

DOI: 10.11830/ISSN.1000-5013.201709007



MOCVD 原位监测系统的设计与实现

徐龙权^{1,2}, 许冬², 刘新卫², 方颂²

(1. 南昌大学 国家硅基 LED 工程技术研究中心, 江西 南昌 330047;

2. 南昌大学 信息工程学院, 江西 南昌 330031)

摘要: 设计以 TSMF32028335 和 AD7656 为核心的数据采集与处理系统, 采用以太网芯片 W5300 实现开发板与上位机的 TCP/IP 通信. 作为监控端的上位机, 采用通过 Delphi 开发的集数据处理、存储、显示与监控于一体的平台, 且具有良好的人机交互界面. 应用于自主研发的金属有机化合物化学气相沉积(MOCVD)设备, 测试结果表明: 该设计具有采集数据准确、通信快速稳定、人机界面友好、程序运行流畅的特点, 完全符合工程控制要求.

关键词: 原位监测; TSM320F28335; 金属有机化合物化学气相沉积; 数据采集; 数据处理; 人机界面

中图分类号: TP 393.1

文献标志码: A

文章编号: 1000-5013(2018)02-0210-04

Design and Implementation of MOCVD In Situ Monitoring System

XU Longquan^{1,2}, XU Dong², LIU Xinwei², FANG Song²

(1. National Institute for LED on Silicon Substrate, Nanchang University, Nanchang 330047, China;

2. School of Information Engineering, Nanchang University, Nanchang 330031, China)

Abstract: A data acquisition and processing system based on TSMF32028335 and AD7656 is designed in this paper, and the TCP/IP communication between the development board and the host computer is completed by using the Ethernet chip W5300. In upper computer, a platform based on Delphi for data processing, storage, display and monitoring is programmed, which has friendly man-machine interface. With testing on metal organic chemical vapor deposition (MOCVD) equipment, the results show that this design meets the requirements for engineering control, and the design has the characteristics of accurate data acquisition, fast and stable communication, friendly man-machine interface and smooth running of the program.

Keywords: *in situ* monitoring; TSM320F28335; metal organic chemical vapor deposition; data acquisition; data processing; human-computer interface

金属有机化合物化学气相沉积(MOCVD)是目前使用最广泛的制备半导体薄膜材料的外延技术. MOCVD 设备结构复杂, 其反应腔设计及环境监测一直是研究的重点之一, 设备研发的先进技术大多掌握在国外人手中. 德国 LayTec 与艾思强合作把监测仪产品应用于生产工艺各异的 MOCVD 设备上, 并成功研制出首个具有测温、测外延片薄膜沉积厚度、弯曲度三功能一体的 EpiCurve[®]TT 原位监测仪^[1-2]. 基于此, 本文研制拥有自主知识产权的 MOCVD 设备, 并设计相应的原位监测系统.

收稿日期: 2017-09-10

通信作者: 徐龙权(1971-), 男, 研究员, 主要从事 MOCVD 装备与外延工艺的联合研发及计算机仿真的研究. E-mail: xulongquan@ncu.edu.cn.

基金项目: 国家高技术研究发展计划(2012AA041002, 2015AA03A102); 江西省重点研发计划(20171ACE50029); 江西省科技厅重大科技专项(20114ABF06102)

1 硬件的设计

1.1 硬件结构

硬件设计采取以数字信号处理器 TSM320F28335 为核心的信号采集处理模块,其组成主要包括电源模块、信号采集模块、通信模块等,如图 1 所示.由图 1 可知:在线监测仪表将采集到的模拟信号经过调理电路的放大和滤波处理后,传输给 A/D 模块,数字信号处理器将处理打包后的数据经过以太网发送至上位机,解码并实时显示于监控界面上.

