

тобто з (11) випливає, що під час генерації випромінювання маємо наближено лоренцівський розподіл з півшириною набагато меншою, ніж при спонтанному випромінюванні $\Delta\omega_{cm} \cong (\Delta\omega_{cm} A)$. Тобто відбувається звуження спектра.

Висновки

Експериментально та теоретично показано, що спектр хемілюмінесценції сироватки крові має лоренцівський вигляд. Теоретично знайдено, що квантовий вихід стимульованої лазерним випромінюванням ХЛ має бути меншим, ніж квантовий вихід спонтанної ХЛ. Показано, що спектри при паталогічних станах відрізняються між собою лише інтенсивністю, ширина півсмуги також не залежить від паталогічного стану. Це вказує на те, що при ХЛ СК люмінесціюють кетони.

1. I. Andrusyk//*Sold-State electronics: theory, devices and applications*. – 2002. – № 458 p. – 159–164.

2. Летохов В. С. Генерация света рассеивающей средой с отрицательным поглощением // *ЖЭТФ*, 1967,53,№4, – с. 1442–1452.

УДК 532.738

З.М. Микитюк, А.В. Фечан, О.Є. Сушинський, Д.Ю. Волинюк
Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра електронних приладів

НИЗЬКОЧАСТОТНІ РІДКОКРИСТАЛІЧНІ МОДУЛЯТОРИ ПОТУЖНОГО ЛАЗЕРНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ ІЧ-ДІАПАЗОНУ

© Микитюк З.М., Фечан А.В., Сушинський О.Є., Волинюк Д.Ю., 2005

Робота присвячена розробці рідкокристалічних модуляторів, зокрема, запропоновано новий підхід для створення рідкокристалічного модулятора потужного лазерного випромінювання інфрачервоного діапазону з використанням термоелектрооптичного ефекту в холестеричних системах.

The new way of creating liquid crystal modulator of powerful laser radiation was proposed. The liquid crystal modulator of powerful laser radiation of infrared spectrum based on thermoelectrooptical effect in cholesteric systems.

Вступ

Аналіз сучасного розвитку систем оптичної обробки та відображення інформації показує, що одну із основних ролей, як елементів цих систем, відіграють модулятори світла. Більшість таких систем оптоелектроніки працює в інфра-червоному діапазоні випромінювання. Всі матеріали, які використовують в оптоелектроніці, характеризуються втратами випромінювання, особливо в ІЧ-діапазоні. Будучи складними органічними сполуками, рідкі кристали мають багато смуг поглинання в ІЧ-діапазоні, тому рідкокристалічні матеріали, на основі яких створюються модулятори лазерного випромінювання ІЧ-діапазону, повинні бути прозорими для довжини хвилі лазерного випромінювання, для якої створюється модулятор. При цьому для підвищення робочих

характеристик модулятора лазерного випромінювання ІЧ-діапазону важливо забезпечити максимум селективного відбивання, температурну стабільність контрасту та гістерезису, мінімальне значення величини гістерезису, низьку напругу керування та широкий частотний діапазон модуляції.

Основна частина

Створення рідкокристалічного модулятора ускладнюється, коли підвищується потужність лазерного випромінювання, оскільки це приводить до нагрівання, не тільки конструкції модулятора, але й рідкого кристала. Більшість рідкокристалічних модуляторів внаслідок вузького температурного діапазону існування мезофази мають суттєві обмеження для використання активним середовищем в модуляторах потужного випромінювання, вимагаючи зовнішнього охолодження. Вирішенню цієї проблеми і присвячена ця робота.

