

[1] Voronin V., Maryamova I., Zaganyach Y. Et.al. Sensors and Actusators, V.30A, 1992, N1-2, p.27-33.

[2] Заганяч Ю.Й., Мар'ямова І.Й., Лавитська О.М. та ін. 1 Міжнар. конф. "Конструкційні та функціональні матеріали", Львів, вересень 1993. Львів, 1993, с.203-204.

[3] Lavitska E. In: 5th NEXUSPAN Workshop on Thermal Aspects in Microsystem Technology, Budapest, Hungary, 6-8 May 1998, pp.115-120.

[4] Zappe S., Obermeier E., Muller H. et.al. In: Transducers '99 - 10th International Conference on Solid-State Sensors & Actuators, Sendai, Japan, June 7-10 Digest of Technical Papers, 1999, pp. 346 – 349.

УДК 621.317; 681.327

Злобін Г.Г., Карбовник І.Д., Андрієвський Б.В., 2000

Львівський національний університет ім. Івана Франка, кафедри радіфізики, експериментальної фізики

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ОПТИЧНИХ ТА ЕЛЕКТРИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ СЕГНЕТОЕЛЕКТРИЧНИХ КРИСТАЛІВ

© Злобін Г.Г., Карбовник І.Д., Андрієвський Б.В., 2000

Виготовлено електронний блок спряження фотоприймача, термопари та персонального IBM-сумісного комп'ютера і досліджено його експлуатаційні характеристики на прикладі прецизійних вимірювань температурної залежності інтерференційної оптичної різниці ходу $\delta D/D(T)$ сегнетоелектричного кристала тригліцинсульфату (ТГС) в області 20 - 75 °С. З'ясовано, що температурна залежність $\delta D/D(T)$ в області 40-50°С сегнетоелектричної фази кристала може бути задовільно описана лише з урахуванням квадратичного члена. На підставі цього стверджується, що відповідні коефіцієнти спонтанної електрострикції та квадратичного електрооптичного ефекту залежать від температури.

The electronic part for the photodetector and thermocouple connection with IBM compatible computer has been fabricated and it's functional parameters have been studied for the instance of a precise mesurement of the temperature dependence of interference optical path difference $\delta D/D(T)$ for the ferroelectric triglicine sulphate crystal (TGS) in the range of 20-75 °C. It is found that the temperature dependences of $\delta D/D(T)$ in the range of ferroelectric phase 40-50°C of the crystal can be described satisfactorily taking into account a quadratic term only. This means that the corresponding coefficients of spontaneous electrostriction and quadratic electrooptic effect are dependent on temperature.

Вступ

Одним з напрямів дослідження фазових переходів другого роду у кристалах є аналіз температурних залежностей фізичних характеристик в області температури Кюрі T_c , їх

апроксимація відомими з теоретичних моделей співвідношеннями (наприклад, розкладом в ряд за параметром порядку) та визначення відразу декількох (2-3) параметрів відповідних моделей (наприклад, коефіцієнтів відповідного розкладу) [1]. Такий аналіз потребує прецизійних, значного інформаційного обсягу експериментальних даних, отримання яких безумовно пов'язано із автоматизацією досліджень. Для отримання інформації про температурну поведінку валентної електронної підсистеми кристала при фазовому переході часто застосовують вимірювання відповідних залежностей оптичної різниці ходу променів $D(T)$ в тому чи іншому інтерференційному експерименті.

У зв'язку з тим одним з основних завдань була розробка електронного блока спряження установки для прецизійних вимірювань температурних залежностей коефіцієнта дзеркального інтерферометричного відбивання світла від досліджуваної плоскопаралельної пластинки кристала та її оптичного пропускання з ІВМ-подібною ПЕОМ.

Об'єктом дослідження був сегнетоелектричний кристал тригліцинсульфату (ТГС), $(\text{CH}_2\text{NH}_2\text{COOH})_3\cdot\text{H}_2\text{SO}_4$, оптико-фізичні властивості якого вже досліджували, зокрема в області температури фазового переходу $T_c = 49^\circ\text{C}$ [2], однак без використання комп'ютерного збору даних, із застосуванням якого очікувалось підвищення точності вимірювань та одержання нової інформації про особливості цього фазового переходу.

Методика досліджень

Для дослідження оптичних та електричних властивостей сегнетоелектричних кристалів розроблена автоматизована система, яку можна зобразити блок-схемою (рис.1).

