



Литература

1. Хайкин, С. Нейронные сети: полный курс, 2-е издание [Текст] / Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2006. – 1104 с.: ил.
2. Осовский, С. Нейронные сети для обработки информации [Текст] / Пер. с польского И.Д. Рудинского. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 344с.: ил.
3. Барыбин, А. А. Физико-технологические основы макро-, микро- и наноэлектроники [Текст]: учеб. пособие для студентов вузов / А.А. Барыбин, В.И. Томилин, В.И. Шаповалов; под общей редакцией А.А. Барыбина – М.: Физматлит, 2011. – 945с.: ил.

А.А. Мартыненко, О.А. Заякин

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ ГРАДУИРОВКИ МОДАЛЬНЫХ ЖИДКОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ЛИНЗ

(Самарский национальный исследовательский
университет имени академика С.П. Королева)

Модальные жидкокристаллические линзы (МЖКЛ) – элементы адаптивной оптики. Они перспективны для применений в медицине – это когерентная оптическая томография, в частности, интроскопия внутренних органов. Также они имеют перспективы в фото- и видеокамерах, автоматически фокусирующихся на область предметов в большой глубине резкости. Еще одна область возможных применений – системы технического зрения, в которых они должны обеспечивать четкое изображение при макросъемке.

Их достоинства: малая себестоимость, малый вес и габариты, механическая надежность, легкость интегрирования в автоматизированные цифровые системы.

Однако их применение затрудняют недостаточно быстрая перестройка фокуса, необходимость индивидуальной градуировки - в силу большого разброса параметров от образца к образцу, а также периодической калибровки.

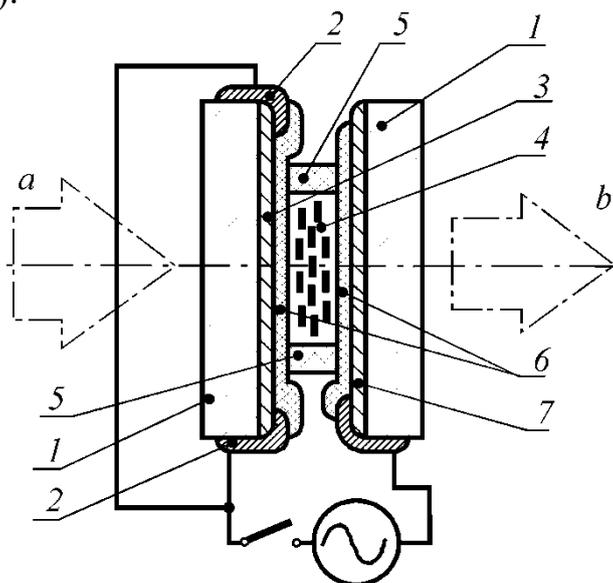
Важным условием этого исследования был поиск нового подхода к градуировке системы с МЖКЛ, при котором был бы меньше статистический разброс и отсутствовали бы разрывы получаемых градуировочных кривых, что существенно снизило бы риск ухудшения технических характеристик и отказов в работе. Другой целью было увеличение быстродействия системы при сохранении наилучшего качества фокусировки света, которое способна обеспечить используемая в ней МЖКЛ

В работе производится исследование автоматизированной системы градуировки модальных жидкокристаллических линз. Общий вид устройства модальной жидкокристаллической линзы представлен на рис. 1 [1]. А на рис. 2 показана эквивалентная электрическая схема.



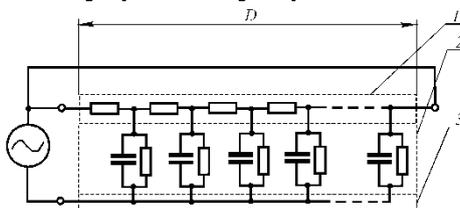
Модальная жидкокристаллическая линза (МЖКЛ) – прибор, фокусирующий свет, с электрически управляемым фокусным расстоянием:

- плавно изменяемое в широких пределах фокусное расстояние;
- управление с помощью переменного напряжения в рабочем диапазоне обычного звукового генератора;
- малая мощность потребления при работе - менее микроватт.
- отсутствие движения частей;
- фокусировка только плоско-поляризованного света (это обстоятельство, однако, успешно преодолевается путем установки на линзу обычного поляроида для фотоаппарата).



1 – стеклянная подложка; 2 – граничные проводящие контакты; 3 – высокоомный слой; 4 – слой жидкого кристалла; 5 – прокладки; 6 – слой, ориентирующий молекулы жидкого кристалла (ЖК); 7 – низкоомный слой; *a* – падающий пучок; *b* – прошедший пучок

Рис. 1. Внутреннее устройство МЖКЛ



показан виду сбоку; D – апертура; *a* – падающий, *b* – прошедший пучки; 1 – высокоомный, 3 - низкоомный слой; 2 – слой ЖК

Рис. 2. Эквивалентная электрическая схема МЖКЛ

Для исследования более приемлем метод точной фокусировки для МЖКЛ с максимальными апертурами до нескольких миллиметров, когда важно качество каустики пучка.

Использованный метод традиционно применяется для контроля качества обычных линз. Он имеет ряд преимуществ, по сравнению с интерферометрическим методом и использованием гартмановского датчика волнового фронта [2]. Он больше подходит к МЖКЛ, имеющим максимальные апертуры до несколь-



ким миллиметров. При этом сказываются фокусирующие свойства диафрагмы, которые не учитывает интерферометрический метод.

