

**З.М.Микитюк, М.С.Нуцковський, О.Є.Сушинський, В.В.Черпак**  
 ДУ “Львівська політехніка”, кафедра електронних приладів

## **ЕЛЕКТРООПТИКА ПОДВІЙНИХ РК СТРУКТУР**

© З.М.Микитюк, М.С.Нуцковський, О.Є.Сушинський, В.В.Черпак, 2000

**Запропоновано новий метод створення рідкокристалічного модулятора для потужного лазерного випромінювання. Як активне середовище використані рідкокристалічні суміші на основі нематичної матриці – сильнополярних сумішей ціано- та оксидіанобіфенілів з низькою концентрацією оптично активної домішки. Досліджували частотно-модуляційні характеристики і часові параметри подвійної структури рідкокристалічного модулятора при зміні температури. Здійснено аналіз модуляційних характеристик в залежності від кроку холестеричної спіралі та амплітуди керуючого сигналу. Для суміші з 2 ваговими процентами оптичноактивної домішки з глибиною модуляції 90...93 проценти була створена рідкокристалічна комірка завтовшки 25 мкм. Потужність лазерного випромінювання становила 300 мВт, довжина хвилі 1,15 мкм.**

**The new method of creation of liquid crystal modulators of high-powered laser radiation on the base of cholesteric-nematic phase transition is proposed. The liquid crystal materials on the base of nematic matrices – strong polar mixtures of ciano- and oxycianobipheniles with a low concentration of optical active dopant were as a modulating medium. The frequency – modulation characteristics and time parameters of double layer LC modulators their change with a temperature action are studied. The analysis of modulation characteristics depending on cholesteric helix pitch and control signal amplitude is carried out. For the mixtures with 2 percent by weight of optical dopant the modulation depth value of 90 ... 93 percent was obtained for liquid crystal layer thickness of 25  $\mu\text{m}$  and laser radiation power of 300 mW for wavelength 1,15  $\mu\text{m}$ .**

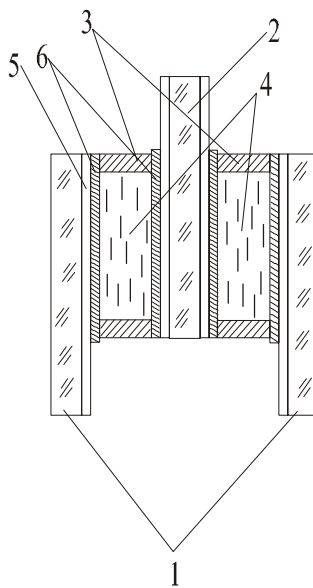
### **1. Вступ**

Сьогодні рідкі кристали (РК) широко використовують в різних приладах оптоелектроніки як активне середовище. Це пояснюється різноманітними електрооптичними ефектами в РК. На основі РК створено такі елементи оптичних систем, як модулятори, дефлектори, оптичні перемикачі. Для видимого діапазону випромінювання “твіст” – і “супертвіст” – ефекти є найбільш вживаними [1]. Однак застосування цих ефектів для інфрачервоної ділянки спектра дещо ускладнюється необхідністю використання поляризаторів, що спричиняє втрати випромінювання. Коли потужність лазерного випромінювання зростає, виникають проблеми, пов’язані з величиною контрасту і глибиною модуляції. Для розв’язання цієї проблеми існує два шляхи: збільшення товщини РК шару, що приведе до зростання величини керуючої напруги і пошук інших РК матеріалів. Ми пропонуємо новий метод створення РК модуляторів, що дозволить отримати максимальні значення контрасту і глибини модуляції без зміни керуючої напруги.

## 2. Конструктивне вирішення

Оскільки РК є складними органічними сполуками, вони характеризуються поглинанням в ІЧ області [2]. Для здійснення модуляції в ІЧ області випромінювання РК матеріали повинні бути прозорими для довжин хвиль лазерного випромінювання. Для отримання оптимальних робочих характеристик модулятора лазерного випромінювання необхідно забезпечити максимум селективного відбивання, контраст і температурну стабільність та мінімальну величину гістерезису, низькі керуючі напруги і прийнятну ширину частотного спектра модуляції.

