

УДК 53.097

ИССЛЕДОВАНИЕ ШУМОВ, ГЕНЕРИРУЕМЫХ В ЖИДКОКРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ ЯЧЕЙКЕ В РЕЖИМЕ ЭЛЕКТРОГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ НЕУСТОЙЧИВОСТЕЙ

Демьянчук Г.Р. (ИТМО), Рудый С.С. (ИТМО), Рыбин В.В. (ИТМО)

Научный руководитель – кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник Щербинин Д.П. (ИТМО)

Введение. Стохастические процессы, возникающие в слое нематического жидкого кристалла с отрицательной диэлектрической анизотропией под воздействием внешнего электрического поля, находят широкое применение в современной фотонике. Так, в фантомной визуализации они используются для формирования случайного распределения спеклов, необходимых для восстановления изображений [1], также изучается возможность генерации истинно случайных чисел на основе нестационарных процессов в жидком кристалле [2]. Одной из актуальных задач является создание контролируемых источников шумов, необходимых для изучения стохастических резонансов — явления, при котором белый шум способствует усилению сигнала в бистабильной системе [3]. Также управляемые шумовые источники актуальны в вычислительных методах, например, в машине Изинга — аппаратном решателе, предназначенном для поиска глобального минимума гамильтониана Изинга, что находит применение в задачах комбинаторной оптимизации [4].

Основная часть. В работе исследуются платформы для генерации случайных сигналов на базе жидкокристаллических ячеек в режиме динамического рассеяния света. В жидкокристаллической ячейке под действием электрического поля возникают электрогидродинамические неустойчивости, приводящие к турбулентным потокам жидкости. Таким образом, с оптической точки зрения, образуемые потоки будут являться оптическими неоднородностями, которые находятся в движении, что приводит к явлению динамического рассеяния света. До порогового напряжения 6,7 В равномерная картина текстуры слоя жидкого кристалла не изменяется. При увеличении напряжения происходит формирование медленно движущихся потоков, имеющих четкую границу. При дальнейшем увеличении напряжения размер потоков уменьшается, а их скорость увеличивается, что приводит к усиленному рассеянию света. Текстуры, формируемые под действием постоянного напряжения, исследовались с использованием методов поляризационной микроскопии, а анализировались с использованием формализма пространственных частот и мультифрактального анализа. Была подготовлена оптическая схема, в которой лазерное излучение с постоянной интенсивностью пропусклось через жидкокристаллическую ячейку. Сильное динамическое рассеяние света приводило к случайным изменениям интенсивности прошедшего излучения и формированию случайных сигналов на АЦП. Полученные сигналы были обработаны в Origin для выявления изменений частотного спектра сигнала в зависимости от напряжения, подаваемого на жидкокристаллическую ячейку.

Выводы. В работе были исследованы и охарактеризованы текстуры слоя жидкого кристалла под действием внешнего электрического поля с использованием метода двумерного преобразования Фурье и метода box-counting для расчета мультифрактальных размерностей. Характерные размеры текстур, полученные этими различными методами, оказались практически одинаковыми в зависимости от напряжения, приложенного к ячейке. Также была проанализирована средняя скорость движения особых точек текстур и было обнаружено 3 характерных режима скоростей при увеличении напряжения [5]. Анализ сигнала, рассеянного на жидкокристаллической ячейке, показал, что гистограмма распределения значений амплитуд сигнала уширяется при увеличении напряжения, подаваемого на ЖК-ячейку. Данная работа также позволила определить значение напряжения, при котором сигнал имеет более

широкое и равномерное распределение амплитуд, что может использоваться для генерации случайных чисел.

Список использованных источников:

1. Davletshin N. N. et al. Ghost image restoring using random speckles created by a liquid crystal cell //Optics Letters. – 2021. – V. 47. – №. 1. – P. 9–12.
2. Gleeson J. T. Truly random number generator based on turbulent electroconvection //Applied physics letters. – 2002. – V. 81. – №. 11. – P. 1949-1951.
3. Gammaitoni L. et al. Stochastic resonance //Reviews of modern physics. – 1998. – V. 70. – №. 1. – P. 223.
4. Mohseni N., McMahon P. L., Byrnes T. Ising machines as hardware solvers of combinatorial optimization problems //Nature Reviews Physics. – 2022. – V. 4. – №. 6. – P. 363–379.
5. Shcherbinin D. P. et al. The spatial and temporal characteristic of non-stationary topology formed in nematic layer under the effect of electrohydrodynamic instabilities //Journal of Molecular Liquids. – 2024. – P. 126302.