

Письма в ЖТФ, том 16, вып. 21

12 ноября 1990 г.

07; 12

© 1990

ВОЛНОВОДНАЯ КОРРЕЛЯЦИОННАЯ ОБРАБОТКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ В КАЧЕСТВЕ ФИЛЬТРОВ СОПРЯЖЕННЫХ ОБРАЗЦОВ СИГНАЛОВ

Ю.А. Б ы к о в с к и й, В.Г. Ж е р е г и,
Ю.Н. К у л ь ч и н, Ю.Д. П о р я д и н,
В.Л. С м и р н о в, Н.Н. Ф о м и ч е в

Как показали результаты проведенных исследований [1, 2], многоканальные волноводные фазовые модуляторы (МВФМ) способны эффективно выполнять функции пространственно-временных модуляторов света для ввода аналоговой и цифровой информации в интегрально-оптические устройства оптической обработки информации. Это открывает перспективы для создания быстродействующих волноводных процессоров (ВП), принцип действия которых основывается на корреляционной обработке сигналов методом согласованной пространственной фильтрации. Однако это требует применения в ВП волноводных голографических фильтров [3], что ограничивает возможности оперативной обработки информационных массивов из-за технологических и технических трудностей возникающих при замене либо перезаписи таких фильтров для различных эталонных сигналов. В тоже время известны схемы оптических процессоров, корреляционная обработка в которых производится с использованием в качестве фильтров сопряженных образов сигналов [4]. Поскольку в этом случае отпадает необходимость применения голограмм и линз обратного Фурье-преобразования, то это позволяет существенно упростить схему ВП и предоставляет возможность проведения корреляционной

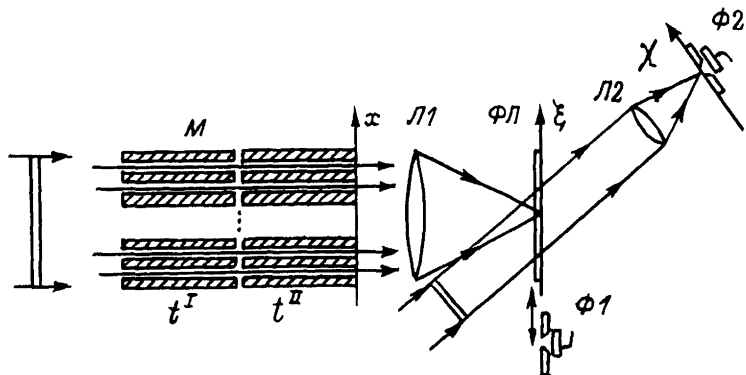


Рис. 1. М - последовательно расположенные многоканальные модуляторы; Л1, Л2 - Фурье-линзы; ФП - голографическая фотопластинка; Ф1, Ф2 - фотоприемники с диафрагмами.

обработки сигналов в реальном времени, оперируя с произвольными эталонными сигналами. Поэтому целью настоящей работы явилось исследование возможности создания волноводного коррелятора, осуществляющего анализ сигналов за счет использования в качестве фильтров их сопряженных образов.

Рассмотрим принцип работы коррелятора, оптическая схема которого приведена на рис. 1. Коррелятор состоит из двух последовательно расположенных МВФМ с функциями пропускания

$$t_{I,II}(x) = \sum_{n=1}^N \text{rect}\left(\frac{x+nc}{d}\right) \exp[i(\beta l^{I,II} + \varphi_n^{I,II})], \quad (1)$$

где N - число каналов модуляторов, d - ширина каналов, c - период расположения каналов, β - константа распространения моды в канале, $l^{I,II}$ - длина каналов, $\varphi_n^{I,II}$ - дополнительный набег фазы в n -ом канале I и II модуляторов соответственно, вызванный приложением электрического поля и равный $\varphi_n^{I,II} = \pi U_n^{I,II} / U_{\lambda/2}^{I,II}$, где $U_n^{I,II}$ - приложенное напряжение, $U_{\lambda/2}^{I,II}$ - полуволновое напряжение.

