

К. С. Самохина

ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА НА ОСНОВЕ ЛАЗЕРНЫХ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫХ ПРИБОРОВ С УВЕЛИЧЕННЫМ ПЕРИОДОМ ОДНОЗНАЧНОСТИ

K. S. Samohina

INFORMATION AND MEASUREMENT SYSTEM BASED ON LASER OPTOELECTRONIC DEVICES WITH AN EXTENDED PERIOD OF UNAMBIGUITY

А н н о т а ц и я. Актуальность и цели. Целью исследования является анализ возможностей применения информационно-измерительных систем на основе лазерных оптико-электронных приборов с увеличенным периодом однозначности для измерения физических величин. **Материалы и методы.** Применены методы математического анализа; математического моделирования; математической физики; методы и средства лазерной интерферометрии; акустооптики; пространственной фильтрации; фотоэлектрических преобразований, включая оптическое гетеродинирование; прецизионных линейных измерений; вычислительной техники. **Результаты.** Рассмотрена схема информационно-измерительных систем на основе лазерных оптико-электронных приборов с увеличенным периодом однозначности для измерения физических величин. Проведен анализ данного варианта схемы для измерения линейных величин. Предложенный метод позволяет проводить измерения перемещения подвижных объектов в абсолютном режиме. **Выводы.** Пространственное положение точки, расположенной на трассе измерения, находят по абсолютному значению разности фаз двух оптических пучков «0»-го и «+1»-го дифракционных порядков. На основании проведенных расчетов сделан вывод, что период однозначности оптической схемы информационно-измерительной системы на основе оптико-электронных приборов с абсолютным отсчетом измерения изменяется от 105 до 45 мм при изменении частоты возбуждения в акустооптическом модуляторе в пределах от 6 до 9 МГц.

A b s t r a c t. Background. The purpose of the research is to analyze the possibilities of using information and measurement systems based on laser optoelectronic devices with an extended period of unambiguity for measuring physical quantities. **Materials and methods.** Applied methods of mathematical analysis; mathematical modeling; mathematical physics; methods and means of laser interferometry; acousto-optics, spatial filtration; photoelectric transformations, including optical heterodination; precision linear measurements; computer technology. **Results.** The scheme of information and measurement systems based on laser optoelectronic devices with an extended period of unambiguity for measuring physical quantities is considered. The analysis of this variant of the scheme used to measure linear quantities. The proposed method allows measuring the movement of moving objects in absolute mode. **Conclusions.** The spatial position of a point located on the measurement path is found by the absolute value of the phase difference of two optical beams of the "0" and "+1" diffraction orders. Based on the calculations, it is concluded that the period of unambiguity of the optical scheme

of an information and measurement system based on optoelectronic devices with an absolute measurement reading varies from 105 to 45 mm when the excitation frequency in the acousto-optical modulator changes in the range from 6 to 9 MHz.

К л ю ч е в ы е с л о в а: оптико-электронный прибор, лазерное излучение, информационно-измерительная система, период однозначности, фаза электрического сигнала.

Key words: optical-electronic device, laser radiation, information-measuring system, period of unambiguity, phase of an electric signal.

Введение

Развитие оптико-электронных информационно-измерительных систем на основе оптико-электронных приборов заключается в расширении функциональных возможностей и повышении точности измерения. В фазовых информационно-измерительных системах для измерения размеров в пределах единиц и десятков метров требуется последовательное накопление фазы измерительной информации в форме целых и дробных долей периода изменения фазы оптической волны, так как длина волны оптического излучения составляет доли и единицы микрометров.

Перспектива развития информационно-измерительных систем на основе оптико-электронных приборов заключается, в основном, в достижении ими как можно большего количества выполняемых функций [1, 2].

Исследование принципа работы устройств с абсолютным отсчетом измерения физических величин

В настоящее время методы измерения линейных размеров информационно-измерительными системами на основе оптико-электронных приборов перемещений, несмотря на высокую точность измерений, обладают некоторым эксплуатационным недостатком. Перекрытие оптического пучка во время измерения или случайные помехи приводят к потере оптической измерительной информации. В этом случае процесс измерения необходимо повторять снова. Это уменьшает производительность и достоверность измерения.

Необходимо применять информационно-измерительные системы на основе оптико-электронных приборов с абсолютным отсчетом измерения. Значение пространственного периода однозначности лазерных информационно-измерительных систем на основе оптико-электронных приборов определяется длиной волны оптического излучения λ . Увеличение значения длины волны приводит к увеличению пространственного периода однозначности, но сдвигает частотный спектр оптического излучения в инфракрасную область. Это накладывает определенные трудности, связанные с юстировкой и контролем оптической схемы информационно-измерительной системы. Поэтому необходима информационно-измерительная система на основе оптико-электронных приборов с абсолютным отсчетом измерения. Пространственный период однозначности лазерных измерительных систем определяется длиной волны света λ .

