

классификации модели – более 90%, что доказывает эффективность применения данных методов в задачах классификации.

Заключение. На языке C++ реализована нейронная сеть, при помощи которой решалась задача классификации. Сеть обучалась методом градиентного спуска и несколькими его модификациями на наборе данных Ирисы Фишера. Было представлено наглядное сравнение скорости сходимости используемых методов. Установлено, что градиентный спуск самый медленный по сходимости (примерно 5000 итераций), далее идут его стохастические вариации (2000 для стохастического и 1500 для мини-батча) и самые лучшие результаты по скорости сходимости демонстрируют инерционные модификации – 300 итераций. Во всех случаях получена точность обучения не хуже 93%.

Литература.

1. National Institute of Information and Communications Technology (NICT) [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.nict.go.jp/en/index.html>. Date of access: 14.12.2023.
2. Reduced complexity digital back-propagation methods for optical communication systems / A. Napoli [et al] // Journal of Lightwave Technology. – 2014. – Vol. 32, № 7. – P. 1351–1362.
3. Guiomar, F.P. Simplified volterra series nonlinear equalizer for polarization-multiplexed coherent optical systems / F.P. Guiomar, A.N. Pinto // Journal of Lightwave Technology. – 2013. – Vol. 31, № 23. – P. 3879–3891.
4. Capacity limits of systems employing multiple optical phase conjugators / D. Ellis [et al] // Opt. Express. – 2015. – Vol. 23, № 16. – P. 20381–20393.
5. Machine learning techniques in optical communication / D. Zibar [et al] // Journal of Lightwave Technology. – 2016. – Vol. 34, № 6. – P. 1442–1452.

Электрически управляемая жидкокристаллическая линза Френеля для определения топологического заряда фазового сингулярного пучка

Е.П. Пантелеева, Е.А. Мельникова

Белорусский государственный университет, 220030 Минск, Беларусь

E-mail: pantsialevevakate@gmail.com

Сочетание уникальных физических характеристик и возможности эффективного электрического управления анизотропией предопределило использование нематических жидких кристаллов (НЖК) для создания новых относительно простых, компактных, надёжных и недорогих оптических устройств плоской оптики [1].

В настоящее время одними из актуальных направлений исследований в области фотоники являются разработка жидкокристаллических линз с улучшенными характеристиками [2] и разработка простых в реализации, недорогих методов определения знака и абсолютного значения топологического заряда сингулярного светового пучка [3] в связи с их активным применением в квантовой коммуникации, микроманипулировании и др.

В настоящей работе на основе метода фотоориентации азокрасителя AtA-2 [4] разработана, изготовлена и исследована нематическая твист-планарно ориентированная ЖК линза Френеля. Экспериментально продемонстрирована возможность работы НЖК элемента в качестве электрически управляемой линзы, обеспечивающей фокусировку излучения в видимом и ближнем ИК диапазоне. Предложен новый простой метод определения топологического заряда сингулярного светового пучка.

Бинарная кольцевая топология ориентации директора НЖК, представляющая собой доменную структуру с чередующимися планарно и твист ориентированными кольцевыми зонами Френеля, задавалась посредством двойного экспонирования тонких (порядка 30 нм) плёнок азокрасителя AtA-2 излучением на длине волны 450 нм со взаимно перпендикулярными направлениями плоскости поляризации без и с использованием

амплитудной маски (зонная пластинка Френеля). В созданном элементе слой жидкого кристалла представляет собой анизотропную дифракционную линзу Френеля с чередующимися доменами ориентации директора (Рис. 1).

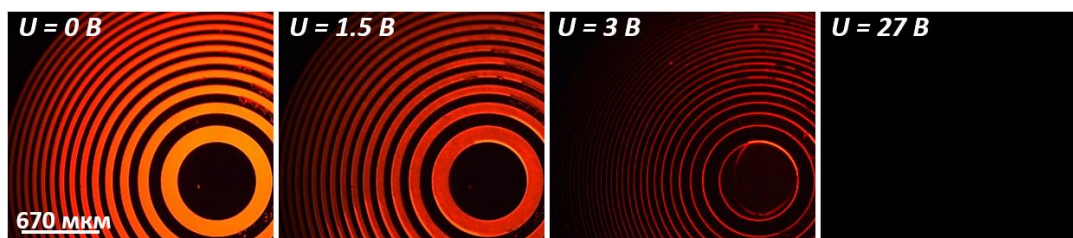


Рис. 1. Микрофотографии твист-планарного элемента в поляризационном микроскопе (поляризаторы скрещены).

Рис. 1 иллюстрирует возможность изменения фокусирующих свойств динамической ЖК линзы посредством подачи низких рабочих напряжений (пороговое напряжение использованного НЖК ВИН-7 $U_t = 1,1$ В, оптический порог $U_{op} = 1,5$ В). При подаче напряжения ниже порогового значения (в диапазоне $0 \div 1,5$ В) структура представляет собой амплитудную тонкую решётку во всём оптическом диапазоне и обладает постоянными фокусирующими свойствами (плотность мощности при использовании НЖК линзы увеличивается в 288 раз). Увеличение управляющего напряжения вызывает стремление директора ЖК переориентироваться гомеотропно (переход Фредерикса), модификацию амплитудной решётки в фазовую структуру с изменением фокусирующих свойств (Рис. 2). Максимальная фокусировка излучения достигается при оптимальном значении внешнего управляющего напряжения порядка 3 В при толщине жидкокристаллического слоя 20 мкм.

