

также для акустооптического дефлектора со ступенчатой решеткой преобразователей. В заключение отметим, что использование в АОД описанного способа управления акустическим фронтом позволяет практически неограниченно увеличивать длину взаимодействия света и звука при сохранении полосы, равной октаве частот. Это позволит существенно уменьшить мощность возбуждения АОД и реализовать чисто брегговский режим работы, при котором в 1-й порядок дифрагирует практически 100 % прошедшего света. Первое обстоятельство особенно важно для дискретного дефлектора, так как позволяет снизить дрейф отклоненного пучка при изменении мощности возбуждения. В аналоговых применениях АОД, где дрейф отклоненного пучка не существует, оказывается возможным использовать материалы с низким коэффициентом акустооптического качества, например стекла типа флинтгов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Е. Гордон. Обзор по акустическим отклоняющим и модулирующим устройствам.— «ТИИЭР», 1966, т. 54, № 10, с. 181—192.
2. А. Корпел, Р. Адлер, П. Десмарес, В. Ватсон. Использование акустической системы отклонения и модуляции когерентного света для создания телевизионного изображения.— «ТИИЭР», 1966, т. 54, № 10, с. 219.
3. A. G o q u i n. Wide-band acousto-optic deflectors using acoustic beam steering.— "IEEE Trans. on Sonics and Ultrasonics", 1970, vol. SU-17, № 1, p. 34.

Поступило в редакцию 13 февраля 1976 г.

УДК 621.378.9 : 778 : 4

В. М. ВАРИКАШ, Н. И. ДАНИЛОВИЧ,
А. К. ПОЛОНИН, В. А. СИНЯЕВ
(Минск)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ ГОЛОГРАФИЧЕСКОЙ ИНТЕРФЕРОМЕТРИИ ДЛЯ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ДЕФЕКТОВ ПЬЕЗОКЕРАМИЧЕСКИХ ИЗЛУЧАТЕЛЕЙ

В предлагаемой работе применены методы голографической интерферометрии [1, 2] для визуализации дефектов в пьезоэлектрических излучателях, выполненных на основе керамики ЦТС-19 (диаметр пластин 50 мм, толщина 1,5 мм).

Существенные достоинства этих методов: 1) возможность проведения бесконтактной дефектоскопии элементов любой, сколь угодно сложной формы; 2) осуществление визуализации внутренних дефектов; 3) получение результатов в удобном для анализа виде; 4) использование оптики сравнительно невысокого качества.

Для исследований применялся голографический интерферометр, оптическая схема которого приведена на рис. 1. Изменение соотношения интенсивностей интерферирующих пучков достигается при помощи светофильтра 4 и лежит в пределах 0,3—0,5. Угол между опорным и объектным пучками составляет 30°. Все элементы схемы были жестко закреплены к виброизолированной стальной плите. Для регистрации голограмм использовались фотопластинки «Микрат ВР-Л».

При исследованиях в реальном масштабе времени [3] изображение объекта восстанавливается с помощью опорного пучка; на

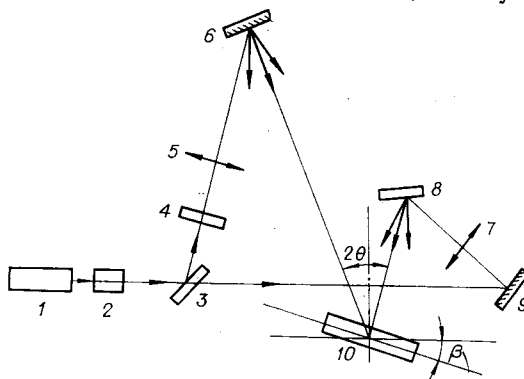


Рис. 1. Схема голографического интерферометра для регистрации полей деформаций в отраженном свете:

1 — ОКГ (ЛГ-36А); 2 — затворное устройство; 3 — полупрозрачное зеркало ($\rho=50\%$); 4 — фильтр интенсивности опорного пучка; 5, 7 — линзы; 6, 9 — диэлектрические зеркала ($\rho=98\%$); 8 — объект; 10 — фотопластинка.

