

Управление Технологическими Режимами Выращивания Полупроводниковых Слоев в Квазизамкнутом Объеме

Э. А. Сенокосов, А. А. Жданов, В. И. Чукита

Приднестровский государственный университет имени Т.Г. Шевченко
г. Тирасполь, Приднестровская Молдавская Республика.
Gmail: zhdanov.aleksandr94@gmail.com

Abstract – A device has been developed that allows to automatically control the technological process of growing semiconductor layers and to obtain layers with controlled physical parameters.

Index Terms - the technological process, semiconductor layers, physical parameters.

I. ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время идет этап активного развития и освоения технологий производства микроэлектронных и нанозлектронных приборов. Современное производство требует перестройки технологического процесса под реалии современности. В частности, процесс получения чистых и кристаллически-совершенных полупроводниковых слоёв в квазизамкнутом объёме (КО) во многом зависит от степени совершенства технологического процесса. В использованной нами технологии КО графитовый контейнер, с помощью которого осуществляется выращивание слоёв, оснащён блоками испарителя и подложки с вольфрамовыми нагревателями. Контроль технологических температур испарителя и подложки производится измерительным механизмом магнитоэлектрической системы в сочетании с датчиками температуры. В ручном режиме, нагрев испарителя и подложки, а также управление их температурой выполняется с помощью лабораторного автотрансформатора. Установка и поддержание заданного технологического режима в полной мере зависит от квалификации технолога. Для выхода на режим испарения полупроводникового материала, технолог вынужден многократно выполнять манипуляции, связанные с субъективной коррекцией технологических температур. Кроме того, инерционность и нестабильность температуры нагревателей, не позволяет поддерживать

устойчивый режим технологического процесса выращивания полупроводниковых слоёв, что существенно сказывается на структурном совершенстве и их физических параметрах.

II. ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Для оптимизации и совершенства технологического процесса разработано устройство стабилизации, управления и контроля технологических режимов выращивания полупроводниковых слоёв в квазизамкнутом объёме. Учитывая, что температуры выращивания полупроводниковых слоёв изменяются в пределах (500 ÷ 800) °С выбрана термопара К-типа (хромель-алюмель) с чувствительностью 41 мВ/°С [1]. Прием и преобразование аналогового сигнала от термопары в последовательный цифровой код осуществляется с помощью специализированной микросхемы MAX6675 имеющей встроенную схему автоматической компенсации температуры холодного спая.

На рисунке представлена структурная схема устройства управления технологическими режимами выращивания полупроводниковых слоёв. Видно, что основным элементом устройства является микроконтроллер ATmega 16PU. Его основной функцией является генерация ШИМ (Широтно-Импульсная Модуляция), приём сигнала (данных) от 12-разрядного аналогово-цифрового преобразователя с дальнейшим отображением на ЖК-дисплее и передача данных на компьютер при помощи протокола RS-232 (UART) [2]. Эти данные сохраняются в определённый документ, анализируются и позволяют строить графики температурных режимов. Микроконтроллер обрабатывает сигналы согласно алгоритму его программы, затем включает исполнительную часть, которая содержит в себе два канала оптической развязки [3], отвечающие за управление нагревательными элементами. Важную роль в работе устройства играет ШИМ [4]. Он управляет

мощностью, подводимой к нагрузке путём изменения скважности импульсов, при постоянной частоте. Усреднённое значение напряжения ШИМ управляет работой оптрона. Когда оптрон открыт, сигнал от него подаётся на базу транзистора, что позволяет ему открыться и включить нагревательные приборы. Программное обеспечение для устройства написано на языке C в среде разработки Atmel Studio 7. Разработанная программа задействует последовательный интерфейс SPI и ШИМ микроконтроллера [2]. Программа, занесённая в контроллер, содержит в себе несколько значений скважности ШИМ или другими словами несколько температурных режимов. Переключение между режимами осуществляется при помощи тактовых кнопок. При включении одного из выбранных режимов, устанавливается соответствующая скважность на обоих каналах ШИМ, причём на одном из них она должна быть выше, поскольку один из нагревательных приборов, должен иметь значительно большую температуру. К примеру, если выбрать первый режим, температура подложки будет равной 590° C, а температура нагревателя 690° C. Разработанное устройство обеспечивает работу четырёх технологических режимов. Количество режимов зависят от разрядности ШИМ, напряжения открытия оптрона и напряжения открытия транзистора. Для оптической развязки низковольтной части схемы по постоянному току от высоковольтной по переменному току выбран оптрон марки CNY65.

Текущее значение температур нагревателей отслеживается на индикаторном устройстве LCD 1602. Контроллер обрабатывает данные и отправляет их на ЖК-дисплей по четырёхбитной шине. На дисплее отображается информация о текущих значениях температур и номер выбранного режима.

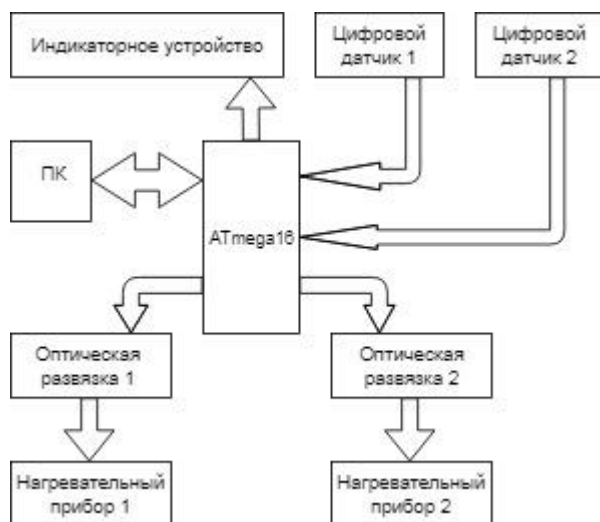


Рис.1 Структурная схема устройства управления технологическими режимами..

III. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате применения разработанного устройства решены техникотехнологические задачи:

- Стабилизированы режимы работы нагревательных элементов;
- Уменьшено инерционное время выхода на режим напыления;
- Возможность автоматического управления технологическими режимами напыления;
- Последовательность установления рабочих температур испарителя и подложки;
- Контроль и регистрация технологических режимов выращивания эпитаксиальных слоев;
- Хранить и обрабатывать технологические результаты.

Решенные задачи позволяют управлять технологическим процессом выращивания полупроводниковых слоев и обеспечивают рост совершенных по структуре эпитаксиальных полупроводниковых слоев с контролируемыми физическими параметрами.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] ГОСТ Р. 8.585-2001 ГСИ. Термомпары. Номинальные статические характеристики преобразования.
- [2] Хофман М. Микроконтроллеры для начинающих: Пер. с нем. – СПб.: БХВ-Петербург, 2010. – 304 с.: ил. + CD-ROM – (Электроника).
- [3] Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники: Пер. с англ. – Изд. 2-е. – М.:Издательство БИНОМ. – 2014. – 704 с.
- [4] Евстифеев А. В. Микроконтроллеры AVR семейства Mega. Руководство пользователя. – М.: Издательский дом «Додэка-XXI», 2007. – 592с.