

УДК 681.586.5

**Р.В. Ромашко, М.Н. Безрук, Д.А. Бобруйко**

Институт автоматика и процессов управления ДВО РАН,  
Владивосток, Россия

## **ПРИМЕНЕНИЕ АДАПТИВНОЙ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКОЙ ТОМОГРАФИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ В ЗАДАЧЕ АКУСТИЧЕСКОГО ЗОНДИРОВАНИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ**

В статье рассматривается возможность применения адаптивной многоканальной волоконно-оптической измерительной системы в задаче локализации неоднородностей структуры объекта, выполненного из конструкционного материала. Продемонстрированы результаты томографической реконструкции акустического поля в объекте.

**Ключевые слова:** фоторефрактивный кристалл, динамическая голограмма, адаптивный интерферометр.

**R.V. Romashko, M.N. Bezruk, D.A. Bobruyko**

Institute of Automation and Control Processes FEB RAS,  
Vladivostok, Russia

## **APPLICATION OF ADAPTIVE FIBER OPTICAL TOMOGRAPHIC SYSTEM IN THE PROBLEM OF ACOUSTIC PROBING OF STRUCTURAL MATERIALS**

The paper considers the use of an adaptive multichannel fiber-optic measuring system in the problem of localizing inhomogeneities in the structure of an object made of structural material. The results of tomographic reconstruction of the acoustic field in the object are demonstrated.

**Keywords:** photorefractive crystal, dynamic hologram, adaptive interferometer.

В настоящей работе представлен результат применения многоканальной адаптивной измерительной системы для измерения акустического поля в объекте с целью обнаружения неоднородностей в его структуре. Работа адаптивной измерительной системы основана на записи динамической голограммы в фоторефрактивном кристалле (ФРК) CdTe:V [1]. В качестве чувствительных элементов схемы использованы многомодовые волоконные световоды, схема экспериментальной установки показана на рис. 1.

Излучение лазера разделяется на опорный и объектный пучки. Объектный пучок, в свою очередь, разделяется с помощью оптического делителя  $1 \times 30$ . К оптическому делителю подключаются оптические

волокна, размещенные на поверхности наблюдаемого объекта. Опорный и объектные лучи вводятся в фоторефрактивный кристалл в ортогональной геометрии, опорный и объектные пучки взаимодействуют в кристалле, образуя семейство динамических голограмм. Прошедшие через кристалл лучи фокусируются с помощью линзы в дальнем поле и регистрируются с помощью фотоприемников [2, 3].

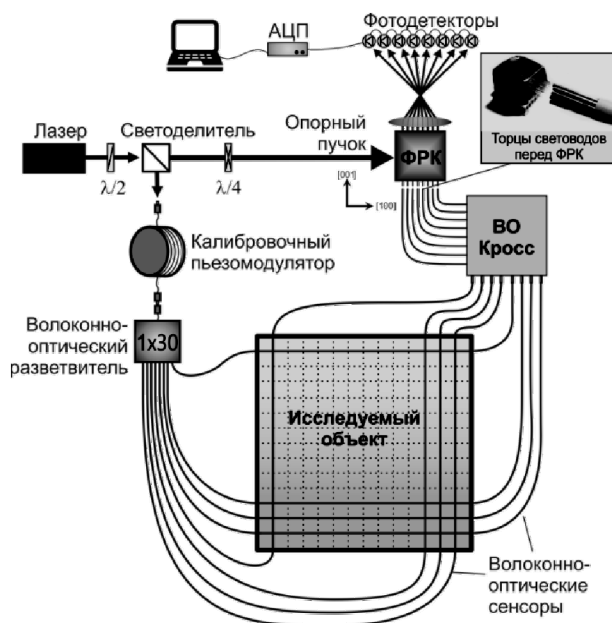


Рис. 1. Устройство многоканальной адаптивной волоконно-оптической измерительной системы

Исследуемый объект представлен плитой из экструзионного полистирола (размеры плиты  $390 \times 390 \times 50$  мм, плотность материала  $\rho = 29$  кг/м<sup>3</sup>, скорость распространения звуковой волны в материале  $c = 256$  м/с) с отверстиями (рис. 2). На поверхности плиты закреплены 30 волоконных световодов по 15 волокон в двух перпендикулярных направлениях. Акустическое поле возбуждается с помощью динамика расположенного по центру плиты, работающего на частоте 2700 Гц.

Колебания, возникающие на поверхности плиты под действием акустического поля, модулируют фазу лазерного излучения в закрепленных на поверхности плиты волокнах. Регистрируемые фотоприемниками значения амплитуды и фазы используются для построения акустического поля с помощью принципов томографической рекон-

струкции [4], результатом обработки являются значения фазы и амплитуды поля в точках пересечения оптических волокон на поверхности плиты.

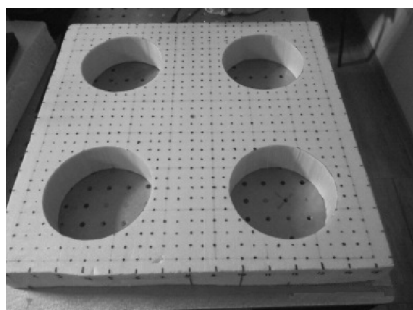


Рис. 2. Изображение использованной в эксперименте плиты

Структура плиты проявляется в распределении фазы (рис. 3), при этом акустическое поле в области отверстий находится в противофазе с полем за его пределами.

