

真空镀膜机的原理及故障分析^{*}

陈 敏 王存华

(南京电子器件研究所,南京,210016)

2002年4月3日收到

摘 要 真空镀膜设备是电子工业元器件生产和研制过程中广泛使用的设备,本文就DMF-700电子束真空镀膜设备在实际工作中出现的主要故障进行分析,并给出故障排查的方法。

关键词 真空镀膜 高压电源 维修

中图分类号: TN305.8 文献标识码: A

文章编号: 1005-488X(2002)02-0114-05

The Principle and Malfunction Analysis of Vacuum Coating Equipment

Chen Min Wang Cunhua

(Nanjing Electronic Devices Institute, Nanjing, 210016)

Abstract Vacuum coating equipment is widely used in the manufacturing and research of components in electronics industry. The main malfunctions, which occurred in the actual operation of DMF-700 electron beam coating equipment, are analyzed in the paper. Methods of trouble-shooting are also presented here.

Key words vacuum coating, high voltage source, maintain

引 言

真空镀膜设备是电子工业元器件生产和研制过程中广泛使用的设备。随着电子工业的发展,工艺要求也越来越高,真空镀膜设备的自动化程度和复杂程度也在不断提高。对设备出现的故障进行分析,有利于缩短设备的维修时间,同时对类似设备

出现的故障也能提供帮助,从而提高科研生产的效率,也为今后改进设备提供依据。本文主要就DMF-700这类镀膜机的原理和出现的故障进行分析。

1 设备简介

DMF-700镀膜机是复杂的大型真空镀膜设

^{*} 陈 敏 女,1957年生,工程师。1982年毕业于鞍山钢铁学院自动化系,现从事专用设备电气设计和维修。
王存华 男,1965年生,工程师。1986年毕业于电子科技大学(原成都电讯工程学院)精密机械专业,现从事专用设备的设计、维修。

备,它是在 DMDE-450 和 DML-500 镀膜机基础上改进的。它带有磁偏转 270°电子枪,可蒸镀各种高低熔点的金属和氧化物材料。

DMF-700 镀膜机由真空系统、机械转动系统、电子束蒸发系统等组成。其中电子束蒸发系统主要由纵向扫描单元、横向扫描单元,坩锅控制、电子枪灯丝变压整流单元、灯丝控制单元、电子枪高压电源等部分组成,图 1 是其示意图。下面对其主要部分作一简单介绍。

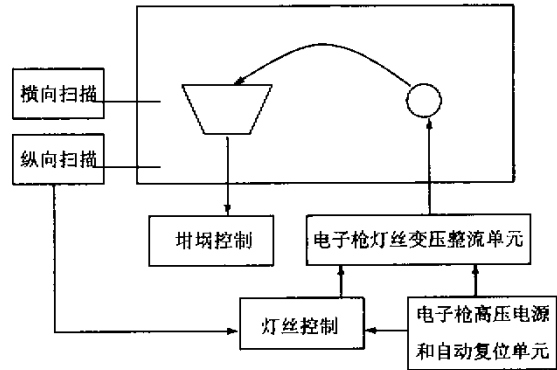


图 1 DMF-700 镀膜机方框图

Fig. 1 Block-diagram of DMF-700 coating machine

- 1. 电子枪高压电源:是三相变压器整流滤波电路,提供电子枪所需的直流高压,输出正端通过复位装置接地,负端接电子枪灯丝。
- 2. 灯丝控制单元:是特殊的交流可控硅整流器,可以用来提供 E 型磁偏转电子枪的灯丝电流。
- 3. 纵向扫描单元:可以提供对称的三角波扫描信号,与稳定度较高的恒流电源的偏转单元配合,提供 E 型磁偏转电子枪的电子束所需的扫描电流,以达到电子束的扫描控制。
- 4. 横向扫描单元:可以提供对称的三角波扫描信号,提供 E 型磁偏转电子枪的电子束所需的扫描电流,以达到电子束的扫描控制。
- 5. 坩锅控制:用来控制坩锅的位置,并提供离子收集极的直流电压。

