

УДК 535.36

***О.З. Готра, А.В. Фечан, З. М. Микитюк, В.В Черпак, І.Є. Лопатинський**
 Національний університет “Львівська політехніка”,
 кафедра електронних приладів, кафедра фізики;
 *Львівський медичний університет ім. Д. Галицького

РІДКОКРИСТАЛІЧНИЙ МАТЕРІАЛ ДЛЯ ПОРОГОВОГО СЕНСОРА ТЕМПЕРАТУРИ

© Готра О.З., Фечан А. В., Микитюк З. М., Черпак В. В., Лопатинський І.Є., 2003

Досліджено температурні залежності фізичних параметрів рідкокристалічних матеріалів та електрооптичних характеристик холестерико-нематичного переходу для немато-холестеричних сумішей на базі серійного нематичного рідкого кристала СЖК-1 з домішкою сильнополярного нематичного рідкого кристала бороксан та немезогенною оптично-активною домішкою ВІХН-3. Отримані результати дають змогу запропонувати конструкцію порогового сенсора температури. Принцип дії такого сенсора базується на зміні прозорості рідкокристалічної комірки під дією температури при сталій напрузі.

The paper dedicated to investigation of temperature dependences of liquid crystal mixtures and electrooptical characteristics of cholesteric-nematic transition of nematic-cholesteric mixture on base of serial nematic liquid crystal SGK-1 with strong polar nematic liquid crystal boroxan and nonmesogenic optical active dopant VIHN-3 was carried out. The obtained results give a possibility to propose a threshold temperature sensors construction. The principle of sensor functioning based on transparency changing of liquid crystal cell at constant applied voltage.

Вступ

Дослідження електрооптичних ефектів в рідкокристалічних матеріалах з надмолекулярною спіральною структурою є актуальним в зв'язку з їх широким застосуванням у пристроях відображення та обробки оптичної інформації для електронної техніки, метрології, діагностики та ін. Особливий інтерес викликає застосування таких матеріалів, як оптично активне робоче середовище сенсорів фізичних величин, зокрема температури. Одним з перспективних ефектів у рідких кристалах є холестерико-нематичний перехід (ХНП). Суть його полягає в руйнуванні надмолекулярної спіральної структури під дією зовнішнього електричного поля, яке супроводжується зміною прозорості шару РК.

Під дією електричного поля на ділянці від 0 до U_{kd} відбуваються переорієнтація осей спіралі і утворення розсіювальної конфокальної текстури холестерика. Подальше збільшення напруги викликає руйнування спіральної структури і утворення гомеотропно орієнтованої нематичної фази. Величина U_{sp} є порогом холестерико-нематичного переходу. При подальшому зменшенні напруги нематичний стан може підтримуватись до величини U_{nc} , що приводить до виникнення гістерезису електрооптичних властивостей ефекту.

Величина напруги холестерико-нематичного переходу визначається за виразом [1]:

$$U_{cn} = \frac{d\pi^2}{P_0} \sqrt{\frac{K_{22}}{\varepsilon_0 \Delta\varepsilon}}$$

де P_0 – крок надмолекулярної спіральної структури; d – товщина шару рідкого кристала; K_{22} – константа пружності кручення; $\Delta\varepsilon$ – анізотропія діелектричної проникності.

На практиці як оптично активні середовища пристроїв на базі ХНП використовують немато-холестеричні суміші, що дозволяє оптимізувати параметри матеріалу за вимогами конкретного пристрою. Введення в нематичний рідкий кристал хіральних молекул приводить до утворення закрученої надмолекулярної структури, період якої характеризується величиною P_0 – кроком спіралі. Величина P_0 залежить від таких параметрів: концентрації домішки, товщини зразка, енергії міжмолекулярних взаємодій між молекулами НРК та ХРК та взаємодії мезогенних молекул з підшарком. Величина кроку надмолекулярної структури є важливим параметром, який поряд з анізотропією діелектричної проникності та константами пружності визначає величини критичних полів холестерико-нематичного переходу.

Для коректного прогнозування електрооптичних характеристик пристроїв нами було досліджено температурні залежності таких фізичних параметрів РК матеріалів, як крок надмолекулярної спіральної структури, анізотропія діелектричної проникності та констант пружності[2].

