

Южно-Уральский государственный университет

Кафедра оптоинформатики

Чупин Илья Александрович

**МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭФФЕКТИВНЫХ  
ПАРАМЕТРОВ ЖИДКОКРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ ЯЧЕЙКИ**

Выпускная квалификационная работа

Научный руководитель  
к.ф.-м.н. Э.А. Бибилова

Челябинск

2019

# Оглавление

<b>Введение</b>	3
<b>1. Эффективные параметры жидкокристаллической ячейки.</b>	
<b>Обзор литературы</b>	
1.1. Основные виды жидких кристаллов	4
1.2. Электрооптические свойства жидких кристаллов	9
1.3. Эффективные параметры поляризационного устройства	13
<b>2. Экспериментальное определение эффективных параметров жидкокристаллической ячейки</b>	
2.1. Метод измерения эффективных параметров	18
2.2. Результаты компьютерного моделирования	22
2.3. Результаты экспериментального определения эффективных параметров жидкокристаллической ячейки	24
<b>3. Заключение</b>	29
<b>4. Литература</b>	30

## Введение

ЖК (Жидкие Кристаллы) стали неотъемлемой частью нашей жизни. Любые используемые нами устройства имеют дисплей для облегчения использования этим прибором. В связи с этим возникают очень важные вопросы скорости реакции и контраста, создаваемого при помощи ЖК - ячеек изображения. Ответом на первый вопрос служат недавние работы на тему увеличения скорости переключения режимов жидких кристаллов. Они включают в себя режим полимерно-стабилизированной синей жидкокристаллической фазы и хиральный наноструктурированный материалах, основывающийся на эффекте Керра [1-8]. Ответом на второй же этот вопрос служит нахождение эффективных параметров ЖК – ячейки. Полученный метод нахождения данных параметров позволит существенно ускорить изучение каждого отдельного ЖК и поможет выбрать наилучшее питающее напряжение, оптимальную поляризацию падающего на ЖК излучения.

Цель данной работы – определить эффективные параметры ЖК-ячейки при помощи матричного формализма Джонса.

Для достижения цели необходимо было решить следующие задачи:

1. Предложить теорию метода определения эффективных параметров ЖК-ячейки.
2. Провести компьютерное моделирование эксперимента по определению эффективных параметров ЖК-ячейки.
3. Экспериментально измерить эффективные параметры ЖК-ячейки.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Выбран метод для экспериментального определения эффективных параметров жидкокристаллической ячейки, который основывается на обобщенной Теореме Севенкова об эквивалентности оптических систем.

Проведено компьютерное моделирование эксперимента, в котором оценивалось влияние абсолютной погрешности измерений интенсивности света на погрешность вычисления эффективных параметров.

Экспериментально измерены эффективные параметры ЖК – ячейки при различных напряжениях питания.

## Литература

1. Hisakado, Y., Kikuchi, H., Nagamura, T. & Kajiyama, T. Large electro-optic Kerr effect in polymer-stabilized liquid-crystalline blue phases. *Adv. Mater.* 17, 96–98 (2005).
2. Weinberger, P. John Kerr and his effects found in 1877 and 1878. *Philos. Mag. Lett.* 88, 897–907 (2008).
3. Melnichuk, M. & Wood, L. T. Direct Kerr electro-optic effect in noncentrosymmetric materials. *Phys. Rev. A* 82, 1–9 (2010).
4. Pozhidaev, E. P. *u dp*. Enhanced orientational Kerr effect in vertically aligned deformed helix ferroelectric liquid crystals. *Opt. Lett.* 39, 2900 (2014).
5. Shi, L., Kumar Srivastava, A., Chigrinov, V. G. & Kwok, H.-S. Kerr effect and Kerr constant enhancement in vertically aligned deformed helix ferroelectric liquid crystals. *Chinese Phys. B* 25, 094212 (2016).
6. Pozhidaev, E. P. *u dp*. Orientational Kerr effect and phase modulation of light in deformed-helix ferroelectric liquid crystals with subwavelength pitch. *Phys. Rev. E* 87, 1–8 (2013).
7. Azzam, R. M. A. The intertwined history of polarimetry and ellipsometry. *Thin Solid Films* 519, 2584–2588 (2011).
8. Pozhidaev, E. P. *u dp*. Enhanced orientational Kerr effect in vertically aligned deformed helix ferroelectric liquid crystals. *Opt. Lett.* 39, 2900–3 (2014).
9. Kathrein, C. C. *u dp*. Reorientation mechanisms of block copolymer/CdSe quantum dot composites under application of an electric field. *Soft Matter* 12, 8417–8424 (2016).
10. Guo, L. Q. & Connelly, M. J. Signal-induced birefringence and dichroism in a tensile-strained bulk semiconductor optical amplifier and its application to wavelength conversion. *J. Light. Technol.* 23, 4037–4045 (2005).
11. Shinki, M. *u dp*. Autocalibrating Stokes polarimeter for materials characterization. *Appl. Opt.* 51, 4113 (2012).
12. Vicari, L. Optical Applications of Liquid Crystals. *Opt. Appl. Liq. Cryst.* 284