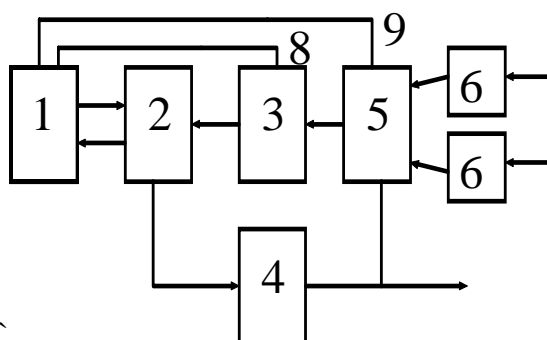


Рис. 1. Блок-схема універсальної системи автоматизованих вимірювань: 1 – ЕОМ; 2 – інтерфейс вводу-виводу; 3 – АЦП; 4 – ЦАП; 5 – аналоговий комутатор; 6 – блоки попередньої обробки; 7,8 – керуючі сигнали

Ядром вимірювальної системи є 16-розрядний аналого-цифровий перетворювач з послідовним виходом та максимальною частотою вибірки 100 кГц. Перетворювач ввімкнено в однополярному режимі, діапазон вхідних напруг становить 10В.

На вхід АЦП надходить сигнал з восьмиходового вхідного комутатора. Послідовний код з виходу АЦП перетворюється в паралельний за допомогою регістрів зсуву та подається на два здвоєні чотириканальні мультиплексори, адресні входи яких під'єднані до шини керування інтерфейсу 'Centronix', а виходи – до його шини стану (з відповідним буферуванням). Цикл зчитування результатів АЦ-перетворення відбувається в чотири такти – після адресації на виходи мультиплексорів, а отже, на шину стану інтерфейсу 'Centronix' надходять чотири біти 16-розрядного коду, які запам'ятовуються в ЕОМ, далі адреса змінюється, зчитуються старші чотири біти, аж доки не буде отримано всі біти вихідного коду АЦП. Подальше перетворення зібраних даних для відтворення інформації про сигнал на

вході системи здійснюється програмно.

На шині даних 'Centronix' з використанням мікросхеми K580BB55 реалізовано блок цифрового виводу, що служить для керування 12-розрядним цифроаналоговим перетворювачем, а також для формування сигналів тактування АЦП та адресації входів системи. Система повністю гальванічно розв'язана з ПЕОМ завдяки використанню оптронних інтегральних схем [3]. Використання інтерфейсу 'Centronix' в односкерованому режимі та програмне забезпечення для MS-DOS дозволяє спряження пристрою з IBM-подібною ПЕОМ з процесором I80x86, починаючи від I8086, що надає можливість з невеликими витратами побудувати лабораторний комплекс для автоматизованих вимірювань.

В зібраній системі рівень шумів аналого-цифрового перетворювача не перевищує трьох одиниць молодшого розряду, отже, ефективно використовується 14 старших розрядів АЦП. Похибка блока при вимірюванні напруги становить:

$$\delta = \frac{10\text{В}}{2^{14}} \approx 0,6 \text{ мВ},$$

що не перевищує 0,001% від максимальної вхідної напруги.

Для реєстрації оптичного випромінювання використовується фотодіод ФД-7К, як підсилювач фотоструму – операційний підсилювач (ОП) з польовими транзисторами у вхідному каскаді. Крім того, передбачено вимірювання температури за допомогою термопари та ОП з великим коефіцієнтом підсилення.

Результати експерименту

На рис.2 наведено фрагмент температурної залежності відносних змін інтенсивності відбитого світла $(I - I_0)/I_0$ від плоскопаралельної пластинки ТГС завтовшки 5 мм, відполірованої з обох сторін. Спостерігається періодична залежність інтенсивності світла, спричинена температурною зміною оптичної різниці ходу променів, відбитих від двох граней пластинки кристала.

