

УДК 681.325.5

ISSN 1729-4428

І.М. Раренко, Г.І. Воробець, О.І. Воробець, С.Л. Воропаєва,
Є.Д. Громко, Є.М. Косенков

Контролер керування температурними режимами вирощування напівпровідникових плівок на базі IBM PC

*Чернівецький національний університет ім. Ю. Федьковича, фізичний факультет,
вул. Коцюбинського 2, Чернівці 58012, Україна, e-mail: rt-dpt@chnu.cv.ua*

Запропоновано систему електронного контролю і керування температурним режимом технологічного процесу напівпровідникового виробництва з використанням прецизійного регулятора температури ВРТ-3 та найпростішого IBM сумісного комп'ютера. Гнучкість регулювання і забезпечення довільного закону зміни температурного режиму реалізується виключно на програмному рівні з урахуванням наявних в окремих зонах температурних градієнтів та інерційності теплових процесів.

Ключові слова: система електронного контролю, вирощування плівок.

Стаття постуила до редакції 19.05.2003; прийнята до друку 30.08.2004.

Основною технологічною проблемою при вирощуванні напівпровідникових плівок і кристалів складних напівпровідникових сполук типу $A^{II}B^{IV}$, $A^{III}B^V$, твердих розчинів $Hg_xCd_{1-x}Te$ є проблема контролю і оперативного керування температурним режимом технологічного процесу. Експериментальні дослідження тонкопліткових структур на основі сполук $CdTe$, $HgMnTe$, $CdZnTe$ показують значну залежність їх структурної досконалості [1] та електричних характеристик [2,3] як від температури підкладки, так і від температури нарощуваного матеріалу.

Використовувані на даний час у напівпровідниковому виробництві серійні високопрецизійні програмовані регулятори типу "РИФ" характеризуються досить низькою надійністю, обмеженістю програмованих функціональних режимів і відсутністю можливості накопичення та математичної обробки технологічної інформації. Ці ж недоліки стосуються промислових високоточних регуляторів типу "ВРТ". Однак останні значно надійніші в експлуатації, володіють високою захищеністю від потужних зовнішніх електромагнітних завад і забезпечують регулювання температурних режимів у діапазоні до 1600 °С. Тому метою даної роботи була розробка гнучкої електронної системи автоматичного контролю і керування на базі регулятора температури ВРТ-3 та найпростішого IBM сумісного комп'ютера.

У базовому пристрої використано принцип регулювання, який полягає в порівнянні контрольованого вхідного сигналу з термопари $U_{вх}$ із сигналом задавача температурного режиму U_3 , та

наступним генеруванням вихідного керуючого сигналу $U_{вих}$ для силової частини системи. Це дозволило виконати принципову електричну схему базового вузла контролера (рис. 1) у вигляді трьох функціональних блоків – генератора задаючого сигналу (ГС), вимірювача температури (ВТ) в зоні регулювання технологічного процесу та інтерфейсної частини (ІЧ). Останній блок забезпечує комутацію генератора та вимірювача з комп'ютером через паралельний LPT порт. ІЧ складається з дешифратора, буферних регістрів і шинного формувача. Дешифратор, виконаний на інтегральних схемах (ІС) K555ИД7 (DD1) і K1533TM8 (DD4), призначений для розділення потоків інформаційних і керуючих сигналів між комп'ютером і контролером. При певних кодових комбінаціях на входах 1-2-3 ІС DD1 ініціалізується ГС або ВТ, і згідно вихідних керуючих сигналів з DD4, дозволяється проходження кодових посилок із шини даних LPT порта через буферні регістри DD2, DD3 (K1533TM9) на вхід ГС, чи через шинний формувач DD6 (K1533АП6) на ВТ. Таким чином, схемотехнічною особливістю даної розробки є використання шини даних LPT порта (J1) для керування системою, та інформаційної шини для запису даних в комп'ютер [4].

