

УДК 531.711(477)

Т. Ю. Котляр

ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВЫХ КАМЕР ПРИ ПОВЕРКЕ СТЕКЛЯННЫХ ШТРИХОВЫХ МЕР ДЛИНЫ

В известном вторичном эталоне для поверки штриховых стеклянных мер длины используется абсолютный интерференционный метод, основанный на использовании динамических лазерных интерферометров совместно с фотоэлектрическими микроскопами. Однако фотоэлектрический микроскоп обладает недостатками, которые приводят к возникновению погрешности при наведении на центр штриха поверяемой меры. Преодолеть подобные недостатки возможно с помощью цифровых камер, выполненных на основе ПЗС - матриц.

Ключевые слова: штриховая стеклянная мера, ПЗС-матрица, цифровая камера, погрешность, фотоэлектрический микроскоп.

Т. Y. Kotliar

APPLICATION OF DIGITAL CAMERAS FOR CALIBRATION OF GLASS LINE SCALE

The well-known secondary standard for calibration of glass line scale uses the absolute interference method, which is based on the use of dynamic laser interferometers with photoelectric microscope. However, the photoelectric microscope has some disadvantages that give results errors in the secondary standard. Overcoming these disadvantages is possible with digital CCD cameras.

Keywords: line scale, CCD camera, error, photoelectric microscope.

Т. Ю. Котляр

ВИКОРИСТАННЯ ЦИФРОВИХ КАМЕР ПІД ЧАС ПОВІРКИ СКЛЯНИХ ШТРИХОВИХ МІР ДОВЖИНИ

У відомому вторинному еталоні для повірки штрихових скляних мір довжини використовується абсолютний інтерференційний метод. Він ґрунтується на використанні динамічних лазерних інтерферометрів спільно з фотоелектричними мікроскопами. Проте фотоелектричний мікроскоп має недоліки, які призводять до виникнення похибки наведення на центр штриха міри, що повіряється. Подолати подібні недоліки можливо за допомогою цифрових камер, виконаних на основі ПЗС-матриць.

Ключові слова: штрихова скляна міра, ПЗС-матриця, цифрова камера, похибка, фотоелектричний мікроскоп.

В целях повышения конкурентоспособности выпускаемой промышленными предприятиями Украины продукции повышается требования к ее качеству, соответствию с международными стандартами. Метрологическое обеспечение предприятия является основой выпуска качественной продукции.

На некоторых машиностроительных предприятиях используется до 80 % СИТ (средств измерительной техники), выпущенных по ГОСТам и ТУ, которые были разработаны еще Госстандартом СССР. Погрешности существующих СИТ не позволяют производить измерения с желаемой точностью. С целью ее повышения на предприятиях машиностроения необходимо иметь точные рабочие эталоны. В частности, стеклянные штриховые меры длины, используемые для юстировки шкал и проверки увеличения оптических приборов. Они должны иметь

минимальную погрешность.

Методы и средства поверки образцовых штриховых мер длины 1-го разряда и рабочих мер класса точности 0 длиной до 1 м описаны в ГОСТ 8.353-79, а государственная поверочная схема для средств измерения длины в диапазоне от $1 \cdot 10^{-6}$ до 59 м и длина волн в диапазоне от 0,2 до 50 мкм – в ДСТУ 3741-98.

В известном вторичном эталоне для поверки штриховых стеклянных мер длины используется абсолютный интерференционный метод, который основывается на применении динамических лазерных интерферометров совместно с фотоэлектрическими микроскопами (ФЭМ). При этом длина мер и их интервалов измеряется непосредственно в длинах лазерной волны средствами автоматического счета интерференционных полос, которые считываются между двумя настройками ФЭМ на измеряемые штрихи.

© Котляр Т. Ю., 2012

Фотоэлектрический микроскоп является одним из важнейших звеньев эталона, параметры которого в значительной мере определяют точность характеристик эталона в целом. Нитка лампы накаливания белого света проецируется конденсатором, который состоит из двух линз и поворотной призмы, на стеклянную штриховую меру. Затем изображение штриха меры объективом с трехкратным увеличением светоразделительным кубом проецируется на щель вибратора. Свет, прошедший щель вибратора попадает на фотоэлектрический умножитель, который превращает его в электрический сигнал, амплитуда и вид которого зависят от положения изображения штриха относительно щели вибратора. Когда изображение штриха не попадает в зону колебаний щели вибратора, фототок на выходе фотоэлектрического умножителя имеет только постоянную составляющую. При дальнейшем смещении изображения штриха в зону колебаний щели вибратора амплитуда первой гармоники увеличивается и достигает максимального значения.

