

10. I. N. Latta. Analysis of Multiple Hologram Optical Elements with Low Dispersion and Low Aberrations.— *Applied Optics*, 1972, v. 11, № 8.
11. Г. Н. Буйнов, Р. К. Гизатуллин, К. С. Мустафин. Исследование влияния аберраций голограмм на качество изображения.— *Оптика и спектроскопия*, 1973, т. 34, вып. 4.
12. К. С. Мустафин. Аберрации тонких голограмм, изготовленных на сферической подложке.— *Оптика и спектроскопия*, 1973, т. 34, вып. 6.
13. R. Pawluczyk. Holographic Imaging of a Point Object in Higher Diffraction Orders.— *Optica Acta*, 1972, v. 19, № 4.
14. Г. Н. Буйнов, А. В. Лукин, К. С. Мустафин. Об использовании нелинейных эффектов голограмм, применяемых в качестве оптических элементов.— *Оптическая голография*. Л., ДНТП, 1972.

Поступила в редакцию 7 марта 1973 г.

© Новосибирск. «Автометрия», 1973.

УДК 621.378.9 : 778.4

Х. ЛЕНК, Х. САНДЕРС, Ф. ХОДАМ

(Берлин)

УНИВЕРСАЛЬНАЯ ГОЛОГРАФИЧЕСКАЯ КАМЕРА

При построении голокамеры мы преследовали цель создать лабораторный прибор, соединяющий в себе простоту обслуживания с универсальностью в выборе метода голографирования. При этом предполагалось, что исследователи, для которых голография является вспомогательным средством, получат устройство, не требующее больших экспериментальных навыков.

При выполнении оптической схемы мы стремились использовать минимум оптических элементов и при переходе от одного метода голографирования к другому оперировать одними и теми же стандартными блоками. Оптическая схема для получения голограмм Френеля в проходящем и отраженном свете представлена на рис. 1 и 2.

Свет от лазера 1 (см. рис. 1) поступает в интерферометр по пути 2—3 и 2—5'. После отражения от зеркал 3 и 5' пучки проходят поляризационные устройства 4 и 6 и коллиматоры 5, 7. Голографируемый прозрачный объект помещается в точке 8, а голограмма Френеля фиксируется фотопластинкой 9. Для наблюдения поля интерференции служит наблюдательная система 10.

Коллиматоры 5 и 7 состоят из микрообъективов для расширения пучка и астрообъективов диаметром 110 мм и фокусом 750 мм. Поляризационные устройства 4 и 6 служат для выравнивания интенсивностей интерферирующих пучков. После голограммы в схеме

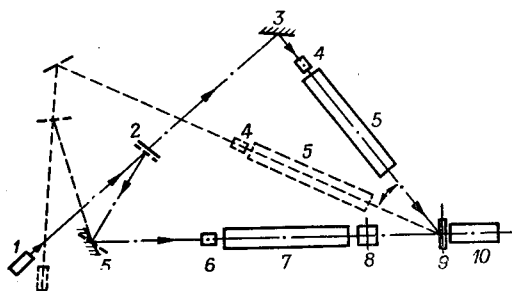


Рис. 1.

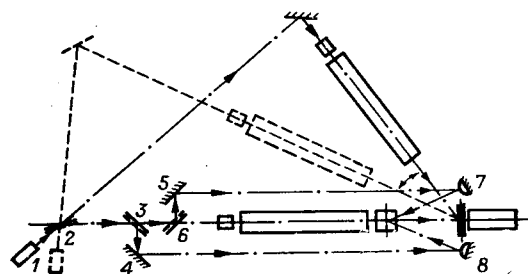


Рис. 2.

установлена наблюдательная система 10. Она представляет собой телескопическую лупу с увеличением $4,3\times$, которую можно перемещать вдоль оптической оси и рассматривать по глубине части голограммного изображения. Передний отрезок лупы равен 300 мм.

Для съемки мнимых и действительных изображений используется обычная микрофотографическая камера с объективом Тессар 4,5/210 мм. Изображение объекта наблюдают на матовом стекле и путем смещения объектива и матового стекла (фотопластинки) меняют масштаб изображения до нужных размеров.

В приборе предусмотрена работа с двумя пространственными частотами 1300 и 670 лин/мм. При переходе к меньшей пространственной частоте оптическая схема (см. рис. 1) трансформируется простыми механическими движениями. Ход лучей для частоты 670 лин/мм показан на рис. 1 штриховыми линиями.

Оптическая схема камеры для работы в отраженном свете представлена на рис. 2. Референтные пути аналогичны схеме рис. 1. Для освещения объекта используют блок вспомогательных зеркал 3, 4 и 5, 6, разделяющий входной пучок на два. Для оптимального освещения предусмотрены дополнительные сферические зеркала 7 и 8. В принципе возможно переходить от одного метода к другому, осуществляя простые манипуляции с блоками стандартных элементов. В связи с этим часть зеркал смонтирована постоянно, а другая может быть повернута на определенный угол.

