

О. А. АБАКШИНА, Г. В. ЕГОРОВ, С. М. ЛАТЫЕВ, С. С. МИТРОФАНОВ

ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ И УСТРОЙСТВА, ОСНОВАННЫЕ НА ПОЗИЦИОННО-ЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ ПРИЕМНИКАХ

Исследованы фотоэлектрические приборы и устройства для измерения линейных и угловых размеров, в которых использованы позиционно-чувствительные приемники типа „мультискан“.

Ключевые слова: фотоэлектрические приборы, позиционно-чувствительные приемники.

Введение. В течение длительного времени в оптическом приборостроении предпринимаются попытки создания простых и надежных фотоэлектрических устройств, способных автоматически измерять линейные и угловые размеры [1]. Работы в данном направлении не привели пока к созданию достаточно простых и дешевых приборов, которые удовлетворяли бы требованиям машиностроителей при работе в условиях как лаборатории, так и цеха. Большинство таких устройств построено на приборах с зарядовой связью [2] и оптических растрах, которые требуют применения довольно сложной электронной аппаратуры для обработки измерительного сигнала и имеют ограниченный динамический диапазон.

Значительная часть проблем, возникающих при разработке аппаратуры такого класса может быть решена при использовании разработанного в РАН позиционно-чувствительного фотоприемника „мультискан“, позволяющего непосредственно регистрировать положение светового пятна. Данный фотоприемник обладает теми же возможностями, что и ПЗС-строка, при большем быстродействии.

„Мультискан“ является многофункциональным фотоприемным устройством. Опрос его фоточувствительных элементов — кремниевых фотодиодов — производится при помощи пар встречновключенных коммутационных диодов меньшей площади за счет перемещения вдоль структуры эквипотенциальной линии электрического поля. В процессе сканирования токи со всех приемных элементов постоянно поступают во внешнюю цепь, а информация о пространственном распределении освещенности формируется с учетом весовых коэффициентов, с которыми суммируются фототоки отдельных элементов. Режим коммутации, исключающий накопление заряда на элементных емкостях, обеспечивает регистрацию мгновенного распределения освещенности [3], при этом выходной сигнал мультискана $U_{\text{вых}}$ связан с линейным перемещением измеряемого объекта y выражением

$$U_{\text{вых}} = U_0 \frac{y}{L}, \quad (1)$$

где L — длина светочувствительной площадки „мультискана“, U_0 — опорное напряжение, подаваемое на „мультискан“.

На кафедре компьютеризации и проектирования оптических приборов НИУ ИТМО в течение последних лет исследовались характеристики „мультискана“ с целью определения возможности использовать его в фотоэлектрических приборах для контроля геометрических параметров.

Авторами настоящей статьи была предложена функциональная схема фотоэлектрического индикатора на базе позиционно-чувствительного приемника „мультискан“ (рис. 1).

При перемещении измерительного штока 1 происходит смещение центра светового пятна, создаваемого светодиодом 2 , на светочувствительной площадке „мультискана“ 3 , с которого с помощью электронного блока 4 снимается аналоговый электрический сигнал U , выводимый на цифровой дисплей 5 .

Искомое перемещение y и величина электрического сигнала связаны выражением

$$y = \frac{L_0}{U_0} U, \quad (2)$$

где U — измеряемое напряжение.

На основе предложенной схемы спроектирован и изготовлен макет индикатора (рис. 2, 1 — фотоэлектрический индикатор, 2 — измеряемая концевая мера). С целью определения точностных характеристик были проведены исследования индикатора.

Измерялась предельная величина погрешности индикатора методом сравнения с концевыми мерами длины кл. 1 (ГОСТ 9083-73).

Погрешность составила $\Delta y = 0,02$ мм, а среднее квадратическое отклонение $\sigma = 0,007$ мм.

Предложенный индикатор может быть применен в устройстве для контроля радиуса сферических поверхностей, внешний вид сферометра на основе „мультискана“ приведен на рис. 3 (1 — индикатор, 2 — сферическая опора).

