

# 激光封装 MEMS 芯片控制系统中的 VC+ + 串口通信技术

陈一梅, 黄元庆

(厦门大学机电工程系, 福建厦门 361005)

**摘要:** 介绍一种基于串口通信, 激光封装 MEMS 芯片的远程控制应用方案。该方案是采用 VC+ + 编程实现串口通信 (SPC), 用于控制激光微焊接中激光能源的开关、门信号的开关、PWM 百分比和 PWM 频率。实验表明该方案实际可行, 结果满足实际的需要。

**关键词:** 串口通信; 激光焊接; MEMS 封装

中图分类号: TP273, TG456.7

文献标识码: A

文章编号: 0253-2743(2006)04-0076-02

## Visual C+ + serial port communication technology in the control system of MEMS chip laser packaging

CHEN Yi-mei, HUANG Yuan-qing

(Department of Mechanical and Electrical Engineering, Xiamen University, Xiamen 361005, China)

**Abstract:** Based on serial port communication, a sort of long-distance control applications of MEMS packaging by laser was introduced. Serial port communication was achieved by adopting VC+ + program, which was used in controlling power's "on/off", gate signal's "on/off", PWM (Pulse Width Modulation) percentage and PWM frequency. The experimental results indicated that the design is practical and can satisfy the practical needs.

**Key words:** serial port communication; laser sealing; MEMS packaging

## 1 引言

MEMS 在产业化道路上已经发展了 20 多年, MEMS 芯片已经相当成熟, 但是很多芯片由于没解决封装问题而得不到实际应用。早期的封装技术大多数是借用半导体集成 IC 领域中的封装工艺。但在 MEMS 产品中, 由于各自的使用范围和环境的不同, 导致封装也没有统一的形式, 应根据具体情况选择适当的封装。同时, 在 MEMS 产品的制造过程中, 封装只能单个进行而不能大批量同时生产, 因此封装在 MEMS 产品的总费用中占据 50% ~ 90%, 封装技术已成为 MEMS 生产中的瓶颈<sup>[1,2,3]</sup>。

目前 MEMS 的封装技术主要有晶片级封装、单芯片封装 (包括金属封装、陶瓷封装、多薄膜封装和塑料封装)、多芯片封装、模块式封装和倒装焊技术等<sup>[4]</sup>。而 MEMS 封装的手段有滴胶贴片、热压、超声键合封装等现行生产线主流工艺, 以及激光封装<sup>[5]</sup>。

激光工艺与微电子技术的结合, 导致微电子技术出现新的发展。例如: 激光镀膜、激光氧化、激光扩散、掺杂、激光光刻、激光刻蚀、激光清洗、激光钻孔、激光切割、激光焊接等工艺已经在集成电路工艺中得到成功的应用。从而形成基于激光的微电子工艺体系和基于激光的 MEMS 工艺体系<sup>[5]</sup>。对于激光微加工来说, 通过激光脉冲能量、脉冲重复率和脉冲数量的有效设置和控制, 可实现高速度和高精度的微焊接和微键合。从而为 MEMS 封装生产线提供新的工艺方法, 以克服现有超声和热压等键合工艺的热损伤和残余应力问题。激光技术在 MEMS 封装工艺中具有其他手段不可比拟的优越性: (1) 激光经过透镜聚焦, 在焦点处的功率密度高达  $10^5 \sim 10^{12} \text{ W/cm}^2$ , 温度可达 10000 °C 以上; (2) 由于激光是无接触加工, 在生物芯片封装方面具有绝对的优势, 并且其能量和移动速度均可调; (3) 可焊高熔点的材料和异种金属, 并且不需要添加材料; (4) 激光焊接过程中, 加工速度快, 并且是局部加热, 其热影响区域小; (5) 激光易于导向、聚焦, 实现空间灵活移动<sup>[6,7,8]</sup>。

激光微焊接作为一种 MEMS 封装中的微焊接是非常有效和实用的, 它通过具有较高能量密度的激光束加热被连接部位使之形成激光微焊点。激光束的光斑直径仅有 0.2 mm ~ 0.5 mm, 聚焦后可以更小, 而且激光加热时间只有几百毫秒, 并且仅是小范围局部加热, 所以对 MEMS 芯片热影响极小, 同时这种焊接方法可以使 MEMS 芯片基本上免受静电的影响。

