

Л. Г. КАРАПЕТЯН, А. А. КАРАГЕЗОВ

## О ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ НЕЭФФЕКТИВНОСТИ ПЕРЕНОСА В ПРИБОРАХ С ЗАРЯДОВОЙ СВЯЗЬЮ

Исследуется влияние разброса чувствительности по ячейкам приборов с зарядовой связью на точность измерения неэффективности переноса. Приводятся экспериментальные результаты, полученные для матриц типа А 1042.

Библиогр.: 3 назв.

Հետազոտվում է լիցքային կապով սարքերի բջիջներում ղգայունության սրժան ազդեցությունը փոխադրման անարդյունավետության չափման ճշտության վրա: Բերված են փորձարարական տվյալներ, որոնք ստացված են А 1042 տիպի մատրիցաների համար:

Неэффективность переноса является одним из важных параметров приборов с зарядовой связью (ПЭС) [1]. Измерение величины неэффективности позволяет характеризовать качество того или иного образца ПЭС при его использовании в ряде высокоточных исследований. Так, например, неэффективность переноса вносит определенный вклад в результирующую ошибку при определении координат центра тяжести изображения [2].

Известный способ измерения неэффективности переноса [3] заключается в следующем. Оптический сигнал определенной величины вводится в ближнюю к выходному устройству ячейку ПЭС, индуцируемый в ней зарядовый пакет считывается выходным устройством и измеряется значение напряжения  $U_1$ , соответствующее образованному в ячейке заряду  $Q_1$ . Затем такой же по величине оптический сигнал вводится в дальнюю от выходного устройства ячейку прибора и аналогично измеряется величина  $U_2$ , соответствующая  $Q_2$ . Значение неэффективности переноса  $\varepsilon$  определяется согласно выражению

$$\varepsilon_{\text{пер}} = \frac{U_1 - U_2}{n U_1}, \quad (1)$$

где  $n$  — число переносов вдоль прибора.

Здесь предполагается, что чувствительность всех ячеек ПЭС одинакова. Однако в реальных приборах существует разброс чувствительности, среднее значение которого может находиться в пределах от 3 до 10% [4, 5]. При измерении неэффективности переноса описанным способом разброс чувствительности вносит существенную погрешность в результат измерения.

Проведем оценку данной погрешности. Заряд, образующийся в ближней к выходному устройству ячейке, может быть определен как  $Q_1 = R_1 E t S$ , где  $R_1$  — чувствительность ближней ячейки,  $E$  — энергия падающего излучения,  $t$  — время накопления,  $S$  — площадь светочувствитель-

тельной области ячейки ПЗС. Аналогично заряд, образуемый в дальней ячейке— $Q_2 = R_2 E t S$ , где  $R_2$ —чувствительность дальней ячейки. Так как заряд ближней ячейки не переносится, то пренебрегая шумами выходного устройства, можно записать регистрируемое значение  $U_1$  в следующем виде:

$$U_1 = kQ_1 = kR_1 E t S, \quad (2)$$

где  $k$ —коэффициент преобразования заряда в напряжение.

Заряд дальней ячейки в результате переноса подвержен действию неэффективности. Величине заряда, достигшего выходного устройства, можно определить как

$$Q_2 = R_2 E t S (1 - n \bar{\xi}_p),$$

где  $\bar{\xi}_p$ —реальное значение неэффективности переноса данного образца ПЗС. Для регистрируемого значения напряжения  $U_2$  можно записать

$$U_2 = kQ_2 = kR_2 E t S (1 - n \bar{\xi}_p) \quad (3)$$

Объединив выражения (2) и (3) для реального значения неэффективности переноса, получим

$$\bar{\xi}_p = \frac{1}{n} \left( 1 - \frac{R_1}{R_2} \frac{U_2}{U_1} \right). \quad (4)$$

Теперь, используя выражения (1) и (4), можно определить ошибку измерения неэффективности

$$\Delta \bar{\xi} = \bar{\xi}_p - \bar{\xi}_{\text{ном}} = \frac{1}{n} \frac{U_2}{U_1} \left( 1 - \frac{R_1}{R_2} \right). \quad (5)$$