Дослідження кроку надмолекулярної спіральної структури проводились методом клина Кано–Гранжана [1] в комірках з товщиною шару РК 0–10 мкм, 0–50 мкм, 0–100 мкм. Такий набір комірок дозволив визначити величини P_0 синтезованих немато-холестеричних сумішей у всьому діапазоні концентрацій ОАД. Ріст концентрації оптично активної домішки у синтезованій нематичній матриці приводить до зменшення величини кроку індукованої спіралі, причому в координатах $1/P_0 = f(C)$ ця залежність має лінійний характер. Такі результати добре узгоджуються з висновками інших дослідників. Враховуючи останнє, з одержаних залежностей були визначені величини закручувальної здатності β оптично активних домішок у дослідній нематичній матриці. Ця величина пов'язана з кроком спіралі та концентрацією оптично активної домішки:

$$1/P_0 = \beta \cdot C,$$

Наявність функціонального зв'язку між параметром порядку та кроком холестеричної спіралі є основою ряду молекулярно-статистичних теорій [3]. Молекулярно-статистична теорія, запропонована в [4], встановлює однозначний зв'язок між знаком похідної dP/dT та відношенням констант пружності K_{11} до K_{33} , а саме, якщо для даного рідкого кристала $dP/dT < 0$, то $K_{11} > K_{33}$, тобто існує зворотна нерівність. Відомо, що для нематиків з жорсткими молекулами виконується нерівність $K_{33} > K_{11}$. Перед висвітленням експериментальних результатів слід зауважити, що визначення кроку за обраною методикою суттєво ускладнюється в діапазоні температур, близькому до фазового переходу $N \Rightarrow I$. Це викликано, з одного боку, високою нестабільністю фізичних параметрів НХС в цьому температурному діапазоні, а з другого боку – певною інертністю отримання результату, яка викликана особливостями методики. На рис. 1 зображені залежності величини кроку індукованої спіралі від температури для нематичної матриці з оптично активною домішкою ВІХН-3. Як видно з рисунка, температурні залежності величини кроку індукованої спіралі мають лінійний характер.

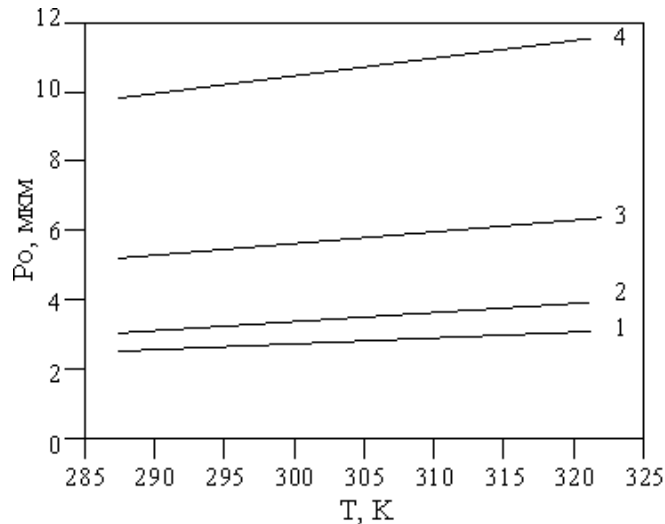


Рис. 1. Залежність вільного кроку спіралі від температури для сумішей на базі нематичної матриці СЖК з оптично активною домішкою ВІХН-3: 1 – 2%, 2 – 1,7%, 3 – 1%, 4 – 0,6%

У сумішах з нерідкокристалічною домішкою ВІХН-3 ріст температури приводить до збільшення кроку індукованої спіралі. Ці залежності мають лінійний характер, причому в сумішах з меншими концентраціями оптично активної домішки спостерігається більший ріст кроку.

Діелектрична анізотропія експериментальних сумішей досліджувалася методом плоского конденсатора з орієнтацією шару РК магнітним полем. Результати досліджень наведено на рис. 2.