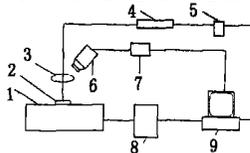
目前国外利用固体 YAG 激光器进行缝焊和点焊, 已有很高的水平。另外, 用激光焊接印刷电路的引出线, 不需要使用焊剂, 并可减少热冲击, 对电路管芯无影响, 从而保证了集成电路管芯的质量。而使用脉冲红宝石激光已成功地将微电子领域的镀线磁存储装置。另外用脉冲 CO<sub>2</sub> 激光器焊接密封了 TO-5 晶体管<sup>[6]</sup>。

在我们课题中提出了应用激光封装 MEMS 芯片, 并在 VC+ + 6.0 环境中编程, 实现 PC 机和激光器能量控制系统的串口通信。

## 2 激光封装 MEMS 芯片实验系统

从上面的实验示意图可以看出该实验有三个主要部分: 1 激光光路及其控制部分; CCD 图像采集及其处理部分; 精密移动平台及其控制部分。本文主要是解决第一部分的激光控制部分中的串口通信部分。

材料加工时的温度状态取决于激光功率密度和光与介质互相作用的时间。当激光功率密度达到  $10^6 \text{ W/cm}^2$  时, 激光可熔化材料, 如实现激光焊接、贴片、键合、封装。由此可见, 只要设置合适的激光工艺参数和精密机械移动平台上即可实现激光贴片、激光引线键合和激光外壳封装或后封装工艺。而激光的功率密度跟 PWM 频率、PWM 百分比参数和 PWM 百分比最大值的设置密切相关。这就需要通过控制这些参数来获得所需的功率密度。而“门”逻辑信号的设置“开/关”可以根据工件封装要求快速开关激光器, 而激光电源的确认“关/开”可以防止突然断电后来电造成的危险。



1. 精密移动平台; 2. MEMS 芯片; 3. 聚焦透镜; 4. 激光器;
5. 激光器的 UC-2000 控制手柄; 6. CCD 摄像机;
7. 图像采集卡; 8. 控制箱; 9. 计算机

图 1 激光封装 MEMS 芯片实验系统示意图

## 3 串口通信对激光器的远程控制

### 3.1 通信和编程环境

在本实验中采用 VC+ + 6.0 编程, 实现计算机与激光器的 UC-2000 控制手柄的串口通信, 用来控制上述的所有参数。

通常, 实现计算机间的通信有两种方法 (1) 利用屏蔽多芯电缆通过串口传输数据, 遵循 RS-232 协议 RS-485 等协议, 但是 RS-232 协议串口通信传输速率较低, 距离较短, 适合于组成点对点的数据通信系统。距离较长时, 也可以采用 RS-485 协议通信, 速度可达几百 Kb/s, 传输距离可以达到几千米; (2) 通过计算机网络传输数据, 如 TCP/IP 等协议。通过 TCP/IP 协议进行通信的速率高, 传输距离远, 但串口通信有设备简单、成本低、编程的难度相对较小的优势<sup>[9,10]</sup>。激光封装 MEMS 芯片的远程控制中, 传输的数据主要是控制指令和 UC-2000 控制手柄返回的状态信号, 数据量较少, 所以选择具有简单实用优点的串口通信。编制 WINDOW 下串口通信程序可以选用的工具非常多, 如 VB、VC+ +、Delphi 等。而 VC+ + 是具有高度综合性能的软件开发工具, 由其开发出的程序具有运行速度快、移植能力强等优点, 并且在图像处理和通信编程两方面都有丰富的 API 函数, 因此采用 VC+ + 编写串口通信程序。

### 3.2 VC+ + 串口通信与激光器的远程控制<sup>[11,12,13]</sup>

串口与激光器的通信模块是采用了一个非常好用的多线程串口编程工具 CSerialPort 类。它和 MgComm 控件相比, 这个类的打包不需要加入其他文件, 而且函数都是开放透明的, 允许我们进行改造。

