

07;12

©1994

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТОЧНОСТНЫХ ПАРАМЕТРОВ ФОТОПРИЕМНИКА “МУЛЬТИСКАН” В РЕЖИМЕ КООРДИНАТОУКАЗАНИЯ

*Б.Г.Подласкин, Л.З.Дич, Н.А.Токранова*

Практика использования многоэлементного фотоприемника “мультискан” [1] в режиме координатоуказания точечного светового сигнала выявила целый ряд его преимуществ по сравнению с другими координаточувствительными оптоэлектронными датчиками [2]. Эти преимущества проявляются в высокой крутизне характеристики, формировании выходного сигнала в виде аналогового напряжения в масштабе приложенного напряжения питания, независимости координатной характеристики от интенсивности светового сигнала в широком диапазоне. Поскольку сравнение фототоков, необходимое для определения координаты медианы светового пятна, производится внутри фотоприемника, а не во внешних цепях, удается получить высокоточное позиционирование сигнала вплоть до  $10^{-4}$  –  $10^{-5}$  от поля зрения фотоприемника. Принцип действия мультискана в этом режиме описан в [1].

В работах [3–5] нами построена математическая модель мультискана, работающего в этом режиме, и проведен анализ различного рода погрешностей определения координаты светового сигнала в зависимости от основных конструктивных и электрофизических параметров фотоприемника. Однако практика показывает, что основной вклад в ошибку координатоуказания определяется пространственной неравномерностью чувствительности прибора, неравномерностью распределения темнового тока, нелинейностью резистивных делительных слоев.

Совокупное экспериментальное исследование этих факторов в конечном итоге позволяет оценить реальную точность, на которую можно рассчитывать при использовании мультискана в режиме координатоуказания.

Для экспериментального исследования точностных характеристик мультискан была собрана установка на базе оптического компаратора ИЗА-7, снабженного прецизионным дифракционным датчиком перемещений, точность которого в исследуемом диапазоне составляет 0.5 мкм. Испытательный световой сигнал формировался с помощью стаби-

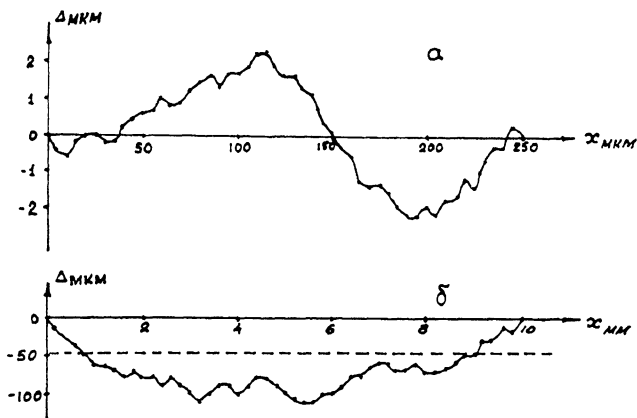


Рис. 1. Систематическая погрешность мультискана, измеренная на интервалах перемещений. а — 250 мкм, б — 10 мм.

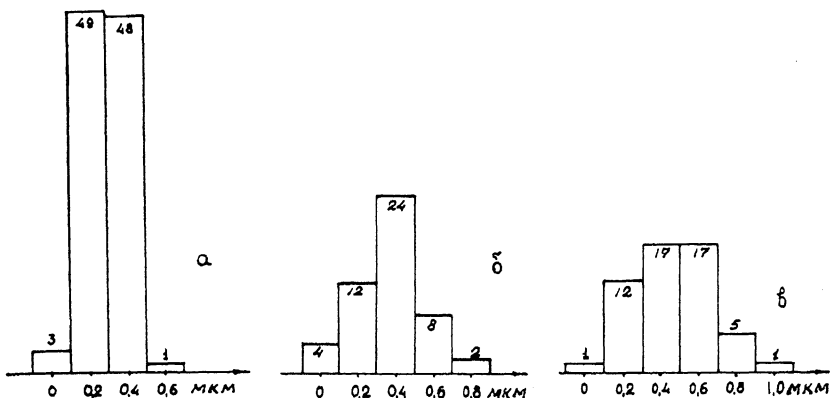


Рис. 2. Гистограммы измерений различными методами стабильности показаний мультискана. а — метод многократного арретирования; б — использование концевых мер, в — использование преобразователя на дифракционных решетках.

лизированной лампы накаливания ОП-8-9 и оптической щели. Таким образом, на поверхности фотоприемника создавалось световое пятно в виде поперечного штриха шириной 100 мкм. На делительный слой мультискана подавалось напряжение 10 В, что соответствует крутизне координатной характеристики  $\sim 0.5$  мВ/мкм. Выходное напряжение фотоприемника измерялось с помощью цифрового вольтметра G-0.1 DGTG 1202.010 с погрешностью 0.003% в диапазоне 0 – 10 В.

На рис. 2 приведены графики погрешностей координатных характеристик типичного образца фотоприемника

мультискан. Погрешность определялась как разность координат, измеренной по показанию дифракционного датчика и вычисленной по напряжению на выходе мультискана:  $\Delta = X_{\text{дд}} - kU_{\text{М}}$ , где  $X_{\text{дд}}$  — показания дифракционного датчика,  $U_{\text{М}}$  — выходное напряжение мультискана,  $k = X_{\text{дд}}/U_{\text{М}}$  — отношение длины участка измерений к интервалу изменений выходного напряжения мультискана. Измерения проводились на двух интервалах перемещений — 250 мкм (рис. 1, а) и 10 мм (рис. 1, б). В первом случае максимальное отклонение составило величину менее 0.1%, во втором — 0.5%.

