

ЧАСТОТНО-МОДУЛЯЦІЙНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ РІДКОКРИСТАЛІЧНИХ СУМІШЕЙ

Досліджено частотно-модуляційні характеристики рідкокристалічних сумішей від температури. Встановлено залежність глибини модуляції від концентрації оптично активної домішки. Виявлено існування максимуму величини глибини модуляції в районі низьких частот майже у всьому температурному інтервалі.

Investigated the frequency-modulating characteristics of the sparse-crystalline mixtures from the temperature. Ascertained the dependency of the modulation depth from the optical active admixture concentration. Exposed the existence of the modulation depth maximum in the low frequencies range for almost whole temperature interval.

Вступ

Рідкокристалічні (РК) матеріали є перспективними матеріалами для побудови різноманітних приладів та пристроїв оптоелектроніки [1,2], в тому числі модуляторів лазерного випромінювання [3]. З розвитком оптично когерентних систем обробки, передачі та відображення інформації підвищуються вимоги до джерел лазерного випромінювання. В даній роботі проведено дослідження частотно-модуляційних характеристик (ЧМХ) від температури рідкокристалічного (РК) модулятора для досягнення максимального ефекту його використання для модуляції лазерного випромінювання.

Основний розділ

Були обрані такі компоненти об'єктів дослідження: в якості нематичної матриці суміш ціанобіфенілів та оксиціанобіфенілів СЖК-1, а в якості оптично активної домішки (ОАД) – хіральна домішка ВІХН-3 на основі складних ефірів ментолу.

Нематична матриця СЖК-1 в своєму складі містить сполуку класу ціанобіфенілів



та 4 сполуки класу оксиціанобіфенілів



Таблиця 1

Хімічний склад суміші СЖК-1

Клас сполуки	Назва компонента	Процентний вміст, %	Радикал R
Ціанобіфеніл	Д-205	39,95	C ₅ H ₁₁
Оксиціанобіфеніл	Д-103	14,95	C ₃ H ₇
	Д-105	13,91	C ₅ H ₁₁
	Д-107	12,81	C ₇ H ₁₅
	Д-108	18,42	C ₈ H ₁₇

Суміш СЖК-1 має такі фізичні характеристики: температура існування мезофази $\Delta T = 271 \dots 330$ К, в'язкість при $T = 298$ К $\eta = 32$ сП, питомий опір $\rho \geq 1 \cdot 10^{10}$ Ом·см, діелектрична анізотропія $\Delta \epsilon = +14,3$ ($T = 298$ К) [4].

Для створення індукованої спіральної структури в нематичну матрицю вводилась мала кількість (до 2 ваг. %) нерідкокристалічної ОАД ВІХН-3 на основі складних ефірів ментолу. ОАД ВІХН-3 характеризується питомим обертянням $[\alpha]$ у CHCl_3 (-67,3) [5], що дозволяє при малих концентраціях ОАД отримувати малі кроки холестеричної спіралі.

Для дослідження ЧМХ немато-холестеричних сумішей була змонтована дослідна установка, блок схема якої представлена на рис. 1.

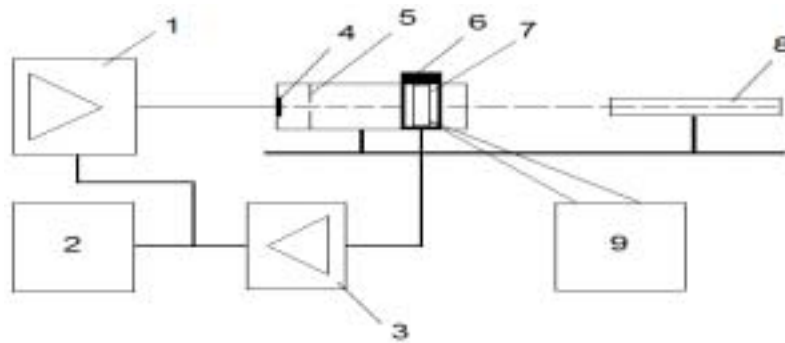


Рис. 1. Блок – схема установки для дослідження частотно-модуляційних характеристик НХС: 1 – АЦП; 2 – ПК; 3 – ЦАП; 4 – фотоприймач; 5 – діафрагма; 6 – термоелемент; 7 – РК комірка; 8 – лазер; 9 – термонара з вольтметром В7-21