CSerialPort 类是基于多线程的, 其工作流程: 首先设置好

串口参数,再开启监测工作线程到串口接收到的数据、流控制或其他串口事件后,就以消息方式通知主程序,激发消息处理函数来进行数据处理,这是对接收数据而言的;发送数据可以直接向串口发送。串口通信模块的开发流程如图2所示。

本实验对激光器的控制是通过发送命令到UC-2000的RS-232串口。大多数的遥控指令为单字节的十六进制数据,而PWM百分比命令则是由两字节十六进制数据组成,一个字节的命令和一个字节的数据。在完成一个有效的状态和命令请求时,控制器返回一个单字节AAH作为成功的回应。激光的遥控模式命令、遥控命令、遥控状态命令分别如表1,2,3所示:

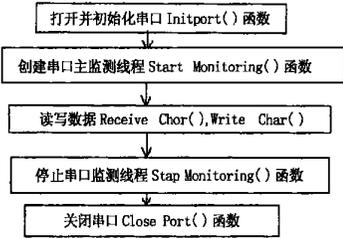


图2 串口通信模块编制流程图  
表1 激光的遥控指令

功能	命令	回应
设置手动模式	70H	AAH
设置ANC模式	71H	AAH
设置ANV模式	72H	AAH
设置手动闭环模式	73H	AAH
设置ANV闭环模式	74H	AAH

表2 激光遥控命令

功能	命令	回应
设置激光使能	75H	AAH
设置激光备用	76H	AAH
设置PWM频率=5K	77H	AAH
设置PWM频率=10K	78H	AAH
设置PWM频率=20K	79H	AAH
设置门上拉	7AH	AAH
设置门下拉	7BH	AAH
设置PWM最大值=95%	7CH	AAH
设置PWM最大值=99%	7DH	AAH
使能激光器上电源	30H	AAH
备用激光器上电源	31H	AAH
设置PWM百分比	7FH+ hex data byte	AAH

表3 遥控状态命令

功能	命令	回应
获取状态命令字 (在任何模式下)	7EH	AAH; Status byte1; Status byte2; PWM byte; Power byte

基于上面分析,根据控制激光系统所需要的参数,对激光系统串口通信时串口的配置为:波特率:9600,数据位:8位,停止位:1位,校验位:NONE,无流控制。编制的程序实现了所有的功能,见面如图3所示。

该界面主要分为三个区:接收区,发送区和状态区。在接收区右侧我们可以对串口参数进行配置,在接收编辑框主要是显示状态命令字,在这里要选“十六进制显示”。而在发送区编辑框可以根据控制不同情况输入表1,2,3中的命令,也可以预先编制命令小文件发送命令小文件。因为在这里命令是十六进制的所以要勾选“十六进制发送”。而命令可以根据需要选择手动和自动发送。状态栏就是显示串口参数、接收和发送的字符数等。

这个串口通信程序主要完成串口消息处理函数。在CSerialPort类中有多个串口事件可以响应,一般只需要处理WM\_COMM\_RXCHAR消息就可以了,该类所有的消息均需要自己添加消息处理函数。首先在对话框的头文件中添加字符接收消息的响应函数声明:afx\_msg long On Communication (WPARAM ch, LPARAM port);然后在对话框实现文件中对WM\_COMM\_RXCHAR消息映射:ON\_MESSAGE(WM\_COMM\_RXCHAR, On Communication),接着在对话框实现文件中加入函

数 On Communication()的实现。接着就是串口的初始化及关闭,在这个程序中有两种打开串口的方法,一是程序启动是自动调用 On Init Dialog() 函数,另外是单击“打开串口按钮”。串口初始化包括初始化串口和启动监测线程两步。