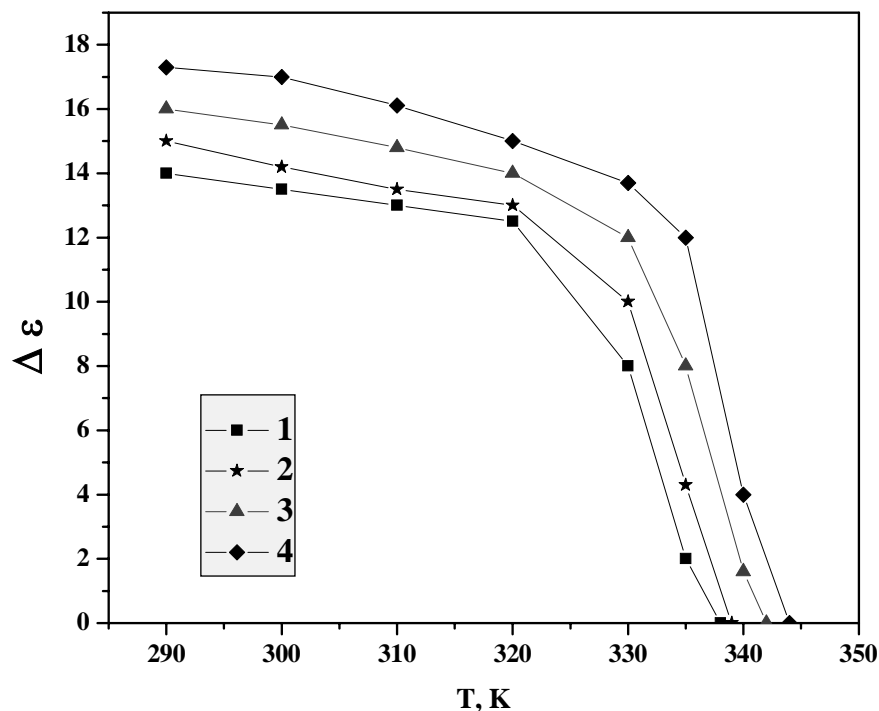


Рис. 2. Температурні залежності величини діелектричної анізотропії для нематичних матриць: 1 – СЖК-1; 2 – СЖК-1+5% бороксан; 3 – СЖК-1+10% бороксан; 4 – СЖК-1+17% бороксан

Як видно з залежностей, величина діелектричної анізотропії монотонно спадає з ростом температури. Різке падіння величини $\Delta\epsilon$ спостерігається лише при температурах, близьких до температури фазового переходу N-I. Введення в нематичну матрицю сильно полярної

компоненти бороксан приводить до збільшення величини $\Delta\epsilon$ та розширення температурного діапазону існування мезофази внаслідок зміщення точки просвітління у бік вищих температур.

Константи пружності матеріалів визначалися за результатами електрооптичних вимірювань [4, 5]. Результати досліджень наведені на рис. 3, 4.

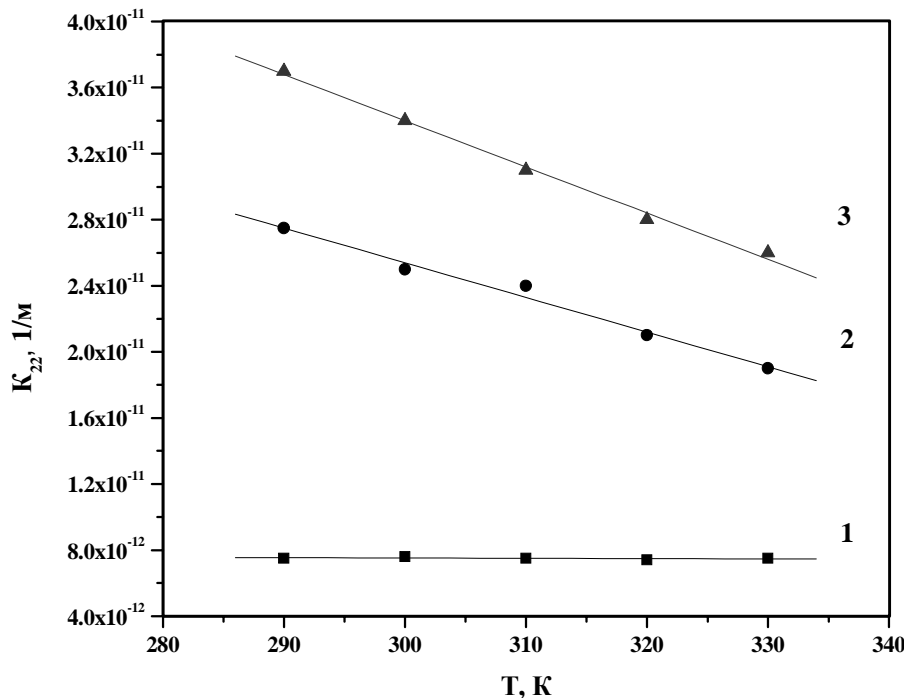


Рис. 3 Температурні залежності константи пружності K_{22} для немато-холестеричних сумішей: 1 – СЖК-1; 2 – СЖК-1+5 % бороксан; 3 – СЖК-1+10 % бороксан

