

численные ε_α , ε_β и экспериментально определенную $\varepsilon_n = 0,24$ мкм, абсолютная погрешность метода измерения, вычисленная по (19), не превышает величины $\varepsilon_z \leq 0,68$ мкм или $\leq 0,07$ %, что лучше, чем для способа измерения по дифракции Фраунгофера.

В электронный блок поступают электрические сигналы от фотозащитных элементов 16 и 17 интерферометрического преобразователя линейных перемещений, по которым в моменты регистрации фотозащитным элементом 7 минимумов интенсивности дифракционных картин определяется расстояние Δx_1 и Δx_2 , пройденное кареткой 13, что адекватно линейному расстоянию между первым и вторым и вторым и третьим дифракционными изображениями отверстия с минимумами интенсивности в центре. Затем вычисляется диаметр D отверстия по формуле (8).

Начальное расстояние x_0 от контролируемого объекта до объектива выбиралось с учетом выражения

$$x_0 \leq (0,5 \div 0,9) (f_{об} + D_{max}^2/8\lambda), \quad (20)$$

где $f_{об}$ — фокусное расстояние объектива; D_{max} — наибольший диаметр контролируемых отверстий. Значение x_0 по (20) соответствует 5—6-му минимуму интенсивности по оси отверстия.

Разработанный метод эффективен для контроля размера отверстий в тонких диафрагмах, если выполняется условие $D/l \geq 1$, где l — длина (глубина) отверстия, при дискретности отсчета, равной $\lambda/2$.

Измерение диаметра отверстий ограничивающих диафрагм по дифракции в ближней зоне обеспечивает линейность чувствительности в функции диаметра в широком диапазоне контролируемого параметра (от десятков микрометров до единиц миллиметров).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Митрофанов Л. Р., Крылов К. И., Прокопенко В. Г. Применение лазеров в машиностроении и приборостроении. — Л.: Машиностроение, 1978.
2. Нагибина И. М. Интерференция и дифракция света. — Л.: Машиностроение, 1974.
3. Папулис А. Теория систем и преобразований в оптике: Пер. с англ. — М.: Мир, 1971.

Поступило в редакцию 30 декабря 1988 г.

УДК 534.24 : 231.1

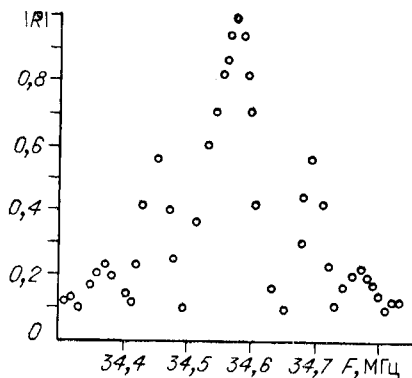
Х. Т. АБЕЙНАЯКЕ, В. А. КОМОЦКИЙ

(Москва)

ИЗМЕРЕНИЕ ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ОТРАЖЕНИЯ ПАВ ОТ ПЕРИОДИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ

Методика измерения коэффициента отражения путем оптического зондирования с опорной дифракционной решеткой (ОДР), описанная нами в [1], оказывается весьма эффективной при исследовании частотных характеристик отражателей ПАВ. Практически мы продемонстрируем это на примере экспериментальных измерений на одном из образцов.

Исследуемый образец — решетка из металлических короткозамкнутых полос с периодом 50 мкм на поверхности подложки из ниобата лития YZ-среза. Материал пленки — алюминий, толщиной 200 нм. Коэффициент металлизации 0,5, число отражающих штрихов $N = 200$. На рассто-



янии 5 мм от отражающей структуры располагался ВШП с числом пар штырей $N_{\text{вшп}} = 7$ с периодом структуры 100 мкм и центральной частотой 34,8 МГц. Между ВШП и отражающей решеткой в области оптического зондирования на подложке была нанесена отражающая металлическая пленка, предназначенная для повышения коэффициента отражения оптического зондирующего пучка от подложки. Края подложки покрывались поглотителем для предотвращения влияния отражений на результаты измерений.

Измерения проводились по схеме и методике оптического зондирования с ОДР, подробно описанной в [1, 3]. На расстоянии $l = 0,1$ мм от подложки была расположена опорная дифракционная решетка фазового типа с оптимальной глубиной [2] и с периодом, равным периоду центральной частоты ПАВ ($\Lambda = 100$ мкм). Используя одну и ту же решетку, можно проводить измерения во всей рабочей полосе ВШП. Зондирующий лазерный пучок от лазера ЛГ-52-1 направлялся на ОДР, проходил через нее, отражался от подложки и вторично проходил через ОДР. В полученной дифракционной картине выделялся нулевой порядок и направлялся на фотодетектор. Сигнал с фотодетектора на частоте ПАВ F фильтровался, усиливался и использовался для измерения.

