РАЗДЕЛ XI. ПРИБОРОСТРОЕНИЕ

Самохина К.С.

Определение перемещений объектов с абсолютным отсчетом результата измерения с помощью информационно-измерительных систем

*Пензенский государственный университет
(Россия, Пенза)*

doi: 10.18411/sr-05-12-2021-18

Аннотация

В статье показано, что оптическая схема с акустооптическим преобразованием частоты используется для определения перемещений объектов с абсолютным отсчетом результата измерения. Исследование данных оптических схем информационно-измерительных систем ведет к необходимости использования пространственных реперных точек, расположенных по трассе измерения. Предложенный метод позволяет измерять перемещения подвижных объектов в абсолютном режиме по имеющимся реперным точкам.

Ключевые слова: акустооптическое преобразование, информационно-измерительная система, оптические и акустические волны, оптическая схема, энергия оптического излучения.

Перспектива развития информационно-измерительных систем на основе акустооптических лазерных интерферометров заключается в достижении ими как можно большего количества выполняемых функций. Длина волны лазерного излучения измеряется долями и единицами микрометров, поэтому для измерения размеров в пределах единиц и десятков метров требуется последовательное накопление в процессе движения подвижного отражателя целых и дробных долей периода изменения фазы световой волны. Случайные помехи, перекрытия светового луча во время измерения приводят к потере измерительной информации. В результате процесс измерения необходимо повторять. Это отрицательно сказывается на производительности процесса измерения. Поэтому необходима информационно-измерительная система с абсолютным отсчетом измерения [4]. Пространственный период однозначности лазерных информационно-измерительных систем определяется длиной волны оптического излучения λ . Увеличение пространственного периода однозначности отсчета возможно за счет использования излучения с большей длиной волны. Но увеличение длины волны оптического излучения сдвигает частотный спектр оптического излучения в инфракрасную область, что накладывает определенные трудности, связанные с юстировкой и контролем оптической схемы.

Увеличение периода однозначности возможно получить, используя явление взаимодействия двух когерентных электромагнитных колебаний, имеющих разные пространственные периоды (λ_1 и λ_2). Нахождение определенной точки в пределах периода однозначности определяется как разность абсолютных мгновенных значений фаз двух измерительных сигналов с соответствующих фотоприемников. В интерференционных методах увеличение периода однозначности также возможно при взаимном гетеродинировании двух одинаковых по частоте волн, одновременно распространяющихся по наклонным направлениям по отношению к направлению линии измерения [1, 5].

Информационно-измерительная система, использующая пространственные периоды λ_1 и λ_2 , представлена на рисунке 1.

Излучение лазера источника оптического излучения ИОИ коллимируется оптической системой ОС и пропускается через акустооптический модулятор АОМ. В схеме используются разночастотные оптические пучки, названные «0»-ым и «+1»-ым порядками, которые распространяются под углом дифракции друг к другу α и имеют разные временные частоты, отличающиеся на величину частоты сигнала возбуждения в акустооптическом модуляторе. Эти пучки направляются на отражатель и, отражаясь от него, снова пропускаются через акустооптический модулятор, подвергаясь вторичной дифракции. Пучок «+1»-ого дифракционного порядка после вторичной дифракции получает дополнительный частотный сдвиг на величину $F = 8,0 \text{ МГц}$ и угловой наклон α , совпадающий с направлением «0»-ого пучка. Эта пара пучков направляется через оптические линзы ЛО1 и ЛО2 на фотоэлектрический преобразователь ФЭП. Световые волны описываются выражениями [2, 3].

$$\begin{aligned} I_0 &= I_1 \sin^2 \left(\nu t + 4\pi \frac{L}{\lambda} \right) \\ I_{+1} &= I_2 \sin^2 \left[(\nu + 2F)t + 4\pi L \cos \frac{\alpha}{\lambda} \right], \end{aligned} \quad (1)$$

где L – расстояние от акустооптического модулятора до отражателя, F – частота возбуждения в акустооптическом модуляторе, ν – частота оптического излучения.

Рисунок 1. Функциональная схема информационно-измерительной системы на основе лазерных оптико-электронных устройств с увеличенным пространственным периодом однозначности. На выходе фотоприемника выделяется сигнал разностной частоты

$$U = U_m \cos \left(2Ft + 4\pi L \lambda \cos \frac{\alpha}{1 - \cos \alpha} \right). \quad (2)$$

Смещение этого сигнала по фазе на период соответствует изменению положения отражателя по линии измерения на расстояние

$$L = \lambda \frac{\cos \alpha}{2 \cdot (1 - \cos \alpha)}. \quad (3)$$

Таким образом, пространственный период однозначности данной схемы определяется по выражению (3).

Изменяя частоту возбуждения сигнала в акустооптическом модуляторе, можно варьировать значением периода однозначности, так как

$$\alpha = \arcsin \frac{\lambda F}{C_{уз}}, \quad (4)$$

где $C_{уз}$ – скорость распространения ультразвуковой волны в акустооптическом модуляторе.

При изменении частоты возбуждения в акустооптическом модуляторе в пределах от 6 до 9 МГц период однозначности изменяется от 105 до 45 мм.

Предложенный метод позволяет измерять перемещения подвижных объектов в абсолютном режиме по имеющимся реперным точкам. Измерения между реперными точками проводятся обычным способом с использованием лазерного интерферометра перемещений. В случае воздействия случайных помех во время проведения измерения нет необходимости проводить процесс заново. В этом случае возобновляют процесс измерения перемещений подвижного объекта от ближайшей реперной точки, пройденной этим подвижным объектом.

1. Ахманов, С.А. Физическая оптика / С.А. Ахманов, С.Д. Никитин. – М. : Изд-во МГУ; Наука, 2004. – 656 с.
2. Базыкин, С.Н. Информационно-измерительные системы на основе интерферометров : моногр. / С.Н. Базыкин; под ред. д-ра техн. наук, проф. В.А. Васильева. – Пенза : изд-во ПГУ, 2014. – 132 с.
3. Базыкин, С.Н. Принципы построения и состояние производства информационно-измерительных систем линейных перемещений / С.Н. Базыкин, Н.А. Базыкина, Н.П. Кривулин // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1; URL: <http://www.science-education.ru/121-17219>.
4. Базыкин, С.Н. Проблемы информационного обеспечения систем с использованием оптоэлектронных средств измерения линейных перемещений // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 6; URL: <http://www.science-education.ru/120-16173>.
5. Самохина, К.С. Лазерные измерительные системы с пространственно-временной разверткой интерференционного поля / Капезин С.В., Базыкин С.Н., Базыкина Н.А., Самохина К.С. // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. – 2015. – № 2. – С. 156-161.