I_c/I_ϕ .

объекта 1, а также от соотношения размеров объекта 1 и его изображения 6. Кроме того, контраст изображений зависит от плотности почернения и дифракционной эффективности голограммы 4.

С целью получения высококачественных контрастных и идентичных мультиплицированных изображений были определены оптимальные условия голографирования при получении голограммы-мультипликатора. Для этого была исследована зависимость интенсивности фона I_ϕ и сформированного изображения I_c от средней плотности почернения голограммы $S_{гол.}$ и отношения интенсивностей объектного и опорного пучков при голографировании $I_{об.}/I_{оп.}$. Были изготовлены голограммы диаметром 6 мм и фокусом $f_T=13$ мм (для $\lambda=632.8$ нм) точечного источника с плоской опорной волной при различных экспозициях и отношениях $I_{об.}/I_{оп.}$. Формирование изображений с помощью таких голограмм проводилось по схеме, представленной на рис. 1. Вместо фотопластинки 6 и системы диафрагм 5 был установлен ФЭУ с диафрагмой перед фотокатодом, расположенной в фокальной плоскости 6 голограммы 4. Диаметр диафрагмы был несколько меньше минимального размера формируемого голограммой изображения.

Интенсивность фона измерялась вблизи изображения объекта. Площадь светящейся части объекта [площадь диафрагмы 2 на рис. 1] была 16 мм².

На рис. 2 приведена зависимость отношения I_c/I_ϕ от отношения интенсивностей $I_{об.}/I_{он.}$ при постоянной плотности почернения голограммы $S_{гол.}=0.6$. Как видно из этого рисунка, отношение I_c/I_ϕ максимально при $I_{об.}/I_{он.}=1:1$.

На рис. 3 приведены кривые зависимости интенсивности фона I_ϕ , сформированного изображения I_c и их отношения I_c/I_ϕ от плотности

почернения голограммы (кривые 1, 2 и 3 соответственно) при $I_{об.}/I_{он.}=1:1$. Как видно из рис. 3, интенсивность изображения максимальна при $S_{гол.}=0.7$. При этом отношение $I_c/I_\phi \approx 100$, что позволяет получить изображения с высоким контрастом. Следует напомнить, однако, что отношение I_c/I_ϕ уменьшается с увеличением площади светящейся поверхности объекта 1. В соответствии с полученными результатами голограмма-мультипликатор была изготовлена со сле-

