

## ПОЛЯРИЗАЦИОННО-ФАЗОВЫЙ АНАЛИЗ МОДУЛЯЦИИ ДВУХЧАСТОТНЫХ НЕМАТИЧЕСКИХ ЖИДКИХ КРИСТАЛЛОВ С ПОМОЩЬЮ ЦИФРОВОЙ ГОЛОГРАФИЧЕСКОЙ МИКРОСКОПИИ

Степанов И. Г.<sup>1</sup>, Резцов Т. В.<sup>1</sup>

Научный руководитель – кандидат физико-математических наук, Черных А. В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Университет ИТМО

i.stepanov@itmo.ru

Работа выполнена в рамках темы НИР №FSER-2025-0007 «Лазерные методы создания функциональных материалов фотоники с использованием голографического и корреляционного мониторинга».

### Введение

Ключевым преимуществом двухчастотных нематических жидких кристаллов (ЖК) [1] является возможность сверхбыстрого управления их оптическими свойствами посредством внешнего электрического поля. Это позволяет создавать разнообразные элементы адаптивной фотоники на их основе. Помимо электрического поля, существенным фактором воздействия является температура [2]. Она непосредственно изменяет значения обыкновенного и необыкновенного показателей преломления среды. Разность этих величин определяет величину двулучепреломления. Данный эффект открывает возможности для термооптического управления свойствами жидкокристаллических структур и может быть использован при разработке перестраиваемых устройств. Для реализации такого управления в условиях, обеспечивающих высокую локальность нагрева, в данной работе используется фемтосекундное лазерное излучение с длиной волны 1040 нм. Комбинированное электротермическое воздействие позволяет формировать сложные локальные структуры, однако полная реализация данного подхода требует применения высокоточных методов диагностики, способных количественно описывать поляризационные и фазовые изменения в ЖК. Особый интерес представляет исследование таких процессов с использованием методов цифровой голографической микроскопии.

### Основная часть

В основе экспериментальной работы лежит реализация комбинированного электротермического воздействия на двухчастотные нематические ЖК. На образец подаётся переменное напряжение с частотой, близкой к частоте перехода материала, что задаёт исходную ориентационную структуру. Локальный нагрев, приводящий к формированию микроструктур, осуществляется сфокусированным фемтосекундным лазерным излучением с длиной волны 1040 нм. Для расширения возможностей эксперимента и исследования отклика ЖК на сложные световые поля применяется отражательный фазовый жидкокристаллический модулятор света, позволяющий формировать пучки с различной пространственной топологией. Ключевым этапом работы является анализ индуцированных изменений. Регистрация данных выполняется с помощью голографического микроскопа, позволяющего получить набор из четырёх поляризационно-разрешённых интерферограмм. Регистрируемые изображения позволяют восстановить полную матрицу Джонса исследуемого участка. Последующий анализ элементов матрицы Джонса даёт возможность не только визуализировать структуру, но и количественно определить её поляризационные и фазовые

характеристики. Это, в свою очередь, позволяет охарактеризовать сформированную область как поляризационно-фазовый оптический элемент — например, как фазовую пластинку с заданным распределением параметров двулучепреломления или как элемент с пространственно-модулированной поляризацией. Таким образом, применяемая методика обеспечивает прямую корреляцию между условиями воздействия и оптическими свойствами образующихся структур.

### **Выводы**

В результате работы получены матрицы Джонса структур, сформированных в двухчастотных нематических ЖК под действием комбинированного электротермического воздействия. Проведён анализ поляризационных и фазовых характеристик, который позволил количественно охарактеризовать сформированные области как поляризационно-фазовые элементы. Полученные результаты могут быть применены для разработки и диагностики новых элементов адаптивной фотоники.

### **Литература**

1. Xianyu, H., Wu, S.T. and Lin, C.L., 2009. Dual frequency liquid crystals: a review. *Liquid Crystals*, 36(6-7), pp.717-726.
2. Yang, D.K. and Wu, S.T., 2014. *Fundamentals of liquid crystal devices*. John Wiley & Sons.