



АСУТП наращивания эпитаксиальных структур кадмий-ртуть-теллур

*Рябиков В.М., Соловьев А.И., фирма "НТА",
г. Светловодск*

Полупроводниковые материалы группы $Cd_xHg_{1-x}Te$ и $Cd_{1-x}Zn_xTe$ получили широкое применение в производстве фотоприемников ИК-излучения, приборов ночного видения и детекторов ионизирующих излучений. Такие устройства широко применяются в медицине, атомной энергетике и оборонной промышленности.

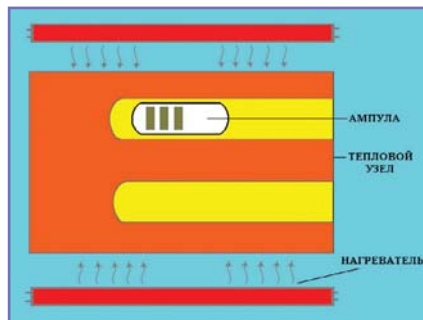
Существующие промышленные установки получения эпитаксиальных слоев кадмий-ртуть-теллур (КРТ) на подложках кадмий - цинк - теллур (КЦТ) реализуют процесс квазистационарного роста из жидкой фазы определённого состава. В этом случае состав кристаллизующей твердой фазы в каждый момент времени зависит и от температуры и от скорости её изменения. Установка для эпитаксиального наращивания представляет собой массивный тепловой узел, обеспечивающий высокую однородность температуры в пределах помещаемой в него кварцевой ампулы. Ампула содержит подложки КЦТ и слиток шихты, т.е. твёрдый раствор кадмий-ртуть-теллур определённого состава.



Для контроля температуры в тепловой узел вводится платиновая термопара (типа ПР), позволяющая измерять температуру в ампуле с точностью 0,1°C.

Для обеспечения значительных скоростей снижения температуры в

качестве нагревателей необходимо использовать малоинерционные излучающие лампы. Естественно, для эффективного и быстрого управления ими нужна регулирующая терморара, установленная вне теплового узла вблизи его поверхности. Температура внутри теплового узла отлична от температуры вблизи нагревателей. Разница в температуре зависит от многих факторов и, прежде всего, от геометрических. А кроме того, эта разница меняется от процесса к процессу.



Технологический процесс жидкофазного наращивания слоев состоит из 10 - 15 участков: разогрев для плавления шихты, ее гомогенизация, снижение температуры до определенного значения, заливка подложек расплавленной шихтой и многоступенчатое снижение температуры. Таким образом, к системе управления предъявляются высокие требования по точности измерения (погрешность не должна превышать 0,2 °C) и стабильности поддержания температуры. На изотермических участках технологической программы среднеквадратичное отклонение не должно превышать 0,1 °C, при этом отклонение от заданной температуры не должно превышать 0,2 °C.

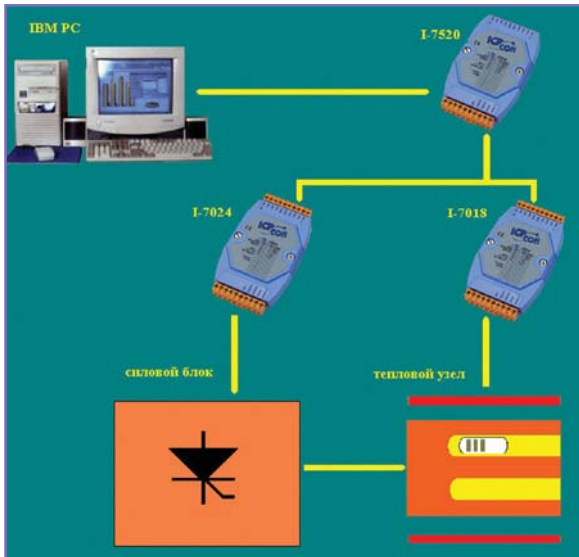
Система автоматического регулирования температуры должна быть двухконтурной, обеспечивать высокую точность измерения температуры по крайней мере двух термопар, высокую стабильность на изотермических участках программы и высокие

скорости изменения температуры. Используемые в существующих промышленных установках аналоговые регуляторы температуры типа "P-133" не позволяют организовать программное управление. Микропроцессорные регуляторы типа "ПРОТЕРМ-100" и некоторые другие обеспечивают неплохую стабильность и скорость изменения температуры, но погрешность измерения температуры оставляет желать много лучшего. Вот почему успех при каждом технологическом процессе во многом определяется мастерством и интуицией плавильщика.

В установке-прототипе "Э15И59" применяются два аналоговых регулятора температуры, электронный программник и регистратор-самописец. Такая установка была хороша пятнадцать лет тому, а сегодня она не удовлетворяет возросшим требованиям технологов, так как не позволяет совершенствовать технологию, гибко изменять параметры процесса, вести архив, и к тому же характеризуется низкой надежностью. Время свое берет, ничего не поделаешь.