Основа оптической схемы нашей измерительной системы является пинхол, имеющий диаметр меньший в 2 раза, чем ширина главного максимума фокального пятна, определенного по уровню 0,5 от плотности мощности света в максимуме, который расположен в центре пятна. Перед началом измерений требуется юстировка пинхола на максимальное светопропускание, которое показывает, что он расположен в центре фокального пятна. Для предварительной настройки использовалась видеокамера со снятым с нее объективом, при этом фокальное пятно падало на фоточувствительную матрицу видеокамеры. Затем камера убиралась, и на ее место устанавливался пинхол.

Сферически фокусирующая МЖКЛ была изготовлена в Самарском филиале ФИАН. В ней использован жидкий кристалл E49 (Мерк, Германия). Максимальная апертура линзы 3 мм. Толщина слоя жидкого кристалла 0,04 мм. Измеренное число Штреля изменялось от 0,8 при фокусном расстоянии $F=2,00$ м до 0,1 при $F=0,60$ м. Тонкие линии на рис. 3а и 3б – данные расчетов. Они были получены на основе уравнения Эриксона – Лесли [3, 4]. Пределы погрешности Δ измерений указаны в подписи к рис. 3

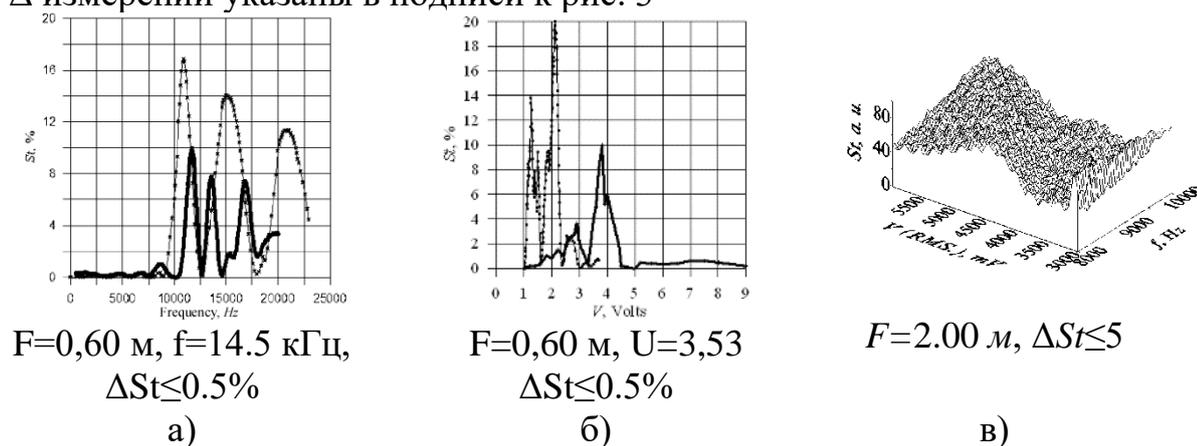


Рис. 3. Зависимости числа Штреля от величин параметров управляющего напряжения

Число Штреля (*критерий Штреля, Strehl ratio*) показывает влияние аббераций на ФРТ (функция рассеяния точки):

$$St = \frac{h(0)}{h_0(0)}$$

где $h_0(0)$ - значение ФРТ в ее максимуме при отсутствии аббераций,
 $h(0)$ - значение ФРТ в ее максимуме при наличии аббераций.

Значение числа Штреля находится в пределах $0 \leq St \leq 1$, энергия в кольца перекачивается в таком же соотношении. Если $St = 1$ – оптическая система безабберационная, если $St \geq 0.8$ – система практически безабберационная, поскольку уменьшение центрального максимума на 20% почти незаметно.



Практически число Штреля в системе может быть определено как отношение двух относительных концентраций - экспериментальной и расчетной. Экспериментальная определяется как отношение двух плотностей мощности - сразу за линзой и в фокальной плоскости. Плотность мощности определяется как отношение мощности света к площади апертуры - в первом случае - линзы, во втором - пинхола.

Заключение

Целью данной работы было увеличение быстродействия, повышение качества работы и увеличение надежности адаптивных оптических систем, основанных на модальных жидкокристаллических линзах. Особое внимание было уделено линзам, имеющим большую толщину слоя жидкого кристалла, близкую к предельно допустимой. Чем больше эта толщина, тем больше диапазон изменения фокусного расстояния и, следовательно, больше возможности модальной жидкокристаллической линзы.

В работе было исследовано качество фокусировки когерентного света МЖКЛ. Целевой функцией при оптимизации выбрана зависимость числа Штреля от факторов управления. Выявлены закономерности в этой функции и в ее изменении в зависимости от фокусного расстояния. Данные наших экспериментов подтвердили численные расчеты, сделанные на основе известной физической модели. То есть, имело место качественное совпадение результатов. Однако объяснение количественных различий требует дальнейших исследований. Достигнуто увеличение быстродействия МЖКЛ максимум в два раза.

Литература

1. Vasiliev, A. A. Wave front correction by a liquid-crystal lenses [Текст] / A. A. Vasiliev, A. F. Naumov, V. I. Shmalgauzen // Soviet Journal of Quantum Electronics. 1986. 16. P. 471-474.
2. Vdovin, G. V. Modal liquid crystal wave front correctors [Текст] / G. V. Vdovin, M. Yu Lokev, I. R. Guralnik et al. // Bul. of the RAS: Physics. 2008. T. 72, No. 1, P. 71-77.
3. Ericksen, J. L. Conversation laws for Liquid Crystals [Текст] / J. L. Ericksen // Journal of Rheology. 1961. 5 P. 23- 34.
4. Leslie, F. M. Some constitutive equations for Liquid Crystals [Текст] / F. M. Leslie // Archives for Rational Mechanics and Analysis 1968. 28. P. 265-283.