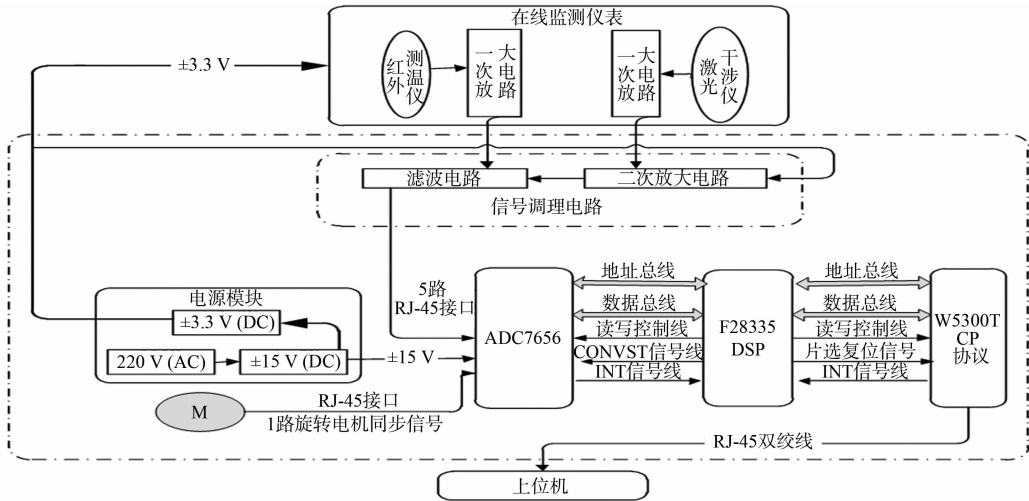


图 1 系统硬件结构

Fig. 1 System hardware structure

TMS320F28335 芯片作为采集系统的核心,工作频率可达到 150 MHz,芯片拥有直接内存存取 (DMA) 模块、丰富的中断资源、内部存储容量大等优势,具有强大的数字信号处理功能^[3]. 硬件的设计采用了排针与排母将主芯片模块、数据采集和以太网模块三者叠加,不仅实现了模块间控制逻辑的相互关联和数据的交换,减小了印制电路板 (PCB) 所占面积,而且便于异常模块的替换,实现共同供电电路的简化,具有结构简洁、稳固的特点.

1.2 数据采集模块

原位监测信号包含 4 路红外测温信号、1 路激光干涉信号和同步信号,用于测定反应温度、膜厚和外延片位置重要参量.由于温度、膜厚等参数直接影响材料生长的质量,所以要求对模拟信号进行高精度转换^[4]. 模块采用拥有 6 通道 16 位逐次逼近性的 A/D 芯片 AD7656,±10 V 模拟输入模式,并行传输方式,可以达到精度要求,而且有功耗低,转换速度快的优势.

模拟信号的输入缓冲器采用运放芯片 OP2177,并串入 1 kΩ 的保护电阻;采用输入和模拟的间隔排列,避免输入信号间的干扰. DSP 芯片的外部总线访问速度为 37.5 MHz,保证 AD7656 的采样带宽, PWM 输出控制 AD7656 的采集的频率. 采用无需 CPU 干预的外部总线到内部 RAM 的 DMA 中断方式,使数据从外部总线 ZONE6 区域并行传输至内部存储器,减缓了 CPU 的负荷. 通过 TSM320F28335 的 GPIO 口控制 AD7656 板上的光耦芯片,保证控制电源先上电,模拟部分后上电的顺序.

1.3 通信模块

由于数据采集的高精度、高频率和大的数据流量,且要求实时稳定的传输,所以设计 STM320F28335 作为主控芯片,对以太网协议栈芯片 W5300 的寄存器读写及功能的配置实现了上位机与 DSP 间的不间断 TCP 通信,具有结构简单、实时性高、稳定性高的特点^[5-6].

2 软件的设计

2.1 下位机软件

软件开发基于 TI 公司 CCS (code composer studio) 的开发平台. 程序设计主要包括系统初始化,外部接口的配置,数据处理等. 外部接口的配置主要涉及对 A/D 采集的控制, DMA 中断服务程序,以太

网 W5300 的 SOCKET 传输连接的配置.

下位机工作流程,如图 2 所示. 首先,对 TSM320F28335 的 PLL、看门狗、外设时钟、PIE 向量表等进行初始化配置;然后,对外设 AD7656, W5300 进行初始化,并使能全局中断. 若以太网连接成功,启动 AD 采集与转换,并通过外部中断触发 DMA 传输采集数据至 DSP 的 RAM 中;若连接失败,则重新尝试 TCP 服务器与客户端的握手. 数据写入内存后,DSP 主要通过平均中值滤波法和非扭结边界算法进行数据处理^[7-12].

