

07;12

Многоканальный корреляционный фильтр на основе фоторефрактивного кристалла для обработки изменяющихся спекловых полей

© Ю.Н. Кульчин, Р.В. Ромашко, Е.Н. Пискунов, А.А. Камшилин

Дальневосточный государственный технический университет,
Владивосток

Университет Йоеенсу, Йоеенсу, Финляндия

Поступило в Редакцию 10 января 2000 г.

Разработан метод одновременной обработки спекловых полей нескольких одноволоконных многомодовых интерферометров с помощью многоканального корреляционного фильтра, сформированного в одном фоторефрактивном кристалле. Проведено исследование взаимного влияния соседних каналов друг на друга. Показано, что одновременная обработка нескольких каналов с помощью одного фоторефрактивного кристалла возможна, если расстояние между каналами не меньше половины размера изображения оптического поля в плоскости кристалла.

Для обработки спекловых картин поля излучения одноволоконных многомодовых интерферометров (ОМИ) перспективным является использование голографических корреляционных фильтров [1,2]. В частности, такой фильтр может быть сформирован на динамической дифракционной решетке, записываемой в фоторефрактивном кристалле (ФРК) [2]. Важным преимуществом данного корреляционного фильтра является его адаптивность, т. е. способность записываемой в кристалле динамической решетки подстраиваться под неконтролируемые низкочастотные изменения внешних условий. Это открывает широкие возможности для практического применения волоконно-оптических измерительных сетей.

Однако в случае обработки сигналов многомерных информационно-измерительных сетей, состоящих из большого числа волоконно-оптических измерительных линий (каналов), возникает необходимость использовать большое число фоторефрактивных кристаллов, что существенно усложняет и удорожает систему обработки. Одно из возможных

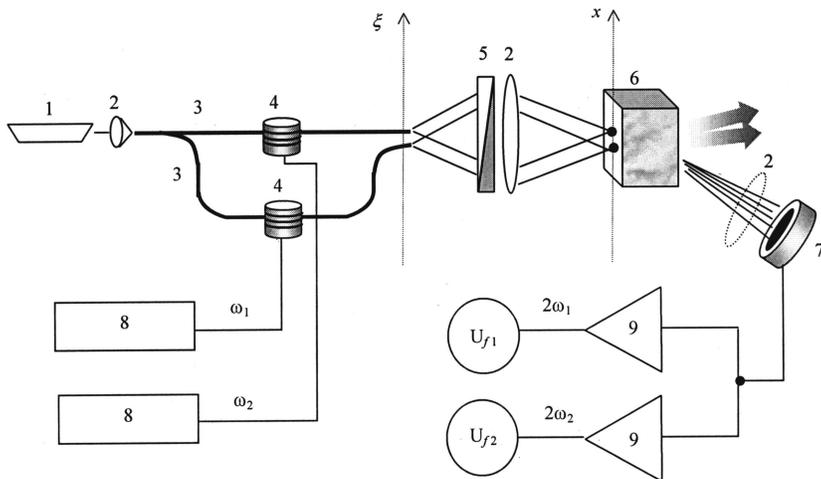


Рис. 1. Схема установки: 1 — He–Ne-лазер, 2 — объектив, 3 — одноволоконный многомодовый интерферометр, 4 — пьезоэлемент, 5 — поляризатор, 6 — кристалл $\text{Bi}_{12}\text{TiO}_{20}$, 7 — фотоприемник; 8 — генератор звуковой, 9 — селективный усилитель.

решений данной проблемы, по-видимому, состоит в применении одного фоторефрактивного кристалла для одновременной обработки сигналов нескольких измерительных линий.

В связи с этим целью данной работы явилось исследование взаимного влияния некогерентных динамических спекловых полей нескольких ОМИ в процессе их обработки при помощи многоканального корреляционного фильтра на основе одного ФРК.

Принцип работы корреляционного фильтра на основе ФРК заключается в следующем. При введении когерентного оптического излучения в фоторефрактивный кристалл в его толще образуется набор хаотически ориентированных фазовых дифракционных решеток, являющийся результатом интерференции введенной волны с большим числом вторичных волн, рассеянных на дефектах кристаллической структуры [2]. Такая сложная дифракционная решетка порождает эффект фаннинга — перекачку мощности падающей волны в рассеянную за счет ее дифракции на хаотическом наборе дифракционных решеток. Интенсивность волн фаннинга зависит от величины контраста m интерференционной карти-

ны, формируемой в результате интерференции падающего и рассеянного лучей.

При введении в кристалл другого излучения, некогерентного первому, в его толще запишется еще один набор хаотически ориентированных дифракционных решеток. Возникнет еще одна волна фаннинга. На основании [3,4], можно показать, что величина контраста интерференционной картины для случая перекрытия областей взаимно некогерентных световых полей определяется выражением:

$$m = \frac{m_0}{1 + k\sigma(\zeta)}, \quad (1)$$

где m_0 — первоначальное значение контраста интерференционной картины, $\sigma(\zeta)$ — параметр перекрытия областей в кристалле, k — константа, учитывающая степень пространственной неоднородности некогерентного поля.

Используя [5], можно показать, что в случае когда сечения световых полей имеют форму, близкую к круговой, параметр перекрытия описывается следующим выражением:

$$\sigma(\zeta) = \begin{cases} \frac{1}{\pi}(2 \arccos \zeta - 2\zeta\sqrt{1-\zeta^2}), & \zeta \leq 1 \\ 0, & \zeta > 1 \end{cases}, \quad (2)$$

где $\zeta = x/d$, x — расстояние между центрами изображений торцов волоконных световодов в плоскости кристалла, d — линейный размер изображения торца.

