

6. Lawrenz W.: *CAN System engineering. From theory to practical applications*, Springer, New York 1997.

7. Kamuda K., Kalita W., Kołodziejcki J., *The analysis of signals propagation in transmission lines in the configuration of CAN-bus controller*, 10-th International CAN Conference, Rome, 8–10.03.2005, s. 2–16 do 2–24.

8. Kamuda K., Kalita W., Węglarski M., *Stanowisko badawczo-dydaktyczne do transmisji sygnałów magistralą CAN w obecności zaburzeń zewnętrznych (in Polish)*, Wydawnictwo Uczelniane Politechniki Koszalińskiej, III Krajowa Konferencja Elektroniki, Wydział Elektroniki Politechniki Koszalińskiej, Kołobrzeg, 15-18.06.2004., t.2, s. 605–610.

9. Kamuda K., Sabat W., Kalita W., *Magistrala CAN – Charakterystyka systemu w aspekcie kompatybilności elektromagnetycznej (in Polish)*, Politechnika Wroclawska - Warsztaty EMC, Wrocław, 28.06-1.07.2005.

10. Kamuda K., Skoczylas M., Kalita W., *Analiza możliwości programowej implementacji protokołu CAN w lokalnych, inteligentnych sieciach sensorowych (in Polish)*, VIII Konferencja Naukowa Czujniki Optoelektroniczne i Elektroniczne, Wydz. Elektroniki i Mikrosystemów Politechniki Wrocławskiej, Wrocław, 27-30.06.2004, s. 255–258.

УДК 621.3.085

З.А. Дутчак, Г.О. Павлова, Л.М. Ракобовчук, Б.М. Яворський
Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра електронних приладів

ЕЛЕКТРООПТИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ КОЛОВОЇ ТЕКСТУРИ НРК

© Дутчак З.А., Павлова Г.О., Ракобовчук Л.М., Яворський Б.М., 2006

Отримана оригінальна текстура НРК, в якій молекули розташовані своїми довгими осями по дотичних до концентричних кіл у площині шару рідкого кристала або під деяким кутом до неї. Досліджено електрооптичні властивості отриманої коллоїдної текстури в поляризованому світлі. Виявлено, що за похилого падіння світла в схрещених поляризаторах в зростаючому електричному полі спостерігалось виникнення та напрямлений рух темних секторів симетрично до осі повороту текстури. Наведена модель, на основі якої пояснені властивості коллоїдної текстури.

The original texture of NLC, in which molecules locate by the long axes on tangent to the concentric circles in plane of liquid crystal layer or under some corner to ones, was got. The electro-optical properties of this circle texture in the polarized light were investigated. It was determined that at the sloping falling of light in crossed polarizers in the growing electric field there was the appearance and directed motion of dark sectors symmetric to the turn axis of texture. The resulted model on the basis of which the circle texture properties was explained.

Для визначення структури і властивостей рідких кристалів (РК) важливе значення має дослідження їх під мікроскопом в природному та поляризованому світлі. Спостережувані при цьому картини – текстури дають змогу судити про ступінь орієнтації молекул у зразку і приналежність його до того чи іншого типу РК або його модифікації.

У нематичних рідких кристалах (НРК) розрізняють декілька принципових груп текстур, що найчастіше зустрічаються: ниткоподібну, гомогенну, гомеотропну, закручену, мармурову і шлірен-текстуру [1–3]. Всі перераховані текстури, окрім першої, утворюються в тонких (10–50 мкм) шарах НРК і своїм походженням зобов'язані переважно взаємодією з обмежувальними поверхнями – підкладками.

Отримана коллоїд текстура НРК, яка володіє оригінальними електрооптичними властивостями. У цій текстурі молекули рідкого кристала розташовуються своїми довгими осями по концент-

ричних колах в площині обмежувальних поверхонь або під деяким однонапрямленим кутом θ_0 до них. Кривизна концентричних кіл збільшується до центра, тому до центра зростає величина деформації повздовжнього згину, яка в центрі закінчується дисклінацією силою $+1$, що розташована уперек шару НРК. Досліджувана колова текстура НРК створювалася за допомогою натирання поверхні підкладок штучною замшею, закріпленою на торці вала, який обертався. Ця методика орієнтації дозволяє одержати колову текстуру довільного нематика.