2 电子枪高压电源的基本原理

电子枪高压电源是该设备比较复杂而且容易出故障的部分,它由高压部分和自动复位部分组成。高压部分包括三相高压变压器,三相桥式整流,RC 阻容吸收网络,高压分压器。自动复位部分包

括主开关电路,电流检测电路,栅压切换电路,帘栅控制电路。图 2 是电子枪高压电源方框图。

电子枪工作中因某种原因产生高压打火现象时,在打火瞬间,高压近似被短路,电子枪就不能正常工作,由于自动复位电路的作用,会在 40 ms 内切断高压输出,又在 50 ms 后恢复高压输出,这个瞬变的过程即是自动复位的过程,它是保证电子枪连续正常工作的必要条件。

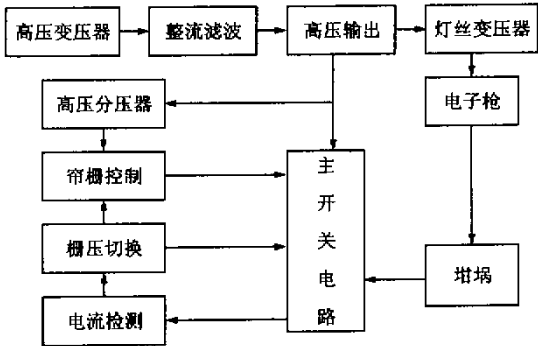


图 2 高压电源方框图

Fig. 2 Block-diagram of high voltage source

3 主要故障现象分析及排除

在实际使用中,该类型的设备出现过不少故障,其中高压电源部分的故障较多,也比较复杂,下面就几种典型的故障进行分析。

3.1 增加束流时,高压没有指示

在正常工作时,主开关电路中的开关管处于饱和导通状态,管压降保持在 100V 左右,栅极得到正偏压 50V,高压指示 6 kV(或 10 kV)。从检测电路 R21 上得到的电压控制信号不足以使 D13 稳压管击穿导通,BG14、BG15、BG16 处于截止状态,而 BG11、BG12、BG13 处于导通状态,由 BG11 输出一个 2.5 V 左右的高电位,参见图 3。

栅压切换电路上的 BG10 得到 2.5 V 的电压控制信号而处于导通状态,参见图 4,使得 BG9 的基极电位变为 0 电位而截止,主开关管通过 D6、D7 得到正向 50 V 偏置的电压。同时 BG7、BG8 也处于导通状态,D8 稳压管击穿导通,提供主开关管栅极恒定的电流。由于 BG10 处于导通状态,使得帘栅控制电路的 BG4 的基极处在 0 电位而截止,参见图 5,帘栅压的大小受高压分压器信号 UR2