- (2003). doi:10.1887/0750308575
13. Блинов, Л. М. *Жидкие кристаллы: Структура и свойства*. (М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2013).
  14. Vertogen, G. & Willems, W. H. *Thermotropic Liquid Crystals, Fundamentals*. (Springer Berlin Heidelberg, 1988). doi:10.1007/978-3-642-83133-1
  15. Rego, J. a., Harvey, J. a. a., MacKinnon, A. L. & Gtdula, E. Asymmetric synthesis of a highly soluble ‘trimeric’ analogue of the chiral nematic liquid crystal twist agent Merck S1011. *Liq. Cryst.* 37, 37–43 (2009).
  16. Provenzano, C., Pagliusi, P. & Cipparrone, G. Highly efficient liquid crystal based diffraction grating induced by polarization holograms at the aligning surfaces. *Appl. Phys. Lett.* 89, 87–90 (2006).
  17. Mitov, M. Cholesteric Liquid Crystals with a Broad Light Reflection Band. *Adv. Mater.* 24, 6260–6276 (2012).
  18. Bunning, T. J. Cholesteric liquid crystals: properties and applications. *Liq. Cryst. Today* 23, 23–24 (2014).
  19. Ponti, S., Vecchi, M., Oldano, C., Taverna, P. & Trossi, L. Optical properties of short pitch cholesteric liquid crystals. *Liq. Cryst.* 28, 591–598 (2001).
  20. Блинов, Л. М. Электрооптические эффекты в жидких кристаллах. *Успехи физических наук* 114, 67–96 (1974).
  21. Bloisi, F. & Vicari, L. Polymer Dispersed Liquid Crystals. *Opt. Appl. Liq. Cryst.* 162–215 (2003).
  22. Vertogen, G. & de Jeu, W. H. *Thermotropic Liquid Crystals, Fundamentals. Journal of Chemical Information and Modeling* 45, (Springer Berlin Heidelberg, 1988).
  23. Beresnev, L. A. *и др.* Deformed helix ferroelectric liquid crystal display: A new electrooptic mode in ferroelectric chiral smectic C liquid crystals. *Liq. Cryst.* 5, 1171–1177 (1989).
  24. Barnik, M. I., Baikalov, V. a., Chigrinov, V. G. & Pozhidaev, E. P. Electrooptics of a thin ferroelectric smectic C\* liquid crystal layer. *Mol.*

- Cryst. Liq. Cryst.* 143, 101 (1987).
25. Pozhidaev, E. *u dp.* Photoalignment of ferroelectric liquid crystals by azodye layers. *Japanese J. Appl. Physics, Part 1 Regul. Pap. Short Notes Rev. Pap.* 43, 5440–5444 (2004).
  26. Pozhidaev, E., Chigrinov, V. & Li, X. Photoaligned ferroelectric liquid crystal passive matrix display with memorized gray scale. *Japanese J. Appl. Physics, Part 1 Regul. Pap. Short Notes Rev. Pap.* 45, 875–882 (2006).
  27. Kuczyński, W. & Stegemeyer, H. Ferroelectric properties of smectic C liquid crystals with induced helical structure. *Chem. Phys. Lett.* 70, 123–126 (1980).
  28. Srivastava, A. K., Chigrinov, V. G. & Kwok, H. S. Ferroelectric liquid crystals: Excellent tool for modern displays and photonics. *J. Soc. Inf. Disp.* 23, 253–272 (2015).
  29. Kurokawa, T. & Fukushima, S. Spatial light modulators using ferroelectric liquid crystal. *Opt. Quantum Electron.* **24**, 1151–1163 (1992).
  30. Cohen, G. B., Pogreb, R., Vinokur, K. & Davidov, D. Spatial light modulator based on a deformed-helix ferroelectric liquid crystal and a thin a-Si:H amorphous photoconductor. *Appl. Opt.* **36**, 455–459 (1997).
  31. Peigné, A. *u dp.* Adaptive holographic interferometer at 155  $\mu\text{m}$  based on optically addressed spatial light modulator. *Opt. Lett.* **40**, 5482 (2015).
  32. Haseba, Y., Kikuchi, H., Nagamura, T. & Kajiyama, T. Large Electro-optic Kerr Effect in Nanostructured Chiral Liquid-Crystal Composites over a Wide Temperature Range. *Adv. Mater.* **17**, 2311–2315 (2005).
  33. Lehmann, W. *u dp.* Giant lateral electrostriction in ferroelectric liquid-crystalline elastomers. *Nature* **410**, 447–450 (2001).
  34. Pozhidaev, E. P. *u dp.* New Chiral Dopant Possessing High Twisting Power. *Mol. Cryst. Liq. Cryst.* **509**, 300/[1042]-308/[1050] (2009).
  35. Kumada, A. & Hidaka, K. Directly high-voltage measuring system based on pockels effect. *IEEE Trans. Power Deliv.* **28**, 1306–1313 (2013).
  36. Melikyan, A. *u dp.* High-speed plasmonic phase modulators. *Nat. Photonics*

