

МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ СИСТЕМИ ВВЕДЕННЯ СВІТЛОВОГО ПОТОКУ НА ХАРАКТЕР РОЗПОДІЛУ ІНТЕНСИВНОСТІ СВІТЛОВОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ В ПЛАНАРНІЙ СТРУКТУРІ

Коцун В.І.

Львівська філія

ПВНЗ «Європейський університет»

Проведено комп'ютерне моделювання процесу поширення оптичного випромінювання в планарних рідкокристалічних (РК) структурах з використанням програмного продукту Zemax. Розглянута зміна характеру поширення світлового випромінювання одно- і двостороннього введення світлового потоку в скляну пластину для двох типів джерел випромінювання. Визначено, що при односторонньому введенні випромінювання спостерігається експоненціальне зменшення інтенсивності зі збільшенням відстані від джерела випромінювання. Встановлено закономірності між способом введення світлового випромінювання в планарну структуру та однорідністю розподілу світлового випромінювання, яке потрапляє в рідкий кристал. Визначено тип джерела випромінювання, що забезпечує однорідніший розподіл інтенсивності і призводить до збільшення області поширення випромінювання оптичним елементом.

Ключові слова: планарні рідкокристалічні структури, рідкі кристали, програмний продукт Zemax, розподіл світлового випромінювання.

Постановка проблеми та аналіз літератури.

Одним із перспективних напрямків застосування рідкокристалічних матеріалів є створення на їх основі планарних світловодних структур. Це базується на їхній високій чутливості до зовнішнього електричного поля, яке дозволяє в широких межах змінювати показник заломлення РК шару. Існуючі приклади реалізації таких планарних структур [1-3], з одного боку показують перспективність застосування рідкокристалічних матеріалів, а з іншого висвітлюють основну проблему таких пристроїв. Труднощі реалізації РК-планарних структур полягають в необхідності узгодження оптичної густини шару РК з іншими елементами планарної світловодної структури, такими як керуючі електроди, шар оболонки тощо. В деяких випадках, зокрема під час застосування кремнієвих підкладок створення планарного РК-світловода неможливе, внаслідок високого значення показника заломлення базового матеріалу мікроелектроніки кремнію. Саме на основі цього матеріалу на сьогодні реалізовано більшість багатоелектродних структур, таких як TFT-матриці РК-дисплеїв. Вирішити цю проблему можна шляхом створення повноцінної планарної світловодної структури, яка б включала в себе сердцевину та оболонку, безпосередньо в шарі РК-матеріалу. Такий підхід виключає необхідність узгодження оптичних властивостей РК та оточуючих його шарів, та дозволяє застосувати уже існуючі багатоелектродні системи для створення принципово нових пристроїв обробки оптичного сигналу [4-9].

Проведення експериментальних досліджень процесу розповсюдження світла в РК структурах з електрично-керованим розподілом показника заломлення ускладнюється декількома методологічними аспектами. Так на відтворюваність експериментальних досліджень має суттєвий вплив спосіб введення випромінювання в шар РК та труднощі стабілізації структури на межі розділу рідкий кристал-повітря. Тому, перед початком експериментальних досліджень необхідно провести комп'ютерне моделювання процесу розповсюдження світла в таких структурах.

Мета роботи – на основі комп'ютерного моделювання процесу поширення оптичного випромінювання в планарних структурах здійснити оптимізацію основних конструктивних параметрів системи введення випромінювання (одностороннє чи двостороннє).

Моделювання. Комп'ютерне моделювання процесу розповсюдження світла в шарах РК з нелінійним характером розподілу показника заломлення проводилось за допомогою спеціалізованого програмного продукту Zemax [9].

Zemax – це програмне забезпечення, яке широко використовується для оптичного моделювання. Програма створена Zemax Development Corporation of Bellevue, Washington (перед тим Focus Software). Вона використовується для моделювання і аналізу оптичних елементів, траєкторія непрямої променів випадкового світла, поширення випромінювання в рамках фізичної оптики. Програма Zemax використовується для моделювання оптичних систем, зокрема лінз і систем освітлення. За її допомогою можна змодельувати поширення світла через оптичні елементи: лінзи (включаючи асферичні та градієнтні), дзеркала і елементи дифракційної оптики. За допомогою програми Zemax можна змодельувати ефекти оптичних покриттів на поверхнях компонентів і створити стандартні діаграми розподілу інтенсивності для аналізу, зокрема точкові діаграми та тривимірні графіки. Вона включає розширену бібліотеку асортименту лінз від різноманітних виробників. Особливості поширення світла в межах геометричної оптики будуть корисними там, де необхідно враховувати дифракцію, включаючи поширення лазерних променів, голографію та введення світла до одномодових оптичних волокон. Програма Zemax має потужні засоби для оптимізації моделювання лінз, автоматично коректує параметри для оптимізації продуктивності та зменшення аберацій.