Оптична частина установки змонтована на оптичній лаві, і складається з джерела випромінювання та фотоприймача, між якими розташована дослідна РК комірка. В якості джерела випромінювання використовувався He-Ne лазер, який генерував випромінювання на довжині хвилі – $\lambda = 0,63$ мкм. В якості фотоприймача був використаний фотодіод ФД-24К. РК комірка, фотоприймач та діафрагма для регулювання апертури та спостереження розташовані в жорсткому непрозорому кожусі. Встановлення непрозорого кожуха необхідне для уникнення зовнішнього освітлення та коретного визначення величини контрасту, яка в свою чергу, залежить від відстані між РК коміркою та фотоприймачем і апертури кута спостереження, який задається розміром отвору діафрагми. Оптимальний діаметр отвору діафрагми дорівнював діаметру лазерного променя.

Величина контрасту розраховувалась за виразом:

$$K = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}} \quad (1)$$

де I_{\max} – інтенсивність випромінювання, що пройшло крізь максимально прозору РК комірку;

I_{\min} – інтенсивність випромінювання, що пройшло крізь максимально непрозору РК комірку.

Часові характеристики РК суміші визначались шляхом реєстрації зміни інтенсивності лазерного випромінювання при подачі на РК модулятор прямокутного імпульсу напруги певної тривалості. Часам реакції або релаксації відповідають часи за які інтенсивність лазерного випромінювання, що пройшло крізь РК модулятор, змінювалась з 10 % до 90 % максимальної прозорості РК шару і навпаки.

Величина глибини модуляції визначалась за виразом [6]:

$$m = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_0} \cdot 100\% \quad (2)$$

де I_0 – інтенсивність лазерного випромінювання на вході модулятора.

Точність вимірювань електрооптичних характеристик РК модулятора в інтервалі температур 290...325 К – 12 %.

Визначення реальної величини глибини модуляції приладів оптоелектроніки, а саме, РК модуляторів світла є одним з важливих питань експериментальних досліджень. Особливість полягає у тому, що одночасно треба враховувати вплив кількох факторів, одним з яких є потужність лазерного випромінювання. Так, при дослідженні модуляційних характеристик РК модуляторів в роботі [7] пропонується використовувати такий вираз для визначення глибини модуляції:

$$m = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max}} \quad (3)$$

де I_{\max} – інтенсивність випромінювання, що пройшло крізь відкритий модулятор,

I_{\min} – інтенсивність випромінювання, що пройшло крізь закритий модулятор. Однак, цей вираз не враховує потужність випромінювання, що породжує велику похибку вимірювання. Незалежно від потужності випромінювання на вході модулятора, якщо I_{\min} прямує до 0 то величина глибини модуляції прямує до 1, тобто отримуємо 100 % модуляцію. На практиці при частотно-модуляційних дослідженнях РК модуляторів часто спостерігається одночасно зміна I_{\min} та I_{\max} оптичного відгуку в межах від 0 до I_0 , де I_0 – інтенсивність випромінювання, що модулюється. На практиці I_{\max} завжди менше за I_0 , тоді як I_{\min} може дорівнювати 0 при певних значеннях потужності випромінювання та товщині РК шару.

На рис. 2-5 зображені ЧМХ від температури досліджуваних сумішей.

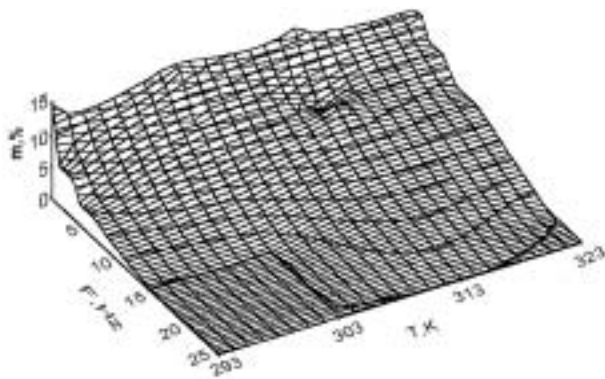


Рис. 2. Частотно-модуляційні характеристики від температури для суміші СЖК1 + 0,5 % ВІХНЗ для $\lambda = 0,63$ мкм

