

分子束外延设备的微机控制系统

刘培铭 周玉美 曾石安 马久燕

(中国科学院物理研究所)

分子束外延设备是发展分子束外延技术的大型仪器。它用于生长新型的薄膜材料,以研究新材料、新器件、新效应。国产分子束外延设备经过几年的努力,已达到较高水平,但是要提高其性能,特别是为生长超晶格材料,计算机的控制是不可缺少的。我们为国产的分子束外延设备研制了第一台微机控制系统。

微机控制系统解决了分子束外延设备最重要的两个部分的控制功能:八个加热炉的炉温控制和五个加热炉快门的开、关控制。此处采用APPLE-II微机作为主控机。系统框图如图1所示。

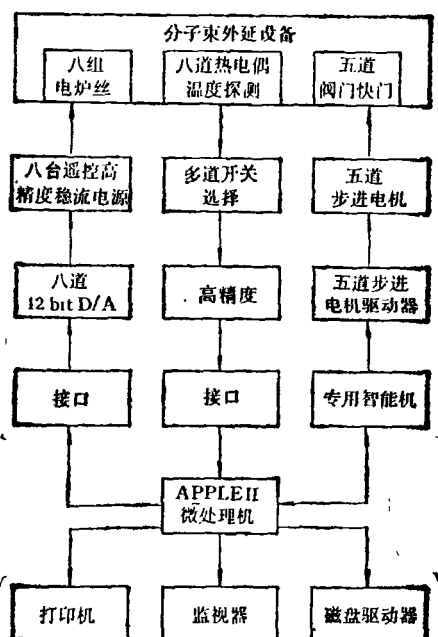


图1 分子束外延设备微机控制系统

一、基本设计思想及技术指标

1. 温度的控制

对温度的控制,实质上是对加热电源(恒流源)输出

电流的控制。恒流源输出电流的大小,可以通过对恒流源的遥控来实现。微机通过接口控制八道12位的D/A转换器,使之输出所需要的模拟电压。以此电压作为遥控恒流源的遥控电压,分别控制八台PD35-20D高精度恒流源。D/A的输出范围为0—5V,这恰好控制恒流源输出电流从0A到10A。

加热炉控温是以八个加热炉中的八道热电偶测温为根据。我们用八个触点电阻很小的、带有屏蔽外壳的干簧继电器,通过译码电路,组成八选一开关,接到一台带IEEE-488接口的7150数字多用表,对八道热电偶进行巡回检测。温度测量值与设定值比较后,由程序控制加热炉电源的输出电流,以调整炉子到所需要的温度值。整个测温系统的测量精度为1μV,控温精度为±0.5℃

采用D/A对恒流源的遥控,使得电流输出的变化非常灵活。一条指令可使之从零跳到最大输出;或反之,不需经过中间过程。这就为分子束外延设备加热源温度的快速变化和灵活控制提供了条件。

2. 挡板(快门)的控制

用程序控制步进电机的正转和反转,经过联动轴带动加热炉快门的转动,使之打开或关闭。分子束外延设备上有五个加热炉快门需要控制,为此我们用了五个步进电机,快门的开与关可在0.1s内完成。各个快门可分别动作,也可两个或三个快门同时动作,同步时间为0.01s。五个快门积累动作的次数为2000次,可工作十小时或更长时间,累积误差不超过0.5%。这就使得几十层到几百层超晶格材料的生长可得到准确的控制。

3. 专用智能机

计算机对八个加热炉的温度不但要按照所设定的时间控制其上升、下降或稳定在某值不动,而且对一些炉子还要控制其温度按某些函数关系随时间变化。此外,计算机还要对五个快门进行频繁、复杂和准时的控制。为了很好地完成这两方面的任务,我们设计了主、副机,除了用APPLE-II作为主机外,设计了一个专用