Однією з важливих проблем РК модуляторів є зниження величини контрасту і глибини модуляції при зростанні потужності випромінювання. Традиційно для цього збільшували товщину РК шару. В роботі [3] пропонується новий метод розв'язання цієї проблеми. Він полягає в паралельному з'єднанні декількох РК шарів. При цьому напруги залишаються незмінними, а контраст і глибина модуляції істотно зростають. Кількість РК шарів не обмежується. Використану у роботі [3] конструкцію модулятора пропонується вдосконалити (рис 1). Замість двох однотипних РК комірок типу “сендвіч” пропонується між двома прозорими скляними пластинами ввести третю і більше скляних пластин, на які з двох сторін нанесено провідне покриття, із заданням прошарків між пластинами за допомогою прокладок або спейсерів. Потім прошарки заповнюють рідкокристалічною сумішшю і герметизують, що дозволить одержати двошарову РК структуру зі збереженням досягнутих електрооптичних характеристик і зменшити поглинання.



**Рис.1.** Удосконалена схема модулятора на подвійній структурі:

- 1 – плоскі вікна, 2 – третє плоске вікно, 3 – прокладки або спейсери,  
4 – рідкокристалічна суміш, 5 – провідне покриття, 6 – орієнтуючий шар

Найперспективнішими при модулюванні ІЧ області випромінювання є ефекти, пов'язані з розсіюванням. Одним з них є ефект холестерико-нематичного фазового переходу, який спостерігається в індукованих холестериках під дією електричного поля.

РК – це турбулентна речовина. Розсіювання ІЧ випромінювання рідкими кристалами відбувається як на молекулярному рівні, так і на доменних структурах. Ось чому дос–

лідження розсіювання в РК є цікавою і складною проблемою, зумовленою різними факторами розсіювання.

### 3. Експеримент

Як активне середовище ми використали індуковані холестерики (суміші оксикомпонент і ціанобіфенілів в поєднанні з нерідкокристалічними оптично активними домішками) з низькою концентрацією (до 2%). Дослідження проводились для декількох концентрацій домішок. РК фазу досліджували у температурному діапазоні 263 ... 328 К.

Усі дослідження вели з використанням як модулятора плоскої скляної РК комірки типу “сендвіч” з провідним покриттям зі SnO<sub>2</sub>. Планарна орієнтація досягалась натиранням поверхонь комірки. Необхідну товщину одержували за допомогою діелектричних прокладок завтовшки 25 мкм. Були досліджені електрооптичні характеристики двошарової РК структури. Дослідження проводили в ІЧ області спектра. Як джерело випромінювання використовували He-Ne лазер з довжиною хвилі 1,15 мкм. Прозорість комірки в цій області становить 90%. Приймачем служив фотодіод, а відгук РК комірки спостерігали на осцилографі. Модулятор керувався квадратним імпульсом з  $T/t=2$  (де  $T$  – період імпульсу;  $t$  – тривалість імпульсу), що подавався від низькочастотного генератора.

Глибину модуляції розраховували як:

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

де  $I_{\max}$  – максимум інтенсивності лазерного випромінювання;  $I_{\min}$  – мінімум інтенсивності лазерного випромінювання;  $I_0$  – повна інтенсивність лазерного випромінювання.