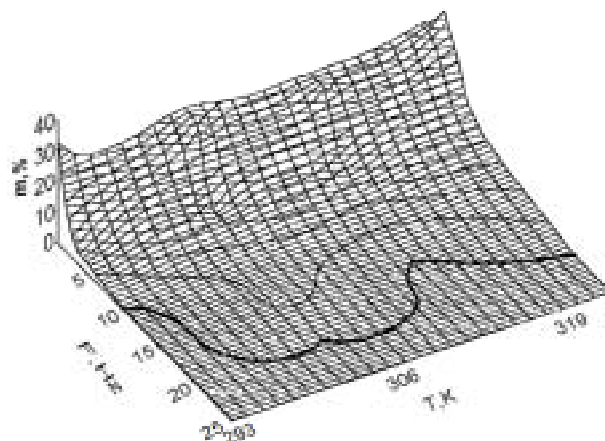


Рис. 3. Частотно-модуляційні характеристики від температури для суміші СЖК1 + 1 % ВІХНЗ для $\lambda = 0,63$ мкм

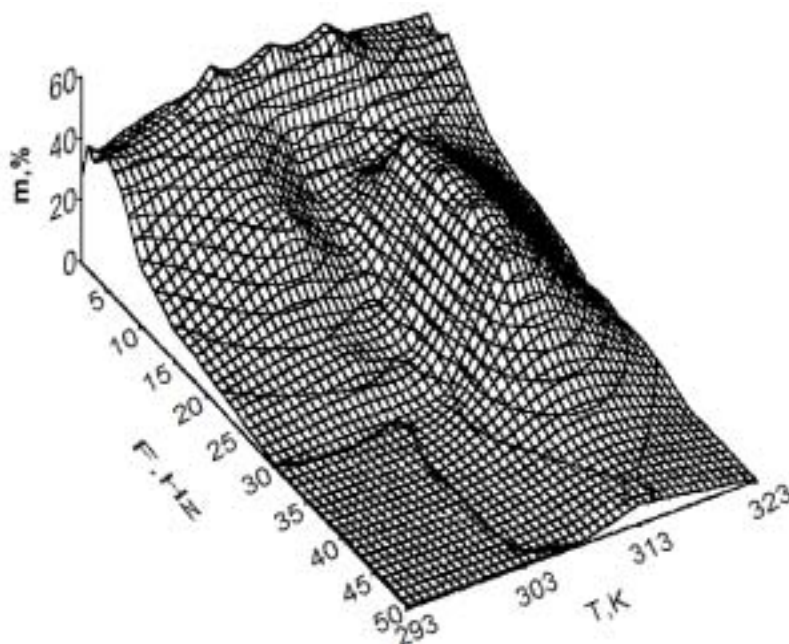


Рис. 4. Частотно-модуляційні характеристики від температури для суміші СЖК1 + 1,5 % ВІХНЗ для $\lambda = 0,63$ мкм

Аналізуючи вигляд ЧМХ від температури для даних сумішей, можна встановити залежність глибини модуляції від концентрації ОАД в РК, а саме: з ростом концентрації ОАД в РК суміші величина глибини модуляції зростає.

Для всіх РК сумішей спостерігається існування чітко вираженого максимуму величини глибини модуляції в районі низьких частот (до 5 Гц) майже у всьому температурному інтервалі. Однак при температурі 313 К для СЖК1+ 0,5 ваг. % спостерігається мінімум глибини модуляції на частоті 5 Гц, а для суміші СЖК1+ 1,5 ваг. % при температурі 313 К спостерігається максимум глибини модуляції у значно ширшому частотному діапазоні.