2.2 上位机软件

基于 Delphi XE7 编程软件开发上位机监测软件. Delphi 是 Windows 平台下,基于窗体和面向对象的程序开发工具,提供了外部控件的接入接口,具有高效的编译器,支持数据库以及完备的组件功能^[13]. 上位机软件主要包括通信模块、数据库连接、数据处理和可视化界面等.

TCP 通信使用 INDY 组件中的 TCPClient 控件,可直接配置其 IP,Port 等参数,建立信道的连接. 基于每次工艺流程获得的数据量数,FireBird 的运行性能不足以支撑这样的数据量, MSSQL 数据库在用户权限更替上的缺陷则使机器的平稳运行存在安全隐患,因而,最终选取 ACCESS 数据库^[14]. 对采集的数据使用游程编码(RLE)算法压缩,并创建动态的数据表存储. 动态数据表的建立和删除可以将不同数据分门别类地进行储存,有利于数据查询,已处理的原始数据或无用数据表的及时清理也可以有效节省内存空间. RLE 算法是基于固定位长算法演化的,可在压缩时加上特定的控制字,用于识别以避免解码误差^[15].

3 调试结果

原位监测系统应用于自主研发的 64 片外延设备上,经过调试,系统运行稳定可靠. 原位监测系统测试时的实际运行界面,如图 3 所示. 图 3 中:界面左上侧显示双波长红外比色测温的实时数据曲线;界面左下侧显示激光干涉膜厚的实时曲线. 由图 3 可知:登录权限为管理员,数据库及以太网连接正常,伺服电机提供稳定同步信号,红外测温设备,激光干涉仪及原位监测系统硬件部分运行稳定. 若出现错误,相应背景色会由绿色会变为红色. 软件工具栏可以进行参数校准、打开历史文件、用户权限切换等操作,底部显示软件运行时间与同步转速.

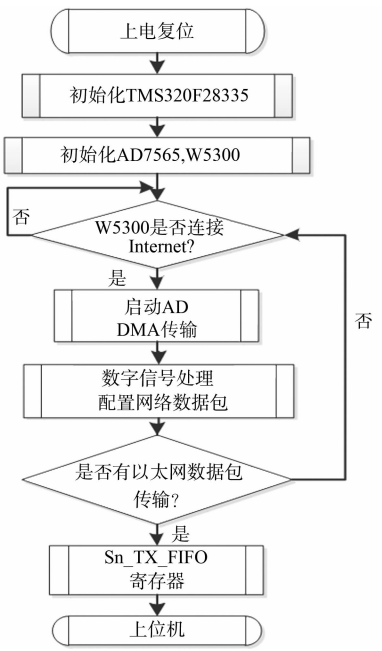


图 2 DSP 程序流程图

Fig. 2 Flow chart of DSP program

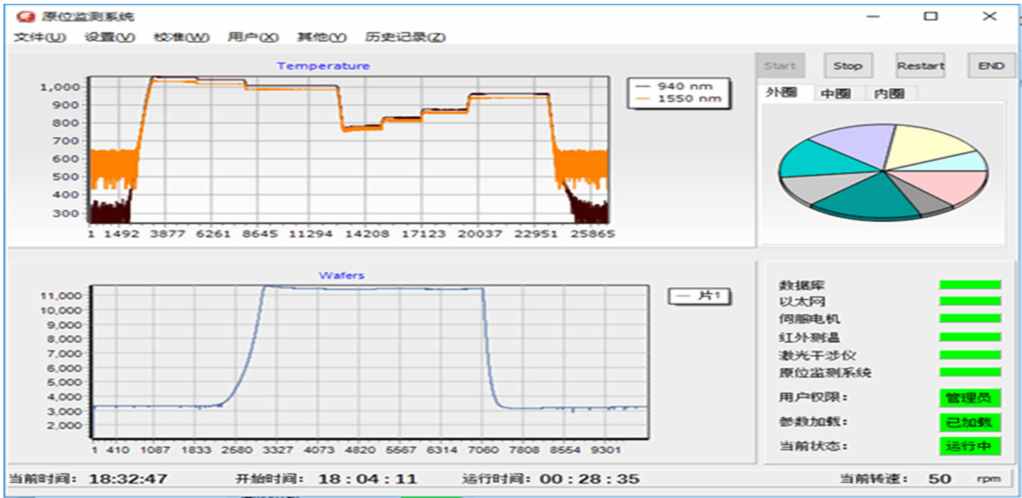


图 3 实时监控界面

Fig. 3 Real-time monitoring interface

在测试过程中,数据传输高速且稳定.对比历史记录可知,红外监测信号及膜厚信号数据准确度较高.工艺完成后,数据储存和压缩过程正常.工艺生产数据库大小为77 MB,经数据压缩后,大小为28 MB,压缩比为63.6%,可以有效地节约内存空间.