Під час створення рідкокристалічного модулятора потужного лазерного випромінювання інфрачервоного діапазону перевагу було надано ефекту холестерико-нематичного переходу в холестеричних системах. Суть його полягає в руйнуванні надмолекулярної спіральної структури під дією зовнішнього поля, яке супроводжується зміною прозорості шару рідкого кристала. Типова залежність прозорості рідкого кристала від напруги зображена на рис. 1. Під дією електричного поля на ділянці від 0 до U_{kd} проходить переорієнтація осей спіралі і утворення розсіюючої конфокальної текстури холестерика. Подальше збільшення напруги спричиняє руйнування спіральної структури і утворення гомеотропно орієнтованої нематичної фази. Величина U_{cn} є порогом холестерико-нематичного переходу. За подальшого зменшення напруги нематичний стан можна підтримувати до величини U_{nc} , що спричиняє виникнення гістерезису електрооптичних властивостей ефекту. Холестерико-нематичний перехід дозволяє створювати великі інформаційні транспаранти та портативні відбиваючі дисплеї з високою інформативною ємністю. Такі пристрої характеризуються високим контрастом та роздільною здатністю, широким кутом спостереження, відсутністю поляризаційної оптики та наявністю ефекту пам'яті. Для випадку, коли прикладене поле перпендикулярне до осі просторової спіралі, вираз для критичного електричного поля розкручування холестеричної спіралі має такий вигляд:

$$E_{cn} = \frac{\pi^2}{P_0} \left[\frac{K_{22}}{\epsilon_0 \Delta \epsilon} \right]^{1/2}$$

де P_0 – крок вільної холестеричної спіралі;

K_{22} – модуль пружності кручення Франка;

$\Delta \epsilon = \epsilon_{\parallel} - \epsilon_{\perp}$ – анізотропія діелектричної проникності;

ϵ_{\parallel} , ϵ_{\perp} – діелектрична проникність у паралельному та перпендикулярному до директора напрямках.

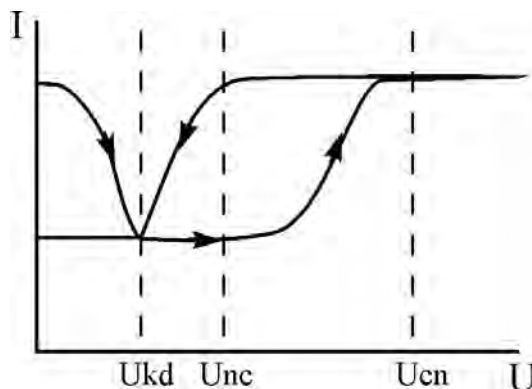


Рис.1. Типова залежність прозорості рідкого кристала від напруги

Для реалізації рідкокристалічного модулятора потужного інфрачервоного випромінювання

нами була запропонована ідея використання паразитного розігрівання елементів модулятора внаслідок часткового поглинання випромінювання для забезпечення переходу рідкокристалічної суміші в мезофазний стан. Такий підхід дозволяє реалізувати модулятор без суттєвих конструктивних змін.

Основним критерієм вибору рідкокристалічного матеріалу був температурний інтервал існування мезофази. Для визначення цього параметра нами були проведені дослідження ступеня розігрівання моделі модулятора під час опромінення її потужним лазерним випромінюванням інфрачервоного діапазону. Дослідження проводили із використанням CO₂ лазера ($\lambda = 10.6 \mu\text{м}$ P = 10-60 Вт). Результати досліджень зображені на рис. 2.

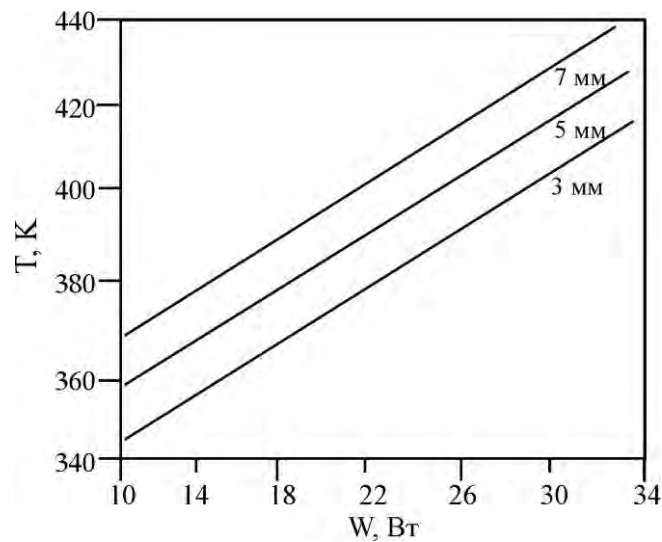


Рис. 2. Залежність температури нагрівання рідкокристалічної комірки від потужності лазерного випромінювання для різних товщин скляних вікон комірки ($\lambda = 10,6 \mu\text{м}$ при кімнатній температурі)

