

– С. 47–52. 4. Бернгард Ф., Дорожовец М., Дорожовец Н. Исследование погрешности определения температуры среды при измерениях трехэлементным резистивным сенсором // *Metody i technika przetwarzania sygnalów w pomiarach fizycznych. Elektrotechnika z.24. Zeszyty naukowe Politechniki Rzeszowskiej. Rzeszów, 2002. – S. 9–16.* 5. Antoni M., Bernhard F., Engler R.

Praxis der industriellen Temperaturmessung. Alzenau : ABB Automation Products, 2000. – 295 s. 6. Bernhard, F. *Technische Temperaturmessung: physikalische und meßtechnische Grundlagen, Sensoren und Meßverfahren, Meßfehler und Kalibrierung. Springer, Berlin 2003, 1460s.* *Temperaturmessung mit Berührungsthermometern in Fluiden.*

УДК 535.36

ПОРОГОВИЙ СЕНСОР ТЕМПЕРАТУРИ НА БАЗІ ЕФЕКТУ ХОЛЕСТЕРИКО-НЕМАТИЧНОГО ПЕРЕХОДУ

© Готра О.², Микитюк З.¹, Фечан А.¹, Черпак В.¹, 2003

¹Національний університет “Львівська політехніка”, кафедра електронних приладів,
вул. С.Бандери 12, 79013, Львів, Україна

²Львівський медичний університет ім. Д. Галицького, кафедра біофізики,
вул. Пекарська, 79011, Львів, Україна

Досліджено температурні залежності значень критичної напруги холестерико-нематичного переходу для немато-холестеричних сумішей на базі серійного нематичного рідкого кристала СЖК-1 з домішкою сильно полярного нематичного рідкого кристала бороксан та немезогенною оптично-активною домішкою ВИХН-3. Отримані результати дають змогу запропонувати конструкцію порогового сенсора температури. Принцип дії такого сенсора ґрунтується на зміні прозорості рідкокристалічної комірки під дією температури за сталої напруги.

Исследованы температурные зависимости величины критического напряжения холестерико-нематического перехода для немато-холестерических смесей на базе нематического жидкого кристалла СЖК-1 с примесью сильно полярного нематического жидкого кристалла бороксан и немезогенной оптически-активной примеси ВИХН-3. Полученные результаты дают возможность предложить конструкцию порогового сенсора температуры. Принцип работы такого сенсора базируется на изменении прозрачности жидкокристаллической ячейки под действием температуры при постоянном напряжении.

The investigation of temperature dependences of cholesteric-nematic transition threshold voltage for 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.

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. Типова залежність прозорості шару РК від напруженості електричного поля наведена на рис. 1.

Під дією електричного поля на ділянці від 0 до $E_{сc}$ відбувається переорієнтація осей спіралі і утворення розсіювальної конфокальної текстури холестерика. Подальше збільшення напруженості електричного поля спричиняє руйнування спіральної

структури і утворення гомеотропно орієнтованої нематичної фази. Величина $E_{сn}$ є порогом холестерико-нематичного переходу. Підчас подальшого зменшення напруженості електричного поля нематичний стан може підтримуватись до величини $E_{сn}$, що призводить до виникнення гістерезису електрооптичних властивостей ефекту.

Напругу холестерико-нематичного переходу визначають за виразом[1]:

$$U_{сn} = \frac{d\pi^2}{Po} \sqrt{\frac{K_{22}}{\epsilon_0 \Delta\epsilon}},$$

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

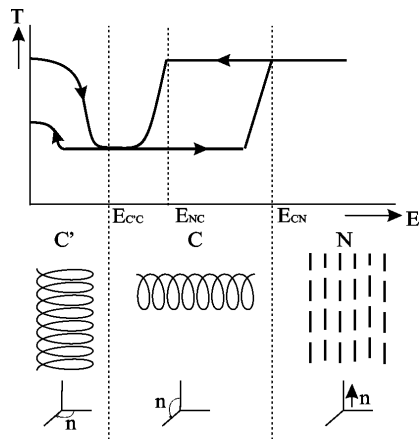


Рис. 1. Типова залежність пропускання від температури для ефекту ХНП

На практиці як оптичноактивні середовища пристроїв на базі ХНП використовують немато-холестеричні суміші, що дає змогу оптимізувати параметри матеріалу під вимоги конкретного пристрою. Введення в нематичний рідкий кристал хіральных молекул призводить 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. Крок надмолекулярної структури є важливим параметром, який поряд з анізотропією діелектричної проникності визначає величини критичних полів холестерико-нематичного переходу.

Для коректного прогнозування електрооптичних характеристик пристроїв нами були досліджені температурні залежності таких фізичних параметрів РК матеріалів, як крок надмолекулярної спіральної структури, анізотропія діелектричної проникності та константа пружності [4, 5, 6].

Крок надмолекулярної спіральної структури досліджувався методом клина Кано–Гранжана [1] в комірках з товщиною шару РК 0–10 мкм, 0–50 мкм, 0–100 мкм. Такий набір комірок дав змогу визначити величини P_0 синтезованих немато-холестеричних сумішей у всьому діапазоні концентрацій ОАД. Зростання концентрації оптично активної домішки у синтезованій нематичній матриці призводить до зменшення кроку

індукованої спіралі, причому в координатах $1/P_0 = f(C)$ ця залежність має лінійний характер. Такі результати добре узгоджуються з висновками авторів [1]. 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:

$$1/p_0 = \beta \cdot C. \quad (1)$$

Перед висвітленням експериментальних результатів слід зауважити, що визначення кроку за вибраною методикою істотно ускладнюється в діапазоні температур, близькому до фазового переходу. Це спричинено, з одного боку, високою нестабільністю фізичних параметрів НХС в цьому температурному діапазоні, а з іншого боку – певною інертністю отримання результату, яка пояснюється особливостями методики.

