УДК 535.36

В. С. АНЧУТКИН

ИЗМЕРИТЕЛЬ ВИБРАЦИЙ ДИФФУЗНО ОТРАЖАЮЩИХ ОБЪЕКТОВ НА ДИФРАКЦИОННОЙ РЕШЕТКЕ

В работе [1] предложен один из возможных методов изучения малых вибраций шероховатых поверхностей по рассеянному ими свету. На поверхности исследуемого тела создается распределение освещенности в виде двух достаточно малых областей (световых пятен), образованных двумя когерентными точечными излучателями (двухлучевое освещение). Рассеянное поле представляет собой характерную пятнистую картину, промодулированную системой интерференционных полос.



Рис. 1. Блок-схема виброметра

Если поверхность возмущена малыми поперечными бегущими или стоячими волнами, система полос исколебательное пытывает движение, характер которого целиком определяется параметрами волны возмущения. Использование амплитудной решетки соответствующего периода, помещенной перед фотоприемником, позволяет получить на его выходе сигнал, несущий информацию о возмущении [2]. Существенным недостатком вибро-

метра, работающего на этом принципе, является необходимость согласования амплитудной решетки (маски) и системы интерференционных полос по периоду и направлению в пространстве, что создает технические трудности при юстировке прибора.

От указанного недостатка свободен модифицированный виброметр, блок-схема которого представлена на рис. 1. Параллельный пучок света от когерентного источника 1 падает на дифракционную решетку 2, расположенную в передней фокальной плоскости объектива 3. Линза 5 служит для формирования в плоскости диафрагмы 6 изображения решетки, которая со стороны линз имеет зеркально отражающие штрихи. Фотоумножитель 7 помещается непосредственно за диафрагмой. В задней фокальной плоскости объектива 3, где расположена рассеивающая поверхность 4, получается распределение освещенности, представляющее собой спектр Фурье решетки. В состав устройства входят также: 8 — усилитель, 9 — осциллограф (или другой измерительный прибор).

В случае гармонической решетки этот спектр, как известно, имеет три составляющие: 0 и ±1 дифракционные порядки. Для прямоугольной решетки, которая использовалась в работе, спектр Фурье имеет много порядков. В эксперименте высшие дифракционные максимумы перекрывались с помощью диафрагмы (на рис. не указана). Таким образом, на рассеивающей поверхности удается реализовать распределение освещенности в виде трех световых пятен («трехлучевое» освещение), размеры которых и расстояние между их центрами можно изменять, варьируя фокусное расстояние объектива, ширину входного пучка и период решетки.

Рассмотрим случай, когда вместо диффузно отражающего объекта (4) взято плоское зеркало. Пользуясь операторными формулами [3], можно показать, что если решетка находится в передней фокальной плоскости объектива (3), то при любом положении зеркала в плоскости решетки будет получаться ее изображение с единичным увеличением.

Легко заметить, что наклоны зеркала будут вызывать перемещения изображения относительно самой решетки и, следовательно, изменения интегральной интенсивности светового потока, падающего на фотоприемник.

Замена плоского зеркала диффузно отражающей поверхностью приводит к тому, что в плоскости решетки вместо ее изображения возникает пятнистая структура, промодулированная системой полос, являющихся результатом интерференции световых волн, рассеянных объектом. Частота системы интерференционных полос (первая пространственная гармоника) совпадает с частотой решетки, а фаза полос в каждом пятне случайна.

При малых вибрациях объекта система полос совершает колебательное движение, как и в случае двухлучевого освещения. Характерный размер пятен [4] в плоскости решетки определяется положением объекта относительно фокуса линзы (3). Для получения пятен максимального размера, и, следовательно, повышения отношения сигнал/шум, объект следует помещать в фокальной плоскости линзы. При этом характерный размер (радиус) пятен не зависит от фокусного расстояния и определяется соотношением $w \simeq w_0$, где w_0 — ширина входного пучка.

На рис. 2 представлены осциллограммы выходного напряжения ФЭУ, соответствующие гармоническим колебаниям объекта (шероховатой дюралевой пластинки) для «трехлучевого» и «двухлучевого» освещения. (Последний случай реализовывался перекрытием одного из боковых порядков спектра.) Настройка осуществлялась на пятно, промодулированное системой полос с частотой первой пространственной гармоники. При переходе от одного способа освещения к другому происходит лишь уменьшение амплитуды сигнала. Сигналы такого типа возникают в обычных интерферометрических измерителях вибраций [5] и соответствуют амплитуде колебаний объекта приблизительно 0,66 λ . В нашем случае это величина амплитуды относительно поперечного смещения двух точек рассеивающей поверхности, являющихся центрами световых пятен.

Таким образом, в представленной модификации виброметра осуществляется автоматическое согласование пространственного фильтра (решетки) и системы интерференционных полос. Прибор прост в обращении, не критичен к юстировке и качеству поверхности образа, допускает сравнительно простую аппаратурную реализацию и позволяет достичь чувствительности того же порядка, что и в обычно применяемых интерференционных методах измерений [5—7].

В заключение автор выражает благодарность В. И. Шмальгаузену за полезные советы и помощь в работе.



Рис. 2. Осциллограммы выходного напряжения ФЭУ для трехлучевого (а) и двухлучевого (б) освещения объекта

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Анчуткин В. С., Шмальгаузен В. И. «Вести. Моск. ун-та. Физ., астрон.», 1979, 20, № 1, 47. 2. Анчуткин В. С., Шмальгаузен В. И. «Оптика и спектроскопия», 1979, 46,

- Анчуткин В. С., Шмальгаузен В. И. «Оптика и спектроскопия», 1979, 46, вып. 3, 586.
 Вандер Л. Тр. ТИИЭР, № 8, 1966.
 Dainty I. C. et. al. Laser speckle and related phenomena. Topic in Applied Physics, vol. 19, Springer-Verlag, Berlin, 1975.
 Ванециан Р. А., Тычинская М. П., Захаров В. П., Николаева О. А., Тищенко В. А. «Квантовая электроника», 1971, вып. 4, 27.
 Бесхлебный В. И., Бондаренко А. П., Панин В. И., Троценко В. П. (Исмонтика В. 1000), 10000 1000 1000 1000 1000 1000 1000 1000 1000 -
- «Измерительная техника», 1974, № 9, 56. 7. Захаров В. П., Евтихиев И. Н., Снежко Ю. А. Тычинский В. П.
- «Акустический журнал», 1976, 22, вып. 1, 32.

Кафедра общей физики и волновых процессов Поступила в редакцию 03.07.78