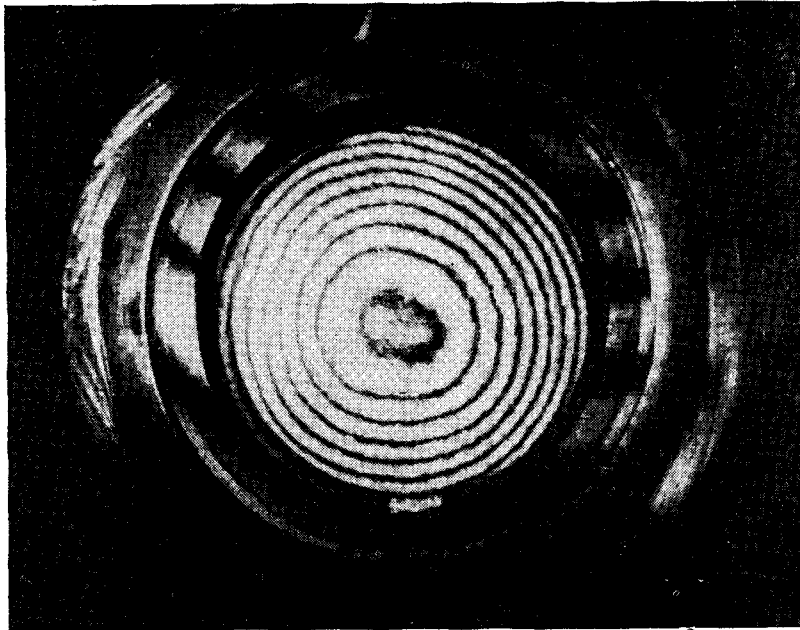


Рис. 2. Интерферограмма пьезопластины без дефекта при подаче постоянного напряжения 800 В.

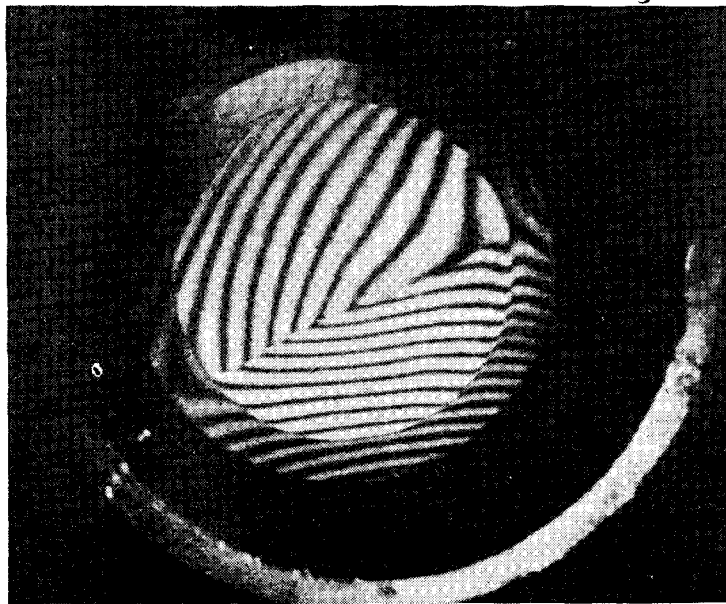


Рис. 3. Интерферограмма пьезопластины с внешним дефектом при подаче постоянного напряжения 800 В.