- 8**, 229–233 (2014).
37. Ahn, C., Masud, A. R., Hong, S., Shen, T. & Song, J. Particle size dependence of electro-optical switching in ZrP nano colloid. *Liq. Cryst.* **00**, 1–7 (2018).
  38. Rahman, M. A., Mohd Said, S. & Balamurugan, S. Blue phase liquid crystal: Strategies for phase stabilization and device development. *Sci. Technol. Adv. Mater.* **16**, 1–21 (2015).
  39. Блинов, Л. М. Электрооптические эффекты в жидких кристаллах. *Успехи физических наук* **114**, 67–96 (1974).
  40. Liu, Q., Yuan, Y. & Smalyukh, I. I. Electrically and optically tunable plasmonic guest-host liquid crystals with long-range ordered nanoparticles. *Nano Lett.* **14**, 4071–4077 (2014).
  41. Kumar, R. & Raina, K. K. Enhanced ordering in polymer stabilised ferroelectric liquid crystal guest-host composites: evidence by polarised fluorescence spectroscopy. *Liq. Cryst.* **41**, 694–700 (2014).
  42. Goel, P., Arora, M. & Biradar, A. M. Evolution of excitation wavelength dependent photoluminescence in nano-CeO<sub>2</sub> dispersed ferroelectric liquid crystals. *RSC Adv.* **4**, 11351 (2014).
  43. Kiselev, A. D., Pozhidaev, E. P., Chigrinov, V. G. & Kwok, H. S. Polarization-gratings approach to deformed-helix ferroelectric liquid crystals with subwavelength pitch. *Phys. Rev. E* **83**, 1–11 (2011).
  44. Zgueb, R., Dhaouadi, H. & Othman, T. Dielectric relaxation spectroscopy and electro-optical studies of phase behaviour of a chiral smectic liquid crystal. *Liq. Cryst.* **41**, 1394–1401 (2014).
  45. Gupta, S. K. *и др.* CdSe quantum dot-dispersed DOBAMBC: an electro-optical study. *Liq. Cryst.* **40**, 528–533 (2013).
  46. Jones, R. C. (1941). A New Calculus for the Treatment of Optical Systems I Description and Discussion of the Calculus. *Journal of the Optical Society of America*, 31(7), 488.



47. Chen, P. и др. Arbitrary and reconfigurable optical vortex generation: a high -efficiency technique using director-varying liquid crystal fork gratings. *Photonics Res.* 3, 133 (2015).
48. Roush, F. W.  $Z = F ( X , Y )$ . *Math. Soc. Sci.* 13, 87–88 (1987).
49. Savenkov, S. N., Sydoruk, O. I. & Muttiah, R. S. Conditions for polarization elements to be dichroic and birefringent. *J. Opt. Soc. Am. A* 22, 1447 (2005).
50. Berry, M. V. & Dennis, M. R. The optical singularities of birefringent dichroic chiral crystals. *Proc. R. Soc. A Math. Phys. Eng. Sci.* 459, 1261–1292 (2003).
51. Landau, L. D., Lifshitz, E. M. & Pitaevskii, L. P. *Electrodynamics of Continuous Media*. (Pergamon, Oxford, 1984).
52. Savenkov, S. N., Marienko, V. V., Oberemok, E. A., & Sydoruk, O. (2006). Generalized matrix equivalence theorem for polarization theory. *Physical Review E*, 74(5).