Вхідним параметром для проведення моделювання був розподіл напрямку директора (довгої осі молекул) в шарі РК зображений на рис. 1, отриманий при комп'ютерній симуляції описаній

в роботі [10]. Комп'ютерні симуляції молекулярних моделей виконані за допомогою програми GBMOLDD [11].

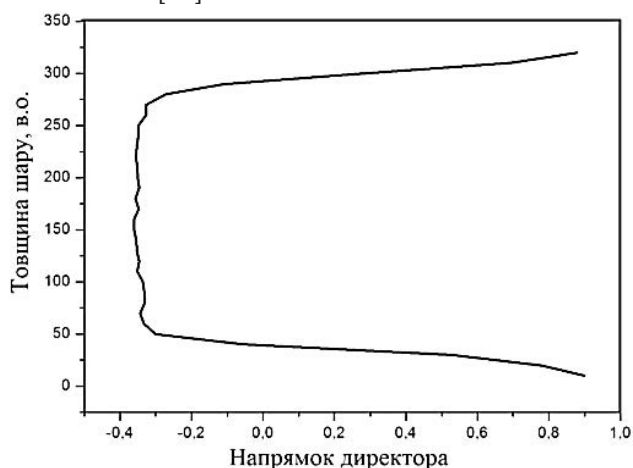


Рис. 1. Розподіл директора в шарі нематичного рідкого кристала, отриманий за результатами комп'ютерного моделювання при $T = 500$ К, стаціонарний стан при прикладенні зовнішнього електричного потенціалу

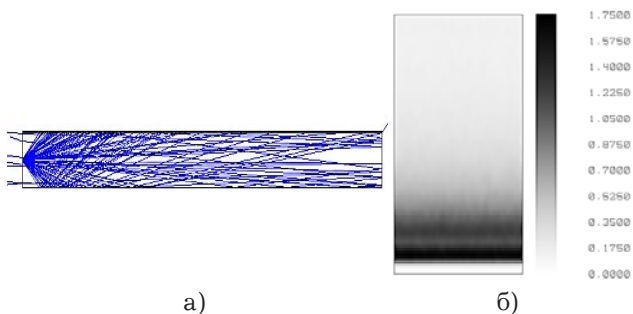


Рис. 2. Хід променів (а) планарною структурою та розподіл інтенсивності (б) на її виході, одностороннє введення світлового випромінювання для тонкого протяжного джерела світла

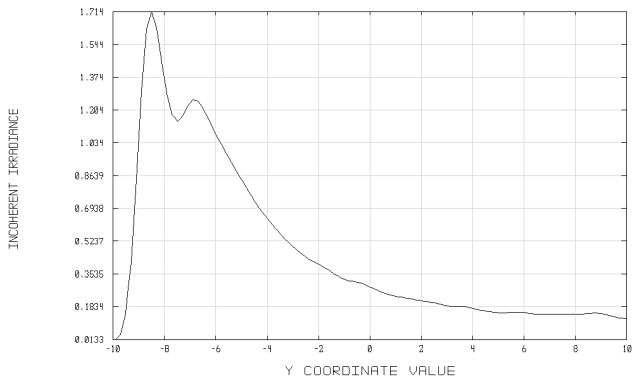


Рис. 3. Просторовий розподіл інтенсивності світла, яке потрапляє в рідкий кристал під час одностороннього введення світлового випромінювання для тонкого протяжного джерела світла

Моделювання проводилось для таких параметрів системи: значення показника заломлення скла – 1,5, РК – 1,65; товщина шару РК – 20 мкм, що дорівнює модельному значенню 300 відносних одиниць (в.о.). Під час моделювання використовувалося монохроматичне джерело випромінювання з довжиною хвилі 0,63 мкм [12].

В ході моделювання не враховувались розсіювальні властивості РК матеріалів, що відповідає гомеотропному стану шару немато-холестеричної суміші, а проводився лише просторовий розрахунок ходу променя планарною структурою [13]. Таке спрощення моделі дало змогу проаналізувати принципову можливість створення оптичних елементів на запропонованих структурах.