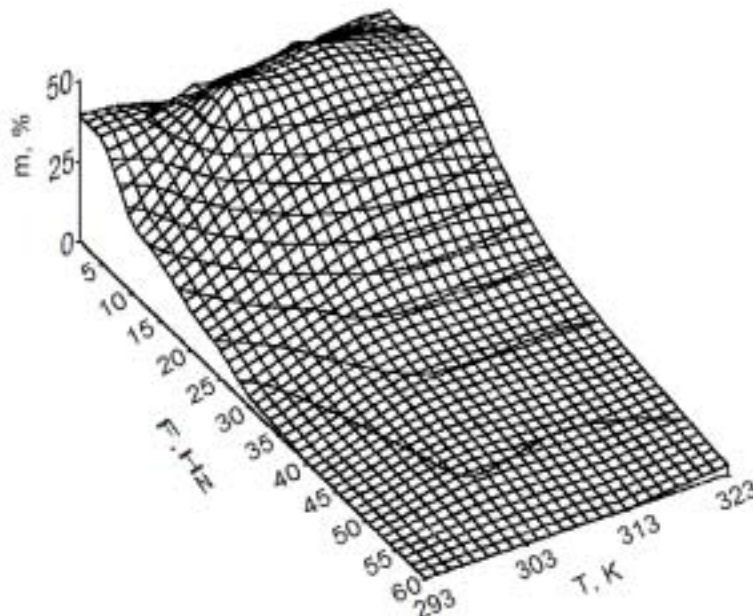


Рис. 5. Частотно-модуляційні характеристики від температури для суміші СЖК1 + 2 % V1H3 для $\lambda = 0,63$ мкм

Для сумішей з концентрацією до 1,0 ваг. % зростання глибини модуляції спостерігається при частоті 10 Гц, а для сумішей з концентрацією ОАД 1,5 ваг. % та 2 ваг. % – при частоті 30 Гц. Така розбіжність може бути пояснена існуванням різних оптимальних умов розкрутки холестеричних спіралей НХС та утворенням доменів з геометричними розмірами, що задовольняють умову Бреґга [8]:

$$\chi = \frac{\pi^2 (n^2 - 1)}{2N\lambda^4} (1 + \cos^2 \varphi) \quad (4)$$

де χ – коефіцієнт розсіювання;
 n – показник заломлення речовини;
 N – число центрів розсіювання на одиницю об'єму;
 λ – довжина хвилі випромінювання;
 φ – кут між падаючим і розсіяним променями.

Висновок

Таким чином, можна стверджувати, що величина глибини модуляції залежить від концентрації ОАД, а також спостерігається максимум величини глибини модуляції в районі низьких частот (до 5 Гц) майже у всьому температурному інтервалі досліджуваних сумішей.

Література

1. Дмитрах В.Є, Сушинський О.Є. Стабілізатор потужності лазерного випромінювання // Технічні вісті. – 2007. – № 1 – 2. – С. 126-128.
2. Mykytyuk Z.M., Fechan A.V., Dmytrach V.E., Yasynovska O.E. The Optical Self-contained Generator Based On the Liquid-crystal Cell // MODERN PROBLEMS OF RADIO ENGINEERING, TELECOMMUNICATIONS AND COMPUTER SCIENCE, Proceedings of the International Conference TCSET'2008. – Lviv-Slavsko (Ukraine). – 2008. – P. 140-141.
3. Нуцковский М.С. Особенности модуляции ИЧ випромінювання РК структурами // Вісник ДУ „Львівська політехніка”. – 1998. – № 357. – С. 56-60.
4. Ковшов Е.И., Севостьянов В.П. Жидкокристаллические материалы для индикаторов // Электронная промышленность. – 1982. – № 5-6. – С. 7-11.
5. Микитюк З.М., Фечан А.В., Сушинський О.Є., Гураль В.В., Дмитрах В.Є. Индуковані холестерики, параметри та характеристики // Вісник Національного університету «Львівська політехніка», «Елементи теорії та прилади твердотілої електроніки». – 2006. – № 569. – С. 116-119.
6. Casasent D. Materials and derices for coherent optical Computing // Opt. Inform. Processing, Plenum Publishing Co. – 1976. – № 4. – P. 13-46.
7. Leslie F.M. Induced cholesterics as an active medium for low-frequency light modulators // Mol.Cryst. Liquid Cryst. – 1970. – Vol.12, № 57. – P. 1581-1595.
8. Данилов В.В., Савельев Д.А. Модуляция излучения CO₂- лазера с использованием фазового холестерико-нематического перехода // Труды ГОИ. – 1986. – Т. 60, вып. 194. – С.81-91.

Надійшла 12.12.2008 р.