的控制。当 $UR_2 < UD_2$ 时,输出的帘栅压的大小是 随 UR_2 的变化而变化。

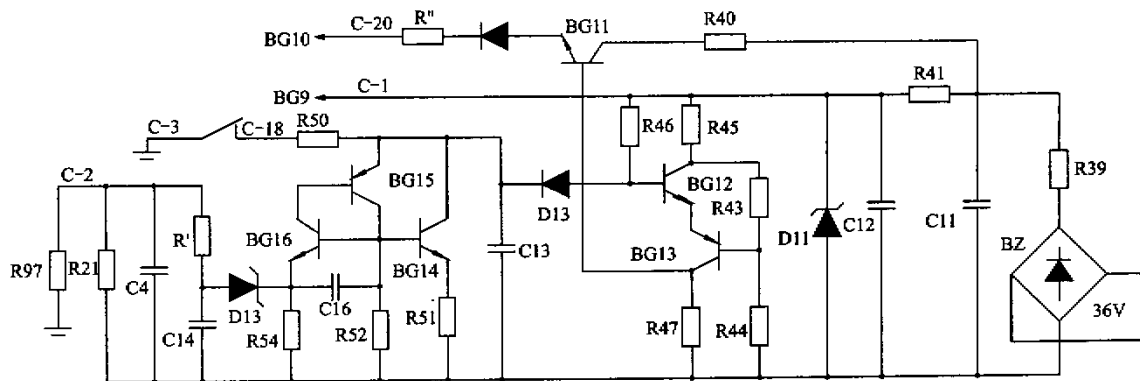


图 3 电流检测电路

Fig. 3 Circuit of detecting current

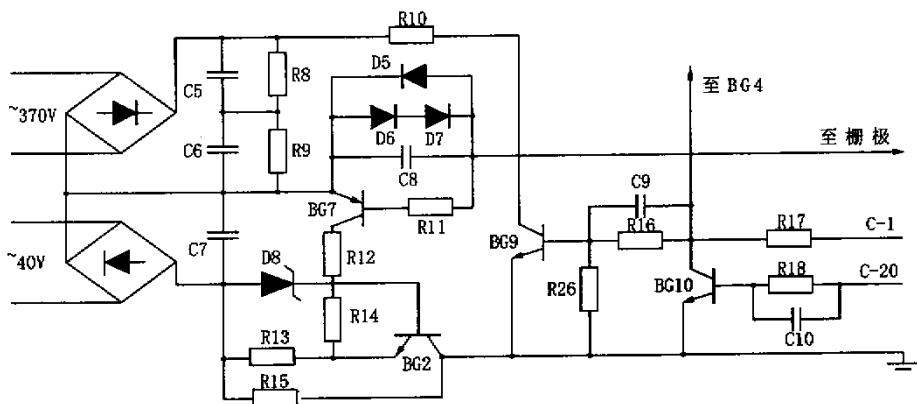


图 4 栅压切换电路

Fig. 4 Circuit of switching grid-voltage

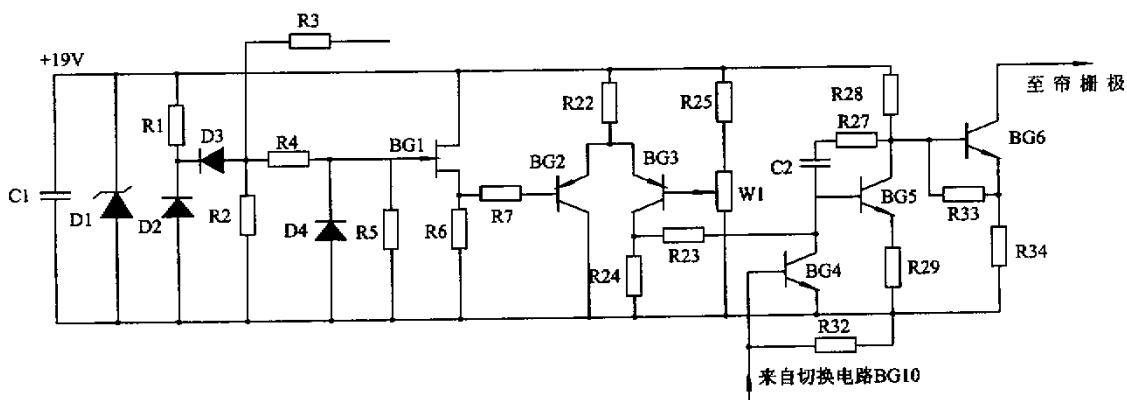


图 5 帘栅控制电路

Fig. 5 Grid control circuit

在不正常情况下,增加束流时,由于束斑的位置不在中心,电子束可能会打到坩埚的边缘,或者

束斑的位置在中心,但蒸镀的材料被打穿等原因,都会出现高压无指示。这是由于高压输出被近似短路,造成电子束流大于预定值,主开关管处于截止状态,承受全部高压,使得高压无输出。由于打火而造成过大的束流,在电流检测电路 R21 取得的过流信号,使得 D13 稳压管被击穿导通, BG14、BG15、BG16 处于导通状态, C13 通过 BG14、R51 放电,使得 BG11、BG12、BG13 很快截止, BG11 输出为 0V。栅压切换电路上的 BG10 得到 0V 的输入信号而截止, BG9 立刻导通, 550 V 正端通过 BG9 接到主开关管的阴极, 负端通过 D5 管接到主开关管的栅极, 主开关管得到 -550 V 偏压而进入深度截止, 此时高压就没有指示了。