Як видно з залежностей, зростання потужності лазерного випромінювання приводить до лінійного збільшення температури комірки. Проведені дослідження дали змогу визначити, що необхідний для створення модулятора діапазон існування мезофази становить 350 – 430 К при потужності лазерного випромінювання в межах від 10 до 30 Вт. Враховуючи вищезазначені критерії, для подальших досліджень ми використовували гомологи ряду гідрокінон-біс-п-ілоксибензоату, а оптично активною домішкою слугували ефіри холестерину одноосновних карбонових кислот.

Вимірювання електрооптичних характеристик рідкокристалічного модулятора проводили у комірці типу „сендвіч” у температурному діапазоні існування мезофази.

Результати досліджень порогових полів холестерико-нематичного переходу показані на рис. 3.

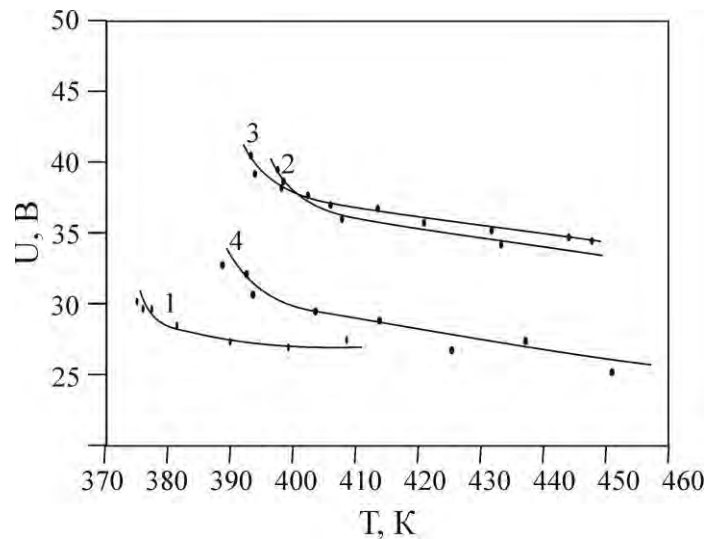


Рис. 3. Температурна залежність порогових полів холестерико-нематичного переходу для сумішей на основі різних нематичних матриць (таблиця)

Як видно з залежностей, для всіх досліджених сумішей практично на всьому діапазоні існування мезофази спостерігається монотонне зменшення критичної напруги переходу з зростанням температури, що в основному пояснюється зменшенням констант пружності Франка. В температурному інтервалі, близькому до температури фазового переходу тверде тіло – мезофаза, спостерігається різке зростання порогових напруг, зумовлене передперехідними процесами в шарі індукованого холестерика.

Для отримання модуляційних характеристик на комірку від генератора імпульсів подавали сигнали з амплітудами $U_i > 2U_{cn}$ в діапазоні частот 0 ... 1000 Гц. Оптичний відгук реєструвався з фотоелектронного помножувача. Величину глибини модуляції визначали за формулою

$$m = 1 - I_{\min}/I_{\max}$$

де I_{\min} , I_{\max} – відповідно мінімальна та максимальна інтенсивності світла, що проходить через комірку.

На рис. 4 показані частотно-модуляційні характеристики модулятора на основі рідкокристалічної суміші Н-34 + 2% холестерилмірістат.

У табл.1 наведені характеристики рідкокристалічного модулятора потужного лазерного випромінювання на основі рідкокристалічної суміші різного складу . Товщина рідкого кристала 25 мкм.