ГС виконано на основі ІС дванадцятирозрядного цифроаналогового перетворювача (ЦАП) КР572ПА2 (DD5). Використання дванадцятирозрядного двійкового коду з 4096-ма інформаційними бітами для формування задаючого сигналу максимальної амплітуди $U_3 = 20$ мВ може забезпечити дискретність U_3 на рівні 5 мкВ. Це відповідає точності регулювання температури на рівні 1 градуса при

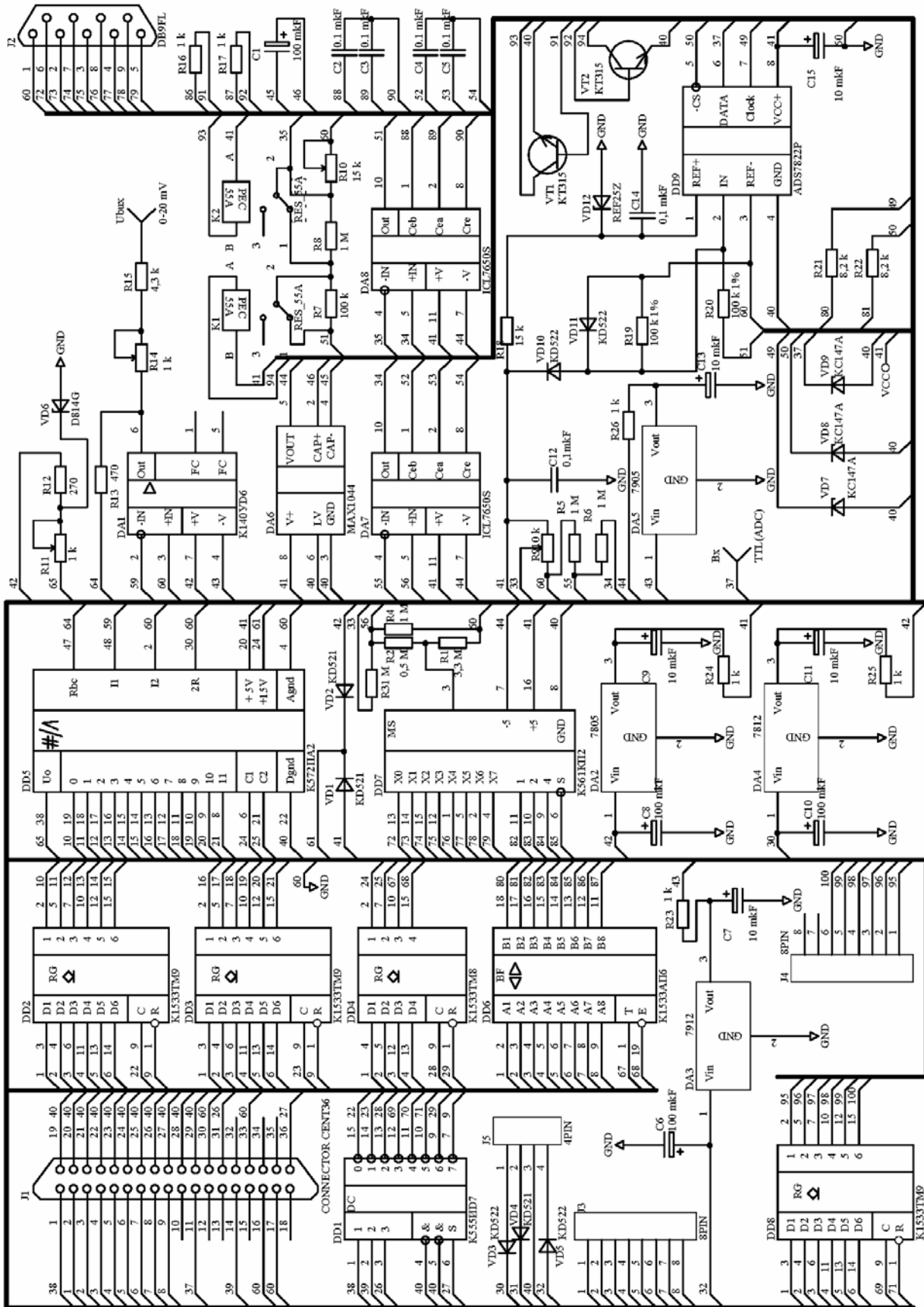


Рис. 1. Принципова електрична схема контролера температурних режимів вирощування тонких напівпровідникових плівок і кристалів.

застосуванні платина-платинородієвих термопар. При цьому точність регулювання пропорційно зростає із зменшенням діапазону регульованих температур.