Якщо рідкокристалічну комірку з коловою текстурою НРК помістити між схрещеними поляризаторами, то в полі зору спостерігається темний хрест (див. рис. 1, а). На фотографії наведена візуальна картина на екрані при проходженні паралельного пучка монохроматичного випромінювання ($\lambda = 632,8$ нм) через систему поляризатор – колова текстура НРК – аналізатор. Сторони хреста збігаються з головними напрямками пропускання поляризаторів, а його середина – з центром колової текстури. Це зумовлено тим, що уздовж напрямів, які збігаються із сторонами хреста, площина поляризації падаючого на текстуру світла паралельна або перпендикулярна до довгих осей молекул НРК і тому уздовж цих напрямів подвійне променезаломлення відсутнє. В областях, що знаходяться між сторонами хреста, лінійно поляризоване світло набуває еліптичної поляризації, і частина його проходить через аналізатор.

Накладення на шар НРК з позитивною діелектричною анізотропією (РК – 654) з коловою текстурою електричного поля E , яке зростає, за допомогою суцільних прозорих електродів, призводить до відхилення молекул НРК від первинного положення і збільшення кута нахилу молекул θ . Внаслідок цього в полі зору спостерігається зміна кольорів для падаючого білого світла або осциляції оптичного пропускання для монохроматичного світла.

Причина такої поведінки оптичного пропускання полягає в інтерференції звичайного і незвичайного променів, які після проходження шару НРК набувають різниці фаз δ . Показник заломлення незвичайного променя внаслідок неоднорідної деформації шару РК по товщині залежить від координати z цієї точки і виражається через кут нахилу молекул до площини підкладки θ , як:

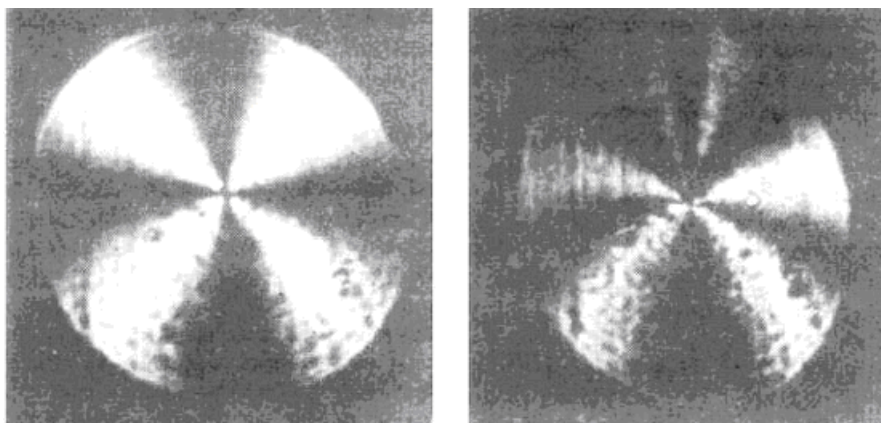
$$n_e(z) = \frac{n_0 n_e}{(n_0^2 \cos^2 \theta + n_e^2 \sin^2 \theta)^{1/2}}, \quad (1)$$

де n_0 – показник заломлення звичайного променя; n_e – показник заломлення незвичайного променя, виміряний уздовж довгої осі молекули.

Інтенсивність світла, яке пройшло через аналізатор, у разі колової текстури буде

$$I = I_0 \sin^2 2\varphi \sin^2 \frac{\delta}{2}, \quad (2)$$

де I_0 – інтенсивність світла, що вийшло з поляризатора; φ – азимут цієї точки.