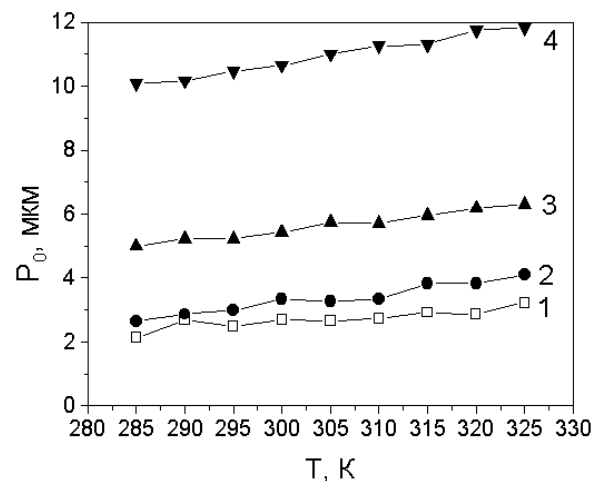


Рис. 2. Залежність вільного кроку спіралі від температури для сумішей на базі нематичної матриці СЖК з оптично активною домішкою V1XN-3: 1 – 2%, 2 – 1,7%, 3 – 1%, 4 – 0,6%

На рис. 2 зображено залежності кроку індукованої спіралі від температури для нематичної матриці з оптично активною домішкою V1XN-3. Як видно з рисунків, типові температурні залежності кроку індукованої спіралі мають лінійний характер.

На рис. 3 зображено залежності закручувальної здатності оптично активної домішки V1XN-3 від температури. У сумішах з нерідкокристалічною домішкою V1XN-3 зростання температури приводить до збільшення кроку індукованої спіралі та відповідно зменшення величини закручувальної здатності. Ці залежності мають лінійний характер, причому в сумішах з меншими концентраціями оптично активної домішки крок зростає більше.

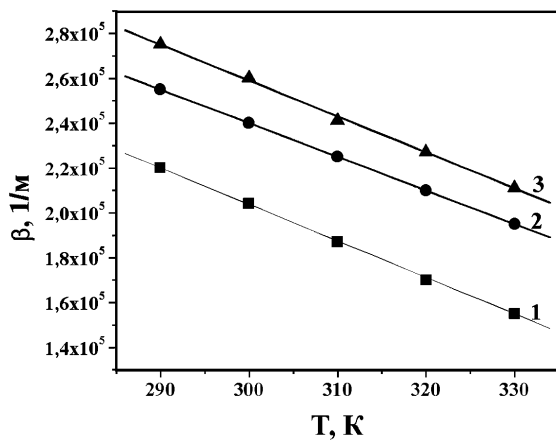


Рис. 3. Залежності закручувальної здатності оптично активної домішки ВІХН-3 від температури для нематичних матриць: 1- СЖК-1; 2 – СЖК-1+5% бороксану; 3 – СЖК-1 +10% бороксану

Нами були виконано дослідження температурних залежностей величини U_{cn} для немато-холестеричних сумішей на базі серійного нематичного РК СЖК-1 з домішкою сильно полярного нематичного РК бороксан та немезогенною оптично активною домішкою ВІХН-3. Дослідження відбувались в експериментальній комірці типу “сандвіч” з товщиною шару рідкого кристала 25 мкм.

Результати досліджень наведено на рис. 4.

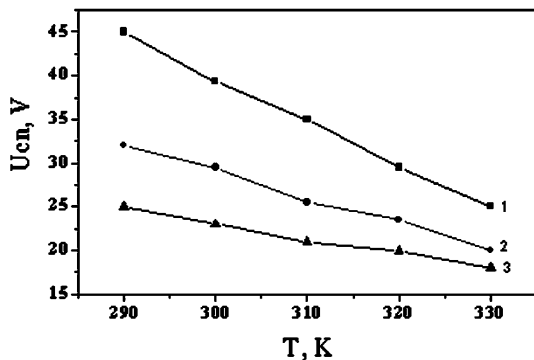


Рис.4. Температурні залежності величини U_{cn} для холестерико-нематичних сумішей: 1 – СЖК-1+5% бороксан + 1.2 % ВІХН-3; 2 – СЖК-1+1.5%ВІХН-3; 3 – СЖК-1+2%ВІХН-3

Як видно із залежностей, зростання температури призводить до істотного зменшення U_{cn} . 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. Одержані результати дають змогу запропонувати конструкцію порогового сенсора температури. Принцип дії такого сенсора ґрунтується 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. Поріг спрацьовування задається значенням керуючої напруги. Фактично такий сенсор може реєструвати температури в діапазоні 270–340 К, а саму ширину діапазону визначають діапазоном існування мезофази оптично активного середовища.

Отже, експериментальні дослідження свідчать про доцільність використання ефекту ХНП для створення порогових сенсорів внаслідок простоти конструкції та технології виготовлення в поєднанні з високою надійністю таких пристроїв. Робочі характеристики порогового сенсора температури визначаються переважно фізичними параметрами оптично активного середовища і можуть змінюватися залежно від експлуатаційних вимог.

1. Захлевных А.Н., Шлиомис М.И. Двухосные 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.
 3. 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.
 4. 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.
 5. Mikityuk Z., Nevmerzhiiska O. // The peculiarities of temperature dependence of nematic-cholesteric constants // European Conference on Liquid Crystals (ECLC-93).– Flims (Switzerland). – 1993.
 6. Mykytyuk Z., Ivanytsky 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.