Использование эффекта взаимодействия двух когерентных оптических колебаний, имеющих разные пространственные периоды (λ_1 и λ_2), приводит к увеличению периода однозначности информационно-измерительных систем на основе оптико-электронных приборов. Разность абсолютных мгновенных значений фаз двух измерительных сигналов определяет нахождение координаты точки в пределах периода однозначности. Увеличение периода однозначности в интерференционных методах также можно получить при использовании двух оптических пучков, одновременно распространяющихся по наклонным направлениям по отношению к направлению линии измерения [3–5].

На рис. 1 представлена информационно-измерительная система на основе оптико-электронных приборов с увеличенным периодом однозначности.

Оптический сигнал от источника оптического излучения ИОИ проходит через оптическую систему ОС и модулируется в акустооптический модулятор АОМ, в котором создается ультразвуковая волна на частоте 8 МГц от источника электрического сигнала ИЭС. Испол-

зуются распространяющиеся под углом дифракции друг к другу разночастотные оптические пучки, названные «0»-ым и «+1»-ым дифракционными порядками. Эти оптические пучки имеют разные частоты, отличающиеся на значение частоты сигнала возбуждения в АОМ. Оптические пучки направляются на подвижный уголкового отражатель ПУО, отражаются от него и подвергаются вторичной дифракции в АОМ. После вторичной дифракции оптический пучок «+1»-го дифракционного порядка получает угловой наклон α , совпадающий с направлением «0»-го оптического пучка и дополнительный частотный сдвиг на величину частоты сигнала возбуждения в АОМ. Эти оптические пучки направляются через линзы оптические ЛО1,2 и диафрагму оптическую ДО на фотоэлектрический преобразователь ФЭП.

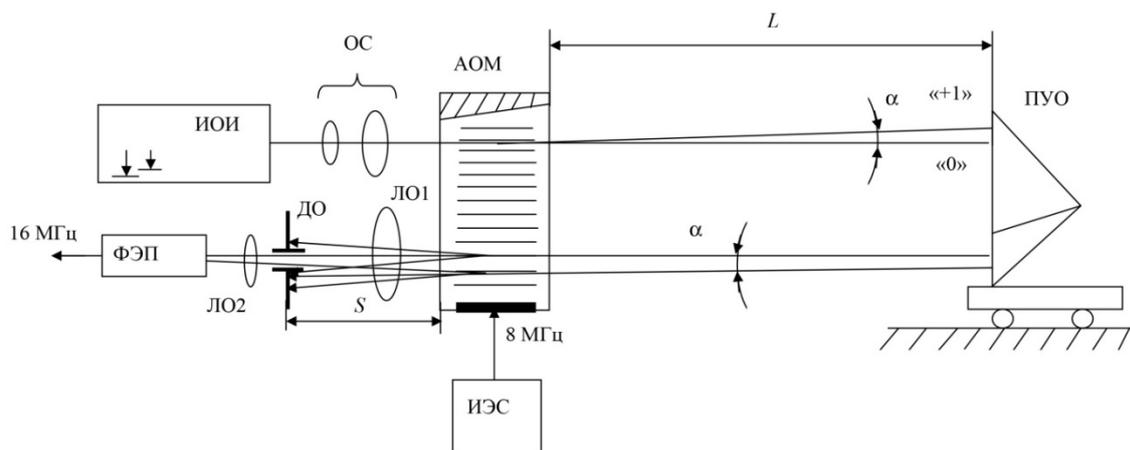


Рис. 1. Информационно-измерительная система на основе оптико-электронных приборов с увеличенным периодом однозначности

Мощности оптических пучков «0»-го P_0 и «+1»-го P_{+1} дифракционных порядков описываются [6, 7] выражениями

$$P_0 = P \sin\left(\omega t + 4\pi \frac{L}{\lambda}\right); P_{+1} = P \sin\left[(\omega + 2F)t + 4\pi L \cos \frac{\alpha}{\lambda}\right], \quad (1)$$

где P – мощность оптического излучения ИОИ; L – расстояние от АОМ до ПУО; ω – частота оптического излучения; F – частота возбуждения в АОМ; λ – длина волны оптического излучения; α – угол между направлениями распространения оптических пучков «0»-го и «+1»-го дифракционных порядков.

На выходе ФЭП выделяется измерительный сигнал, который определяется выражением [8, 9]:

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

Пространственный период однозначности предложенной оптической схемы определяется выражением

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

При изменении частоты возбуждения сигнала в АОМ изменяется угол между направлениями распространения оптических пучков «0»-го и «+1»-го дифракционных порядков [5, 10], который определяется выражением

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

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

Заключение

Расчеты по формулам (3) и (4) показывают, что период однозначности оптической схемы информационно-измерительной системы на основе оптико-электронных приборов с абсолютным отсчетом измерения изменяется от 105 до 45 мм при изменении частоты возбуждения в АОМ в пределах от 6 до 9 МГц.

Предложенный метод позволяет проводить измерения перемещения подвижных объектов в абсолютном режиме. Пространственное положение точки, расположенной на трассе измерения, находят по абсолютному значению разности фаз двух оптических пучков «0»-го и «+1»-го дифракционных порядков. Предложенный метод позволяет увеличить помехозащищенность процесса измерения, так как исключается воздействие случайных помех во время проведения измерения и пространственное положение точки определяется в пределах пространственного периода однозначности.