Данные, приведенные на рис. 1, отражают систематическую погрешность прибора, которая обусловлена, в основном, неравномерностью резистивных слоев и разбросом фоточувствительности мультискана. Каждый из этих параметров является индивидуальной характеристикой прибора и обладает временной стабильностью, что позволяет учитывать эту систематическую погрешность в специальных устройствах коррекции [6].

Для исследования статистической погрешности, характеризующей случайную составляющую ошибки, использовались три различных метода: многократное арретирование, использование концевых мер, измерение разброса показаний при многократной установке координаты по показаниям преобразователя на дифракционных решетках. Во всех этих случаях мультискан смещался относительно светового сигнала, а затем возвращался в первоначальное положение с точностью, определяемой каждым из перечисленных методов. При многократном повторении этих операций формировался набор отсчетов выходного напряжения мультискана, что позволяло оценить статистическую погрешность.

Как видно из рис. 2, на котором приведены гистограммы измерений, получены сходные результаты для всех измерений — среднеквадратичное отклонение не превышает 0.2 мкм, что соответствует 0.1 мВ при напряжении на делительном слое прибора 10 В. Измерения проводились при значении интегрального фототока  $I_{\text{ф}} = 10^7$  А, интегральный темновой ток прибора  $I_{\text{т}}$  равнялся  $10^{-10}$  А.

Была исследована стабильность координатной точности прибора от отношения величин темнового и фототоков ( $I_{\text{т}}/I_{\text{ф}}$ ). Результаты измерений приведены на рис. 3. Видно, что при изменении  $I_{\text{т}}/I_{\text{ф}}$  от  $10^{-3}$  до  $10^{-2}$  значение измеряемой координаты практически постоянно. При  $I_{\text{т}}/I_{\text{ф}} = 1$  погрешность составила  $\sim 200$  мкм. При  $I_{\text{т}}/I_{\text{ф}} > 1$  наблюдается резкое смещение измеряемой величины к положению медианы темнового тока мультискана, которая для данно-

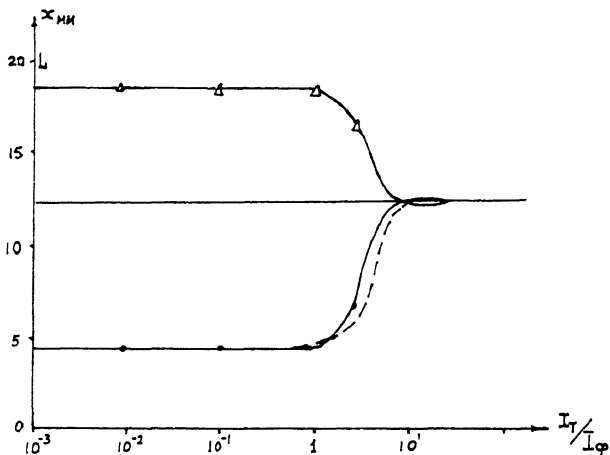


Рис. 3. Зависимость устойчивости координаты медианы светового пятна от отношения величин темнового и фототоков.

го образца равнялась 12.2 мм. Зависимости сняты для двух положений медиан светового пятна — в точках 4.4 и 18.4 мм.

Теоретически этот эффект рассчитывался через уравнение полного тока мультискана:  $\sum i_{\phi} + i_T = 0$ , где  $i_{\phi}$  определялся через свертку пространственной функции распределения светового пятна и вольт-амперной характеристики прибора:

$$i_{\phi}(\xi) = \int_0^L \frac{I_{\phi}}{V \sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{x-X_c^2}{2\sigma^2}} \operatorname{th} \left( \frac{x - X_c - \xi}{A_p} \right) dx,$$

$$i_T(\xi) = \frac{I_T}{L} [2(X_c + \xi) - L],$$

где  $X_c$  — положение медианы светового пятна с гауссовым распределением интенсивности и дисперсией  $\sigma$ ,  $L$  — длина фоточувствительной площадки мультискана,  $A_p$  — ширина наклонного участка вольт-амперной характеристики мультискана,  $\xi$  — сдвиг между медианой светового пятна и вольт-амперной характеристикой.

Результаты расчетов представлены на рис. 3 пунктирной линией и хорошо согласуются с экспериментом.

Таким образом, экспериментальные исследования погрешности мультискана в режиме координатоуказания медианы одиночного светового пятна показали, что прибор обеспечивает точность порядка 0.5 мкм при систематической погрешности 0.5% в широком диапазоне изменения интенсивности светового сигнала.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского Фонда Фундаментальных Исследований, код 93-02-14865.

### Список литературы

- [1] Берковская К.Ф., Кириллова Н.В., Подласкин Б.Г. и др. Позиционно-чувствительный фотоприемник мультискан с высоким координатным разрешением. В сб. Н.Т.Д. Декабрь 1991.
- [2] Витглеб Г. Датчики. М.: Мир, 1985. 195 с.
- [3] Подласкин Б.Г., Романова Е.П., Юферев В.С. // ЖТФ. Т. 62. В. 10. 1992. С. 126-137.
- [4] Подласкин Б.Г., Романова Е.П., Тохранова Н.А., Юферев В.С. // ЖТФ. Т. 63. В. 1. 1993. С. 131-140.
- [5] Подласкин Б.Г., Романова Е.П., Юферев В.С. Математическая модель мультискана. Влияние конечных размеров  $p^+$ -областей на возникающие ошибки. // ЖТФ. 1993. В печати.
- [6] Корноушкин А.В., Подласкин Б.Г. // ПТЭ. 1992. В. 5.

Физико-технический  
институт им.А.Ф.Иоффе  
Санкт-Петербург

Поступило в редакцию  
6 декабря 1993 г.

---