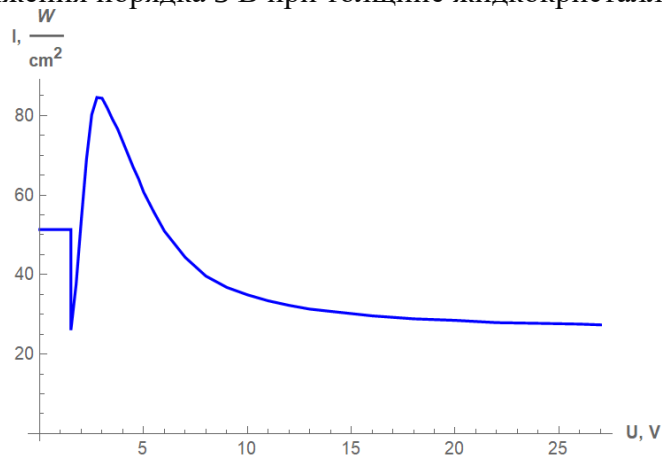


Рис. 2. График зависимости плотности мощности от напряжения.

Картина интерференции излучения, прошедшего в направлениях 0 и -1 порядков дифракции оптического вихря на краю анизотропной структуры, содержит характерную «подкрученную вилку» (Рис. 3), количество разветвлений которой позволяет определить абсолютную величину топологического заряда, а направление закрутки однозначно определяет знак.

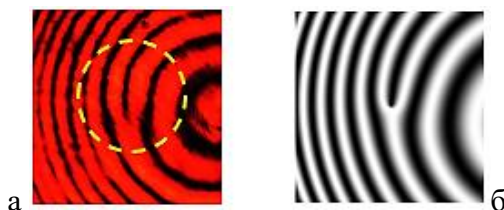


Рис. 3. Экспериментальная (а) и теоретическая (б) картины интерференции 0 и -1 порядков дифракции сингулярного светового пучка с топологическим зарядом $l = +1$.

Теоретически и экспериментально были определены топологические заряды оптических вихрей $l = \pm 1 \dots \pm 8$.

Литература.

1. Liang / Achromatic polymer-dispersed liquid crystal lens with diffractive-refractive hybrid structure // Materials Research Express. – 2023. – Vol. 10, № 4. – P. 1-9.
2. Algorri / Recent Advances in Adaptive Liquid Crystal Lenses // Crystals. – 2019. – Vol. 9, № 5. – P. 272-292.
3. Shengwei / Determining topological charge based on an improved Fizeau interferometer // Optics Express. – 2019. – Vol. 27, № 9. – P. 12774-12779.
4. Mikulich V.S. / Influence of methyl substituents on azodye photoalignment in thin films // Appl. Spectr. – 2016. – Vol. 83, № 1. – P. 115-120.

Численное моделирование процесса плавления тонких металлических пленок в рамках двухтемпературной модели

С.А. Липский, О.Г. Романов

Белорусский Государственный Университет, Минск, Беларусь

E-mail: LipskiSA@bsu.by

Теоретическим методом исследования взаимодействия сверхкороткого лазерного излучения с веществом является известная двухтемпературная модель [1]. Лазерный свет поглощается в металлах электронами зоны проводимости в течение нескольких фемтосекунд. После быстрой термализации лазерной энергии в зоне проводимости электроны могут быстро диффундировать и тем самым переносить свою энергию вглубь металла (в течение нескольких фемтосекунд). При этом электроны передают свою энергию ионной решетке. Эта модель описывает эволюцию повышения температуры из-за поглощения лазерного импульса внутри твердого тела и применяется для моделирования физических явлений, таких как передача энергии между электронами и решеткой, происходящая во время взаимодействия мишени с лазером. Однако, когда происходит фазовый переход от твердого тела к жидкости, следует учитывать решеточную теплопроводность. В рамках такого подхода записываются следующие трехмерные уравнения для температур электронного газа и ионной решетки:

$$C_e(T_e) \frac{\partial T_e}{\partial t} = k_e(T_e) \left(\frac{\partial^2 T_e}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T_e}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T_e}{\partial z^2} \right) + Q_s - G(T_e)(T_e - T_l) \quad (1)$$

$$C_l(T_l) \frac{\partial T_l}{\partial t} = k_l \left(\frac{\partial^2 T_l}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T_l}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T_l}{\partial z^2} \right) + G(T_e)(T_e - T_l) \quad (2)$$

где t – время, (x, y, z) – пространственные координаты, C_e – электронная теплоемкость, C_l – теплоемкость решетки, k_e – электронная теплопроводность, k_l – теплопроводность решетки, T_e – температура электронов, T_l – температура решетки, G – коэффициент электрон-решеточной связи, Q_s – лазерный источник тепла. Величина Q_s определяется источником энерговыделения:

$$Q_s = k_{abs} I_0 \frac{t}{\tau_p} \exp\left(-\frac{t}{\tau_p}\right) \exp(-k_{abs} z) \exp\left(-\frac{x^2 + y^2}{r_0^2}\right),$$