Таблиця

Характеристики рідкокристалічного модулятора

РК+2% - холестерилмірістат	Н-30	Н-50	Н-51	Н-34
Температура плавлення Тпл, К	373	400	398	393
Температура переходу в ізотропний стан Тіз, К	408	454	452	466
Напруга керування Uкер, В	60	80	80	60
Глибина модуляції на частоті 1 Гц m, %	14	15	12	20

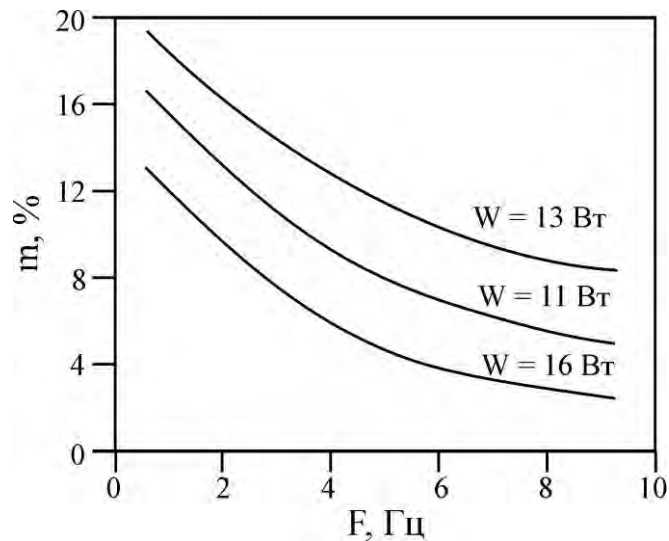


Рис. 4. Частотно-модуляційна характеристика рідкокристалічного модулятора на основі суміші Н-34 + 2% холестерилмірістат

Як випливає з рис. 4, частотно-модуляційні характеристики модулятора лазерного випромінювання мають експоненціальний характер.

Висновки

Використовуючи термоелектрооптичний ефект у рідкокристалічному модуляторі на основі холестерико-нематичного переходу, можна створити ефективний модулятор потужного ІЧ-випромінювання, який не потребує охолодження. Такий модулятор працює у два етапи: 1 – нагрівання рідкокристалічної суміші за рахунок втрат інфрачервоного випромінювання у вікнах модулятора; 2 – модуляція лазерного випромінювання під дією електричного поля в зоні розігрівання.

Модулятор на основі рідкокристалічних сумішей на основі похідних ряду гідрокінінів (Н-30, Н-50, Н-51), маючи поглинання 5–7% для довжини хвилі 10,6 мкм придатний для використання в діапазоні потужності від 12 до 30 Вт.

Отже, під час побудови рідкокристалічного модулятора потужного лазерного випромінювання інфра-червоного діапазону необхідно враховувати поглинання випромінювання, використовуючи його для досягнення оптимального температурного режиму роботи рідкокристалічного модулятора, а також необхідно враховувати температурну залежність електрооптичних характеристик.

1. Де Же И. Физические свойства жидкокристаллических веществ – М.: Мир. 1982. – 152 с.
2. Беляков В.А., Сонин А.С. Оптика холестерических жидких кристаллов – М.: Наука, 1982. – 286 с.
3. Капустин А.П. Экспериментальные исследования жидких кристаллов. – М.: Наука. 1978. – 368 с.
4. Пат. 29677А Україна, МКІ G 02 F 1/13. Спосіб виготовлення модуляторів ІЧ-випромінювання / Микитюк З.М., Сушинський О.Є., Нуцковський М.С., Вернікова Л.М. (Україна). – № 96103771; Заявл. 01.10.1996; Опубл. 15.11.2000; Промислова власність. Офіційний бюл. 2000, № 6. – С. 11.
5. Mikityuk Z., Semenova J., Sushinsky O., Nutskovsky M. Liquid crystal modulator of laser radiation for high-power lasers of infrared range of spectrum // Molecular Crystal & Liquid Crystal. – 1998. – Vol. 1123. – P. 1 – 5.

