

07;12

## Интерферометр на основе лазерной указки для дистанционного измерения микроперемещений

© Zhong Ming Ming, Low Gin Hin, Gopalkrishna Hedge

Electronic and Communication Engineering Division Ngee Ann Polytechnic,  
Singapore-599 489

E-mail: hgm@np.edu.sg, hegopal@rediffmail.com

Поступило в Редакцию 25 марта 2005 г.

Представлен портативный интерферометр Майкельсона на основе лазерной указки, с возможностью наблюдения интерференционной картины на экране удаленного компьютера. Зеркало измерительного плеча установки может крепиться к объекту исследований для проведения интерферометрических измерений микроперемещений, механического напряжения, давления и температуры. Перемещение, калибровка и позиционирование зеркала опорного плеча в начальное положение осуществляется при помощи шагового мотора, управляемого через сеть Интернет. Продемонстрирована возможность проведения дистанционно управляемых измерений микроперемещений с точностью до 5 микрон.

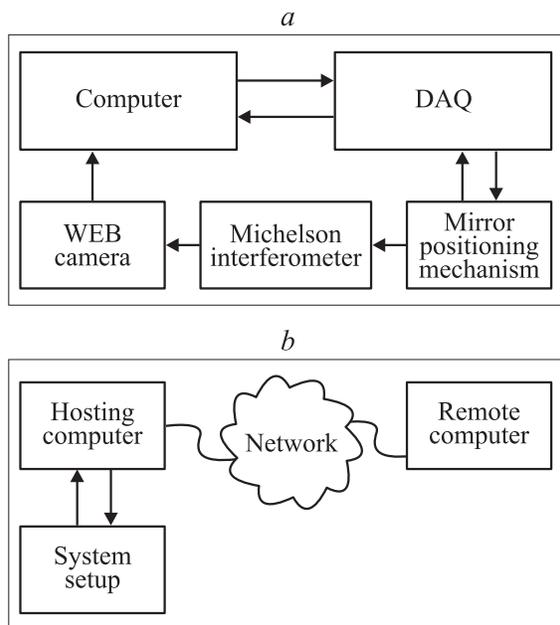
**1. Введение.** Увеличение эффективности дистанционного управления измерительным оборудованием расширяет сферу применения данного метода исследований в промышленности, образовании и науке. Дистанционное управление экспериментом приобретает особое значение при проведении исследований во вредной для человека среде.

Компьютерное управление измерительным оборудованием, в сочетании с Интернет технологиями, позволяет открыть доступ к удаленным лабораториям через сеть Интернет и дистанционно проводить эксперименты в реальном времени. Уже существует несколько сайтов, предоставляющих удаленный доступ к учебным лабораториям в области электроники и применения измерительной аппаратуры [1,2].

Большой интерес представляет проведение дистанционных экспериментов по фотонике, особенно в области интерферометрии, поскольку данная методика широко применяется в области измерений микроперемещений, механического напряжения, температуры и давления.

В литературе встречается несколько статей об удаленно управляемых интерферометрах [3,4], также упоминается интерферометр на основе микроволнового излучения для измерений микроперемещений зданий [5]. Однако приведенные в указанной литературе интерферометры не управлялись через сеть Интернет, в качестве источника излучения использовался He–Ne-лазер [3,4,6,7] или источник микроволнового излучения [5]. В настоящей статье представлена система, построенная на основе интерферометра Майкельсона с возможностью дистанционного управления через сеть Интернет, в качестве источника излучения применяется лазерная указка.

**2. Архитектура системы.** Схема дистанционно управляемого интерферометра приведена на рис. 1. Персональный компьютер для дистанционного управления установкой соединен через сеть Интернет с локальной частью установки, состоящей из интерферометра и



