

# 单片机控制的准分子专用组合电磁阀门

梁 勳,游利兵,黄德文

(中国科学院安徽光学精密机械研究所,合肥 230031)

**提要:**介绍了一个用于准分子激光器自动充排气的系统,它由单片机控制的组合电磁阀门构成。文章阐明了系统、机械、电气和软件的结构。在 KrF 准分子激光器上实现了重复精度较好的自动配气。整体结构紧凑、性能稳定,简化了充配气操作,还可以用它实现自动微调激光气体成分,达到延长工作气体寿命的目的。

**关键词:**准分子;控制;配气;PIC

中图分类号:TN248.1

文献标识码:A

文章编号:0253-2743(2010)01-0032-02

## Excimer gas charging system based on microprocessor

LIANG Xu, YOU Li-bing, HUANG De-wen

(Anhui Institute of Optics and Fine Mechanics, Hefei 230031, China)

**Abstract:** A new Excimer Gas Charging System based on a new complex valve and controlled by MCU was introduced, together with the principle of the system, structure of the complex valve and the flow diagram of controlling method. Tested on the 248nm KrF excimer, the auto excimer gas charging with high precision and high repeat precision was realized. Composed of hardware and software, the system was designed simply and reliably and also it could be controlled conveniently. It is the base of the Excimer Controlling System.

**Key words:** excimer; control; gas charging; PIC

准分子激光波长短、单光子能量大,在工业医疗等领域有广泛的应用,且对脉冲能量的稳定性和寿命要求愈来愈高。

准分子激光的工作气体由多种成分组成,有精确的配比要求,且不同波长的激光器配比也不相同。预混合气体成本过高,人工配制不易控制精度。目前国产准分子激光器采用手动阀门组进行充配气,精度和重复性不高,同时,国产的外围仪器设备中也没有类似产品。

本文设计了一种准分子激光器专用充配气系统,由单片机驱动的组合电磁阀门构成,单片机集成了不同波长气体配比,实现程序控制下的工作气体自动配制。系统集成于激光器内部,使用方便可靠,并预留了通讯接口,可在接收 PC 机等上位机的信号后,实现补充少量卤素气体或部分更换工作气体的功能,为实现激光器能量稳定的闭环控制系统提供了条件。

### 1 硬件部分

#### 1.1 系统原理及自动配气过程

系统硬件部分原理框图如图 1 所示,由单片机、驱动电路、组合电磁阀门和气压传感器构成。单片机 PIC16873 实时接收气压传感器输出的气压信号,通过内部集成的 10 位精度 AD 转换器产生数字值,不停的监视激光腔内的气压情况;按键选择所需的准分子激光波长后,单片机就按照内部集成的程序和腔内的气压情况,控制各阀门的通断,实现自动配气。

由于准分子激光工作气体寿命有限,在输出能量下降时,提高工作电压和补充卤素气体均能有效稳定能量输出。因此,系统内部还集成了补卤素气体的功能,可以手动实现,也可以经光纤通讯接口,在外部信号的驱动下,实现换气、补气或者部分换气的功能。

