

*Четырнадцатая Международная научно-техническая конференция
«Оптические методы исследования потоков»
Москва, 26 – 30 июня 2017 г.*

УДК 621.375

И.С. Молодцов, Н.М. Скорнякова,

*Московский энергетический институт (технический университет), Россия,
111250, Москва, Красноказарменная ул., 14, E-mail: omfi@mpei.ac.ru*

**ОБРАБОТКА ИЗОБРАЖЕНИЯ ЛАЗЕРНОГО ИНТЕРФЕРЕНЦИОННОГО МЕТОДА
С ПРИМЕНЕНИЕМ ГИЛЬБЕРТ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ**

АННОТАЦИЯ

В данной статье описывается алгоритм обработки интерференционной картины от пузырька воздуха в основе которого лежит Гильберт преобразование. Метод позволяет определять мгновенную частоту и фазу интерференционной картины. Данные результаты важны для определения параметров пузырька в будущем.

ЛАЗЕР, ИНТЕРФЕРЕНЦИЯ, ГИЛЬБЕРТ ПРЕОБРАЗОВАНИЕ, ЦИФРОВАЯ ОБРАБОТКА.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время наибольшая часть экспериментальных исследований проводится на двухфазных потоках в газо-жидкостных средах. Целью данных исследований является определение формы, размера и поведения пузырьков газа в жидкой среде, либо капель жидкости в газовой среде. Наиболее точными методами являются лазерные методы диагностики потоков, они позволяют максимально уменьшить влияние на исследуемую среду во время проведения экспериментов.[2] Такие методы основаны на обработке получаемых интерференционных картин. Измерение размера капель воды в воздухе по изображению интерферометрической лазерной картины было предложено Рофом и др. в 1993 г.[4] Этот метод базируется на теории рассеяния Ми световых пучков, а определение размера пузырька основано на измерении разности фаз пучков, проходящих через пузырек

Целью обработки изображений лазерного интерференционного метода, описываемого в данной статье, является определение мгновенной фазы и частоты в интерференционной картине, которые связаны с параметрами исследуемого пузырька.

При исследовании динамичных потоков в газо-жидкостных средах следует учитывать изменяющиеся во времени параметры исследуемых объектов. В таких случаях преобразование Фурье не дает полную картину, а построив мгновенную фазу и частоту с использованием Гильберт преобразования, появляется возможность определить изменение скорости, формы и размера объекта.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДОКЛАДА

В данном эксперименте интерференция возникает между прошедшими и преломленными на исследуемом объекте лучами, при освещении его гауссовым пучком. Схема экспериментальной установки представлена на рис. 1. [2].

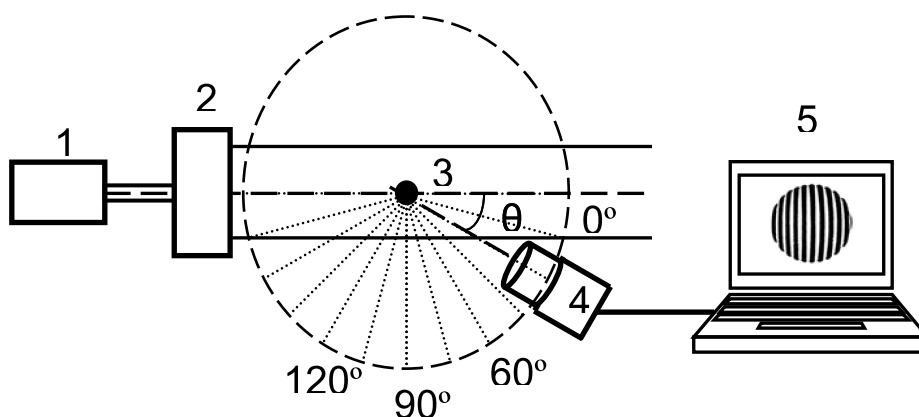


Рис. 1. Схема экспериментальной установки. 1 – лазер, 2 – система формирования лазерной плоскости, 3 – исследуемый пузырек или капля, 4 – регистрирующая камера, 5 – компьютер.

