

ГОЛОГРАФИЧЕСКАЯ ИНТЕРФЕРОМЕТРИЯ КАК СПОСОБ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ

Андрей Владимирович Гуревич

Новосибирский авиационный технический колледж им. Б. С. Галушача, 630091, Россия, г. Новосибирск, Красный пр., 72, студент, e-mail: gurevich-andrei@mail.ru

Татьяна Сергеевна Берник

Новосибирский авиационный технический колледж им. Б. С. Галушача, 630091, Россия, г. Новосибирск, Красный пр., 72, преподаватель спецдисциплин, тел. (913)900-71-13, e-mail: bernikts@gmail.com

В данной статье рассматриваются возможности голографической интерферометрии при использовании в различных сферах деятельности, таких как оптическая обработка полученной информации, оптико-электронное приборостроение, интерферометрия, лазерная техника, регистрация и контроль быстропротекающих процессов, неразрушающий контроль испытываемых объектов.

Ключевые слова: неразрушающий контроль, голография, интерференция, голограмма.

HOLOGRAPHIC INTERFEROMETRY AS A NON-DESTRUCTIVE TESTING METHOD

Andrei V. Gurevich

Novosibirsk aircraft technical College named. B. S. Galushaka, 72, Krasny Prospect St., Novosibirsk, 630091, Russia, Student, e-mail: gurevich-andrei@mail.ru

Tatyana S. Bernik

Novosibirsk aircraft technical College named. B. S. Galushaka, 72, Krasny Prospect St., Novosibirsk, 630091, Russia, Teacher of Special Disciplines, (913)900-71-13, e-mail: bernikts@gmail.com

This article discusses the possibilities of holographic interferometry when used in various fields of activity, such as optical processing of received information, optical-electronic instrumentation, interferometry, laser technology, registration and control of fast processes, non-destructive testing of test objects.

Key words: non-destructive testing, holography, interference, hologram.

Голография – это особая техника фотографирования, позволяющая получать трехмерные (объемные) изображения исследуемых объектов. Это стало возможным благодаря двум свойствам световых волн – дифракции (преломление, огибание) и интерференции (перераспределение интенсивности света при наложении нескольких волн) [1 - 5].

Качество первых голограмм было невысоким по причине использования для их создания примитивных газоразрядных ламп. Все изменилось в 60-е годы с изобретением лазеров, что поспособствовало стремительному развитию голографических технологий.

Использование оптических квантовых генераторов и появление регистрирующих сред с высокой разрешающей способностью позволили широко применять голографию в различных сферах деятельности, таких как оптическая обработка полученной информации, оптико-электронное приборостроение, интерферометрия, лазерная техника, регистрация и контроль быстропротекающих процессов, неразрушающий контроль испытываемых объектов и других областях.

В основе голографии лежит способ записи и восстановления волнового поля, основанный на регистрации интерференционной картины, образованной волной, которая отражается от предмета, освещенным источником света (предметная волна), и когерентной с ней волной, идущей непосредственно от источника света (опорная волна). При максимальной интенсивности эмульсия фотопластинки засвечивается сильнее, при минимальной – слабее. В отличие от фотографии на голограмме полностью отсутствуют какие-либо элементы изображения предмета: в самом элементарном виде это система из чередующихся темных и светлых полос и точек, видимых только через микроскоп.

Преимущество голографии по сравнению с традиционными интерферометрами заключается в том, что в интерферометре волны идут разными путями, поэтому к качеству оптических элементов предъявляются высокие требования. При воспроизведении голограммы с помощью опорного пучка восстанавливаются две волны, которые соответствуют двум состояниям объекта. При интерференции этих волн образуется интерферограмма, смещения полос на которой обусловлены только изменением состояния объекта между первой и второй экспозициями. Погрешности изображения пучков лучей, вызываемые оптическими элементами при таком методе, практически полностью компенсируются. Такой метод называется методом двойной экспозиции.

Если к качеству оптических объектов не предъявляются жестких требований, то возможно исследовать образцы больших размеров, при этом допускается исследование характеристик образцов, имеющих некачественную и шероховатую поверхность.

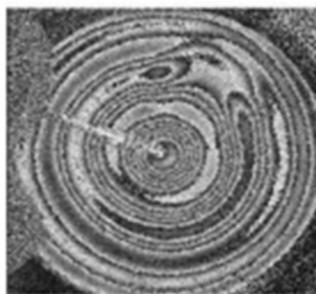
Использование голографической интерферометрии осуществляется при решении следующих задач: исследование вибраций объектов, деформаций образцов, фазовых предметов (т.е. таких предметов, которые меняют только фазу прошедшей волны, при этом интенсивность остается неизменной) и различные интерферометрические измерения.