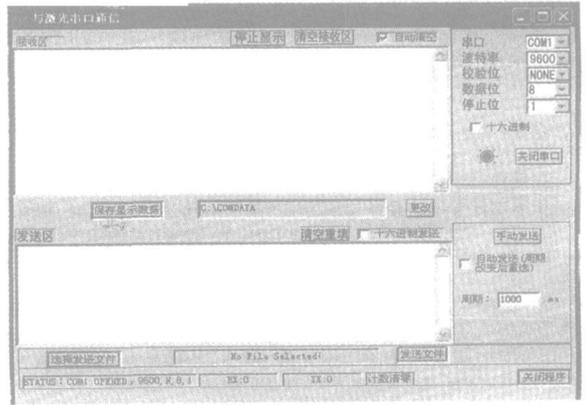


图3 与激光系统串口通信界面

串口数据的发送和接收是串口通信的主要目的。在这个与激光器的通信中,接收和发送的命令字必须是十六进制数据。就十六进制数据发送处理而言,添加了两个成员函数 StrToHex() 和 HexChar(),前者是对后者的调用。StrToHex() 是将一个字符串作为十六进制串转化为一个字符数组。接收的十六进制显示处理在 OnCommunication() 中实现,方法是将数据直接以十六进制打印输出,而且每个字节之间插入一个空格。

程序中除了实现发送和接收数据的主要功能,还有辅助功能,如自动发送、保存接收数据文件、控制命令文件的发送,自动清空接收区和状态栏等功能。

### 4 结论

通过分析激光微焊接的关键取决于激光束的功率密度,影响功率的主要决定因素是 PWM 百分比、PWM 的最大设定值和 PWM 频率,而“门”逻辑信号设置“开/关”可以快速开关激光器,激光电源的确认“关/开”可以防止突然断电后来电造成的危险。控制这些参数有手动模式、ANC 模式、ANY 模式、手动闭环模式、ANV 闭环模式和串口遥控模式。考虑到采用串口通信设备简单、成本低,所以选用串口遥控模式,使用 VC++ 实现串口通信来对激光器进行远程控制。从实际运行情况看,因为在激光封装 MEMS 的控制过程中传输的数据量少,波特率为 9600bps 完全满足要求。

本研究的技术可推广应用于其他加工系统中的控制。

### 参考文献

- [1] Reichl H, Groszer V. Overview and development trends in the field of MEMS packaging [DB/OL]. http://ieeexplore.ieee.org, 2001, 06, 25.
- [2] Rameshan R, Ghaffarian R. Challenges in interconnection and packaging of microelectromechanical systems (MEMS) [DB/OL]. http://ieeexplore.ieee.org, 2000-05-24.
- [3] Hsieh C T, Jyh-Ming Ting, Yang C, et al. The introduction of MEMS packaging technology [DB/OL] http://ieeexplore.ieee.org, 2002-12-06.
- [4] 陈一梅, 黄元庆. MEMS 封装技术[J]. 传感器技术, 2005, 24(3): 7-9.
- [5] 陈志凌, 史铁林等. 准分子激光微制造技术及其应用[J]. 激光与光电子学进展, 2004, 41(2): 47-53.
- [6] B. II. 魏柯, C. M. 麦捷夫著, 吴国安, 邓存照译. 激光工艺与微电子技术(第一版)[M]. 北京: 国防工业出版社, 1997, 7.
- [7] 荣烈润. 激光技术在微电子中的应用[J]. 机电一体化, 2002, (6): 12-15.
- [8] 李祥友, 曾晓燕等. 激光精密加工技术的现状和展望[J]. 激光杂志, 2000, 21(5): 1-3.
- [9] 廖天发, 王国荣等. VC++ 在水下远程控制中的应用[J]. 焊接设备与材料, 2004, 33(1): 7-9.
- [10] 马瑞萍, 罗刚等. 基于 VC++ 语言的 HP34401A 串口远程控制实现[J]. 微机计算机信息, 2004, 20(9): 42-44.
- [11] 吴昌林, 裴新等. 基于出口通信的河流模型水位测量系统的设计和实现[J]. 机床与液压, 2004, (4): 54-56.
- [12] 龚建伟, 雄光明. 串口通信编程实践[M]. 北京, 电子工业出版社, 2004.
- [13] 李现勇. Visual C++ 串口通信技术与工程实践[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2002.