Наявність двох вхідних регістрів у ІС КР572ПА2 дозволяє записати вхідний двійковий код в ЦАП за два тактові інтервали, використовуючи в кожному такті шість біт шини даних D0-D8 LPT порту. Проходження сигналів двійкового коду і його дешифрація у певну величину аналогової напруги на виході визначається імпульсами стробування на входах C_1 , C_2 мікросхеми DD5. Рівень вихідного сигналу додатково калібрується потенціометром R14 вихідного дільника напруги R14 – R15, який узгоджений із вхідним колом ВРТ-3. Це дозволяє в режимі автоматичного регулювання підключити контролер до ВРТ без будь-якої модернізації останнього.

ВТ виконаного на основі аналого-цифрового перетворювача (АЦП) ADS7822 (DD9) та комутатора вхідних вимірюваних сигналів K651КП2 (DD7). Один з восьми досліджуваних сигналів (J2) через DD7 і підсилювач, розроблений на ІС ICL7650 (DA7, DA8), надходить до АЦП DD9. Після перетворення аналогової величини вимірної напруги у двійковий код, одержана кодова послідовність по-бітно вводиться в комп'ютер за дванадцять тактових інтервалів через контакт 11 LPT порту.

Передбачені в схемі буферний регістр DD8

(K1533TM9) і комутаційні з'єднання J3, J4 забезпечують можливість функціонального розширення базового вузла. Для повної автоматизації регулювання температурних режимів до базового вузла вмикається плата комутаційних ключів, яка виконує функції дискретних перемикачів сигналів, і забезпечує вибір закону та діапазону автоматичного регулювання ВРТ-3 при виході системи на заданий температурний режим.

Програмне забезпечення для керування роботою контролера, може бути реалізовано на мовах Basic, Pascal, Delphi і визначається тільки рівнем використовуваного в системі ІВМ сумісного комп'ютера. Звичайно, що при керуванні часовими інтервалами температурних режимів технологічного процесу, наприклад заданні часу виходу системи на заданий режим, необхідно враховувати швидкісні параметри комп'ютера, або розробляти універсальні програми керування.

Використання програмного інтерфейсу на мові Delphi (рис. 2) дозволяє запускати програму у багатівіконному режимі, здійснювати оперативний контроль технологічних параметрів, записувати файли даних і проводити їх обробку з допомогою доступного математичного програмного забезпечення.

Для високорецизійного регулювання температурних режимів розробляються багаторівневі циклічні програми, в яких враховується інерційність