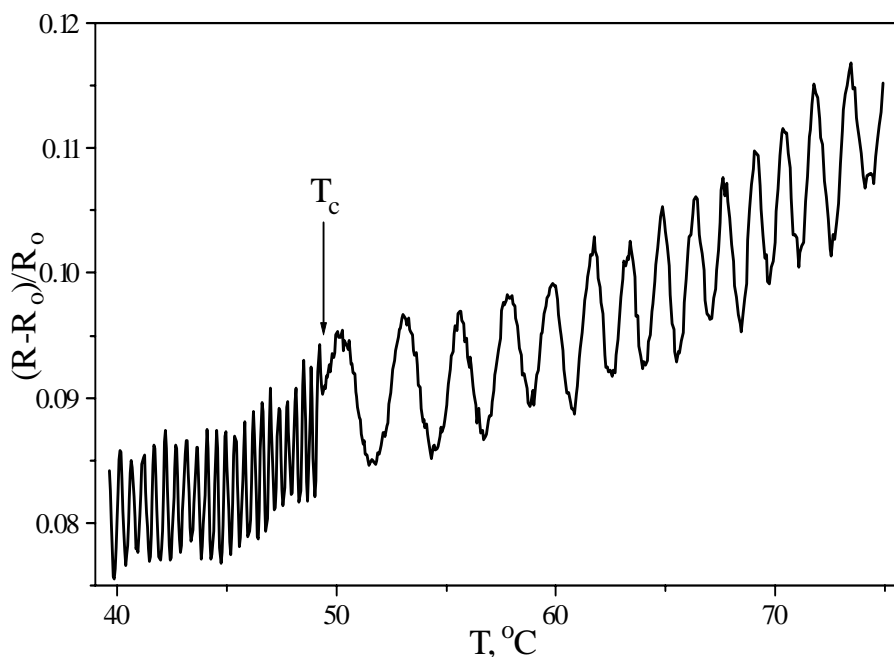


Рис.2. Температурна залежність відносних змін інтенсивності відбитого світла $(I - I_0)/I_0$ від плоскопаралельної пластинки ТГС завтовшки $l = 5\text{мм}$ для поляризації світла вздовж осі XX ($E \parallel X$)

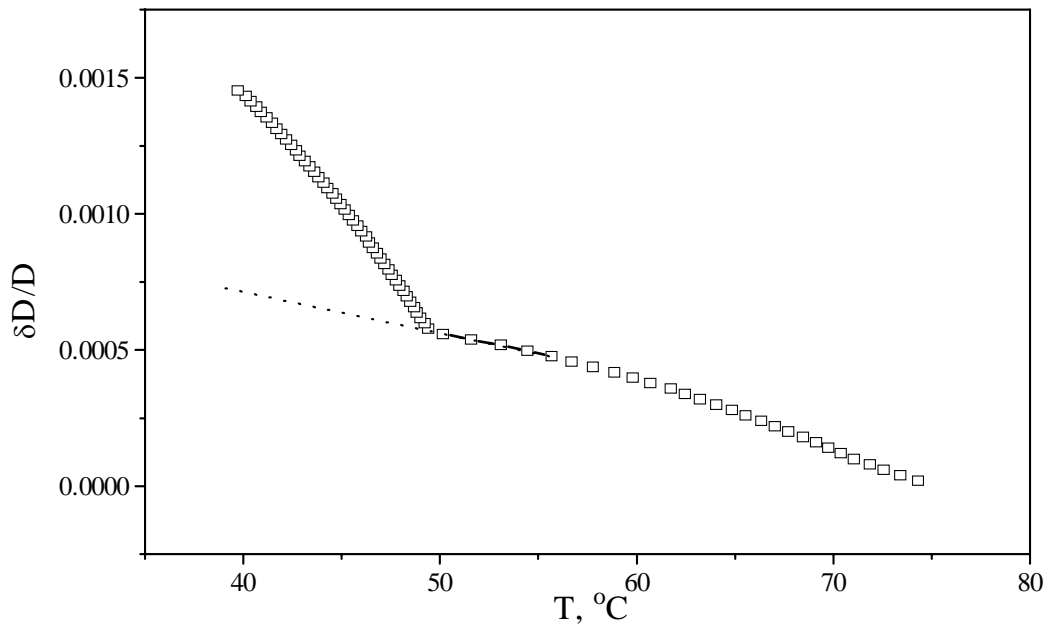


Рис.3. Температурна залежність відносної зміни оптичної різниці ходу $(\delta D/D)_{ZX}$ кристалаТГС, розрахована за даними рис.1

Графік можна поділити на дві температурні області, розмежовані температурою ФП в кристалі $T_c = 49 \text{ }^\circ\text{C}$, з явно відмінними відстанями між сусідніми екстремумами. Врахувавши, що сусіднім екстремумам залежності на рис.2 відповідає оптична різниця ходу $\delta D = \lambda/2 = 316,4 \text{ нм}$, ми побудували графік залежності відносної зміни оптичної різниці ходу $(\delta D/D)_{ZX}$ від температури (рис.3), де D – початкова оптична різниця ходу [4]:

$$D_{ZX} = 2l_Z n_X, \quad (1)$$

тут $l_Z = 5 \text{ мм}$, а $n_X = 1,591$.

