

ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДВУХ  
ВЫХОДОВ ИНТЕРФЕРЕНЦИОННОГО КОРРЕЛЯТОРА

В. А. Зубов, А. В. Крайский, Т. Т. Султанов

УДК 621.378.9:772.99

Показана возможность использования двух выходов коррелятора со схемой модифицированного двухлучевого интерферометра типа Маха-Цендера для получения функции корреляции и разностной картины двух транспарантов с изображением объектов с целью подавления помех.

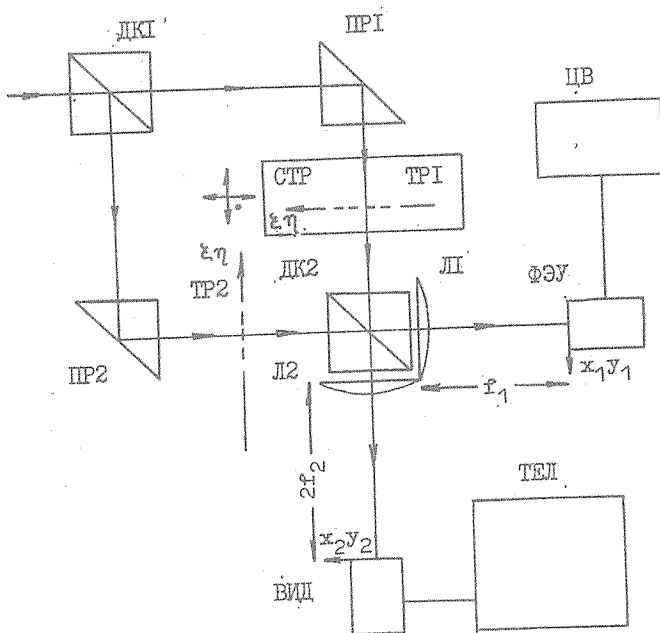
В работе рассматривается вариант схемы интерференционного коррелятора /1-3/, в котором используются два выхода модифицированного двухлучевого интерферометра Маха-Цендера и возможно получение картин с изображением обработанной информации. Схемы такого типа представляются перспективными для систем обработки информации и неразрушающего контроля, предназначенных для исключения помех и выделения изменяющихся во времени участков картин. Интерферометр образуется двумя делительными кубиками ДК1 и ДК2 и двумя призмами полного внутреннего отражения ПР1 и ПР2 (рис. 1). В одном канале интерферометра располагается первый транспарант ТР1, содержащий информацию о двух компонентах сигнала и характеризующийся комплексной амплитудной прозрачностью

$$t_1(\xi, \eta) = t_{s1}(\xi - \xi_{s1}, \eta - \eta_{s1}) + t_{n1}(\xi - \xi_{n1}, \eta - \eta_{n1}), \quad (I)$$

где  $\xi_{s1}, \eta_{s1}$  и  $\xi_{n1}, \eta_{n1}$  — координаты центров изображений соответствующих сигналов. Во втором канале интерферометра располагается второй транспарант ТР2, характеризующийся амплитудной прозрачностью также с двумя составляющими

$$t_2(\xi, \eta) = t_{s2}(\xi - \xi_{s2}, \eta - \eta_{s2}) + t_{n2}(\xi - \xi_{n2}, \eta - \eta_{n2}), \quad (2)$$

где  $\xi_{s2}, \eta_{s2}$  и  $\xi_{n2}, \eta_{n2}$  - координаты центров этих сигналов. Транспарант TP1 располагается на микрометрическом столике СТР, позволяющем производить точную его истировку и измерение смещений с точностью 0,01 мм в трех взаимно перпендикулярных направлениях. Транспарант TP2 располагался на столике, позволяющем производить его грубую установку.



Р и с. 1. Принципиальная схема экспериментальной установки для регистрации функции корреляции и разностной картины сигналов

Первый выход интерферометра содержит оптическую систему Л1 с фокусным расстоянием  $f_1$ , расположенную таким образом, что в ее передней фокальной плоскости находятся транспаранты, а в задней  $x_1y_1$  - катод фотоэлектрического приемника ФЭУ. Далее

сигнал регистрируется цифровым вольтметром ЦВ. Этот выход позволяет регистрировать функцию корреляции сигналов, образованных первым и вторым транспарантами при их относительном смещении. Отдельные составляющие выходного тока приемника имеют вид

$$I_{\alpha\beta}(t) \sim \int_{\omega_{x1}, \omega_{y1}} F_{\alpha}(\omega_{x1}, \omega_{y1}) F_{\beta}(\omega_{x1}, \omega_{y1}) \times \quad (3)$$

$$\times \exp\{-i[\omega_{x1}(\xi_{\alpha}(t) - \xi_{\beta}(t)) + \omega_{y1}(\eta_{\alpha}(t) - \eta_{\beta}(t))]\} d\omega_{x1} d\omega_{y1} \times$$