4 结束语

设计了以TSM320F28335为核心的数据采集处理系统,配合上位机开发的软件,搭建了完整的监测系统平台,解决了数据采集与以太网通信的配置问题,实现了数据库的搭建与数据实时分析处理,成功地开发了一套完备的MOCVD原位监测系统.该系统具有实时采集并绘制数据曲线、监测主要仪表状态功能、支持历史记录的调用比对和针对不同场合的参数校准等功能.软件登录能够限制不同级别用户的操作权限,避免了误操作的产生.原位监测系统稳定性高、实时性强、且具有良好的人机交互和完备的功能,能够胜任现有MOCVD设备监测需求.与国内外其他原位监测系统相比,文中系统具有更大的成本优势.

参考文献:

- [1] 王宏伟.生产型MOCVD电气控制系统的研发[D].南昌:南昌大学,2013.
- [2] BELOUSOV M,VOLF B,RAMER J C,*et al.* *In situ* metrology advances in MOCVD growth of GaN-based materials [J]. *Journal of Crystal Growth*,2004,272(1/2/3/4):94-99. DOI:10.1016/j.jcrysgro.2004.08.080.
- [3] 谭威,罗仁泽,高文刚,等.基于TMS320F28335的DSP最小系统设计[J]. *工业控制计算机*,2012,25(4):98-99. DOI:10.3969/j.issn.1001-182X.2012.04.047.
- [4] 李伟.MOCVD的在线膜厚监测系统的设计与实现[D].武汉:武汉理工大学,2012.
- [5] 吴昊,严胜刚,薛双喜.基于W5300的以太网数据传输系统的设计与实现[J]. *电子设计工程*,2012,20(9):92-94,98. DOI:10.3969/j.issn.1674-6236.2012.09.033.
- [6] 赵秋颖,席磊磊,周琦钧,等.基于W5300的嵌入式网络管理控制系统设计[J]. *计算机测量与控制*,2015,23(6):1976-1978,1982. DOI:10.16526/j.cnki.11-4762/tp.2015.06.040.
- [7] 高阳,潘宏侠,吴升,等.基于DSP的电力设备远程监测分析系统[J]. *电力自动化设备*,2010,30(1):127-131. DOI:10.3969/j.issn.1006-6047.2010.01.028.
- [8] 徐彪,朱健铭,蒋朝阳,等.通用型工业级数据采集和监控系统设计[J]. *计算机测量与控制*,2014,22(10):3192-3195,3198. DOI:10.3969/j.issn.1671-4598.2014.10.035.
- [9] 刘岩俊.基于DSP的嵌入式温度测量系统设计与实现[J]. *国外电子测量技术*,2014,33(1):78-81. DOI:10.3969/j.issn.1002-8978.2014.01.026.
- [10] 马青.高速数据采集信号调理电路的研究[D].哈尔滨:哈尔滨理工大学,2009.
- [11] 孙元敏.基于DSP的数据采集处理系统的设计与实现[D].济南:山东大学,2008.
- [12] 赵天驰.基于DSP的振动信号采集及处理模块研制[D].哈尔滨:哈尔滨工业大学,2016.
- [13] 欧海英,张为华,赵经成,等.设计优化可视化研究综述[J]. *系统仿真学报*,2008(20):5431-5437.
- [14] 何娣,马慧斌,韩凯旋.基于Delphi与Access的人力资源信息管理系统设计[J]. *现代电子技术*,2012,35(12):56-58. DOI:10.3969/j.issn.1004-373X.2012.12.019.
- [15] 宋秉玺.高效无损压缩算法的研究与实现[D].西安:西安电子科技大学,2014.

(责任编辑:黄晓楠 英文审校:刘源岗)