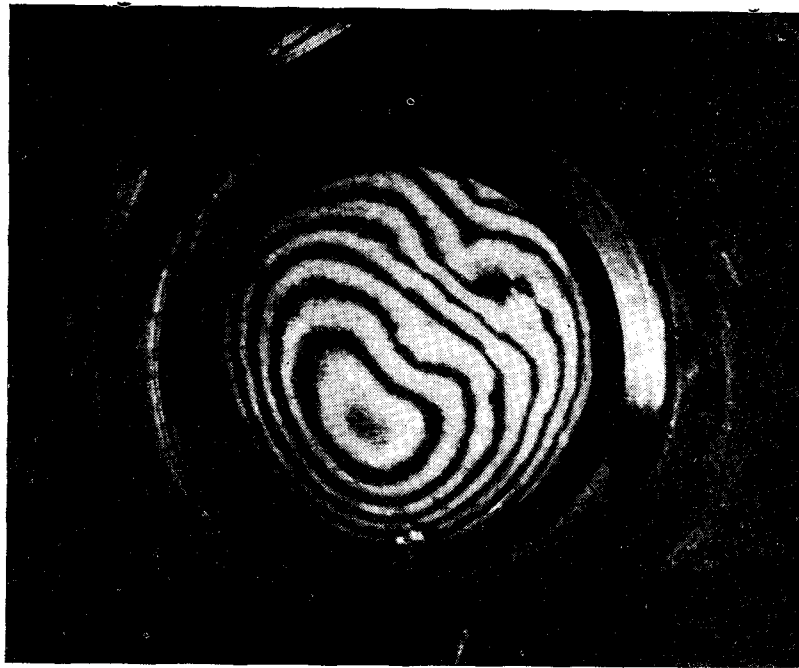


Рис. 4. Интерферограмма двухслойного излучателя с некачественно склеенными пластинами.

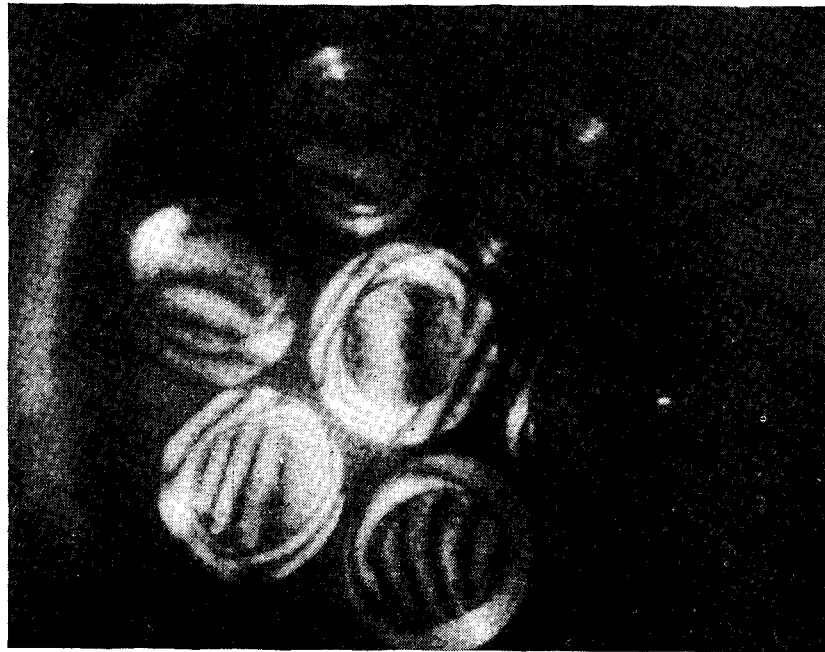


Рис. 5. Интерферограмма фокусирующего излучателя при подаче постоянного напряжения 2500 В.

обкладки излучателя подается постоянное напряжение, плавно изменяющееся от 20 до 800 В, и наблюдается проходящая интерференционная картина. По характеру искажения полос определяется наличие дефекта и фиксируется значение напряжения, приложенного к излучателю, при котором наиболее полным образом выявляются границы и расположение дефектов. Затем методом двойной экспозиции [4] получают интерферограмму излучателя при фиксированном напряжении. Фотография интерферограммы подвергается анализу, и определяется характер дефекта, величина деформации и распределение ее по поверхности излучателя.