Из (1) и (2) видно, что в случае, когда области оптических полей от разных источников частично или полностью перекрываются в кристалле ($\zeta < 1$), в месте их перекрытия увеличивается степень однородности оптического поля и падает контраст m , что приводит к взаимному ослаблению интенсивностей волн фаннинга в обоих каналах.

Взаимное влияние каналов в двухканальном адаптивном фильтре было исследовано экспериментально. Взаимно некогерентные излучения двух ОМИ (рис. 1), синусоидально промодулированные посредством пьезокерамических элементов на частотах ω_1 и ω_2 , пройдя поляризатор, собирались объективом в объем ФРК. Сигнал фаннинга, собранного фотоприемником, попадал на селективные усилители, которые, согласно [2], были настроены соответственно на частоты $2\omega_1$ и $2\omega_2$, что обеспечило выделение вкладов каждого канала.

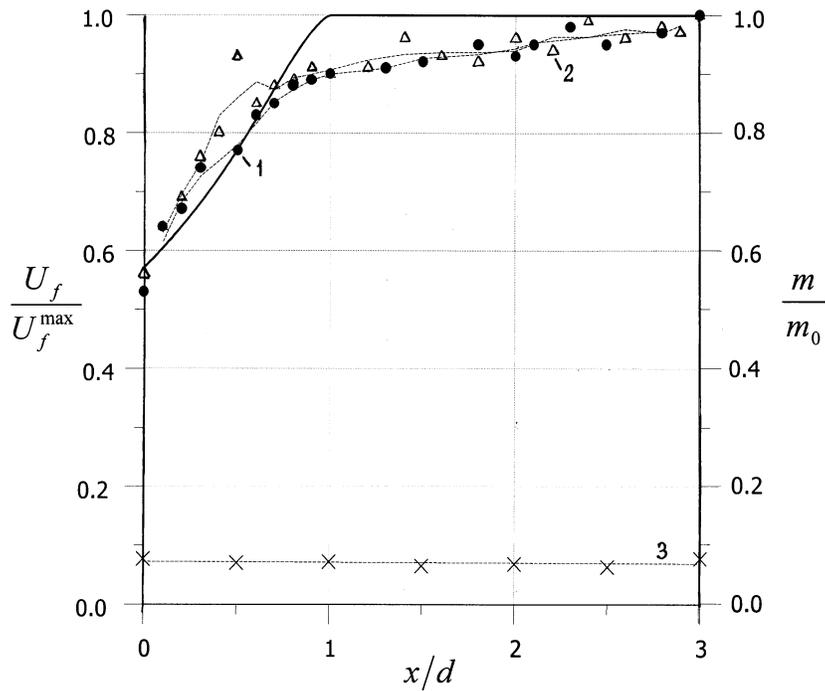


Рис. 2. Зависимость сигналов фаннинга в разных каналах (пунктир) и контраста интерференционной картины (сплошная линия) от относительного расстояния между каналами: 1 — канал 1 (ω_1), 2 — канал 2 (ω_2), 3 — канал 1 (ω_2).

Из экспериментально полученной зависимости амплитуды сигнала фаннинга для обоих каналов от расстояния между ними (рис. 2) видно, что в случае, когда излучение разных ОМИ пересекают кристалл на значительном расстоянии друг от друга, уровень сигнала фаннинга в каждом канале остается практически постоянным. В случае значительного перекрытия изображений торцов волоконных световодов во входной плоскости кристалла ($x \sim d/2$) наблюдается существенное уменьшение сигнала фаннинга в обоих каналах (на 3 dB).

С целью экспериментального исследования перекрестных шумов в обоих каналах при их сближении между кристаллом и фотоприемником

был помещен объектив (рис. 1). Благодаря этому два канала были пространственно разделены в дальнем поле. Сигнал фотоприемника, помещенного в поле фаннинга второго канала, поступал на селективный усилитель, настроенный на рабочую частоту первого ($2\omega_1$). Это позволило определить, насколько влияние каналов друг на друга обусловлено взаимодействием их оптических полей внутри кристалла. На рис. 2 представлена зависимость спектральной компоненты сигнала фаннинга во втором канале, которая соответствует рабочей частоте первого канала от расстояния между каналами в кристалле. Было установлено, что уровень этого сигнала не зависит от расстояния между каналами и не превышает уровня собственных шумов второго канала (11 dB). Все это говорит о том, что взаимопроникновение информационной составляющей между каналами практически отсутствует.

Таким образом, результаты проведенных исследований позволяют сделать вывод о возможности обработки сигналов двух и более волоконно-оптических измерительных линий (каналов) с использованием одного фоторефрактивного кристалла, если расстояние между изображениями оптических полей каждого канала в плоскости кристалла не меньше половины размера изображения одного канала.

Список литературы

- [1] Быковский Ю.А., Кульчин Ю.Н., Витрик О.Б. и др. // Квантовая электроника. 1990. Т. 17. № 1. С. 95.
- [2] Kamshilin A.A., Jaaskelainen T., Kulchin Yu.N. // Appl. Phys. Lett. 1998. V. 73. N 6.
- [3] Yariv A. // Optical Electronics. Ed. 4-th Philadelphia: Saunders College Publishing, 1991. Chap. 18. P. 673–669.
- [4] Борн М., Вольф Э. Основы оптики. М.: Наука, 1973. 720 с.
- [5] Корн Г., Корн Т. Справочник по математике. М.: Наука, 1978. 831 с.