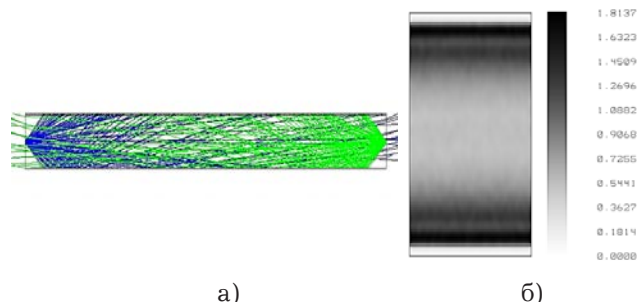


Рис. 4. Хід променів (а) планарною структурою та розподіл інтенсивності (б) на її виході, двостороннє введення світлового випромінювання для тонкого протяжного джерела світла

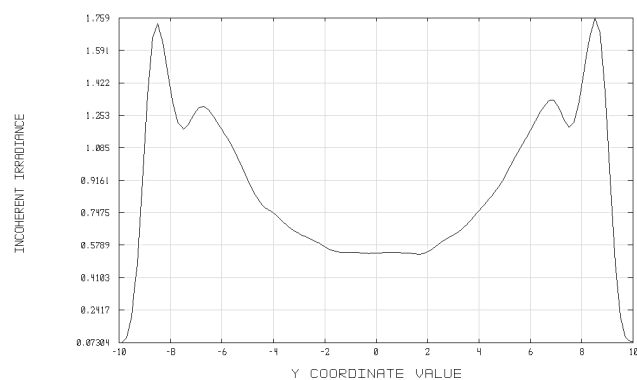


Рис. 5. Просторовий розподіл інтенсивності світла, яке потрапляє в рідкий кристал під час одностороннього введення світлового випромінювання для тонкого протяжного джерела світла

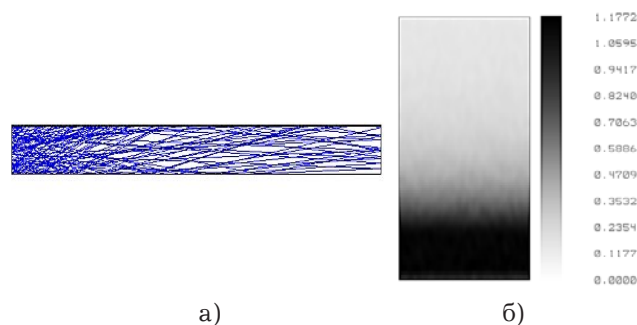


Рис. 6. Хід променів (а) планарною структурою та розподіл інтенсивності (б) на її виході, одностороннє введення світлового випромінювання для широкого протяжного джерела світла

В результаті моделювання розглянута зміна характеру поширення світлового випромінювання одно- і двостороннього введення світлового потоку в скляну пластину для двох типів джерел випромінювання: тонкого (0,1 мм) і товстого (1,5 мм). Результати моделювання наведені на рис. 2-9.

Як видно з отриманих залежностей (рис. 2-5), під час одностороннього введення випромінювання спостерігається експоненціальне зменшення інтенсивності зі збільшенням відстані від джерела

випромінювання. Для тонкого протяжного джерела також спостерігається початкова ділянка різкого зростання інтенсивності від нуля до максимального значення. Ширина цієї ділянки визначається діаграмою направленості джерела випромінювання та його шириною в вертикальній площині. Крім того, другий максимум утворюється внаслідок наявності дзеркального шару в структурі. Ці неоднорідності можна усунути, використовуючи широке джерело випромінювання (рис. 6-9). Таким характеристикам відповідає випромінювання органічних напівпровідникових діодів.

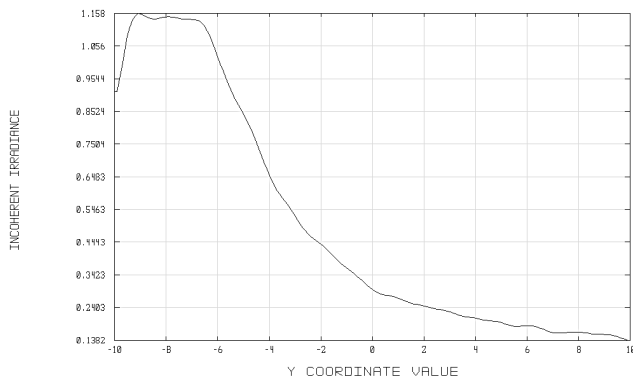


Рис. 7. Просторовий розподіл інтенсивності світла, яке потрапляє в рідкий кристал під час одностороннього введення світлового випромінювання для широкого протяжного джерела світла

Як видно із залежності (рис. 9) двостороннє введення випромінювання з широкого протяжного джерела в оптичний елемент забезпечує однорідніший розподіл інтенсивності і призводить до збільшення області поширення випромінювання оптичним елементом.