$$\times \exp[ik\kappa] + \text{компл. сопр.}$$

где  $\alpha = s1, n1$  и  $\beta = s2, n2$  в соответствии с наличием двух составляющих сигнала на первом и втором транспарантах,  $F_{s1}, F_{n1}, F_{s2}, F_{n2}$  - Фурье-образы амплитудных прозрачностей транспарантов для соответствующих сигналов,  $\omega_{x1} = \omega_{x1}/cf_1, \omega_{y1} = \omega_{y1}/cf_1$  - пространственные частоты,  $\exp[ik\kappa]$  - фазовый множитель, характеризующий соотношение фаз сигналов из двух каналов интерферометра. В процессе работы соотношение фаз может подстраиваться для получения оптимального отклика, т.е. быть кратным  $\pi$ . Зависимость  $\xi$  и  $\eta$  от времени описывает возможность смещения одного транспаранта относительно другого. Если одна из составляющих прозрачности транспаранта TP1 совпадает с составляющей прозрачности транспаранта TP2, например,  $t_{n1}$  совпадает с  $t_{n2}$ , то при настройке схемы в соответствии с требованиями

$$\xi_{n1}(t_m) = \xi_{n2}(t_m), \eta_{n1}(t_m) = \eta_{n2}(t_m) \quad (4)$$

получаем

$$I_{n1n2}(t_m) = I_{n1n2} = \int_{\xi, \eta} t_{n1}(\xi, \eta) t_{n2}^*(\xi, \eta) d\xi d\eta \exp[ik\kappa] + \quad (5)$$

$$+ \text{компл. сопр.},$$

т.е. отклик, описываемый этой составляющей, соответствует пику импульса функции корреляции этих сигналов. Другие составляющие выходного тока приемника дают постоянный фоновый сигнал и могут быть либо учтены, либо исключены при использовании разделительной емкости и регистрации на переменном токе.

Второй выход интерферометра используется для получения в плоскости регистрации  $x_2y_2$  изображений двух транспарантов с помощью оптической системы ЛЗ с фокусным расстоянием  $f_2$ . В выходной плоскости этой системы поле описывается комплексной амплитудой

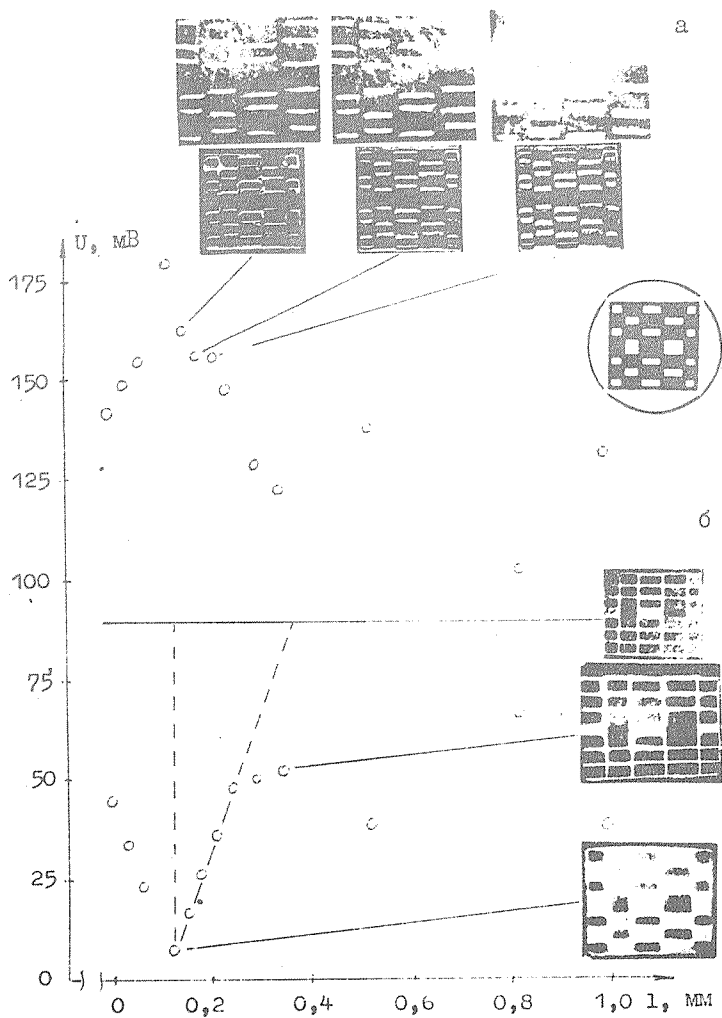
$$\begin{aligned} \varepsilon(x_2, y_2) \sim & t_{s1}(x_2 - x_{s1}, y_2 - y_{s1}) + t_{n1}(x_2 - x_{n1}, y_2 - y_{n1}) + \\ & + [t_{s2}(x_2 - x_{s2}, y_2 - y_{s2}) + t_{n2}(x_2 - x_{n2}, y_2 - y_{n2})] \exp[i(k + 1)\pi] \end{aligned} \quad (6)$$