Как следует из (1) и [5], приложение к каналам модуляторов I и II электрических полей противоположных направлений позволяет сформировать взаимосопряженные функции пропускания $t_I(x)$ и $t_{II}^*(x)$. В этом случае в задней фокальной плоскости линзы Л1 сформируется Фурье-спектр результирующей функции пропускания

$$F(\xi) = C_1 \int t_I(x) t_{II}^*(x) \exp[ik\xi x/F] dx, \quad (2)$$

где $k = 2\pi/\lambda$ - волновое число, λ - рабочая длина волны, F - фокусное расстояние линзы Л1, C_1 - постоянный амплитудно-фазовый

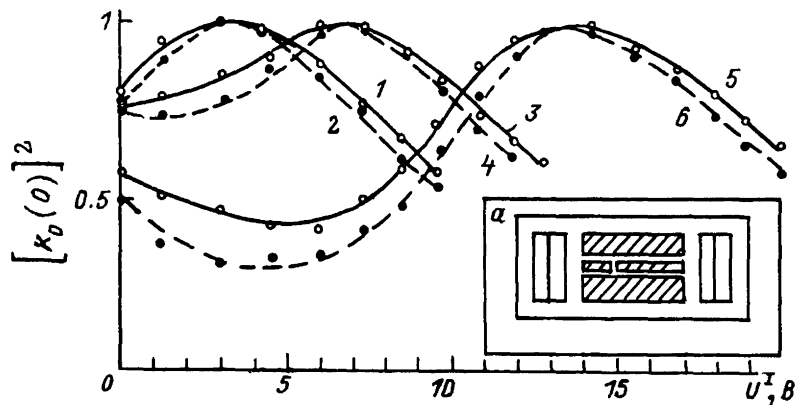


Рис. 2. Зависимости нормированного корреляционного сигнала $|K_0(0)|^2$ от напряжения U^I при $U=5$ В (кривые 1 и 2), $U=10$ В (кривые 3 и 4), $U=15$ В (кривые 5 и 6) в случае регистрации в корреляционной плоскости (кривые 1, 3, 5) и в плоскости прямого преобразования Фурье (кривые 2, 4, 6); а) схема исследуемого волноводного коррелятора.

множитель. Если в этой плоскости записать голографический согласованный фильтр без приложения напряжения к каналам модуляторов, то максимум корреляционного сигнала, получаемого при осуществлении обратного преобразования Фурье восстановленной волны линзой Л2 должен наблюдаться только при выполнении условия $t_{II}(x) = t_I^*(x)$. Во всех остальных случаях будет формироваться сигнал, пропорциональный квадрату модуля функции взаимной корреляции функций пропускания транспарантов

$$|K(x)|^2 = |t_I(x) \otimes t_{II}(x)|^2 \equiv |\int t_I(x) t_{II}^*(x-x) dx|^2. \quad (3)$$

Как видно из (2) и (3), если взять центральный отсчет в Фурье-спектре исходного сигнала $F(\xi=0)$, то с точностью до постоянного множителя C_1 его значение совпадает со значением сигнала корреляции при $x=0$. Таким образом, величину центрального отсчета функции корреляции сигналов сформированных МВФМ можно измерять как в плоскости корреляции, так и в плоскости прямого преобразования Фурье, что значительно расширяет возможности и упрощает оптическую схему волноводного коррелятора.

Принцип работы предложенной схемы опробовался с использованием двухканального волноводного модулятора изготовленного на основе одномодового волновода полученного термодиффузией Ti^{II} в подложку $LiNbO_3$ V-среза. Длина каналов составила $l=1.5$ мм и $l^{II}=10$ мм, ширина каналов $a=6$ мкм, расстояние между

каналами 10 мкм (рис. 2, а). Измеренные полуволевые напряжения составили $U_{\lambda/2}^I = 12$ В, $U_{\lambda/2}^{II} \approx 2$ В ($\lambda = 0,63$ мкм). Ввиду сложности изготовления волноводных линз ввод и вывод излучения осуществлялся призмами связи. Преобразование Фурье функции пропускания МВФМ производилось объемной линзой. Электрическая схема позволяла прикладывать электрические поля с одинаковой амплитудой напряженности, но противоположных направлений на первой и второй каналы каждого модулятора ($U_1^{I,II} = -U_2^{I,II}$). Согласно (1)–(3), зависимость изменения квадрата модуля корреляционного сигнала от величины приложенного к каналам напряжения имеет следующий вид:

$$|F(0)|^2 \sim |K(0)|^2 \sim \cos^2 \left[\pi \left(\Delta U^I / U_{\lambda/2}^I - \Delta U^{II} / U_{\lambda/2}^{II} \right) \right] \quad (4)$$

где $\Delta U^{I,II} = U_1^{I,II} - U_2^{I,II} = 2 U_1^{I,II}$.