Висновки. В результаті комп'ютерного моделювання процесу поширення світлового потоку в планарній структурі встановлено закономірності між способом введення світлового випромінювання в планарну структуру та однорідністю розподілу світлового випромінювання, яке потрапляє

в рідкий кристал. Визначено, що застосування широкого джерела випромінювання (1,5 мм) з вертикальним кутом розходження 30° забезпечує рівномірніше «змішування» світла в світловоді, і дає однорідніший розподіл інтенсивності випромінювання світлового потоку на виході з планарної структури. Результати моделювання показують можливість створення повноцінної планарної світловодної структури, яка б включала в себе сердцевину та оболонку, безпосередньо в шарі РК-матеріалу.

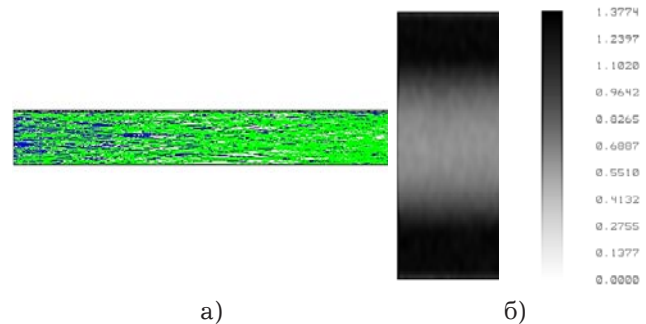


Рис. 8. Хід променів (а) планарною структурою та розподіл інтенсивності (б) на її виході, двостороннє введення світлового випромінювання для широкого протяжного джерела світла

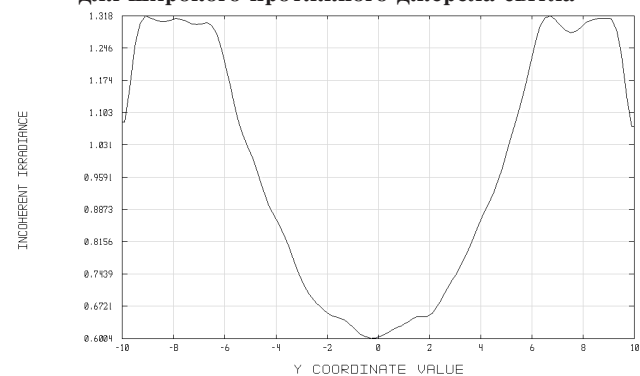


Рис. 9. Просторовий розподіл інтенсивності світла, яке потрапляє в рідкий кристал під час двостороннього введення світлового випромінювання для широкого протяжного джерела світла

Список літератури:

1. Brzdakiewicz K. A. Nematic liquid crystal waveguide arrays / Brzdakiewicz K. A., M. A. Karpierz, A. Fratalocchi // Opto-Electronics Review. – 2005. – № 2. Vol. 13. – P. 107-112.
2. Tyszkiewicz C. Differential interferometry in planar waveguide structures with ferroelectric layer / C. Tyszkiewicz, T. Pustelny // Optika Applicata. – 2004. – № 4, Vol. 34. – P. 507-514.
3. Sukhorukov A. A. Spatial optical solitons in waveguide arrays / Sukhorukov A. A., Y. S. Kivshar, H. S. Eisenberg, et al. // IEEE J. Quantum Electron. – 2003. – Vol. 39. – P. 31-50.
4. Kalita W. The multifunctional sensor with an analog indicator / W. Kalita, O. Gotra, O. Sushynskiy, V. Ivanytskij // The international conference on optoelectronic information technologies, Proceedings of the society of photo-optical instrumentation engineers (SPIE). – 2001. – Vol. 4425. – P. 465-471.
5. Gotra Z. Fibre-optic sensors on the base of liquid crystals / Z. Gotra, O. Gotra, Z. Mikityuk, R. Zayats, B. // Stadnyc Lightguides and their applications, Proceedings of the society of photo-optical instrumentation engineers (SPIE). – 2000. – Vol. 4239. – P. 76-81.
6. Mikityuk Z. I. Liquid crystal using in optical sensors / Z. Mikityuk, I. Lopatynskiy, O. Gotra, B. Dalanbalar // International conference on optoelectronic information technologies, Proceedings of the society of photo-optical instrumentation engineers (SPIE). – 2001. – Vol. 4425. – P. 472-477.
7. Hotra Z. Sensor systems with optical channel of information transferring / Z. Hotra, Z. Mykytyuk, O. Sushynskyy, et al. // Przegląd elektrotechniczny. – 2010. – Vol. 86. – P. 21-23.
8. Hotra O. New electro-optical effect in nematic liquid crystal for integrated optics element / O. Hotra, I. Lopatynskiy, B. Yavorskyj // Optoelectronic and electronic sensors, Proceedings of the society of photo-optical instrumentation engineers (SPIE). – 2002. – Vol. 4425. – P. 112-114.
9. Hotra Z. Simulation of influence of limiting surfaces optical characteristics on liquid crystal waveguide properties / Z. Hotra, W. Wyjcik, Z. Mykytyuk, A. Fechan, O. Sushynskyy, V. Kotsun, O. Chaban // The International Conference CADSM 2013. – Polyana-Svalyava (Zakarpattia), Ukraine, 19-23 February 2013. – P. 82.