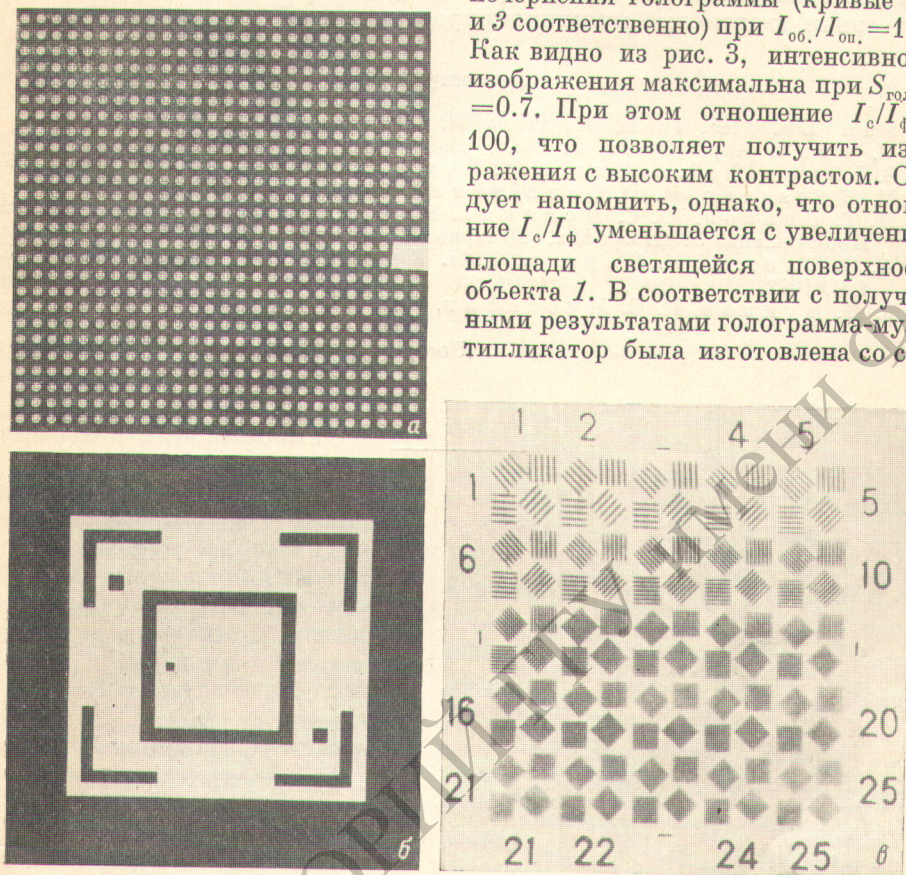


Рис. 4. Снимки мультиплицированных изображений.

а — мультиплицированные изображения, б — одно из мультиплицированных изображений, увеличение $\sim 50\times$; в — одно из мультиплицированных изображений мира № 4 (увеличение $\sim 140\times$).

дующими параметрами: $S_{гол.} \approx 0.6$; $I_{об.}/I_{он.} \approx 1:1$, диаметр отдельной элементарной голограммы 5.2 мм, $f_r=15$ мм ($\lambda=546$ нм), шаг 3.5 мм, общее число голограмм 13×13 .

С помощью такой голограммы проводилось мультиплицирование изображений по схеме рис. 1. При этом применялся метод синхронного сканирования объекта и фотопластинки [7], который позволяет получать изображения протяженных объектов с сохранением высокого контраста и разрешения. Мультиплицирование проводилось с уменьшением $20\times$, равным отношению фокусных расстояний объектива 3 и голограммы 4.

На рис. 4, а приведен снимок мультиплицированных изображений (26×26 , всего 676 изображений) транспаранта, содержащего 4 одинаковых рисунка. На рис. 4, б приведен снимок одного из мультиплицированных изображений (увеличение $\sim 50\times$). Все изображения идентичны по плотности почернения, что обеспечивается равномерностью интенсивности

пучка, выходящего из объектива \mathcal{E} , и идентичностью элементарных голограмм в голограмме-мультипликаторе.

Максимальное разрешение определялось путем мультиплицирования изображений штриховой миры. На рис. 4, в приведен снимок (увеличение $\sim 140\times$) одного из мультиплицированных изображений стандартной миры № 4. Во всех изображениях с достаточной четкостью разрешены штрихи решеток № 16, имеющих период ~ 3.5 мкм.

Таким образом, одноосевой голограммный растр, изготовленный методом последовательного голографирования, позволяет получать высококачественные идентичные мультиплицированные изображения.

Литература

- [1] Sun L u. Proc. IEEE, 56, 416, 1968.
- [2] G. Groh. Appl. Optics, 7, 1643, 1968.
- [3] S. Lowenthal, A. Werts, M. Rembault. Compt. rend., 267, 120, 1969.
- [4] M. Rousseau, M. D. Canals-Frau. Compt. rend., 267, B-643, 1969.
- [5] Н. Г. Власов, Ю. С. Мосякин. Репрография, Оперативная полиграфия, Промышленная фотография, Материалы семинара. М., 1969.
- [6] А. С. Блок, Л. П. Карпов, Э. И. Крупицкий. Опт. и спектр., 33, 149, 1972.
- [7] Г. Н. Буйнов, К. С. Мустафин. Опт. и спектр., 34, 936, 1973.

Поступило в Редакцию 19 февраля 1973 г.