а

б

Рис. 1. Колова текстура НРК в схрещених поляризаторах (РК – 654, $\lambda = 632,8$ нм):

а – електричне поле $E = 0$, кут повороту $\alpha = 0$;

б – електричне поле $E = 8 \cdot 10^3$ В см⁻¹; кут повороту $\alpha = 25^\circ$

Оригінальні оптичні властивості колової текстури НРК з позитивною діелектричною анізотропією і ненульовим початковим нахилом молекул ($\theta_0 \neq 0$) виявляли за похилого падіння монохроматичного світла. Якщо повернути комірку з коловою текстурою навколо осі x на кут α , то в початковому стані, як і раніше, спостерігався хрест, який збігався з головними напрямками пропускання поляризаторів. При накладанні на шар НРК з круговою текстурою електричного поля, яке збільшується, в полі зору спостерігалось виникнення і напрямлений рух темних секторів симетрично до осі повороту (див. рис. 1, б). У міру зростання величини електричного поля число секторів спочатку зростало, а потім зменшувалося. Збільшення кута повороту комірки α при фіксованій величині електричного поля зумовлювало збільшення числа і зменшення кутових розмірів темних секторів. Зменшення електричного поля змінювало спостережувану картину в зворотному порядку. При повороті комірки у зворотний бік на кут α напрям руху секторів змінювався на зворотний. Поворот комірки з коловою текстурою НРК на кут α є рівнозначний повороту візуально спостережуваної картини для комірки, поверненої на кут α , на кут π в площині шару рідкого кристала. Виникнення і рух темних секторів в електричному полі спостерігалось як у разі паралельних молекул біля протилежних поверхонь підкладок, так і при зустрічному напрямі молекул напроти цих поверхонь, коли в шарі РК виникала деформація поперечного вигину. Відмінність спостережуваних при цьому картин полягала в розмірах і швидкості руху секторів.

Для якісного пояснення поведінки оптичного пропускання комірки з коловою текстурою НРК при похилому падінні монохроматичного випромінювання враховували такі припущення. Накладення електричного поля на колову текстуру спричиняє зміну початкового кута нахилу молекул θ_0 на деякий кут $\Delta\theta(z)$, який має максимальне значення посередині шару рідкого кристала [2]. Поворот колової текстури на кут α навколо будь-якої осі l , що знаходиться в площині (x, y) і має азимут φ_0 , розглядали як зміну кута нахилу молекул рідкого кристала. У такій інтерпретації новий кут нахилу молекул θ' є кут між довгою віссю молекули НРК і фронтом падаючої плоскої хвилі. Тут враховано, що кут нахилу молекул рідкого кристала залежить від азимута цієї точки щодо осі повороту комірки. Тому у разі похилого падіння монохроматичного випромінювання на шар НРК з коловою текстурою кут нахилу молекул θ' має значення

$$\theta' = \theta_0 + \Delta\theta + \alpha \cos(\varphi - \varphi_0). \quad (3)$$

Незважаючи на те, що тут не враховане заломлення світла на межі РК – скло, підстановка (3) в (1) дає змогу якісно пояснити спостережувану візуально картину при похилому падінні монохроматичного випромінювання на комірку з коловою текстурою.

Наприклад, з (1) випливає, що зміна різниці фаз між звичайними і незвичайними променями симетрична щодо осі повороту комірки l з азимутом φ_0 . З (1) видно також, що показник заломлення незвичайного променя зростає (зменшується залежно від напрямку повороту комірки) від радіуса з азимутом φ_0 до радіуса з азимутом $(\varphi_0 \pm \pi)$.

1. Де Же В. *Физические свойства жидкокристаллических веществ.* – М.: Мир, 1982.
2. J. Chen, D. L. Johnson, P. J. Boss, X. Wang, J. L. West // *Phys. Rev.* – 1996. – V. E 54. – 1599 p.
3. J. H. Kim, S. Kumar, Sin – Doo Lee // *Phys. Rev.* – 1998. – v. F. 57. – P. 5644.