

В. И. ГУЖОВ, А. Г. КОЗАЧОК, Е. Г. ЛОПАРЕВ,
М. Г. ОРЛОВ, В. В. ЧЕРНОВРОВИН
(Новосибирск)

ГОЛОГРАФИЧЕСКАЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА
ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОЛЯ РАЗНОСТИ ФАЗ
МЕТОДОМ ВНЕСЕНИЯ КОНТРОЛИРУЕМОГО ФАЗОВОГО СДВИГА

Необходимость регистрации и выделения волнового фронта составного излучения возникает при решении задач тестирования оптики и голографических оптических элементов, измерения комплексного пропускания газа, плазмы или биологических объектов, неразрушающего контроля в механике и т. п. Наиболее широко используемые методы основаны на принципе голографической интерферометрии. При интерференции двух фронтов получается поле, представляющее собой картину полос, в которой заключена информация о фазе. Обычный метод расшифровки состоит в выделении середины полос, вдоль которых имеется приоритетная информация о разности фаз. Значения разности фаз в точках между серединами полос определяются применением нелинейной интерполяции. Недостаточная точность известных алгоритмов выделения середины полос и погрешности, возникающие при интерполяции, приводят к ошибкам в определении поля разности фаз. Особенно велики такие ошибки при небольшом числе полос.

Для уменьшения подобных ошибок желательно вычислять величину разности фаз в каждой точке непосредственно. Одним из путей решения этой проблемы является применение метода квазиинтерференции [1-3]. Метод основан на подходе, при котором интерферограмма описывается уравнением с неизвестными амплитудами волновых полей и разностью фаз в каждой точке. Меняя фазу одного из фронтов на контролируемую величину, получим систему трех независимых уравнений, из которых поле фазовых разностей в каждой точке определится следующим образом:

$$\Phi(x, y) = \arctg \frac{(I_3 - I_2) \cos \Phi_1 + (I_1 - I_3) \cos \Phi_2 + (I_2 - I_1) \cos \Phi_3}{(I_3 - I_2) \sin \Phi_1 + (I_1 - I_3) \sin \Phi_2 + (I_2 - I_1) \sin \Phi_3}, \quad (1)$$

где Φ_1, Φ_2, Φ_3 — контролируемые изменения фазы; I_1, I_2, I_3 — значения интенсивности в точках x, y на интерферограммах, полученных при соответствующих сдвигах. Фаза, рассчитанная по (1), определена с точностью до 2π . Полная фаза

$$\Phi'(x, y) = \Phi(x, y) + 2\pi N(x, y), \quad (2)$$

где $N(x, y)$ — целое число, показывающее, сколько раз добавляется 2π в точке x, y . Для случая, когда зоны перехода фазы непрерывны в поле кадра вводимого изображения, нам удалось построить полностью автоматический алгоритм разрывания фазы, состоящий из следующих шагов: 1) поиск непрерывных зон, в которых фаза меняется в пределах 2π ; 2) определение знака очередной добавки по поведению внутри зоны; 3) вычисление полной фазы $\Phi'(x, y)$.

В Новосибирском электротехническом институте на основе [4] создана измерительная система для реализации подобной методики. На рис. 1 показана блок-

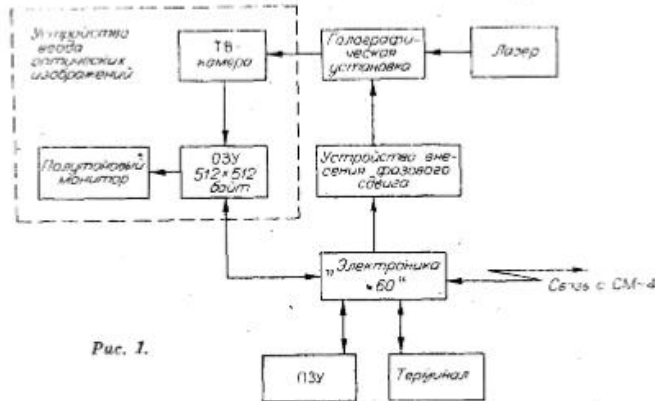


Рис. 1.

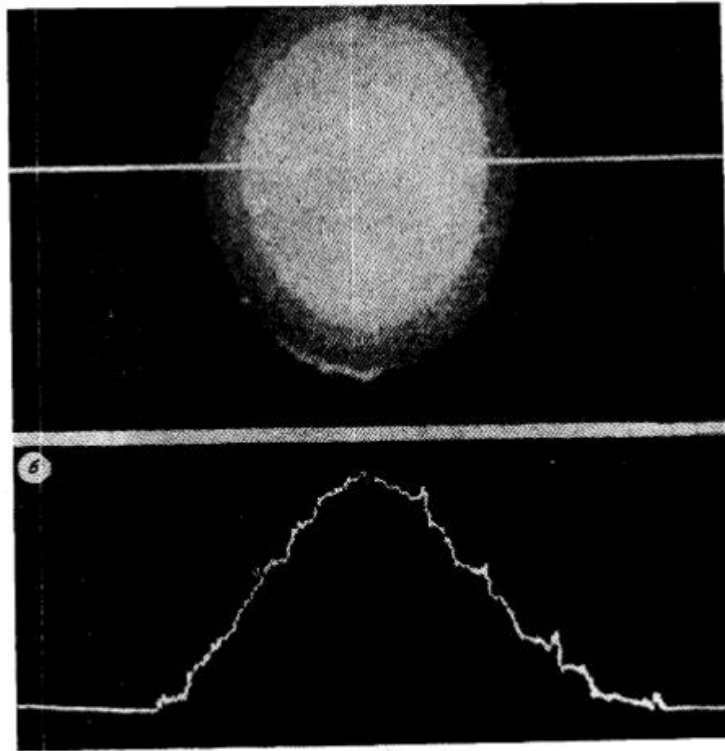


Рис. 2.