С помощью лазера можно регистрировать очень незначительные перемещения поверхности исследуемого объекта или ее отдельных элементов с размерами меньше 1 мкм. Выполняются две экспозиции объекта: первая экспозиция – объект в исходном состоянии; вторая экспозиция – на объект воздействует нагрузка. Выполненные экспозиции дают на голограмме интерференционную картину, которая в дальнейшем исследуется. Если присутствуют дефекты, в том числе внутренние, прочность изделия в этой зоне будет пониженной. Вследствие этого деформация участка поверхности с дефектом будет отличаться от деформации остальной поверхности. При восстановлении голограммы это будет выражаться в виде отклонения интерференционных полос от регулярной траектории.

Соответственно, чем больше величина отклонения, тем больше деформация поверхности и больше величина дефекта. В настоящее время существует возможность точной количественной оценке дефекта с помощью компьютерных программ. Преимуществами по сравнению с другими методами неразрушающего контроля, например рентгеновского, рассматриваемого метода является четкость определения дефектов и точность их размеров.

Голографический контроль поверхности, которая еще не подвергалась обработке, можно использовать практически во всех случаях. Принцип контроля основывается на интерференционном методе сопоставления нескольких состояний при помощи экспозиции на голограмму. Так есть возможность исследования изменений за счет нагрева, давления или набухания, возникающих в твердых телах, которые сказываются на форме их поверхности.

В случае вибрирования поверхности происходит многократное экспонирование с фиксированием множества изображений в определенном диапазоне позиций. Голографический вибрационный анализ рекомендуется для осуществления ультразвукового неразрушающего контроля: для обнаружения и исследования трещин и различных дефектов в твердых телах и материалах. Пример записи вибрирующего элемента представлен на рисунке.



Изображение вибраций

Метод заключается в том, что освещение исследуемого образца осуществляется короткими импульсами, следующими с частотой колебания объекта и появляющимися в те моменты времени, когда объект находится в положении максимального отклонения от положения равновесия. Необходимо отметить, что здесь требуется точная юстировка, поскольку голограмма после проявления должна быть помещена в исходную позицию, т. к. в противном случае полосы будут обусловлены не изменениями в предмете, а не совмещением предмета и его изображения.

Если контролировать деталь без дефекта и с дефектом, то их интерференционные картины будут различными, так как в месте дефекта всегда будут возникать пучности, т.к. материал в этом месте слабее и колебания происходят более интенсивно.

Традиционно в промышленности широко применяются методы контроля, когда осуществляется сравнение исследуемого изделия с эталонным при

использовании наклонной подсветки. При этом на расшифровку интерференционной картины оказывает влияние не только отклонение детали от эталона, но и погрешность ее установки в заданное положение относительно голограммы. Конечно, визуальный контроль дает меньше деталей исследуемого предмета, чем фотографический, но зато достигается выигрыш по времени.

В заключение хотелось бы сказать, что принципиального отличия методы голографической интерферометрии и оптической интерферометрии не имеют, оба метода из-за незначительной величины длины волны света позволяют получить результат высокой точности, сопоставимый с долей длины волны света. При этом используя голографическую интерферометрию, в промышленности решают задачи, которые невозможно решить методами оптической интерферометрии:

- изучение трёхмерной структуры образца ограничивается характеристиками объектива (глубиной резкости) и значительно уступает возможностям голографии сравнивать объекты при различных ракурсах их наблюдения;
- возможность записи голограмм состояний объекта, меняющегося во времени, с последующим анализом изменений этих состояний, когда эволюция объекта завершилась или же прекратил существование сам объект;
- сравнение диффузно отражающих объектов. Оптическая же интерферометрия имеет дело с объектами, имеющими оптическое качество поверхности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шойдин С. А. Моделирование дифракции на объёмных телах в среде Матлаб // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012. VIII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Специализированное приборостроение, метрология, теплофизика, микротехника, нанотехнологии» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 10–20 апреля 2012 г.). – Новосибирск : СГГА, 2012. Т. 1. – С. 144–148.
2. Борн М., Вольф Э. Основы оптики ; Пер. с англ. Бреус С. Н., Головашкина А. И., Шубина А. А. / М. Борн, Э. Вольф. – М. : Наука, 1973.
3. Шойдин С. А. Методы оптической обработки информации: учеб. пособие. – Новосибирск : СГГА, 2008. – 124 с.
4. Шойдин С. А. Соскин С. И. Расчет оптической схемы голографического запоминающего устройства // Опт. и спектр. – 1978. - Т. 44. - № 3. С. 566-573.
5. ООО «Тим. Компьютерные системы». Серверы Intel, HPE, Supermicro [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.team.ru>.

© А. В. Гуревич, Т. С. Берник, 2020