Интерференционная картина представляет собой сферу с набором чередующихся светлых и темных полос. Их количество пропорционально радиусу исследуемого сферического объекта.

Для регистрации такой картины используется цифровой фотоаппарат или видеокамера. Одно из полученных экспериментальных изображений представлено на рис. 2.

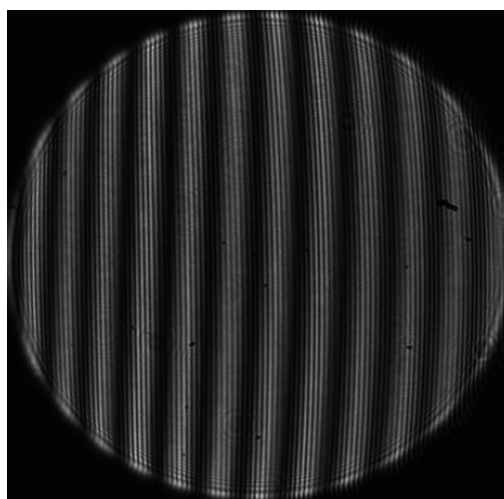


Рис. 2. Полученное экспериментальное изображение.

В данном случае в качестве объекта исследования использовалась стеклянная пластина с пузырьками воздуха внутри. Распределение интенсивности полученной интерференционной картины вдоль центральной строки имеет вид кривой, указанной на рис. 3.

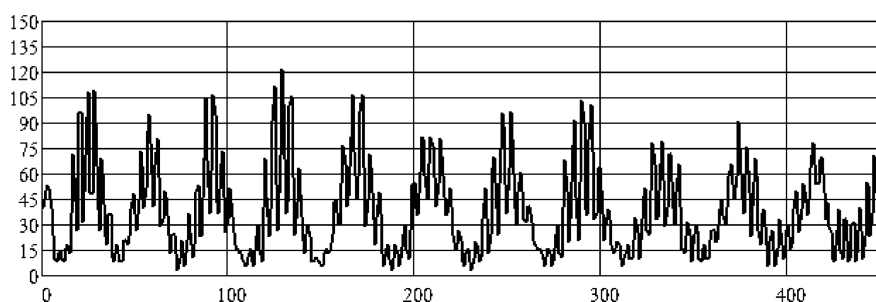


Рис. 3. Распределение интенсивности интерференционной картины (по оси абсцисс расположена интенсивность, по оси ординат - номер пикселя изображения).

Используя преобразования Гильберта (2) к каждому элементу исходной матрицы изображения, были рассчитаны мгновенная фаза (3) и частота (4) по соответствующим формулам. [3]

$$\hat{x}(t) = \frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{x(\tau)}{t-\tau} d\tau. \quad (2)$$

$$\psi_f(t) = \arctg \frac{\hat{f}(t)}{f(t)}. \quad (3)$$

$$\omega_f(t) = \frac{d}{dt} \arctg \frac{\hat{f}(t)}{f(t)} = \frac{\hat{f}'(t) f(t) - f'(t) \hat{f}(t)}{\hat{f}^2(t) + f^2(t)}. \quad (4)$$

Полученные распределения фазы и интенсивности представлены на рис. 4,5 соответственно.