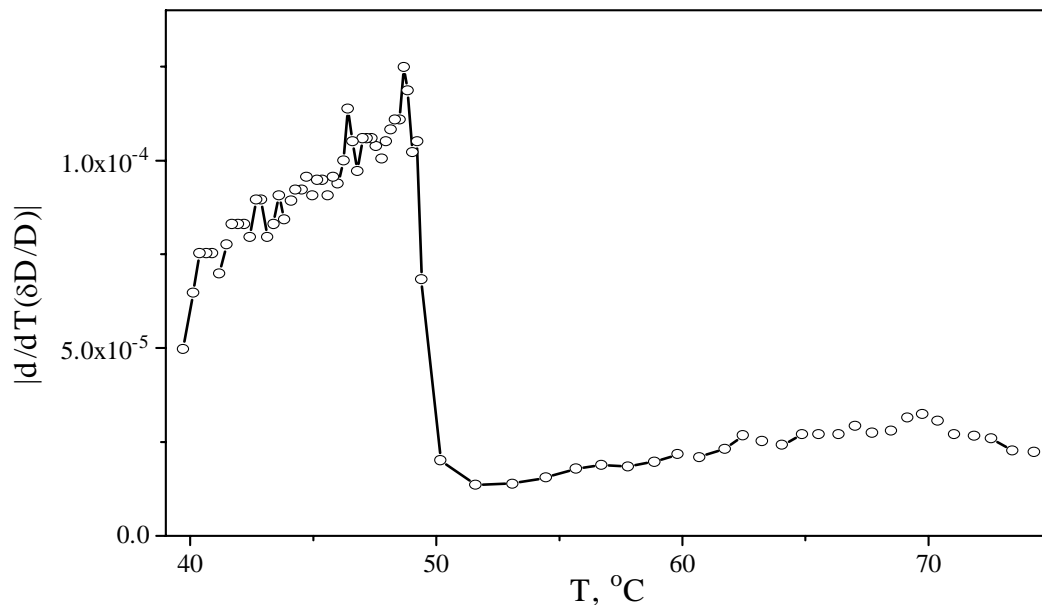


Рис.4. Температурна залежність абсолютної величини похідної $\left| \frac{d}{dT} \left(\frac{\delta D}{D} \right) \right|$, розрахована за даними рис.3

Штрихованою лінією на графіку показано лінійну апроксимацію в сегнетоелектричну фазу за п'ятьма найближчими до температури $T_c = 49$ °С точками параелектричної фази. Видно, що температурі T_c відповідає злам залежності $(\delta D/D)_{zx} = f(T)$.

На підставі даних рис.4 нами розрахована температурна залежність абсолютної величини похідної $d/dT(\delta D/D)$, з якої видно, що при охолодженні зразка ТГС в параелектричній фазі ця похідна досягає мінімального значення перед самим переходом в сегнетоелектричну фазу (рис.4). Найбільша величина цієї температурної похідної характерна для найближчої до T_c області сегнетоелектричної фази (рис. 4).

Як видно з рис.4, температурну залежність похідної $d/dT(\delta D/D)$ в області 40-50°С можна апроксимувати прямою лінією

$$d/dT(\delta D/D) = A + B \cdot (T_c - T), \quad (2)$$

з коефіцієнтами $A \approx 1 \cdot 10^{-4} \text{ K}^{-1}$ та $B \approx 3 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-2}$. Звідси випливає, що температурна залежність $\delta D/D(T)$ в області 40-50°С на рис.3 може бути задовільно описана лише з урахуванням квадратичного члена, пропорційного до величини коефіцієнта B . З попередніх аналогічних досліджень кристала ТГС, без застосування ПЕОМ в експерименті, був отриманий висновок про лінійність залежності $\delta D/D(T)$ в області 40-50°С [2]. Останнє означало незалежність від температури коефіцієнтів спонтанної електрострикції та квадратичного електрооптичного ефекту у цій області температур.

Висновки

1. Розроблено систему автоматизації температурних досліджень оптико-інтерференційних характеристик кристалів на основі 16-розрядного аналого-цифрового перетворювача з послідовним виходом та відповідне програмне забезпечення.

2. Результати досліджень, отримані із застосуванням розробленої системи, свідчать, що температурна залежність оптичної різниці ходу $\delta D/D(T)$ в області 40-50°С кристала ТГС може бути задовільно описана лише з урахуванням квадратичного члена. На підставі цього можна стверджувати про залежність від температури відповідних коефіцієнтів спонтанної електрострикції та квадратичного електрооптичного ефекту.

[1] R. Cach. Dielectric non-linear properties of some real ferroelectric crystals. Wroclaw, Wydawnictwo Uniwersytetu Wroclawskiego, 1992.

[2] Романюк Н.А., Костецкий А.М., Виблый И.Ф. // Укр. фіз. журн.1976. Т.21. 2. С.207-209.

[3] Креминь В.Т. // Приборы и техника эксперимента. 1998. 1. С.78-81. 4. Andriyevsky V. V., Romanyuk M. O. // Proceedings of SPIE. 1995. 2648. P.251.