Оптические элементы прибора располагаются в стабильном, с ребрами жесткости корпусе, установленном на массивном бетонном основании. На рис. 3 показан внешний вид устройства с поднятой верхней крышкой. На переднем плане виден стол для закрепления объектов. Стол имеет возможность перемещений по трем координатам в пределах $50\times 50\times 50$ мм. Величину перемещения можно отсчитать с точностью до 0,01 мм. При измерении изображений используют проектор, который проецирует освещенную марку в плоскость объекта.

Благодаря разнообразным конструктивным особенностям прибор позволяет производить основные голографические эксперименты и

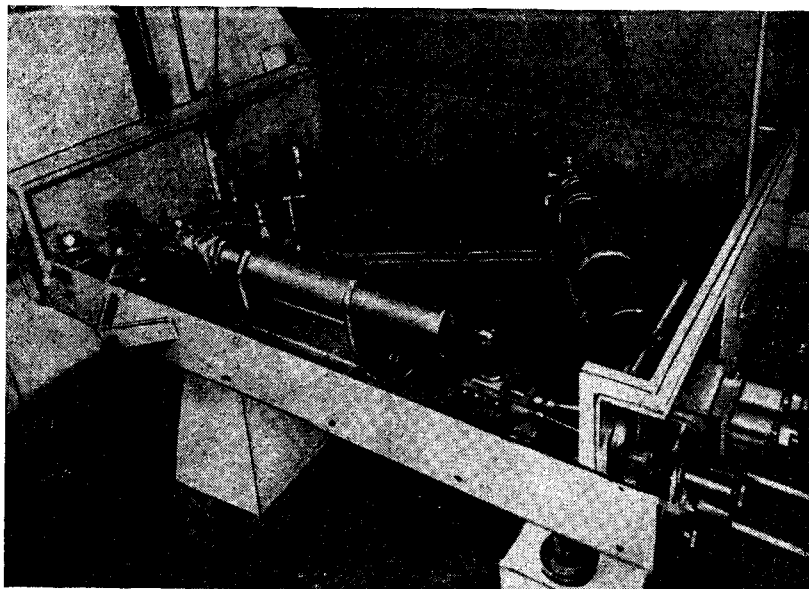


Рис. 3.

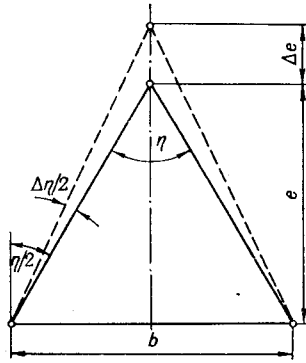


Рис. 4.

демонстрации. Если на предметный столик установить прозрачную кювету, то при импульсной подсветке появляется возможность исследовать распределение частиц в газовых и биологических средах. Определение поляризационно-оптических констант и выявление фазовых неоднородностей прозрачных объектов производится при непрерывном и импульсном освещении. При исследовании объектов в отраженном свете представляет интерес соединение голографических методов с фотограмметрическими измерениями. Методы голографической интерферометрии формы и деформации объектов могут быть легко реализованы благодаря применению специальных фотографических кассет.

Голография может служить средством упрощения фотограмметрических измерений [1—4], так как не требуются объективы с различным фокусным расстоянием и не возникает проблем, связанных с глубиной резкости изображения. На результаты визуальных измерений голографических изображений существенную роль оказывает неоднородность голограмм. Средняя ошибка в определении координат по осям x , y , и z составляет обычно 0,3; 0,3 и 0,1 мм соответственно. Наши предварительные измерения (расстояние до объекта 300 мм и база 65 мм) для координаты z дали среднюю ошибку 0,2—0,3 мм. Ясно, что эта погрешность может быть уменьшена.

На рис. 4 через b обозначена база измеряемого объекта; e — расстояние от зрочка до предмета и η — угол конвергенции. Тогда

$$e = b/2 \operatorname{tg} \eta/2. \quad (1)$$

После дифференцирования (1) погрешность в определении расстояния может быть представлена

$$\Delta e = \pm \frac{5e^2 \cdot 10^{-6}}{b} \Delta \eta, \quad (2)$$

где $\Delta \eta$ — нониальная острота глаза в секундах, которую мы для нашего случая принимаем равной $20''$. Если измеряется отрезок длины, расположенный между двумя точками, то погрешность измерений, например, для $e = 325$ мм составляет 0,23 мм. При наблюдении измеряемого объекта через оптическую систему с увеличением Γ погрешность измерения равна

$$\Delta e = \pm \frac{5e^2 \cdot 10^{-6}}{b\Gamma} \Delta \eta. \quad (3)$$

В нашем случае увеличение телескопической лупы $\Gamma = 4,3^\times$, поэтому при измерении по z -координате погрешность составит $\pm 0,1$ мм. Разброс экспериментальных результатов был в пределах $\pm 0,05$ мм.

ЛИТЕРАТУРА

1. Pavlingin, III Schule für Holographie. Uljanowsk, 1971.
2. E. Mikhail u. a. Symp. Photogramm. Urbana, 1971.
3. M. K. Kurtz. Thesis Purdue — Univ., 1971.
4. D. O'Connor. Laser 2/1972, S. 33.

Поступила в редакцию
16 апреля 1973 г.