Библиографический список

1. *Bazykin, S. N. Principles of building information measuring systems of linear displacement / S. N. Bazykin, N. A. Bazykina, K. S. Samohina // Engineering and earth sciences: applied and fundamental research : International symposium (ISEES 2018). – URL: <https://www.atlantis-pess.com/proceedings/isees-18/55909719>*
2. *Базыкин, С. Н. Пространственные реперные точки в гетеродинных лазерных интерферометрах / С. Н. Базыкин, Н. А. Базыкина // Датчики и системы. – 2005. – № 10. – С. 19–20.*
3. *Порфирьев, Л. Ф. Основы теории преобразований сигналов в оптико-электронных системах / Л. Ф. Порфирьев. – Санкт-Петербург : Лань, 2013. – 386 с.*
4. *Селиверов, С. Н. Широкополосный умножитель частоты / С. Н. Селиверов // Приборы и техника эксперимента. – 1985. – № 5. – С. 25–27.*
5. *Якушенков, Ю. Г. Теория и расчет оптико-электронных приборов / Ю. Г. Якушенков. – Москва : Машиностроение, 1999. – 360 с.*
6. *Титце, У. Полупроводниковая схемотехника / У. Титце, К. Шенк. – Москва : ДМК Пресс, 2008. – 512 с.*
7. *Баскаков, С. И. Радиотехнические цепи и сигналы / С. И. Баскаков. – Москва : Высш. шк., 2002. – 448 с.*
8. *Фомин, А. И. Анализ помехоустойчивости радиосистемы передачи информации мониторинга с квадратурным компенсатором узкополосных помех / А. И. Фомин, А. К. Ялин // Электросвязь. – 2016. – № 5. – С. 68–73.*
9. *Фомин, А. Ф. Аналоговые и цифровые синхронно-фазовые измерители и демодуляторы / А. Ф. Фомин, А. И. Хорошавин, О. И. Шелухин. – Москва : Радио и связь, 1987. – 248 с.*
10. *Шахгильдян, В. В. Системы фазовой автоподстройки частоты / В. В. Шахгильдян, А. А. Ляховкин. – Москва : Связь, 1972. – 448 с.*

References

1. *Bazykin S. N., Bazykina N. A., Samohina K. S. Engineering and earth sciences: applied and fundamental research: International symposium (ISEES 2018). Available at: <https://www.atlantis-pess.com/proceedings/isees-18/55909719>*
2. *Bazykin S. N., Bazykina N. A. Datchiki i sistemy [Sensors and systems]. 2005, no. 10, pp. 19–20. [In Russian]*
3. *Porfir'ev L. F. Osnovy teorii preobrazovaniy signalov v optiko-elektronnykh sistemakh [Fundamentals of the theory of signal processing in opto-electronic systems]. Saint-Petersburg: Lan', 2013, 386 p. [In Russian]*
4. *Seliverov S. N. Pribory i tekhnika eksperimenta [Experimental devices and techniques]. 1985, no. 5, pp. 25–27. [In Russian]*
5. *Yakushenkov Yu. G. Teoriya i raschet optiko-elektronnykh priborov [Theory and calculation of optoelectronic devices]. Moscow: Mashinostroenie, 1999, 360 p. [In Russian]*
6. *Tittse U., Shenk K. Poluprovodnikovaya skhemotekhnika [Solid state circuitry]. Moscow: DMK Press, 2008, 512 p. [In Russian]*
7. *Baskakov S. I. Radiotekhnicheskie tsepi i signaly [Radio engineering circuits and signals]. Moscow: Vyssh. shk., 2002, 448 p. [In Russian]*
8. *Fomin A. I., Yalin A. K. Elektrosvyaz' [Telecommunication]. 2016, no. 5, pp. 68–73. [In Russian]*

9. Fomin A. F., Khoroshavin A. I., Shelukhin O. I. *Analogovye i tsifrovye sinkhronno-fazovye izmeriteli i demodulyatory* [Analog and digital synchronous phase meters and demodulators]. Moscow: Radio i svyaz', 1987, 248 p. [In Russian]
10. Shakhgil'dyan V. V., Lyakhovkin A. A. *Sistemy fazovoy avtopodstroyki chastoty* [Phase-locked frequency systems]. Moscow: Svyaz', 1972, 448 p. [In Russian]

Самохина Кристина Сергеевна

ассистент,
кафедра приборостроения,
Пензенский государственный университет
(Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40)
E-mail: priborostroenie@bk.ru

Samohina Kristina Sergeevna

assistant,
sub-department of instrument making,
Penza State University
(40 Krasnaya street, Penza, Russia)

Образец цитирования:

Самохина, К. С. Информационно-измерительная система на основе лазерных оптико-электронных приборов с увеличенным периодом однозначности / К. С. Самохина // Измерение. Мониторинг. Управление. Контроль. – 2020. – № 3 (33). – С. 55–59. – DOI 10.21685/2307-5538-2020-3-6.