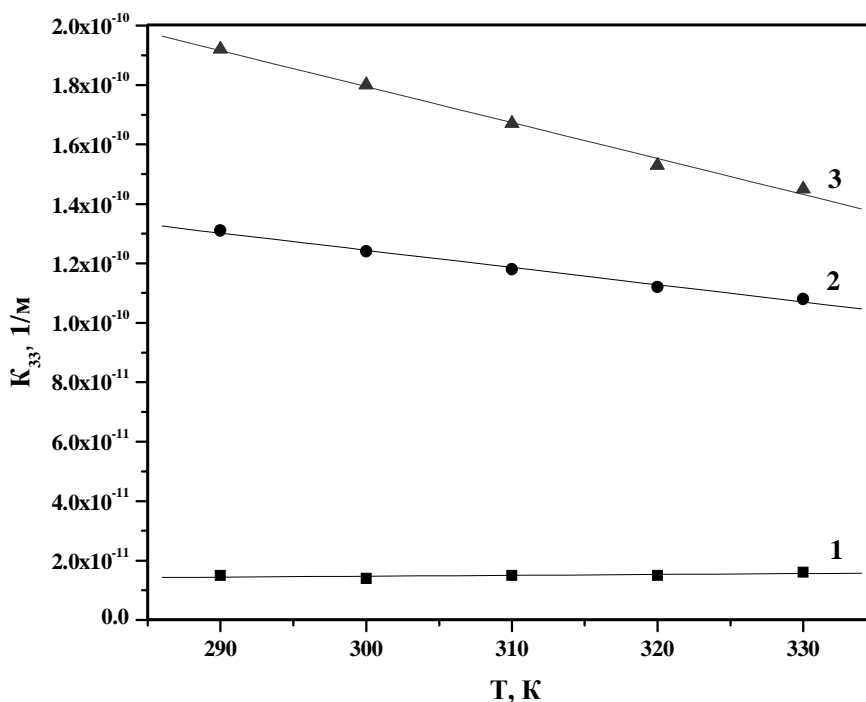


Рис. 4. Температурні залежності константи пружності K_{33} для немато-холестеричних сумішей: 1 – СЖК-1; 2 – СЖК-1+5 % бороксан; 3 – СЖК-1+10 % бороксан

Нами було досліджено температурні залежності величини $U_{сп}$ для немато-холестеричних сумішей на базі серійного нематичного РК СЖК-1 з домішкою сильнополярного нематичного РК бороксан та немезогенною оптично активною домішкою ВІХН-3. Дослідження проводились в експериментальній комірці типу “сандвіч” з товщиною шару рідкого кристала 25 мкм.

Результати досліджень наведені на рис. 2.

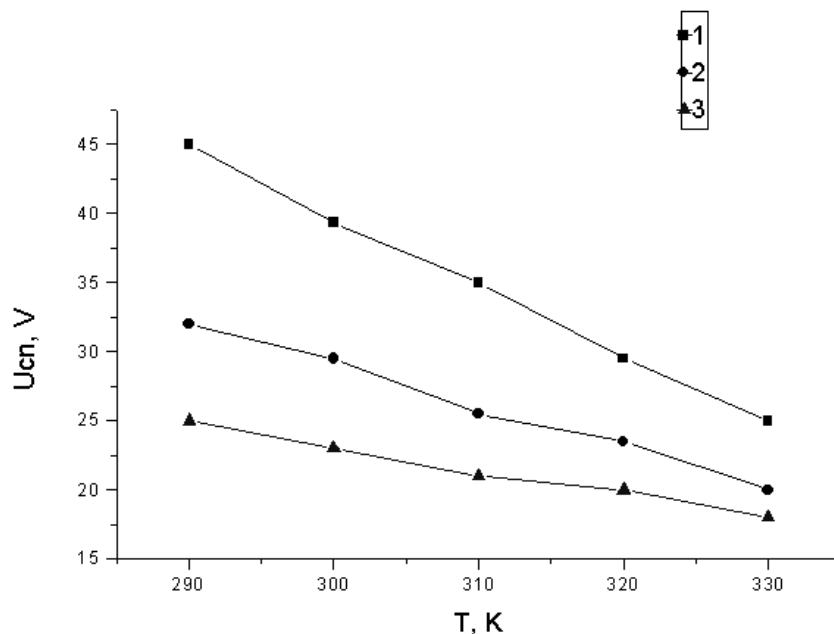


Рис. 5. Температурні залежності величини $U_{сп}$ для холестерико-нематичних сумішей:
1 – СЖК-1+10% бороксан +1.2% ВІХН-3; 2 – СЖК-1+1.9% ВІХН-3; 3 – СЖК-1+3% ВІХН-3