系统的电路原理如图 2 所示。

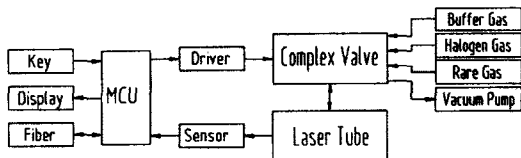


图 1 系统原理图

#### 1.2 组合电磁阀门主要特点

组合电磁阀门结构如图 3 所示,其由 5 个独立电磁阀门

集成在同一基体内构成。

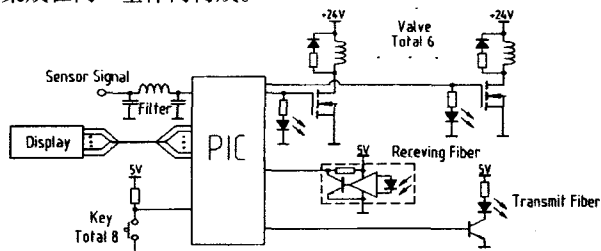


图 2 系统电路原理

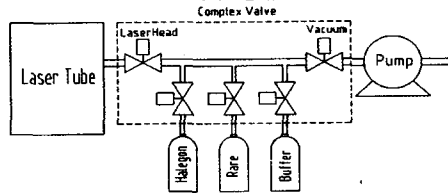


图 3 组合电磁阀门结构示意图

基座采用可抗氟气腐蚀的黄铜加工而成;电磁阀密封垫采用氟橡胶;阀门的最大密封气压为 1MPa,采用 24VDC 驱动,开启电流 500mA,维持电流 250mA。

组合阀门的密封口具有较高的气密性要求,在机械加工成型后需采用电火花加工的方式进行精细加工,如图 7 所示。

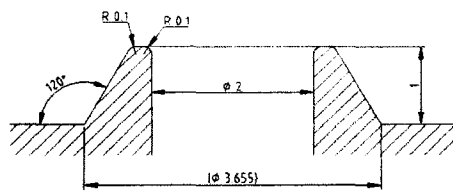


图 4 密封口结构

### 2 软件部分

#### 2.1 软件部分主要特点

①系统可运行于自动模式或手动模式;自动模式下系统按照既定的程序自动完成配气;手动模式下完成如调试等特殊操作。

②系统主程序包括自检程序、光纤信号读取和处理程序、光纤反馈信号程序、按键读取和处理程序、显示处理程序以及延时程序等,并在主程序运行中对控制字进行刷新以防

收稿日期:2009-12-05

作者简介:梁 勳(1982-),男,安徽省合肥市人,博士研究生,主要从事准分子激光器控制系统方面的研究。

止程序出错。

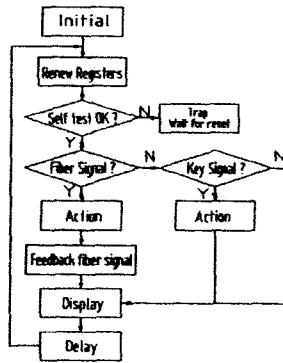


图5 主程序流程

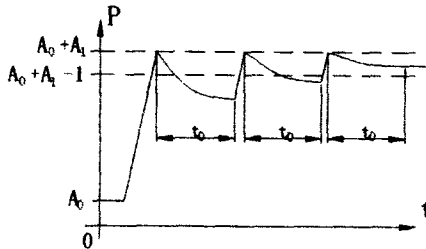


图6 充气过程中的气压波形

③显示程序放在主程序中,但显示内容的刷新放在定时器中断服务程序中,每1秒中断一次,刷新显示内容,主程序中采用动态显示技术每次只显示一位,通过改变显示指针值来实现数码管的轮流驱动和显示。

④为获得稳定可靠的气压信号,硬件上对其电信号进行滤波,软件上对其进行256个采样点取平均值的算法。

⑤对于准分子激光器的强干扰性,硬件上采用光纤通信、电源隔离和屏蔽等手段进行抑制;软件上采用程序模块化、指令冗余、软件陷阱等方式进行抑制。

### 2.2 充气精度控制方法

由于激光腔容量较大,组合阀及其通道存在气阻,充气过程中阀门开关到腔内气压稳定有一延时而导致稳定后的实际气压和充气时的传感器信号会有差异。

本系统气压传感器安装的位置充气时气压较高,稳定时气压略低,为实现较精确的气压控制,采用如下图所示的控制过程:

①充气时,传感器输出信号至单片机 PIC16F873, AD 转化后获得的 10 位数字信号达到程序设定值 X 时,单片机即关闭相应阀门。

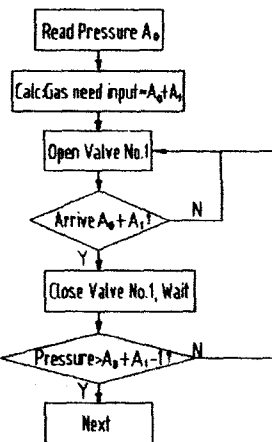


图7 精度的控制方法

②等待一段时间气压稳定后,再次对气压信号进行 AD 转化,此时若数字信号大于 X - 1,则继续下一步配气程序,否则再次打开同一阀门充气,然后重复等待过程。

这种控制方式下,每个充气过程都是以多次充气、多次等待的方式实现的,充气的精度由单片机的 AD 精度决定,如图7所示。

本系统中,传感器输出的 0 至 5VDC 信号对应于 0 至 5000mbar 气压,单片机 PIC16F873 的 AD 精度为 10 位,参考电压为 0V 和 5VDC,所以充气的最大误差为:

$$\Delta_{MAX} = \frac{1}{2^{10}} \times 5000\text{mbar} \approx 5\text{mbar}$$

若需要进一步提高充气精度,只需外接精度更高的 AD 芯片即可实现。如采用 12 位精度的外围 AD 芯片,则:  $\Delta_{max} = \frac{1}{2^{12}} \times 5000\text{mbar} \approx 1.22\text{mbar}$ 。

### 3 实验数据及结果分析

表1 随即取样实验数据

No	Action	Aim	Test1	Test2	Test3	Test4	Test5
		(mbar)	(mbar)	(mbar)	(mbar)	(mbar)	(mbar)
1	Vacuum	30	35	31	34	30	32
2	Buffer Gas	600	600	594	596	594	598
3	Halogen Gas	720	720	715	719	717	722
4	Rare Gas	840	842	838	840	838	843
5	Buffer Gas	2500	2502	2504	2504	2505	2501

将充配气系统安装在 TOL - 10 型 248nmKrF 准分子激光器上进行实验和应用,表1为随机抽取的五次自动配气实验的实验数据。

由实验记录可以看到,对于卤素气体和稀有气体:最大绝对误差 4mbar;对于缓冲气体:最大绝对误差 6mbar。

以上数据显示,该充配气系统已完全可以应用于准分子激光器中。但是目前系统采用的传感器精度 1mbar, AD 转化精度 5mbar,所以目前的配气精度主要受到了 AD 的精度限制,若需要获得更高的精度,只需要外接精度更高的 AD 芯片即可。

目前系统现已达到实用阶段,使用三个月,性能稳定。

### 4 结论

本文设计的基于单片机的准分子激光器充配气系统,在实际应用中取得了良好的效果,性能稳定,有效的简化了准分子激光器的充配气过程 and 提高了充配气的精度,为实现准分子激光器自动闭环控制系统奠定了基础。

### 参考文献

- [1] ZHANG Yu - liang, GEN Hui, FANG Xiao - dong. Application of the ROGOWSKI coil in the excimer laser using magnetic pulsed compressor (MPC)[J]. Laser Journal, 2008, 29(4): 16 - 17.
- [2] YE Zhen - huan, LOU Qi - hong, LI Hong - xia, et al. Beam homogenizing technology for UV excimer laser[J]. Laser Technology, 2005, 29(2): 207 - 212(in Chinese).
- [3] DENG Guo - qing, YU Yin - shan, ZHU Zhi - qiang. Study on discharge circuit of excimer laser[J]. Chinese Journal of Quantum Electronics. 2004, 21 (4): 456 - 458(in Chinese).
- [4] ZHOU Wei - dong, YU Yin - shan. The design of high - voltage fast pulse transformer in laser power circuit[J]. Applied Laser, 1996, 16 (6): 269 - 274(in Chinese).
- [5] Basting D. Excimer Laser Technology[M]. Lambda Physik, 2001.
- [6] HE Xin - long, Li Xue - yin. PIC16F873Fast Start[M]. Beijing. Tsinghua University Press, 2002.