**Рис. 1.** Схемы: *a* — экспериментальной установки, *b* — организации удаленного доступа.

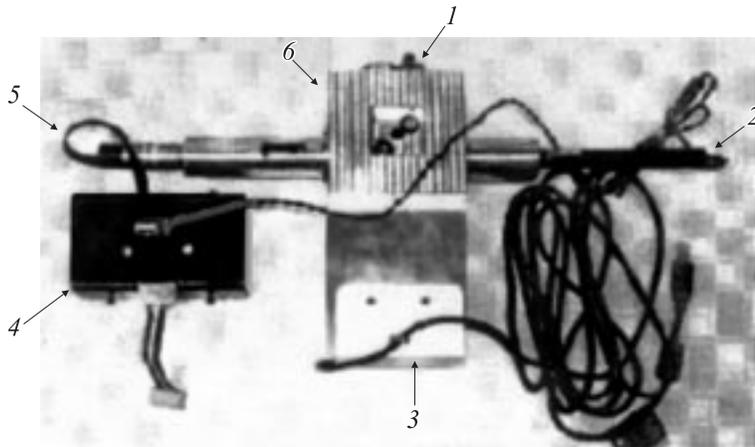
управляющего компьютера. Источником излучения служит лазерная указка (AURORA, модель: AL31) с длиной волны излучения 670 nm и мощностью 5 mW.

Питание к лазеру подается от управляющего компьютера, что облегчает дистанционное включение и выключение интерферометра с помощью удаленного компьютера. Одно из зеркал интерферометра смонтировано на головке микрометрического винта, который соединен с шаговым мотором. Была изготовлена схема управления мотором, которая сопряжена с персональным компьютером, что позволяет калибровать установку и устанавливать зеркало в исходное положение. Зеркало в измерительном плече может быть закреплено на объекте измерений.

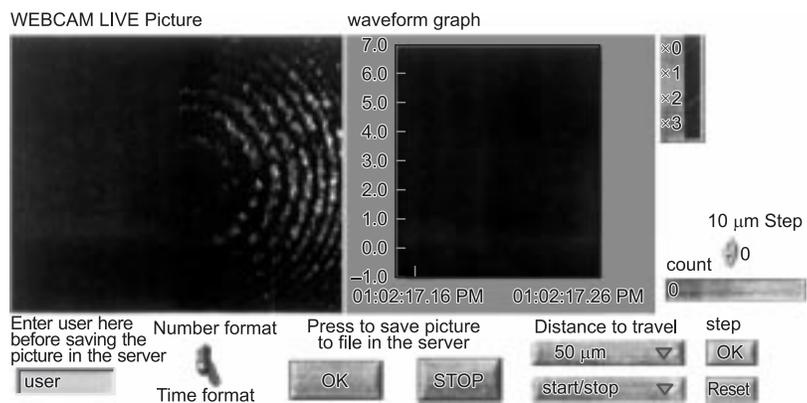
Собрана схема сопряжения карты сбора данных (DAQ) и источника питания лазера с компьютером. Управляющая плата подключена к схеме управления мотором постоянного тока. Подключенная к интерферометру Веб-камера позволяет наблюдать интерференционную картину на удаленном компьютере и определять разность фаз интерферирующих лучей.

Программное обеспечение на основе пакетов AIM-Lab и LabVIEW наиболее часто используется для дистанционного управления экспериментами и автоматизации измерений. Программное обеспечение для данной установки создано на основе пакета LabVIEW 6.1 фирмы National Instruments. Данный пакет предоставляет возможность создавать программное обеспечение для управления экспериментом через сеть Интернет и автоматизировать сбор и обработку экспериментальных данных. С помощью данного программного обеспечения пользователь имеет возможность дистанционно управлять экспериментальной установкой. Таким образом, становится возможным проведение дистанционно управляемых интерферометрических измерений в реальном времени с помощью удаленного компьютера, связанного с установкой через сеть Интернет. Портативный, дистанционно управляемый интерферометр и система управления приведены на рис. 2.

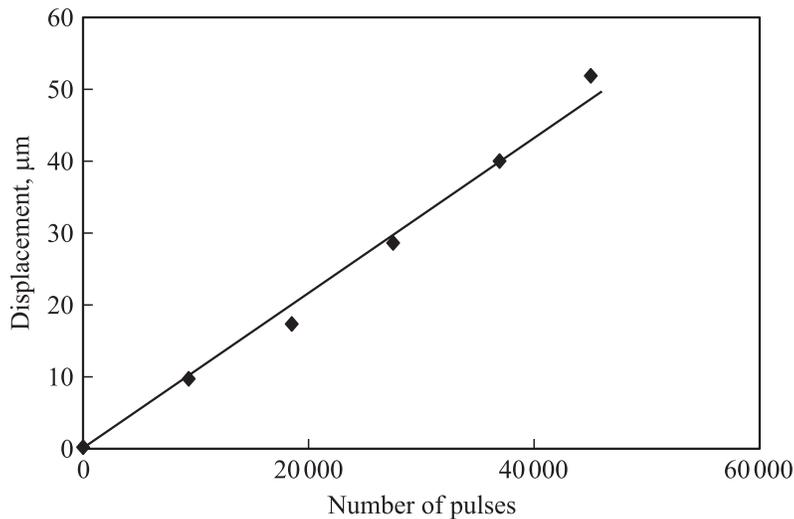
**3. Результаты экспериментов и заключение.** На данной установке были успешно проведены в реальном времени эксперименты по измерению длины когерентности лазера. Положение подвижного зеркала контролировалась через сеть Интернет, а соответствующая интерференционная картина наблюдалась на удаленном компьютере. Пример панели управления установкой и экрана с данными измерений,



