

пучка и регистрировался уровень прошедшего через слой сигнала. Под воздействием акустической волны коэффициент поглощения на слое падал и сигнал на оси возрастал. На фиг. 3 приведена зависимость времени нарастания поля (до уровня 0,7 от уровня, соответствующего отсутствию пузырьков) от интенсивности акустической волны в пузырьковой области. Видно, что характерное время установления составляет 4–10 с.

Авторы благодарят Л. А. Островского за интерес к работе и ценные замечания.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Iernetti G., Sagod M. S.* Self-focusing of acoustic waves during cavitation.— *Acustica*, 1978, v. 41, p. 32–36.
2. *Кобелев Ю. А., Островский Л. А., Сутин А. М.* Эффект самопросветления для акустических волн в жидкости с пузырьками газа.— *Письма в ЖЭТФ*, 1979, т. 30, № 7, с. 423–425.
3. *Гаврилов Л. Г.* Содержание свободного газа в жидкостях и методы его измерения.— В кн.: *Физические основы ультразвуковой технологии*. М.: Наука, 1970.

Институт прикладной физики
Академии наук СССР

Поступило в редакцию
10.IV.1986

ПИСЬМО В РЕДАКЦИЮ

УДК 778.38:534.647

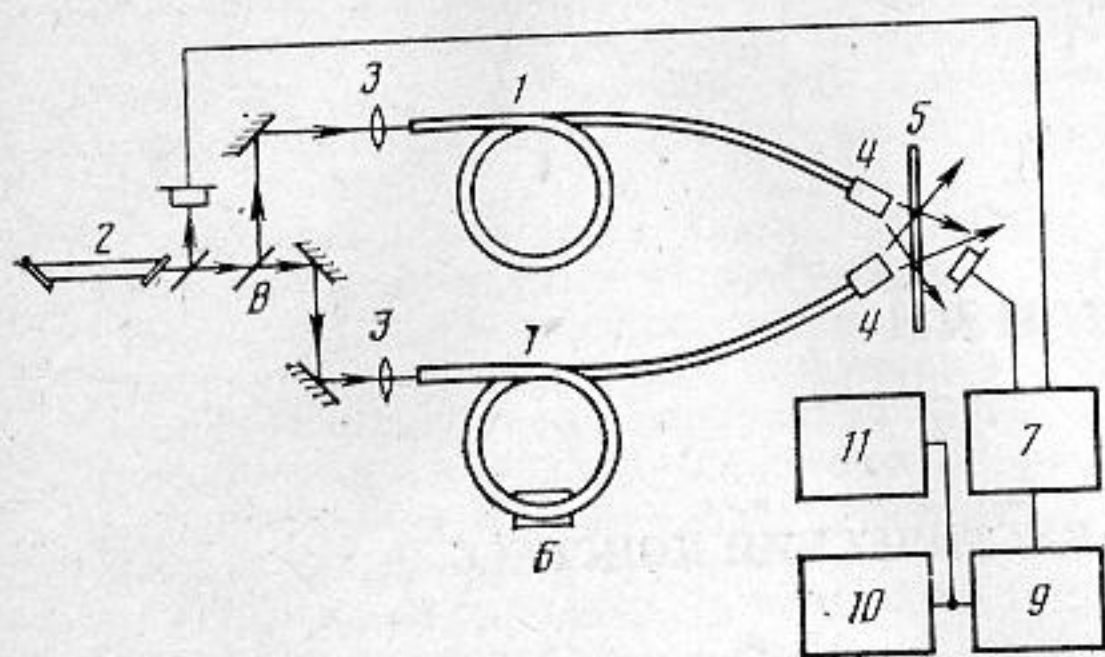
РЕГИСТРАЦИЯ СИГНАЛА ФАЗОВОЙ МОДУЛЯЦИИ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКОГО ИНТЕРФЕРОМЕТРА С ПОМОЩЬЮ ДИНАМИЧЕСКОЙ ГОЛОГРАММЫ В БАКТЕРИОРОДОПСИНЕ

*Барменков Ю. О., Зосимов В. В., Кожевников Н. М., Котов О. И.,
Лямшев Л. М., Николаев В. М.*