Обобщая выражение (5), можно вместо величин  $1 - R_1/R_2$  подставить значение среднего разброса чувствительности по ячейкам ПЗС— $\gamma_{\text{ср}}$ , представляющее собой

$$\gamma_{\text{ср}} = \frac{\sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (R_{\text{ср}} - R_i)^2}}{R_{\text{ср}}},$$

где  $R_i$ —чувствительность  $i$ -той ячейки ПЗС,  $N$ —количество ячеек.

$$R_{\text{ср}} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N R_i.$$

Тогда будем иметь

$$\Delta \bar{\xi}_{\text{ср}} = \frac{1}{n} \frac{U_2}{U_1} \gamma_{\text{ср}}. \quad (6)$$

Выражения (4) и (6) позволяют определять реальное значение неэффективности переноса и среднюю ошибку ее измерения. Однако использование предполагает предварительные измерения чувствительностей ячеек ПЗС, что не всегда представляется возможным. С этой точки зрения более приемлемым представляется следующий способ измерения неэффективности.

Оптический сигнал определенной величины вводится в ближнюю к выходному устройству ячейку ПЗС. индуцированный заряд считывается им и измеряется  $U_1$ . Затем в ту же ячейку вводится такой же по величине сигнал, производится перенос индуцированного заряда в противоположную от выходного устройства сторону до конца прибора и снова перенос в обратную сторону к выходному устройству. Таким образом, заряд подвергается количеству переносов, равному  $2n$ . Далее он считывается, измеряется величина  $U_2$  и определяется значение неэффективности переноса

$$\xi_{\text{пер}} = \frac{U_1 - U_2}{2nU_1} \quad (7)$$

Использование предлагаемого способа исключает влияние разброса чувствительности на результат, т. к. заряд оба раза образуется в одной и той же ячейке ПЗС.

Неэффективность переноса измерялась обоими способами для выходного регистра трехфазных матричных ПЗС типа А1042. Число переносов вдоль выходного регистра прибора составлено  $n = 234 \times 3 = 702$ . Измерения проводились с помощью осциллографического индикатора СК1-111. При измерении неэффективности переноса известным способом второй зарядовый пакет каждый раз индуцировался в различных ячейках из двадцати дальних от выходного устройства и для каждого из двадцати пакетов измерялось значение  $\xi_{\text{пер}}$ .

Для трех различных образцов матриц средние значения неэффективности переноса соответствовали значениям  $2,77 \cdot 10^{-4}$ ,  $3,25 \cdot 10^{-4}$  и  $3,8 \cdot 10^{-4}$ . Рассчитав величину

$$\Delta \xi_{\text{ср}} = \sqrt{\frac{1}{M} \sum_{j=1}^M (\xi_{\text{ср}} - \xi_{\text{ном}})^2}$$

определялась относительная погрешность измерения неэффективности переноса. Для трех образцов матриц она составила соответственно 26%, 18% и 32%.

Измерения неэффективности переноса предложенным способом для тех же образцов дали следующие результаты:  $\xi_{\text{ср}}^* = 2,7 \cdot 10^{-4}$ ,  $\xi_{\text{ср}}^* = 2,88 \cdot 10^{-4}$ ,  $\xi_{\text{ср}}^* = 3,25 \cdot 10^{-4}$ . Относительная погрешность измерения составила соответственно 10%, 10% и 9%.

Как видно из приведенных результатов, для испытываемых матриц точность измерения повысилась примерно в (2—3) раза. Это дает основание утверждать, что разброс чувствительности по ячейкам ПЗС вносит существенную долю ошибки в результат измерения неэффективности переноса.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Сиден К., Лысет М. Приборы с переносом заряда.—М. Мир, 1978.—328 с.
2. Лебедев Н. В. Измерение координат точечного объекта телевизионной камерой ПЗС // Техника средств связи. Сер. Техника телевидения.—Л., 1978.—Вып. 6.—С. 25—34.

- 16 IV 1996

## ГИДРАВЛИКА

23