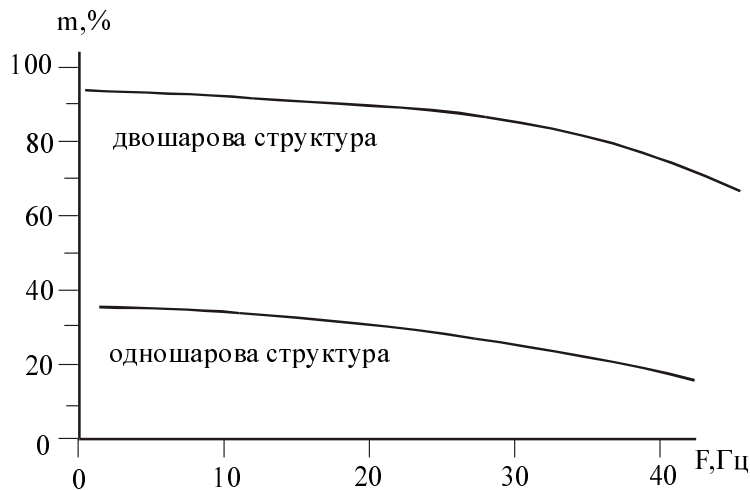
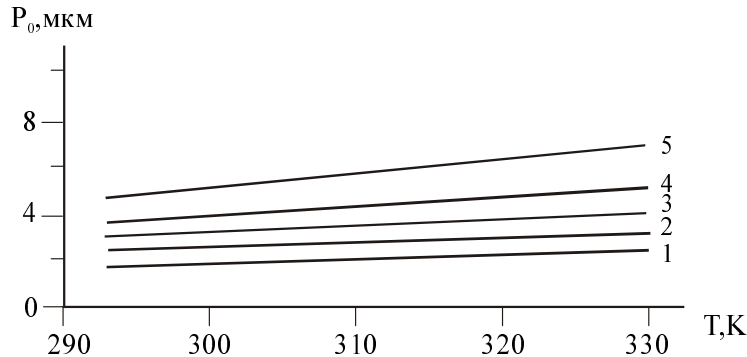


Рис.2. Частотно-модуляційна залежність

На рис.2 показано частотно-модуляційні характеристики РК модулятора з товщиною РК шару 25 мкм, 50 мкм і двошаровий РК модулятор (який містив два шари завтовшки 25 мкм). Можемо побачити істотне зростання частотно-модуляційної характеристики для двошарового РК модулятора. Таке зростання глибини модуляції для двошарової структури РК модулятора можна пояснити тим, що перший РК шар, на який падає випромінювання, спрацьовує як модулятор і як послаблювач для другого РК шару. Отже, розсіювання на першому РК шарі зменшує вплив потужного лазерного випромінювання на другий РК шар, що приводить до зростання модуляційних характеристик. У випадку пасивного послаб-

лювача перший РК шар може підвищувати модуляційні характеристики. Отже, двошаровий РК модулятор з товщиною шару 25 мкм має значно кращі частотно-модуляційні характеристики, ніж одношаровий РК модулятор з такою самою товщиною комірки.



**Рис.3.** Температурна залежність кроку холестеричної спіралі для різних концентрацій оптично активної домішки: 1 - 2%, 2 – 1,7%, 3 – 1%, 4 – 0,7%, 5 – 0,5%

#### 4. Висновки

Використання немато-холестеричних сумішей як активного середовища для модуляторів лазерного випромінювання в ІЧ області є актуальним і перспективним завданням. Застосування подвійної РК структури з паралельним з'єднанням РК шарів дає можливість істотно збільшити величину модуляції зі збереженням керуючих напруг. Істотне покращання модуляційних характеристик зумовлюється двома функціями запропонованої РК структури, яка одночасно є модулятором і активним послаблювачем лазерного випромінювання.

1. В.А.Беляков, А.С.Сонин *Оптика холестерических жидких кристаллов*. М., 1983.
2. В.В.Данилов, Д.А.Савельев *Модуляция излучения CO<sub>2</sub> – лазера с использованием фазового холестерико-нематического перехода* // Труды ГОИ, 1986. Т.60. Вып.194. С.81 – 90.
3. Zenon Mikityuk, Michael Nutskovsky, *Electrooptical characteristics of double layer LC modulator with induced cholesterics* // Proc. II International Symposium on Microelectronics Technologies and Microsystems, 1998. Pp.69-74.
4. П. де Жен. *Оптика жидких кристаллов*. М., 1977.
5. Л.М. Блинов *Электро- и магнитооптика жидких кристаллов*. М., 1978.
6. Z.Mikityuk, A.Fechan, J.Semenova, *Liquid crystal material for light modulators on the base of cholesteric-nematic phase transition* // Proc. SPIE Liquid Crystals, Devices and Applications IV, 1996, v.2651 pp. 196 – 208
7. Микитюк З. М., Семенова Ю. В., Готра О. З., Фечан А. В. *Особенности розсіювання випромінювання конфокальною текстурою в шарі індукованого холестерика для світлорозсіюючих елементів* // Вісник ДУ "Львівська політехніка", 1997. № 334. С. 73 - 76.