Процедура измерений следующая. Гармонический сигнал с частотой F с синтезатора частот Ч6-31 усиливается и подается на ВШП. Амплитуда сигнала с частотой F на выходе канала оптического зондирования зависит от смещения звукопровода вдоль направления распространения ПАВ, причем зависимость $u_{\text{вых}}(x)$ пропорциональна распределению амплитуд в стоячей волне ПАВ. Измерив максимальное и минимальное значения амплитуды, находим КСВ $r = u_{\text{max}}/u_{\text{min}}$ и по величине r определяем коэффициент отражения $|R| = r - 1/(r + 1)$, затем измерение повторяется на другой частоте F . Поскольку измерения проводятся с применением монохроматического сигнала от высокостабильного источника, имеется возможность узкополосной фильтрации сигнала на частоте F , что в конечном счете обеспечивает большой динамический диапазон измерений.

Результаты измерений коэффициента отражения ПАВ от периодической структуры приведены на графике (см. рисунок). Здесь хорошо выражены главный и две пары боковых максимумов. Отражение в максимуме на частоте 34,57 МГц составило $|R| = 0,98$, что хорошо согласуется с расчетом по формулам, приведенным в [4, с. 358]. Ширина главного лепестка по минимумам $\Delta F_0 = 0,16$ МГц, что составляет 0,0046 от центральной частоты. В первых побочных максимумах на частотах 34,45 и 34,68 МГц коэффициенты отражения $|R| = 0,56$. Во вторых побочных максимумах на частотах 34,37 и 34,77 МГц найден $|R| = 0,23$. Характер полученной кривой и ее параметры согласуются с теоретическими представлениями о характере зависимости коэффициента отражения от частоты для периодических отражающих структур [4, 5]. В то же время прямое измерение частотных зависимостей даст возможность изучать влияние факторов, не учитываемых в теории, и технологических нюансов на характеристики отражения структуры.

Описанная методика проста и надежна, может использоваться на частотах до сотен мегагерц. Нанесение отражающей пленки на поверхность подложки в области зондирования не обязательно. Методика может применяться для исследования свойств и неразрушающего контроля отражающих структур различного типа, в том числе и более сложных отражающих структур с меняющимся периодом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абейнаике Х. Т., Комоцкий В. А. Измерение отражений поверхностных волн с использованием метода оптического зондирования с опорной дифракционной решеткой // Автометрия.— 1987.— № 6.
2. Бессонов А. Ф., Дерюгин Л. Н., Комоцкий В. А. Оптическое зондирование поверхностных акустических волн в присутствии стационарной периодической решетки // Оптика и спектроскопия.— 1980.— 49, № 1.
3. Komotskii V. A., Black T. D. Analysis and application of stationary reference grating method for optical detection of surface acoustic waves // J. Appl. Phys.— 1981.— 52, N 1.— P. 129.
4. Фильтры на поверхностных акустических волнах/Под ред. Г. Мэтьюза.— М.: Радио и связь, 1981.
5. Поверхностные акустические волны/Под ред. А. Олинера.— М.: Мир, 1981.

Поступило в редакцию 12 мая 1989 г.

УДК 621.378.325

В. В. КИСЛОВ, Г. В. ШАРОНОВ

(Минск)

ФЛУКТУАЦИИ ФАЗЫ ИМПУЛЬСОВ ИЗЛУЧЕНИЯ НЕПРЕРЫВНЫХ ЛАЗЕРОВ С АКТИВНОЙ СИНХРОНИЗАЦИЕЙ МОД

Одним из параметров, ограничивающим предельную погрешность измерения расстояния фазовым способом при использовании непрерывных лазеров с активной синхронизацией мод (СМ), является нестабильность фазы или временной «джиттер» генерируемых импульсов. В этой связи разработка надежных методов контроля и оптимизации режимов работы лазеров с СМ с целью получения минимальных флуктуаций фазы генерируемых импульсов представляет значительный практический интерес, так как позволяет повысить временное разрешение и улучшить отношение сигнал/шум на входе фотоприемного устройства. Исследования временной нестабильности импульсов ранее проводились с использованием спектроанализатора [1] и быстродействующего pin-фотодиода, подключенного к широкополосному осциллографу с полосой 4,5 ГГц [2].

К недостаткам оценки нестабильности фазы импульсов с помощью спектроанализатора следует отнести то, что он регистрирует все виды шумов, присутствующие в излучении, оценить количественный вклад каждого из которых затруднительно. Вследствие этого точность данного способа невысока так же, как и с использованием широкополосного осциллографа. Среднеквадратичная погрешность измерений во времени в этом случае определяется шириной полосы регистрирующей аппаратуры. Так, в [2] было показано, что, используя импульсы аргонового лазера с активной СМ в качестве генератора временных меток большой точности, можно измерять временную нестабильность лазерных импульсов со среднеквадратичной погрешностью ~ 12 пс.

В настоящей работе описываются результаты экспериментального исследования временной нестабильности фазы импульсов в непрерывных лазерах на иттрий-алюминиевом гранате (АИГ:Nd³⁺), аргоновом (Ar⁺), гелий-неоновом (He — Ne) с активной СМ с использованием фазометра, ранее широко применявшегося в фазовых дальномерах и обеспечивающего физическое разрешение $\sim 10^{-12}$ с [3].

Структурная схема экспериментальной установки приведена на рис. 1. Выходное излучение исследуемого лазера с активной СМ 1 подается на