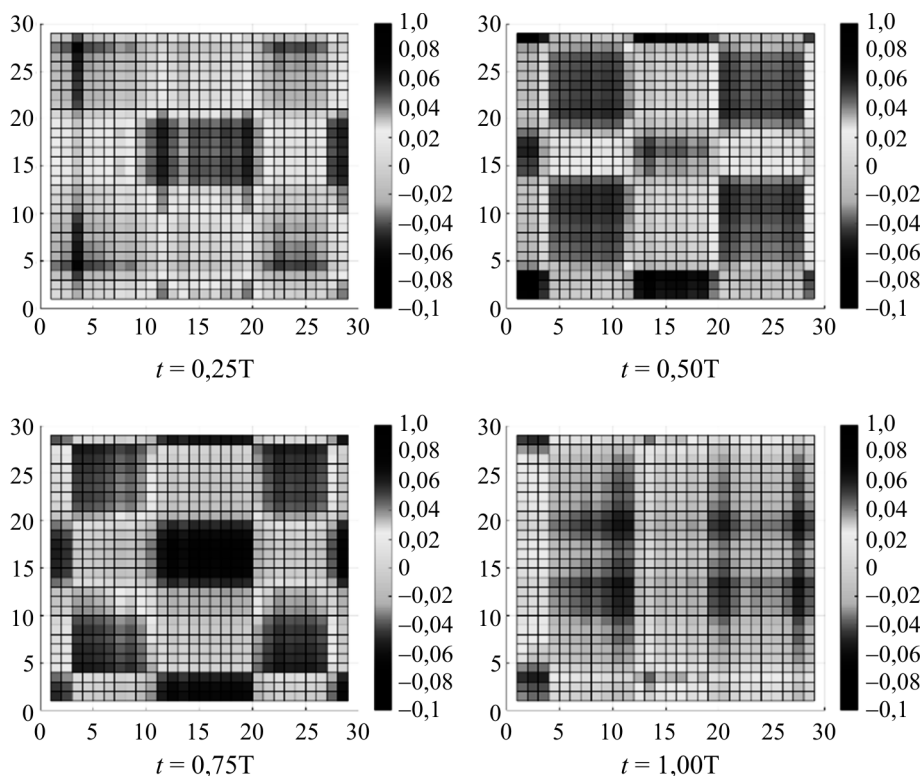


Рис. 3. Реконструкция фазы поля в плите

Распределение фазы не позволяет локализовать расположение отверстий. Расположение отверстий в плите можно наблюдать на распределении амплитуды (рис. 4), наблюдаются максимумы амплитуды акустического поля в области с отверстиями.

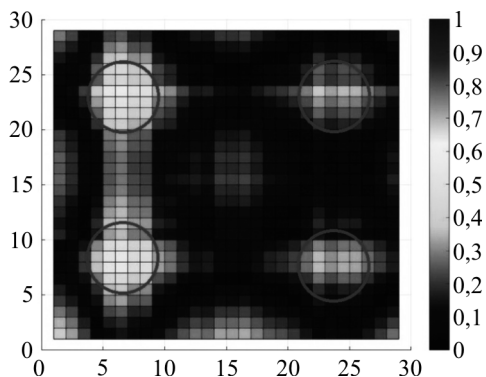


Рис. 4. Распределение амплитуды акустического поля на поверхности плиты

Таким образом, в данной работе продемонстрирован результат работы многоканальной измерительной системы на основе адаптивного голографического интерферометра и волоконно-оптической сенсорной сети. Произведено измерение акустического поля на поверхности исследуемого объекта, выполненного из конструкционного материала, показана восстановленная картина распределения акустического поля на поверхности объекта, определена локализация группы дефектов в материале объекта.

Повышение детализации получаемых в результате реконструкции распределений акустического поля, а также сглаживание в областях на границе криволинейных объектов могут быть достигнуты путем добавления дополнительных направлений укладки чувствительных элементов измерительной сети, с последующим применением принципов томографической реконструкции.

### Список литературы

1. Kamshilin A.A., Romashko R.V., Kulchin Y.N. Adaptive interferometry with photorefractive crystals // Journal of Applied Physics. – 2009. – Т. 105, № 3. – Р. 1.
2. Шестиканальный адаптивный волоконно-оптический интерферометр / Р.В. Ромашко [и др.] // Квантовая электроника. – 2012. – Т. 42, № 6. – С. 551–556.

3. Adaptive distributed fiber-optical sensory network for detecting weak acoustic fields / R. Romashko [et al.] // *Signal Processing in Photonic Communications*. Optical Society of America. – 2016. – С. JTU4A. 23.

4. Кульчин Ю.Н. Распределенные волоконно-оптические измерительные системы. – М.: Физматлит, 2001.

### References

1. Kamshilin A.A., Romashko R.V., Kulchin Y.N. Adaptive interferometry with photorefractive crystals. *Journal of Applied Physics*, 2009, vol. 105, no. 3, 1 p.

2. Romashko R.V. et al. Shestikanal'nyi adaptivnyi volokonno-opticheskii interferometr [Six-channel adaptive fiber optic interferometer]. *Kvantovaya elektronika*, 2012, vol. 42, no. 6, pp. 551-556.

3. Romashko R. et al. Adaptive distributed fiber-optical sensory network for detecting weak acoustic fields. *Signal Processing in Photonic Communications*. Optical Society of America, 2016, JTU4A. 23 p.

4. Kul'chin Yu.N. Raspredelelennye volokonno-opticheskie izmeritel'nye sistemy [Distributed fiber optic measuring systems]. Moscow: Fizmatlit, 2001.

Получено 15.09.2021