Исследование в реальном масштабе времени позволяет оценить величину деформации: номер интерференционной полосы в выбранной точке объекта находится подсчетом числа интерференционных полос, прошедших через данную точку от момента приложения к объекту возмущения (электрического напряжения на обкладке излучателя) до окончания его действия. Величина деформации определяется стандартным путем по номеру интерференционной полосы, длине волны излучения и величинам углов между осью деформации и направлениями освещения поверхности объекта и наблюдения восстановленного изображения [5].

Характер распределения интерференционных полос по поверхности бездефектного однослойного излучателя при приложении к пластине постоянного напряжения величиной 800 В показан на рис. 2. Как видно из рисунка, интерференционная картина представляет собой систему интерференционных полос — линий равных деформаций, концентрическое расположение которых говорит об осевой симметрии искривления поверхности с максимумом деформации в центре излучателя.

Рассчитанная величина деформации в центре пластины при приложении постоянного напряжения 800 В составляет 0,9 мкм, что хорошо согласуется с результатами, полученными при измерении в этой же точке с помощью лазерного интерферометра.

Как видно из рис. 3, интерференционная картина деформированного однослойного излучателя с линейным дефектом (трещина) имеет характерный излом, совпадающий с направлением дефекта. Ширина трещины, измеренная при помощи микроскопа, составляет 110 мкм.

На рис. 4 представлена интерферограмма двухслойного излучателя, склеенного из двух пластин, на которой центр окружностей, образованных интерференционными полосами, смещен к краю излучателя. Это свидетельствует о некачественной склейке пластин, что привело к плохому акустическому контакту в пакете и неравномерному распределению деформации по поверхности излучателя.

На рис. 5 приведена интерферограмма фокусирующего ультразвукового излучателя, имеющего сферическую поверхность с жестко закрепленными на ней пьезокерамическими элементами [6], при подаче на него постоянного напряжения 2500 В. Как видно из рисунка, пьезокерамические элементы излучателя имеют разную степень деформации, что говорит о разных акустических характеристиках излучателей и объясняется некачественным контактом пластин в пакетах и ухудшением параметров отдельных элементов, происшедшим в результате длительной эксплуатации излучателя.

Заключение. 1. Применение методов голографической интерферометрии позволяет визуализировать поля деформаций пьезоэлектрических элементов ультразвуковых излучателей и оценивать качество их работы.

2. В реальном масштабе времени можно проводить экспресс-дефектоскопию пьезокерамических излучателей и находить дефекты на поверхности и внутри пьезоэлементов и пакетных излучателей.

3. Анализ голограмм, полученных методом двойной экспозиции, позволяет определять расположение и характер дефекта, степень потери работоспособности излучателя.

ЛИТЕРАТУРА

1. M. H. Nogman, An application of wavefront reconstruction to interferometry.— "Appl. Opt.", 1965, vol. 4, p. 333.
2. B. P. Hildebrand, K. A. Heines. Surface deformation measurement using the wavefront reconstruction technique.— "Appl. Opt.", 1966, vol. 5, p. 595.
3. Б. А. Белгородский, М. М. Бутусов, Ю. Г. Туркевич. Голографические методы исследования вибраций.— «Автометрия», 1972, № 1, с. 47—53.
4. Ю. Н. Денисюк, Д. И. Стаселько, В. П. Минина. О голографической регистрации объектов, перемещающихся во время экспозиции.— «Оптико-мех. пром-сть», 1968, № 11, с. 73—74.
5. Голография. Методы и аппаратура. Под ред. В. М. Гинзбурга, Б. М. Степанова. М., «Сов. радио», 1974, с. 235—240.
6. Е. Г. Коновалов, Н. К. Каленкович, В. А. Синяев. Фокусирующий излучатель ультразвука.— «Изв. АН БССР», 1974, № 4, с. 324—326.

*Поступило в редакцию 19 января 1976 г.;
окончательный вариант — 26 марта 1976 года.*