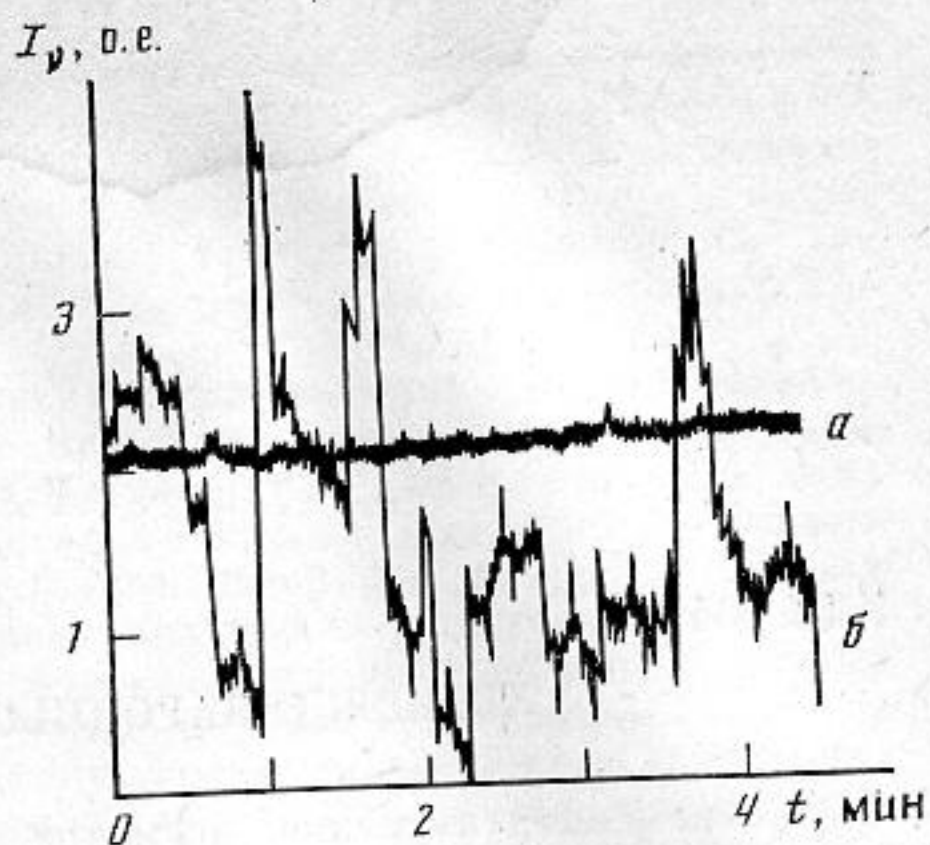
Регистрация сигнала фазовой модуляции при интерферометрическом измерении параметров ультразвуковых вибраций связана со значительными трудностями, если зондирующий световой пучок распространяется в среде со случайно флуктуирующими пространственно-временными оптическими характеристиками и имеет в связи с этим спекл-неоднородное по сечению распределение комплексной амплитуды. Используемые в этом случае многоканальные адаптивные интерферометры отличаются большой сложностью и обычно обеспечивают удовлетворительные результаты только в узком диапазоне значений флуктуирующих параметров [1]. Аналогичные проблемы возникают при работе многомодовых волоконно-оптических интерферометров (ВОИ), используемых совместно с датчиками акустических полей [2]. Для выделения сигнала фазовой модуляции в таких системах применяются различные методы [3], среди которых наиболее простой в реализации [4] основан на диафрагмировании пучка, выходящего из многомодового световода (МС). Спекл-структура этого пучка, образованная интерференцией фазомодулированных мод, «дрожит» с частотой полезного сигнала за счет межмодовой дисперсии в световоде, вызывая модуляцию интенсивности пучка после диафрагмы. Однако случайные флуктуации оптических параметров световодов в таких системах приводят к значительному дрейфу амплитуды выходного сигнала и обусловленному этим резкому снижению эффективности систем. Поэтому представляет интерес исследование возможности применения в системах со спекл-пучками голографического метода выделения сигнала фазовой модуляции [5, 6].

В настоящей работе экспериментально показано, что голографическая обработка сигнала двухплечного ВОИ с помощью пленок, содержащих бактериородопсин (БР) [7], значительно повышает адаптивность такого интерферометра к низкочастотным флуктуациям фазы. Выбор пленки с БР в качестве фоторефрактивной среды (ФС) обусловлен локальностью нелинейного фотоотклика, что, как показано в [5], обеспечивает высокую чувствительность преобразования сигнала фазовой модуляции.