10. Коцун В. І. Моделювання процесу формування градієнтного світловоду в шарі нематичного рідкого кристала / Коцун В. І. // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». Збірник наукових праць. Серія: Інформатика та моделювання. – Харків: НТУ «ХПІ», 2014. – № 35 (1078). – 121-126 с.
11. Ilnytskyi J. A domain decomposition molecular dynamics program for the simulation of flexible molecules of spherically-symmetrical and nonspherical sites. II. Extension to NVT and NPT ensembles / J. Ilnytskyi, M. Wilson // Computer Physics Communications. – 2002. – Vol. 148. – P. 43-58.
12. Фечан А. Моделювання процесу розсіювання світла в планарних світловодах з рідкокристалічною серцевиною / А. Фечан, М. Шимчишин, В. Левенець [та ін.] // Технічні вісті, Орган Українського інженерного товариства у Львові. – 2007. – № 1 (25), № 2 (26). – С. 130-132.
13. Fechan A. Modeling of the light scattering process in a planar waveguide with liquid crystal core / Fechan A., Shymchyshyn M., Levenets V. [et al.] // Electronika. – 2008. – № 6. – P. 171-172.

Коцун В.І.

Львовский филиал
ЧВУЗ «Европейский университет»

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СИСТЕМЫ ВВЕДЕНИЕ СВЕТОВОГО ПОТОКА НА ХАРАКТЕР РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ СВЕТОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В ПЛАНАРНОЙ СТРУКТУРЕ

Аннотация

Проведено компьютерное моделирование процесса распространения оптического излучения в планарных жидкокристаллических (ЖК) структурах с использованием программного продукта Zemax. Рассмотрено изменение характера распространения светового излучения с одно- и двусторонним вводом светового потока в стеклянную пластину для двух типов источников излучения. Определено, что при одностороннем введении излучения наблюдается экспоненциальное уменьшение интенсивности с увеличением расстояния от источника излучения. Установлены закономерности между способом введения светового излучения в планарную структуру и однородностью распределения светового излучения, которое попадает в жидкий кристалл. Определен тип источника излучения, обеспечивает однородный распределение интенсивности и приводит к увеличению области распространения излучения оптическим элементом.

Ключевые слова: жидкие кристаллы, планарные жидкокристаллические структуры, распределение светового излучения, программный продукт Zemax.

Kotsun V.I.

Lviv Branch
of Private Higher Educational Institution «European University»

MODELING OF THE ENTERING INFLUENCE OF LIGHT BEAM ON THE DISTRIBUTION OF INTENSITY OF LIGHT RADIATION IN PLANAR STRUCTURES

Summary

In planar liquid crystal (LC) structures the computer simulation of a process of optical radiation distribution was carried out by means of Zemax software. For two types of radiation sources the character of changing of light radiation distribution was considered for one- and two-ways of light entering into glass plate. In case of one-way of light entering the exponential decreasing are observed at increasing of the distance from the radiation source. The regularities between entering of light radiation in planar structure and uniformity of distribution of the light radiation which falls in liquid crystal are founded. The type of radiation source was proposed. This source will give the possibility to provide the homogeneous distribution of light intensity and leads to increase the dissemination of radiation by optical element.

Keywords: liquid crystals, planar LC structure, light radiation distribution, Zemax software.