二、应用软件

我们为分子束外延设备的微机控制系统配备了全部应用软件。软件以模块结构组成，采用人机对话方式进行操作。整个系统由六个程序模块组成。

1. “主菜单”模块

该模块是整个软件的引导程序。打开计算机，程序自动进入该模块，并显示出包括其它五个模块的“菜单”。用户可任意选择所需模块。程序运行完毕，自动回到“主菜单”。

2. “手动”模块

此模块用于调试材料生长时参数最佳值的选择或者手动材料的生长。选择手动模块后，各种功能键的“菜单”显示在屏幕上，包括快门开关、炉温显示和炉温控制。用户接上功能键，系统执行其对应功能，并将测试结果和时间打印出来。

3. “制作加热炉热偶数据表”模块

为了迅速准确地控制炉温，用户需对每一个炉子制一个热偶-电流数据表，并将其存在磁盘里，以备实验过程中调用。

4. 四个应用程序模块

这四个模块是：场效应晶体管材料生长模块、二维电子气材料生长模块、超晶格材料生长模块和势垒飞越晶体管材料生长模块等四种不同材料整个生长过程的控制程序。

用户通过人机对话方式选择材料的类型，输入各种控制参数，并将生长过程中各炉的温度变化及当时的时间不断打印出来，以得到材料生长过程中的完整实验记录。

除了这些常用的生长材料的程序外，程序稍加改动，就可满足用户的特殊要求。

该系统已成功地使用在国产 III 型分子束外延设备上，并于 1986 年 10 月 18 日通过中国科学院院级鉴定。此系统先后制备了纯度 GaAs、调制掺杂 GaAs/AlGaAs 二维电子气材料，由微机控制生长的 GaAs/AlGaAs 多量子阱结构已达到较高水平：层厚的涨落在单原子层以内，4.2 K 光荧光激子峰谱宽为 3.2 meV。

本工作得到了周均铭、黄绮和杨忠兴等同志的帮助，并进行了有益讨论，在此表示感谢。

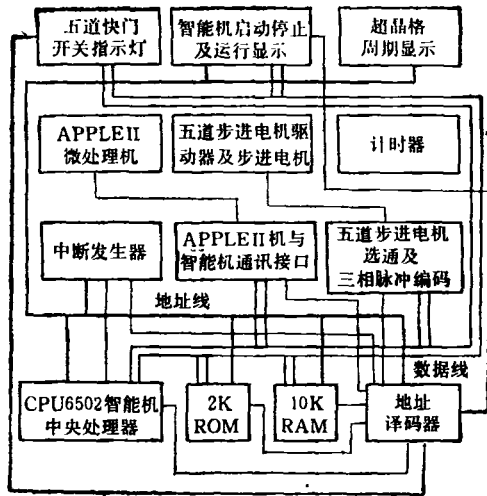


图 2 专用智能机原理图

智能机作为副机。

图 2 是副机原理图。它包括：(1) 中央处理器、存储器、地址译码器及中断发生器；(2) 与主计算机 APPLE-II 的通讯接口；(3) 五道步进电机驱动器及其选通，三相脉冲编码、指示灯，工作时间叠集时钟和超晶格层数数码显示。

副机的 CPU 也选用 6502，这简化了两机之间程序和数据的传输。2K 字节的只读存储器由管理程序、主程序和中断子程序组成。8K 字节的读写存储器存放各个快门每次动作的相对延迟时间和相应的快门编码。地址译码器共生成 15 根设备选通线，分别选通 8K RAM，2K ROM，中断发生器，与主机通讯，选通五个快门和指示灯等。

副机的主要功能是控制步进电机，从而控制快门动作。为保证严格的时间关系，我们采用了石英晶体振荡器作时钟，经过分频后即成 2Hz 标准时钟，便于材料生长过程中以“秒”记时，这是人们习惯用的单位。

副机的设计思想是近几年国际高技术领域中大型仪器智能化的一个重要设计思想。一个主计算机加上若干个辅助计算机，这些辅助计算机又有机地与仪器融为一体。这样的系统能简捷、快速地解决问题，并将必要的结果通知主机，这就简化软件设计，提高了运行可靠性。