Схема экспериментальной установки приведена на фиг. 1. ВОИ состоял из двух одинаковых отрезков МС с диаметром сердцевины 50 мкм 1. Излучение лазера 2 с длиной волны 0,63 мкм и мощностью 8 мВт разделялось на два пучка, которые микрообъективами 3 вводились в МС. На выходные торцы световодов были наклеены четвертьволновые стеклянные граданы 4, уменьшающие угловую расходимость пуч-



Фиг. 1. Схема экспериментальной установки



Фиг. 2. Временные зависимости амплитуд сигнала фазовой модуляции

ков до 3° и тем самым повышающие эффективность их взаимодействия в ФС 5. Световой пучок, проходящий по одному из МС, модулировался по фазе пьезокерамическим преобразователем 6, к которому был приклеен световод. После прохождения ФС один из пучков попадал на вход 1 дифференциального фотоприемника (ДФ) 7, на вход 2 которого поступало излучение, отраженное от стеклянной пластинки 8. Использование ДФ позволяет повысить чувствительность измерений за счет подавления флуктуаций интенсивности излучения [1]. Напряжение с выхода ДФ усиливалось селективным усилителем 9 и регистрировалось вольтметром 10 и осциллографом 11.

Принцип работы ВОИ основан на том, что при $T \ll \tau$ (T — период фазовой модуляции, τ — постоянная времени записи решетки) ФС реагирует не на мгновенную, а на усредненную интерференционную картину (ИК). Периодическое смещение мгновенной ИК относительно записанной фазовой решетки вызывает модуляцию интенсивностей пучков на выходе из ФС [5]. Если $T \gg \tau$, то модуляция интенсивностей выходящих пучков отсутствует, так как фазовая решетка все время «отслеживает» положение ИК.

На фиг. 2 приведены зависимости от времени амплитуд сигнала фазовой модуляции на частоте $\nu = 17$ кГц, полученные с помощью рассмотренного ВОИ (а) и по методу [4] (б). Следует отметить, что для получения такой же глубины модуляции (4%), как в выходном сигнале ВОИ, метод [4] требует значительно (на два порядка) большей мощности модулятора (12) (см. фиг. 1). Постоянная времени записи фазовой решетки в БР измерялась по осциллограмме экспоненциального нарастания амплитуды сигнала при резком смещении ИК записывающих пучков. Полученное значение $\tau \sim 200$ мс позволяет оценить верхнюю границу частот изменения фазы, которые отфильтровываются голограммой из полезного сигнала $\Omega \sim \tau^{-1} = 5$ Гц.

Таким образом, результаты проведенного эксперимента показывают перспективность применения голографического способа выделения сигнала фазовой модуляции для создания высокочувствительных адаптивных ультразвуковых интерферометров со спекл-неоднородными световыми пучками.

ЛИТЕРАТУРА

1. Воронцов М. А., Шмальгаузен В. И. Принципы адаптивной оптики. М.: Наука, 1985.
2. Giallorenzi T. G. et al. Optical fiber sensor technology // IEEE J. of Quantum Electronics. 1982. V. QE-18. № 4. P. 626–651.
3. Kingsley S. A. Multimode optical-fibre phase modulators and discriminators // Electron. Lett. 1978. V. 14. № 11. P. 335–338.
4. Котов О. И., Петрунькин В. Ю., Соколова С. Л., Филиппов В. Н. Исследование фазовой модуляции когерентного излучения в длинных волоконных многомодовых световодах // ЖТФ. 1982. Т. 52. № 11. С. 2202–2207.
5. Барменков Ю. О., Зосимов В. В., Кожевников Н. М., Лямшев Л. М., Сергущенко С. А. Исследование малых ультразвуковых колебаний методами оптической динамической голографии // Докл. АН СССР. 1986. Т. 290. № 5. С. 1095–1098.
6. Hall T. J., Fiddy M. A., Ner M. S. Detector for an optical-fiber acoustic sensor using dynamic holographic interferometry // Opt. Lett. 1980. V. 5. № 11. P. 485–487.
7. Светочувствительные биологические комплексы и оптическая регистрация информации // Сб. научных трудов. Пущино: ОНТИ НЦБИ АН СССР, 1985.

Акустический институт
им. Н. Н. Андреева
Академии наук СССР

Ленинградский политехнический
институт им. М. И. Калинина

Поступило в редакцию
18.XII.1986