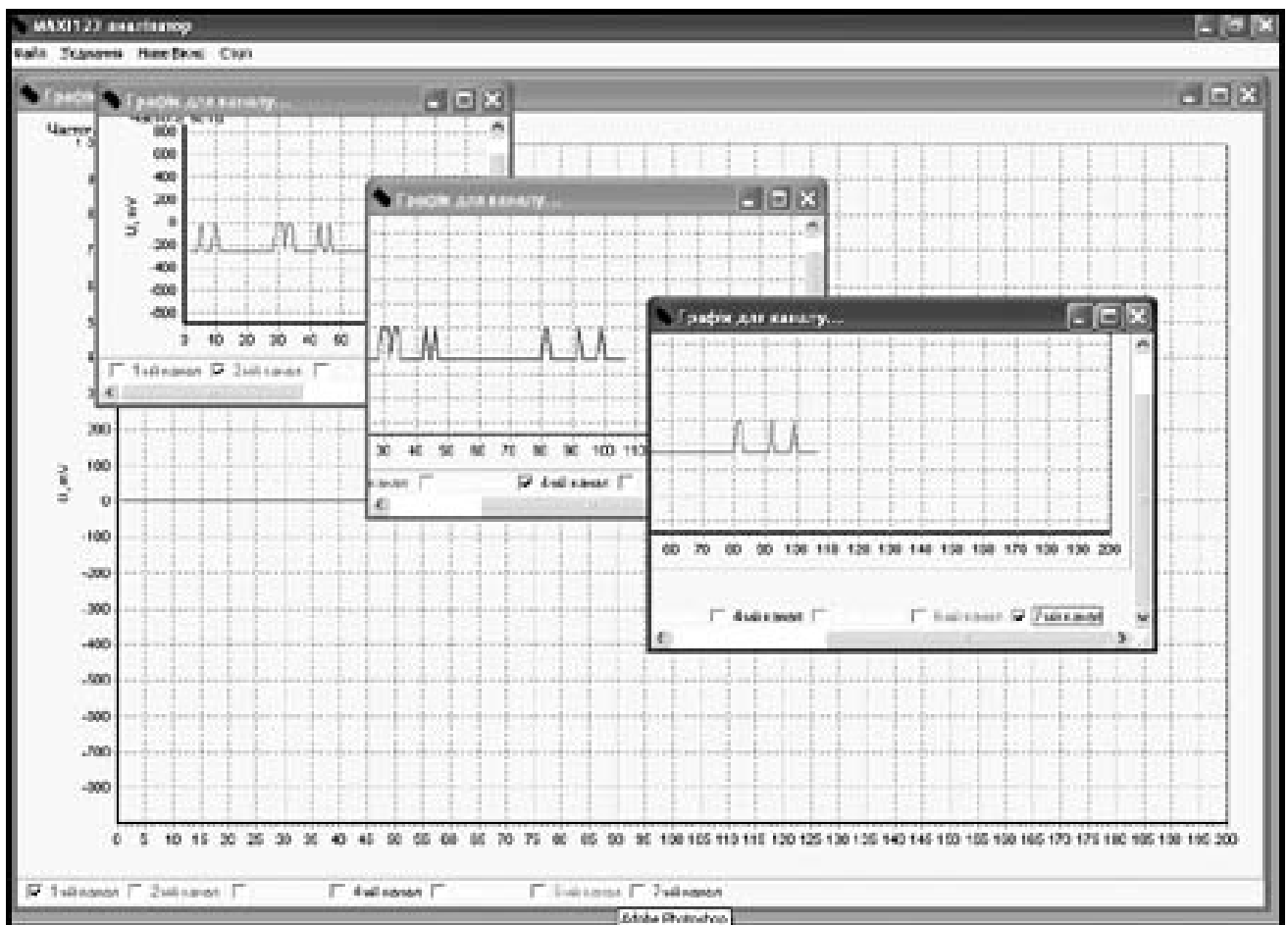


Рис. 2. Зразок вікна програмного інтерфейсу на мові DELPHI для контролера температурних режимів.

теплових процесів, наявність градієнтів температури в робочій зоні, проводиться аналіз динаміки теплових полів.

Живлення контролера може здійснюватись як від базового джерела живлення використовуваного комп'ютера, так і від окремого двополярного джерела стабільної напруги ± 12 В через з'єднання J5.

Функціональна завершеність та модульна конструкція системи дозволяє вмикати її до промислового пристрою практично без будь-якої реконструкції останнього. З комп'ютером система комутується через зовнішній кабель паралельного інтерфейсу Centronics.

- [1] L. Chang, K. Ploog. *Molecular Beam Epitaxy and Heterostructures*. Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht (1985).
- [2] Л.А. Косяченко, И.М. Раренко, З.И. Захарук и др. Электрические свойства поверхностно-барьерных диодов на основе CdZnTe // *ФТП*, **37**, 238 (2003).
- [3] Л.А. Косяченко, А.В. Марков, С.Э. Остапов, И.М. Раренко. Генерационно-рекомбинационные и диффузионные токи в n^+ -р-переходах HgMnTe // *ФТП*, **35**, 1326 (2001).
- [4] Ю.В. Новиков, О.А. Калашников, С.Э. Гуляев. *Разработка устройств сопряжения для персонального компьютера типа IBM PC*. ЭКОМ, Москва (1997).

I.M. Rarenko, G.I. Vorobets, O.I. Vorobets, S.L. Voropaeva, E.D. Gromko, E.M. Kosenkov

The Controller for Management of Temperature Conditions of Semiconductor Films Preparation on the Basis IBM PC

*Yu. Fed'kovych Chernivtsy National University, Physical faculty,
2, Kotsjubynskyi Str., Chernivtsi 58012, Ukraine, E-mail: rt-dpt@chnu.cv.ua*

The system of electronic monitoring and management of a temperature condition of technological process in semiconductor manufacture with use of a precision temperature controller VRT-3 and elementary IBM of the compatible digital computer is offered. The flexibility of regulation and security of the arbitrary law of change of a temperature condition is implemented extremely at a program level in view of temperature lapse rates, available in separate bands, and inertance of thermal processes.