При совпадении изображения штриха с центром колебаний щели вибратора в спектре электрического сигнала отсутствует первая гармоника, а амплитуда второй гармоники достигает наибольшего значения. Дальнейшее смещение изображения штриха сопровождается падением амплитуды второй гармоники и увеличением до максимума первой. Таким образом, момент настраивания ФЭМ на центр штриха меры можно регистрировать по максимуму второй гармоники или по минимуму первой гармоники в спектре электрического сигнала.

Система настройки ФЭМ на центр штриха меры выполняет следующие функции:

усиление и обработку электрического сигнала с выхода фотоэлектрического умножителя;

формирование сигналов, которые управляют работой пьезокерамического привода и реверсивного счетчика интерференционных полос лазерного интерферометра.

Оптическое изображение штриха меры через щель вибратора проецируется на приемную площадку фотоэлектрического умно-

жителя, который превращает его в соответствующий электрический сигнал. Сигнал с фотоэлектрического умножителя поступает на широкополосный усилитель, выполненный на операционном усилителе, и дальше подается на полосовой фильтр с полосой пропускания 130 ± 2 Гц. Отфильтрованный и усиленный полосовым усилителем сигнал поступает на один из входов фазочувствительного выпрямителя, на другой вход которого подается сигнал частотой 130 Гц от генератора опорного напряжения. Сигнал от генератора опорного напряжения также подается на электромультиplierующее устройство, которое механически связано со щелью вибратора.

Сигнал, вырабатываемый фазочувствительным выпрямителем, через устройство формирования команд подается на усилитель постоянного тока и дальше на пьезокерамический механизм. Под воздействием сигнала усилителя постоянного тока пьезокерамический механизм перемещает стол, на котором устанавливается измеряемая мера.

Момент нулевого сигнала на выходе фазочувствительного выпрямителя (отсутствие первой гармоники информационного сигнала) характеризует совпадение центра колебания щели вибратора с центром изображения штриха меры. В этот момент устройство формирования команд вырабатывает сигнал команды на ПЭВМ для открытия или закрытия ворот счета реверсивного счетчика интерференционных полос на выходе лазерного интерферометра.

Величина погрешности за счет разрешающей способности ФЭМ наибольшая среди других составляющих погрешности эталона и составляет 0,010 мкм [1].

Однако ФЭМ обладает недостатками, которые приводят к возникновению погрешностей во вторичном эталоне. Это наличие движущихся частей (вибрация щели), что вызывает электромагнитные помехи. Кроме того, движущие части выделяют тепло. В результате этого происходит локальный нагрев, что, в свою очередь может исказить показания. Дополнительную погрешность от нагрева обуславливает использование лампы накаливания мощностью 100 Вт в качестве осветительного прибора. Также в ФЭМ ис-

пользуются в процессе работы высокие напряжения, вследствие чего возникают электромагнитные наводки. К недостаткам можно отнести и наличие систем сопряжения (систем усиления и преобразования сигналов) ФЭМ и ПЭВМ.

Вышеперечисленных недостатков лишены цифровые камеры. Они вполне применимы для решения подобного рода задач. Сфера применения камер довольно разнообразна. От военного, где камеры используют в системах наведения ракет, камерах кругового обзора, системах ночного видения, системах посадки авиации в ночное время, космического, где камеры нашли свое место в телескопах, звёздных датчиках, спутниках слежения, при зондировании планет до медицинского (рентгеноскопия, кардиология, маммография, стоматология, микрохирургия, онкология). Отдельной важной сферой применения цифровых камер является научное применение. Здесь необходимость в их использовании возникает для различного вида измерений: спектроскопии, микроскопии, кристаллографии, рентгеноскопии; для естественных наук и биологических наук, для регистрации процессов, таких как люминесценция, вспышки, интерференция и т. д. Довольно часто возникает необходимость делать практически мгновенные снимки, с их последующей обработкой и возможностью пересылки на большие расстояния.

К преимуществам использования цифровых камер следует отнести:

легкое сопряжение с компьютером;

возможность вывода на монитор полученного изображения и его последующей обработки;

возможность видеозахвата изображения, что позволит провести дальнейший анализ с помощью программного обеспечения;

более низкая стоимость цифровых камер по сравнению со стоимостью ФЭМ;

большая номенклатура камер, что позволяет выбрать модель с параметрами, необходимыми для решения конкретных поставленных задач;

высокое быстродействие, вследствие чего уменьшается ошибка, вносимая динамическими процессами (изменение температуры, освещенности, влажности).

В настоящее время день на рынке цифровых камер конкурируют две технологии: на основе ПЗС-матриц (прибор с зарядовой связью) и КМОП-кристаллов (комплементарных структур металл-окисел-полупроводник).