схема системы. Система состоит из голографического интерферометра, устройства для ввода и обработки изображений, устройства для внесения контролируемого сдвига фаз и управляющей микроЭВМ «Электроника 60». Фазовый сдвиг вносится с помощью зеркала, закрепленного на пьезокерамике. Для внесения контролируемого сдвига на пьезокерамику подается напряжение через цифроаналоговый преобразователь от микроЭВМ. В качестве устройства ввода применяется описанная в [5, 6] система для ввода и интерактивной обработки изображений, позволяющая в режиме видеокдра вводить и запоминать в собственном ОЗУ до 8 изображений в формате 512×512 точек. Одновременно содержимое ОЗУ отображается на полудупном дисплее для контроля за качеством ввода. К ОЗУ системы имеет доступ микроЭВМ, в ПЗУ которой хранятся программы, обеспечивающие определение разности фаз по серии из трех интерферограмм. С помощью последовательной линии связи «Электроника 60» соединена с универсальной системой для обработки изображений на базе УВК СМ-4 [4], что позволяет использовать полученные поля разностей фаз для дальнейшей обработки.

Возможности описываемой системы экспериментально проверялись при решении задачи о прогибе круглой мембраны, жестко закрепленной по краям и нагруженной в центре сосредоточенной силой. В эксперименте использовалась мембрана, имеющая диаметр 42 мм и толщину 0,5 мм, изготовленная из материала Д16Т. Объект освещался гелий-неоновым лазером ($\lambda = 6328$ нм). Интерферограммы были получены с помощью интерферометра Майкельсона методом реального времени. В тракте опорного пучка интерферометра для внесения фазового сдвига помещалось зеркало, закрепленное на пьезокерамике.

На рис. 2 показаны результаты расшифровки: а — результирующее поле прогиба мембраны, б — график прогиба вдоль указанного на рис. 2, а сечения. Время полной обработки составляет 1 мин.

Применение подобной системы позволяет полностью автоматизировать расшифровку интерферограмм при решении задач методами голографической интерферометрии в реальном времени.

ЛИТЕРАТУРА

1. Schmidt-Weinmar H. G. Spatial distribution of magnitude and phase of optical — wave fields. — JOSA, 1973, v. 63, N 5, p. 547—555.
2. Hariharan P., Oreb V. F., Brown N. Real — time holographic interferometry: a micro-computer system for the measurement of vector displacements. — Appl. Opt., 1983, v. 22, N 6, p. 876—880.
3. Dandliker R., Thalmann R., Willemint J.-F. Fringe interpolation by two-reference-beam holographic interferometry: reducing sensitivity to holographic misalignment. — Opt. Commun., 1982, v. 42, N 5, p. 301—306.
4. Гужов В. И., Дружинин А. И., Козачок А. Г., Логинов А. В. Измерительно-вычислительная система для исследования напряженно-деформированного состояния объектов. — Автометрия, 1982, № 4, с. 402—403.
5. Кузьков Н. В., Никульцев В. С., Стубарев В. М. Интерактивная система обработки данных. — В кн.: Системы автоматизация обработки оптической информации. Меланга. сб. тр. Новосибирск: НЭТИ, 1984.
6. Буймов В. П. и др. Устройство ввода и обработки графической информации. — В кн.: Обработка изображений и дистанционные исследования. Ч. 2: Тез. докл. Всесоюз. конф. Новосибирск: ИАиЭ СО АН СССР, 1984.

Поступило в редакцию 14 марта 1985 г.

НАШИ ИНТЕРВЬЮ

По поручению главного редактора журнала «Автометрия» академик Ю. Е. Нестерихин один из его заместителей д-р физ.-мат. наук В. К. Малюковский обратился к французскому ученому с вопросами:

1. Какие события Вы считаете наиболее важными в Вашей области науки за последние 5—10 лет?
2. Каковы дальнейшие пути развития науки в Вашей области?

Проф. М. Франсон (специалист в области оптики и голографии).

1. Использование спеклов для получения снимков звездного неба с высоким пространственным разрешением.
2. Изучение оптической бистабильности и ультракоротких релаксационных процессов с разрешением $\tau \sim 10^{-14}$ с, использование оптических волокон для создания качественно новых измерительных систем.

Проф. М. Балканский (директор лаборатории спектроскопии твердого тела) и один из его ведущих сотрудников С. Хирлиман.

1. Создание технических средств для туннельной микроскопии поверхности. Новые данные позволяют построить научные основы катализа.
2. Применение фемтосекундных импульсов для изучения процессов релаксации электронов и фотонов в одно-, двух- и трехмерных системах.

Проф. Ф. Абелес (директор лаборатории оптики твердого тела).

1. Открытие квантового эффекта Холла.

Д-р Ю. Дюран (директор лаборатории оптики конденсированной материи).

1. Развитие идей фрактальной геометрии природы.
2. Создание сверхрешеток из различных материалов и исследование их свойств. Появилась уникальная возможность получить материалы с новыми свойствами, что невозможно сделать при обычных методах роста кристаллов.

Проф. М. Клеман (директор лаборатории физики твердого тела).

1. Обнаружение и исследование сверхпроводимости в органических материалах и применение новых топологических идей в физике твердого тела.
2. Изучение неупорядоченных систем, использование которых в практических устройствах уже не за горами.