**Рис. 2.** Экспериментальная установка для измерения микроперемещений на основе интерферометра: 1 — открытое плечо, 2 — лазерная указка, 3 — Веб-камера, 4 — система управления шаговым мотором, 5 — шаговый мотор, 6 — интерферометр.



**Рис. 3.** Пример окна программы управления и сбора данных на удаленном компьютере.



**Рис. 4.** График зависимости величины микроперемещения от количества импульсов, поданных на шаговый двигатель.

предоставляемых программой пользователю, приведен на рис. 3. Окно для вывода интерференционной картины также расположено на данном экране. Точность позиционирования зеркала интерферометра при дистанционном управлении составляет 5 микрон. Микроперемещение исследуемого объекта вычисляется исходя из числа импульсов, поданных на шаговый двигатель для перемещения зеркала опорного плеча и компенсации разности фаз, набегающей в результате перемещения объекта исследований. График зависимости смещения объекта исследований от количества импульсов, поданных на шаговый двигатель, приведен на рис. 4. Линейность графика в данном диапазоне смещений говорит в возможности применения данного интерферометра для дистанционного измерения микроперемещений. Для определения чувствительности установки на оптической оси измерительного плеча был установлен контейнер с водой, температура которой менялась. Нагревание воды приводит к заметному сдвигу фазы за счет изменения показателя преломления, соответствующее изменение интерференционной картины наблюдалось на мониторе удаленного компьютера. Таким образом,

показатель преломления был измерен с помощью дистанционно управляемого интерферометра. Была продемонстрирована независимость работы установки от внешних шумов. Поэтому данная установка может быть использована в обучающих целях при проведении удаленных оптических экспериментов. Представленный интерферометр может применяться для измерения микроперемещений в условиях загрязненной среды предприятий тяжелой промышленности. Портативный интерферометр может также найти применение для дистанционного измерения механического напряжения, микроперемещений и температуры как в лабораториях, так и в промышленности. Применение камеры под управлением драйверов LabVIEW позволит улучшить качество изображения и дистанционное измерение разности фаз.

Описанный в данной статье дистанционно управляемый интерферометр с приведенными выше возможностями по отображению результатов интерферометрии на удаленном компьютере довольно компактен и легок для транспортировки и установки. В качестве источника излучения применялась лазерная указка. Интерферометр управляется через сеть Интернет и может применяться в фотомеханических экспериментах, проводимых в реальном времени в области образования, науки, а также в промышленности. В настоящее время исследуется возможность применения данного интерферометра в качестве дистанционно управляемого сенсора, результаты данной работы будут опубликованы позднее.

## Список литературы

- [1] *Tor A., Fjeldly, Michel S. Shur* // IEEE Press. John Wiley Publication, 2003.
- [2] *Khavinson V.M.* // Proceeding of the IX Conference IPEF/UMNE-4. 1997. P. 119–122.
- [3] *Fedorin V.L., Shur V.L.* // Izmer. Tekh. 1993. V. 34. N 9.
- [4] *Kotov O.I., Liokumovich L.B., Markov S.I., Medvedev A.V., Nicolaev V.M.* // Tech. Phys. Lett. 2000. V. 26. P. 415–417.
- [5] *Massimiliano. Pieraccini, Guido Luzi, Daniele. Mecatti, Matteo. Fratini, Linhsia Noferini, Carlo Atzeni* // International Symposium (NDT-CE). Berlin, Germany. 2003.
- [6] *Kotov O.I., Liokumovich L.B., Markov S.I.* et al. // Proceedings of the V International Scientific and Technical Conference on Radiolocation, Navigation, and Communications. Voronezh, April 20–23. 1999. V. 3. P. 1377–1388.
- [7] *Kersey A.D.* // Proc. SPIE. 1993. V. 1797. P. 161.