Из (1) и (4) следует, что корреляционный сигнал должен достигать своего максимального значения при выполнении условия $\Delta U^I / U_{\lambda/2}^I = \Delta U^{II} / U_{\lambda/2}^{II}$, что соответствует формированию на модуляторах взаимосопряженных сигналов $t_I(x) = t_{II}^*(x)$. На рис. 2 приведены зависимости нормированного корреляционного сигнала $|K_0(0)|^2$ от напряжения U^I , для следующих значений напряжения $U = U^I + U^{II}$: $U = 5$ В (кривые 1 и 2), $U = 10$ В (кривые 3 и 4), $U = 15$ В (кривые 5 и 6). Зависимости 1, 3, 5 получены при измерении сигнала корреляции в корреляционной плоскости, а 2, 4, 6 – при измерении в плоскости прямого преобразования Фурье. Как видно, для обоих вариантов измерения поведение зависимостей сигналов корреляции и положение их максимумов хорошо совпадает для различных значений U , что соответствует вводу в коррелятор различных аналоговых сигналов. Это подтверждает возможность проведения корреляционного анализа сигналов с использованием составного МВФМ, когда достаточно знать значение лишь центрального отсчета функции корреляции измеряемого непосредственно в плоскости прямого Фурье-преобразования. Несовпадение начальных значений экспериментальных зависимостей для различных U обусловлено некоторым варьированием направляющих свойств волноводных каналов при приложении к ним напряжения, что приводит к различию максимальных значений $|K(0)|^2$.

Таким образом, в работе показана возможность создания оптического коррелятора за счет использования двух последовательно расположенных МВФМ с регистрацией сигнала корреляции в плоскости прямого преобразования Фурье. Отсутствие необходимости использования в предложенной схеме голографического фильтра и линзы обратного Фурье-преобразования открывает перспективы для создания чисто волноводных корреляторов способных обрабатывать сигналы в реальном времени.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Семенов А.С., Смирнов В.Л., Шмалько А.В. // Квантовая электроника, 1987. Т. 14. № 7. С. 1313–1360.

- [2] Букреев И.Н., Венедиктов В.В., Горбатовский М.В., Демина Т.П., Кашинцев М.А., Порядин Ю.Д., Паппэ Г.Е., Фомичев Н.Н., Шимко А.А. // Квантовая электроника. 1988. Т. 15. № 6. С. 1292-1296.
- [3] Баблюмян А.С., Морозов В.Н., Путилин А.Н., Шермергор Т.Д. Волноводные голограммы в системах передачи, хранения и обработки информации. Тр. ФИАН СССР. 1987. Т. 185. С. 164-190.
- [4] Катус Г.П., Кравцов Н.В., Чирков Л.Е., Коновалов С.М. Модуляция и отклонение оптического излучения, М: Наука, 1967. 176 с.
- [5] Сороко Л.М. Основы голографии и когерентной оптики. М.: Наука, 1971. 616 с.

Поступило в Редакцию
24 февраля 1990 г.

Письма в ЖТФ, том 16, вып. 21

12 ноября 1990 г.

05.2

© 1990

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КРИСТАЛЛ-ДИФРАКЦИОННОЙ КАРТИНЫ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВИДИМОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ ИСТОЧНИКА РЕНТГЕНОВСКИХ ЛУЧЕЙ

К.Т. Г а б р и е л я н

Среди методов рентгеновской микроскопии одним из самых перспективных является интерференционная регистрация предметной волны с последующим восстановлением изображения источника в видимом свете. Однако получение рентгеновских голограмм по схемам, аналогичных оптическим, сталкивается с трудностями, связанными со слабой когерентностью рентгеновских источников и отсутствием эффективных фокусирующих оптических элементов [1, 2].

Вместе с тем, известны случаи, когда рентгеновские лучи образуют интерференционные картины при брэгговском падении на кристалл. Это возможно, например, при наложении проходящей и дифрагированной волн или двух волн маятникового решения, образующихся как в проходящем, так и в дифрагированном направлениях при динамической дифракции. Такие интерференционные картины, конечно, не являются голограммой источника в обычном смысле этого слова и тем не менее могут рассматриваться в качестве промежуточного интерференционного изображения для получения видимого изображения источника рентгеновских лучей.