И те, и другие датчики обладают уникальными достоинствами и слабыми сторонами, которые делают их пригодными для разного рода применений (Таблица)

Сравнение ПЗС и КМОП датчиков

Сравниваемые характеристики	ПЗС	КМОП
Уровень шума	Низкий	Высокий
Коэффициент заполнения пикселей	Высокий (~100 %)	Низкий (~75 %)
Динамический диапазон	Высокий	Невысокий
Уровень энергопотребления	Высокий (<2–5 Вт)	Невысокий (0,02– 0,05 Вт)
Производство	Дороже	Дешевле

Очевидно, что ПЗС обеспечивает лучшие показатели при съемке динамичных и мелких объектов, поэтому ее можно использовать для построения систем, требующих высокого качества изображения: цифровых фото- и видеокамер, медицинского и измерительного оборудования. КМОП же можно применять в устройствах, для которых критична конечная стоимость – недорогие фотоаппараты, бытовая, офисная техника и игрушки.

Таким образом, предпочтительнее использовать камеры на основе ПЗС во всех ситуациях, когда важно получить высококачественное изображение при адекватной светочувствительности. Когда более важными факторами являются цена и размер телекамеры, устройства на базе КМОП будут предпочтительнее.

Согласно [2] на стандартной ПЗС-матрице возможно измерять центр тяжести марки с погрешностью на уровне тысячных долей пикселя. Имеется в виду определение координат изображения на матрице отсчетов, например на светочувствительной матрице

ПЗС-камеры или линейки, в различных измерительных задачах.

Многие крупные производители компонентов выпускают и КМОП-сенсоры, и ПЗС-матрицы. Они выпускаются и активно используются компаниями Nikon, Canon, Sony, Fuji, Kodak, Matsushita, Philips, Samsung, Sharp, E2V и многими другими. На территории России и СНГ одним из трех предприятий, производящих ПЗС, является компания ЗАО "НПП "ЭЛАР".

На сегодняшний день ПЗС являются специализированными чипами для захвата изображения. Матрица светочувствительных элементов современных цифровых фотоаппаратов и ПЗС-камер – продукт микроэлектронных технологий, представляющий собой двумерную решетку элементов, размер которых выполнен с погрешностью, не превышающей сотые доли микрометра. Количество светочувствительных элементов может составлять несколько миллионов при размерах каждого элемента и периода решетки порядка единиц микрометров [3].

ПЗС-матрица – современное устройство формирования видеосигнала. Она представляет собой уникальное устройство, которое одновременно формирует информационный сигнал и является измерительной шкалой. Камеры на основе ПЗС-матриц имеют ряд преимуществ по сравнению с фотоэлектрическим микроскопом, потому что использование камер вполне целесообразно для снижения погрешности наведения на штрих поверяемой стеклянной меры.

Список использованной литературы:

1. Интерференційна установка – вторинний еталон для вимірювання скляних штрихових шкал / В. І. Борох, Г. О. Зимоков, О. О. Косенко, В. С. Купко, Б. І. Нескоромний, В. С. Соловійов // Український метрологічний журнал. – 2008. – № 3. – С. 36–40.

2. Метрологические исследования и выбор формы оптической марки в цифровых измерительных системах / А. Н. Королев, А. И. Гарцуев, Г. С. Полищук, В. П. Трегуб // Оптический журнал. – 2010. – № 6. – С. 25-27.

3. Королев А. Н. Точность измерения координат изображения на ПЗС-матрице / А. Н. Королев, А. И. Гарцуев // Измерительная техника. – 2004. – № 5. – С. 20-22.

Получено 25.05.2012

References

1. The installation of interference - secondary standard for calibration glass line scale / V. I. Boroh, G. O. Zimokosov, O. O. Kosenko, V. S. Kupko, B. I. Neskromny, V. S. Soloviov // The Ukrainian metrology journal – 2008. – № 3. – P. 36–40 [in Ukrainian].

2. The metrology research and the choice of optical mark shape in the digital measuring system / A. N. Koroliov, A. I. Garsuev, G. S. Polischuk, V. P. Tregub // The optical journal. – 2010. – № 6. – P. 25–27 [in Russian].

3. Koroliov A. N. The accuracy of measuring of coordinates image on CCD camera / A. N. Koroliov, A. I. Garsuev // Measuring technique. – 2004. – № 5. – P. 20–22 [in Russian].



Котляр
Таисия Юрьевна,
аспирантка каф. МВТ Харьковского нац. ун-та радиоэлектроники,
т. 093-80-66-719
e-mail: kryos.eva@gmail.com