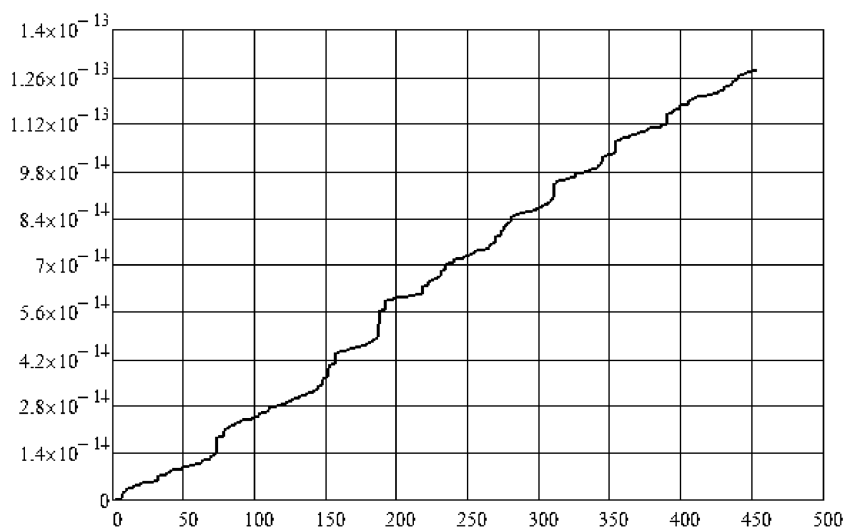


Рис. 4. График распределения мгновенной фазы. (по оси абсцисс расположена фаза [рад], по оси ординат - номер пикселя изображения).

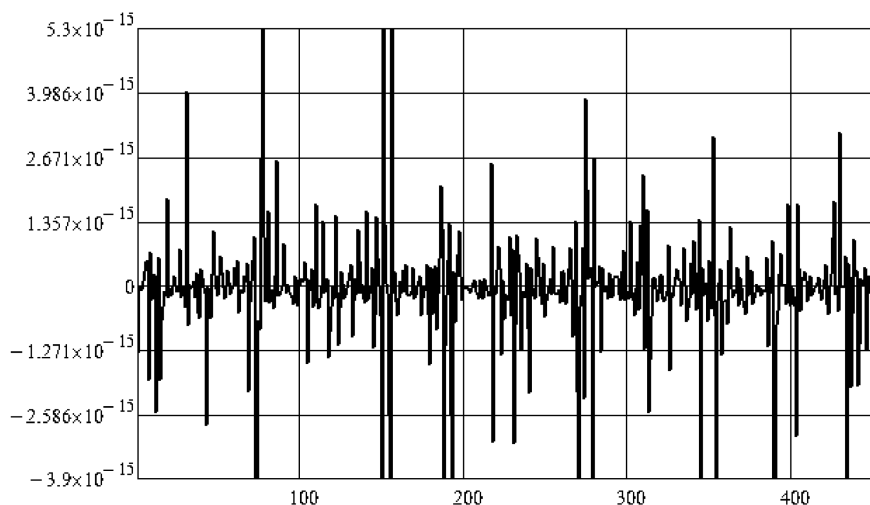


Рис. 5. График распределения мгновенной частоты (по оси абсцисс расположена частота [Гц], по оси ординат - номер пикселя изображения).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, основываясь на преобразовании Гильберта, путем вычислений были получены искомые распределения, такие как изменения мгновенной фазы и частоты. Они необходимы для расчета формы, скорости и размера пузырька.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Борн М., Вольф Э. Основы оптики // 2 изд. М.: Наука, 1973. 720 с.
2. Михалев А.С. Оптико-электронный комплекс одновременного измерения параметров движущихся пузырьков газа или капель жидкости, 2009. 139 с.
3. Сороко Л.М. Гильберт-оптика, М.: Наука, 1981. 159 с.
4. Roth.N., Andres.K. and Frohn.A.. “Size and Evaporation Rate Measurements of Optically Levitated Droplets”, The Third Intl. Congress on Optical Particle Sizing, 1993. pp. 371-377.

I.S. Molodtsov, N.M. Skornyakova

*Moscow Power Engineering Institute (technical university), Russia,
111250, Moscow, Krasnokazarmennaya st., 14, E-mail: omfi@mpei.ac.ru*

LASER IMAGE PROCESSING METHOD USING A HILBERT TRANSFORM

This article describes the image processing algorithm of an interference pattern from the bubble of air which is based on Hilbert transform. Method enables you to determine the instantaneous frequency and phase interference pattern. These results are important for determining the parameters of a bubble in the future.

LASER, OPTICAL, HILBERT TRANSFORM, DIGITAL PROCESSING.