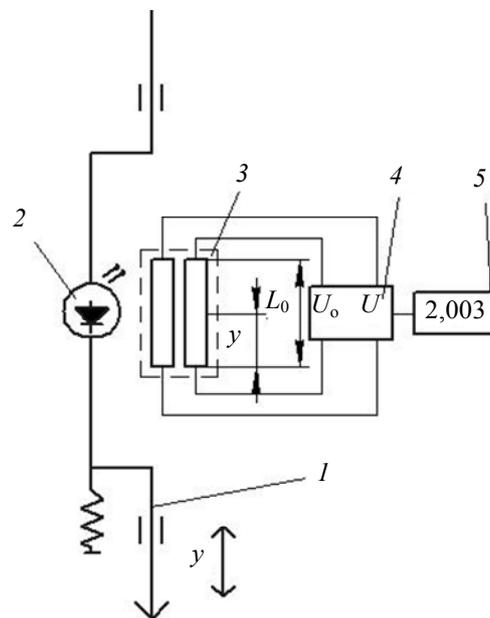


Рис. 1

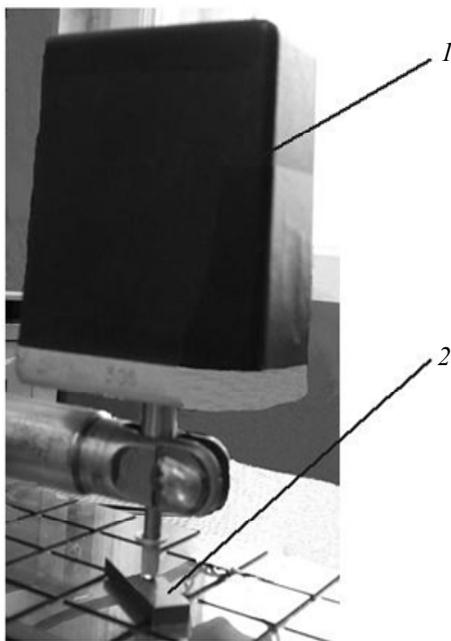


Рис. 2

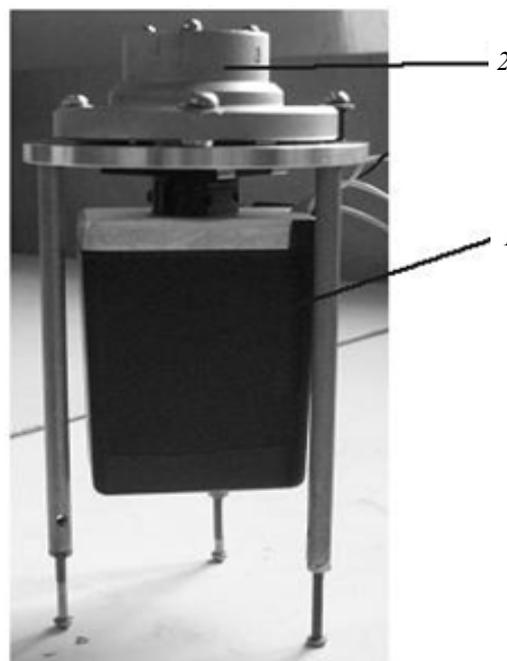


Рис. 3

Радиус поверхности вычисляется по следующему закону:

$$R = \frac{D^2}{8y} + \frac{l}{2} \pm r = \frac{D^2}{8nA} + \frac{nA}{2} \pm r, \quad (1)$$

где D — диаметр опорного кольца, r — радиус сферической опоры-шара (для вогнутой поверхности знак плюс, для выпуклой — минус), l — стрелка прогиба измеряемой линзы, n —

число электрических счетных импульсов, вырабатываемых индикатором линейных перемещений, A — цена импульса.

Индикаторы на основе „мультискана“ могут быть использованы для контроля линейных размеров с возможностью алгоритмической коррекции [4]. Предварительный анализ погрешностей показал, что точность этого устройства не ниже точности аналогов.

На собранном макете устройства были произведены измерения поверхностей образцовой выпуклой линзы радиуса $R_{\text{вып}} = 80,17$ мм ($\sigma = 0,0013$ мм) и образцовой вогнутой линзы $R_{\text{вог}} = 131,83$ мм ($\sigma = 0,0007$ мм).

Предложенные устройства на основе „мультискана“ целесообразно использовать в качестве сферометров для контроля радиуса деталей оптических приборов и радиуса сферических поверхностей деталей газодинамических опор гироскопических приборов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бернштейн А. С. Фотоэлектрические измерительные микроскопы. М.: Машиностроение, 1976.
2. Онегин Е. Е. Точное машиностроение для микроэлектроники. М.: Радио и связь, 1986.
3. Берковская К. Ф. и др. // ЖТФ. 1983. Т. 53, № 10. С. 2015—2045.
4. Латыев С. М. Конструирование точных (оптических) приборов: Учеб. пособие. СПб: Политехника, 2007.

Сведения об авторах

- Ольга Алексеевна Абакишина** — студентка; Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, кафедра компьютеризации и проектирования оптических приборов
- Геннадий Васильевич Егоров** — Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, кафедра компьютеризации и проектирования оптических приборов; доцент
- Святослав Михайлович Латыев** — д-р техн. наук, профессор; Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, кафедра компьютеризации и проектирования оптических приборов; заведующий кафедрой; E-mail: latyev@grv.ifmo.ru
- Сергей Сергеевич Митрофанов** — канд. техн. наук, доцент; Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, кафедра компьютеризации и проектирования оптических приборов; E-mail: m1990s@mail.ru

Рекомендована факультетом ОИСТ

Поступила в редакцию
25.11.11 г.