где  $x_{s1}, y_{s1}, x_{n1}, y_{n1}, x_{s2}, y_{s2}$  и  $x_{n2}, y_{n2}$  — изображения центров соответствующих сигналов,  $\exp[i(k + 1)\pi]$  — фазовый сдвиг между полями из двух каналов, отличающийся на  $\pi$  от отношения фаз в первом выходе. Если в процессе юстировки транспаранта ТР1 удовлетворяются условия (4), то

$$\varepsilon(x_2, y_2) \sim \begin{cases} t_{s1}(x_2 - x_{s1}, y_2 - y_{s1}) - t_{s2}(x_2 - x_{s2}, y_2 - y_{s2}) \\ \quad \text{при } \exp[i(k + 1)\pi] = -1, \\ t_{s1}(x_2 - x_{s1}, y_2 - y_{s1}) + t_{s2}(x_2 - x_{s2}, y_2 - y_{s2}) + \\ \quad + 2t_{n1}(x_2 - x_{n1}, y_2 - y_{n1}) \text{ при } \exp[i(k + 1)\pi] = 1. \end{cases} \quad (7)$$

Таким образом, в выходной плоскости  $x_2y_2$  в зависимости от соотношения фаз формируется разностное или суммарное поле, т.е. выполняется операция амплитудного вычитания или сложения. Выходная информация может быть зарегистрирована на фотографическом материале или с помощью телевизионной системы, включающей видеокон ВИД и телевизор ТЕЛ.

Результаты экспериментов представлены на рис. 2. В качестве транспарантов использовались фотографии, выполненные на пленке типа МИКРАТ. Негативное изображение транспаранта представлено на рис. 2а с указанием линейного масштаба. Размер элемента транспаранта равен 0,21 мм, в транспаранте содержится 7x8 элементов. На графике показан отклик фотоэлектрического



Р и с. 2. Иллюстрация экспериментальных результатов. График дает зависимость амплитуды корреляционного сигнала от смещения транспаранта 1. Большие фотографии получены при съемке с экрана телевизора, малые - непосредственным фотографированием. На врезке - негативное изображение транспаранта

приемника ФЭУ, зарегистрированный цифровым вольтметром ЦВ в канале регистрации функции корреляции. По оси абсцисс отложена величина смещения транспарантов друг относительно друга. Начало отсчета выбрано произвольно. Следует иметь в виду, что сигнал с ФЭУ имеет отрицательную полярность, а на графике приведены абсолютные значения сигнала. Средняя линия (90 мВ) соответствует некогерентному сложению сигналов из двух каналов. Экспериментальные результаты, приведенные в верхней части графика, соответствуют суммированию сигналов в канале корреляционной функции, а в нижней части — вычитанию сигналов. Полученные зависимости дают вид автокорреляционной функции. Ширина функции составляет  $\approx 0,24$  мм, что вполне удовлетворительно согласуется с характерным масштабом элементов на транспаранте. Удаление крыльев корреляционной функции от средней линии связано с рядом обстоятельств. На транспаранте всегда имеются отдельные элементы, дающие между собой корреляцию. Из-за малого числа элементов на транспаранте доля каждого элемента достаточно велика. С этим же связан осциллирующий характер поведения крыльев функции. Нужно также иметь в виду, что прозрачность темных мест транспаранта не равна нулю и возможна неоднородность поля и транспаранта. Подчеркнем, что результаты, полученные в этом канале регистрации, показывают, что сложение и вычитание сигналов выполняются с хорошей точностью. При среднем уровне сигнала 90 мВ максимальное значение при суммировании составляет 180 мВ, а минимальное — при вычитании — 8 мВ. Картинки, приведенные рядом с графиком, иллюстрируют результаты регистрации информации на втором выходе интерферометра, в котором формируются изображения транспарантов. Стрелки указывают соответствие результатов, полученных на первом и втором выходах интерферометра. Нужно иметь в виду, что разностные сигналы первого выхода соответствуют суммарной картине на втором выходе и наоборот, так как разность фаз световых полей из двух каналов интерферометра на двух выходах отличается на  $\pi$ .

Использование метода получения разностной картины может быть перспективным при исключении помех для транспарантов, содержащих информацию об анализируемой картине, соответствующей двум моментам времени  $t_1$  и  $t_2$ . Кроме того, получение разност-

ной картины, соответствующей изменившейся информации, позволяет существенно уменьшить объем регистрируемой информации.

Поступила в редакцию  
25 февраля 1981 г.

#### Л и т е р а т у р а

1. В. А. Зубов и др., Краткие сообщения по физике ФИАН № 10, 35 (1978).
2. В. А. Зубов, А. В. Крайский, Т. Т. Султанов, Краткие сообщения по физике ФИАН № 7, 24 (1980).
3. В. А. Зубов, А. В. Крайский, Т. Т. Султанов, Препринт ФИАН № 67, М., 1980 г.