Як видно з залежностей, зростання температури приводить до суттєвого зменшення величини $U_{сп}$. Найбільший перепад напруг (20 В) в діапазоні температур 290–330 К отримано для суміші з концентрацією ОАД ВІХН-3 1,2 ваг. % та 5% бороксан. Отримані результати дають змогу запропонувати конструкцію порогового сенсора температури. Принцип дії такого сенсора базується на зміні прозорості РК комірки під дією температури при сталій нарузі. Так, при значенні напруги на комірці 35 В (залежність 1) поріг спрацьовування такого сенсора припадає на температуру 310 К. Величина порогу спрацьовування задається значенням керуючої напруги. Фактично такий сенсор може реєструвати температури в діапазоні 270–340 К, а сама ширина діапазону визначається діапазоном існування мезофази оптично активного середовища.

Отже, експериментальні дослідження показують доцільність подальшого вивчення ефекту ХНП в індукованих холестериках з метою створення порогових сенсорів внаслідок простоти конструкції та технології виготовлення, поєднаних з високою надійністю таких пристроїв.

1. Захлевных А.Н., Шлиомис М.И. Двусные холестерики: температурная зависимость параметров порядка и шага спирали // ЖЭТФ. – 1984 – 86, № 4. – С. 1309–1319.
2. Мильников В.С., Морозова Е.А. Динамика холестерико-нематического перехода в жидкокристаллической композиции // ЖТФ. – 1984. – Т. 54. – № 10. – С. 1980–1985. Gotra Z., Mikityuk Z., Zaremba P., Vistak M. Correlation of structural and elasticity properties of nematic-cholesteric mixtures // Liquid Crystal Materials, Devices and Applications. SPIE. 1993.

Vol. 1911. P. 100–102. 3. Mikityuk Z.M., Zaremba P.O., Murakhevich A.A. Anomalies in temperature dependence of electrooptical and structural parameters of nematic-cholesteric mixtures based on smectohenic matrix // Abs.of IV International Topical Meeting on Optics of Liquid Crystals. – USA. – Orlando. – 1990. – P. 118. 4. Mikityuk Z., Nevmerzhitska O. // The peculiarities of temperature dependence of nematic-cholesteric mixtures constants // European Conference on Liquid Crystals (ECLC–93). – Flims (Switzerland). – 1993. 5. Mykytyuk Z., Ivanytskyi V., Cherpak V., Fechan A. Liquid crystal as active element of sensor based on planar waveguide // Abstracts of XIV Conference on liquid crystal (Chemistry, Physics and applications), Poland, 2001, p. C9.

УДК 535.36

І.Я. Андрусик

Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра електронних приладів

ЕЛЕКТРОННЕ МОДЕЛЮВАННЯ ХЕМІЛЮМІНЕСЦЕНЦІЇ БІООБ’ЄКТІВ

© Андрусик І.Я., 2003

Вивчено залежність хемілюмінесценції від складу буферного розчину. Досліджено умови виникнення хемілюмінесценції і пояснено виникнення частинної інверсійної заселеності в реакціях з накопиченням кінцевих продуктів. На основі запропонованої моделі пояснено результати експериментальних досліджень зроблених іншими авторами.

The chemiluminescence buffer solution dependencies was studied. The conditions of chemiluminescence arise was investigated and the partially inverse population arise in the reactions with final products accumulation was explained. On the basis of the proposed model the results of the experiments and the investigations carried on by other authors was explained.

ВСТУП

Проблема вільнорадикального окислення ліпідів (ВРО) є однією з важливих проблем у сучасній молекулярній біофізиці. Добре відомо, що в нормі ВРО неперервно відбувається у всіх тканинах живих організмів, і вільнорадикальні процеси, при їх низькій інтенсивності, є одним з типів нормальних метаболічних процесів. Як прискорення, так і гальмування ВРО в біооб’єктах призводить до патології [5, 8].

Процес ВРО супроводжується явищем хемілюмінесценції (ХЛ). Відповідно дослідження і пояснення явища ХЛ дозволить обґрунтувати можливості протікання ВРО і вчасно запобігти їх негативним наслідкам. Взаємодія –рекомбінація перекисних радикалів один з одним і є причиною виникнення ХЛ, яка, в свою чергу, може ініціювати фотохімічні процеси електронного збудження і радикалоутворення – з фізичного боку і розвиток паталогічного стану – з біологічного.

Хемілюмінесценція як можливість утворення інверсійної заселеності і підсилення потоку квантів визначається кінетикою електронно-збуджених станів (електронною