Нашими российскими партнерами было предложено внедрить компьютеризированную систему управления, с применением современных технических и программных средств. Разработка проекта и программного обеспечения заняла один месяц, а пусконаладочные работы и испытания новой системы были выполнены всего за 4 рабочих дня. Столь короткие сроки разработки проекта и ввода АСУТП в эксплуатацию объясняются выбором в качестве технических средств модулей сбора данных для промышленных распределенных систем управления серии i-7000 (ICP_DAS, Тайвань). Ориентир на семейство i-7000 не случаен. Имеется большой и положительный опыт работы с этими модулями в ряде успешно реализованных авторами проектах.

В текущем проекте потребовалось только три "голубеньких коро-



бочки" - 8-канальный аналого-цифровой преобразователь для термодпар (модуль i-7018), 4-канальный цифро-аналоговый преобразователь (модуль i-7024) и конвертор интерфейса RS-232 в интерфейс RS-485 (модуль i-7520). Гальваническая развязка

частности Delphi. Последнее и обусловило выбор среды разработки прикладного программного обеспечения Borland Delphi 6. Разработка и отладка программ была выполнена быстро.

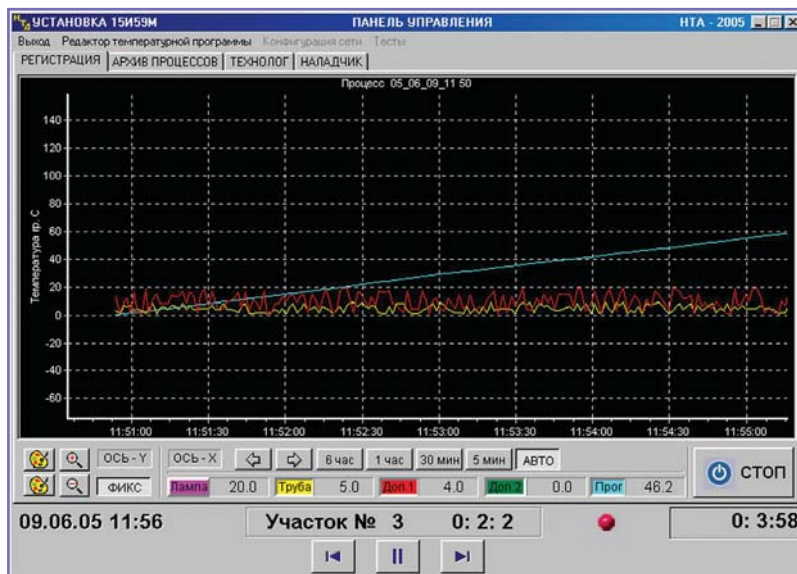
Что же было получено в итоге. Система обеспечивает высокую точность регулирования температуры и устойчивость к помехам благодаря работе программы в реальном времени и реализации так называемого алгоритма ПИД-закона в прираще-
ниях с фильтрацией входного сигнала. Первый контур ПИД-регулятора поддерживает заданную температуру (SP) вблизи нагревателей - ламп. Для второго контура переменной процесса (PV) является температура внутри тепловой трубы, а выход второго кон-

тура подается на вход первого контура в качестве коррекции к заданию (SP). Так как тепловая труба прогревается внутри с большим опозданием, то второй контур регулирования включается в автоматический режим не сразу, а с определенной задержкой.

Программа по температуре имеет 10 линейных участков. Ее можно редактировать либо в графическом режиме с помощью манипулятора "мышь", либо вводя значения температуры и времени для каждой узловой точки с клавиатуры. Различные варианты температурной программы сохраняются на диске и загружаются с него.

Испытания новой системы управления подтвердили, что новый подход к управлению процессами наращивания эпитаксиальных структур для фотоприемников ИК-диапазона позволил достичь следующего уровня качества выпускаемой продукции. Реальная точность поддержания температуры составила $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$ и система предоставила технологу целый ряд новых возможностей:

- режим "пауза" при выполнении программы технологического процесса;
- переходы к началу или концу текущего линейного участка программы;
- индивидуальное задание скорости регистрации температур для каждого участка;
- возможность регистрации дополнительных каналов температур;
- ведение архива процессов и многое, многое другое.



входных/выходных цепей модулей, а также гальваноразвязка интерфейсного канала от компьютера, позволили избежать многих проблем, связанных с влиянием помех и наводок. А работоспособность модулей в диапазоне температур от -10°C до $+70^{\circ}\text{C}$ гарантирует, что система будет функционировать в плохо отапливаемых в зимнее время наших производственных помещений.

Программная поддержка модулей серии i-7000 содержит библиотеки для работы как в специализированных средах программирования, например LabVIEW, так и с использованием языков общего назначения, в

КОНТАКТЫ:

т. (05236)-31764
e-mail: sy@vicard.net