3.2 无束流时, 高压指示不稳定

在正常情况下, 即使有束流高压指示也该稳定, 那么无束流时高压指示不稳定, 高压表指针在 3 kV~6 kV 之间来回摆动, 就属于不正常情况。从原理上分析, 高压电源和负载有问题都会出现这种现象。为了便于排查, 先将高压电源和负载脱开, 故障依旧, 说明问题不在负载方面, 而是在高压电源内部。高压电源是由高压部分和自动复位部分组成, 若是这两部分中的元器件性能变差都会出现高压指示不稳定。将高压部分与自动复位部分脱开, 用高压表测量高压部分输出, 电压为 +6 kV (或 +10 kV), 而且指示很稳定, 说明高压部分的元器件没问题。为了判断自动复位部分的主开关电路是否正常, 可以采取替换方法或其它方法来判断, 若还是不正常, 说明自动复位部分中的电流检测电路、栅压切换电路存在问题。

在实际维修过程中, 发现电流检测电路中 C—1、C—2、C—3、C—18、C—20 这 5 根输入输出线对高压均有影响, 见图 3, 其中有两根对高压的影响最大。估计是原有的设计不尽合理, 形成分布电容, 再加上元器件的老化, 使得电路的工作点改变。在对同类型的设备进行检查时, 也发现了类似的故障。这说明 DMF—700 镀膜机在出厂时就存在着故障隐患, 为此采取了相应的处理办法, 消除了故障, 使高压指示恢复了正常。

3.3 有束流时, 高压指示频繁的摆动

在正常工作时, 高压出现较小的打火是经常发

生的, 因为有自动复位部分的保护, 使得那些较小的打火会被自动复位部分中电容滤掉, 不会对高压电源的主开关管进行切断。

有束流时, 高压指示频繁的摆动, 就是高压出现连续性的过流打火, 自动复位部分开始动作, 使得高压电源的主开关管始终处在切断和导通这两种状态, 反映在高压表上就是指针频繁的摆动。

在实际维修过程中发现, 有时出现这种故障并不是高压电源内部的原因, 而是真空室内有污染。主要是设备使用多年, 钟罩内上壁聚集了许多蒸镀的材料。在有束流的情况下, 会产生二次、三次电子, 从而产生较大的假束流, 使得主开关管不停的导通和截止, 高压指示就不稳定了。

消除这种故障, 可先将电子枪、坩锅、高压电极进行彻底地清洗, 如故障还没有消除, 再将钟罩内所有的器件和钟罩内壁进行彻底的清洗, 往往故障即被消除, 高压指示不再频繁的摆动。

3.4 真空度在 $10 \sim 10^{-1}$ Pa 时, 开启烘烤单元, 主开关跳闸

在正常情况下, 需要对钟罩内的器件进行加热, 可调节 ZK—1 可控硅调节器, 从 0~90% 慢慢加大, 可控硅 SCR1、SCR2 的导通角逐渐增大, 加热器两端的电压逐渐升高。当达到所设定的温度时, 温控仪输出一个信号给 ZK—1, 使 ZK—1 减小输出脉冲, 直到加热器停止加热。

在大气状态下和真空状态下, 加热器的电极与钟罩(接地)之间的绝缘电阻有 100M Ω 。但随着真空度升高, 当真空度在 $10 \sim 10^{-1}$ Pa 时, 它们之间的绝缘电阻变得相当小, 只有几百 Ω 。这时 SCR1 的阳极(即 SCR2 的阴极)与地近乎短路。若是 SCR1、SCR2 正处于导通状态, 就会造成严重短路, 使主开关跳闸, 保险丝 RD、SCR1、SCR2 以及 ZK—1 损坏。

经分析, 上述原因是由于气体辉光放电造成的。有时因为科研的需要, 改动钟罩内部装置, 使加热器的电极与钟罩(接地)之间的距离发生变化。根据巴邢定理, 当它们之间的距离 d 和真空度 P 的乘积 dP 达到某个值时最易放电。解决的办法是合理地安排电极于钟罩(接地)之间的距离, 避开气体辉光放电区域。

4 故障排查方法

图 6 为我们总结出来的故障分析流程图。

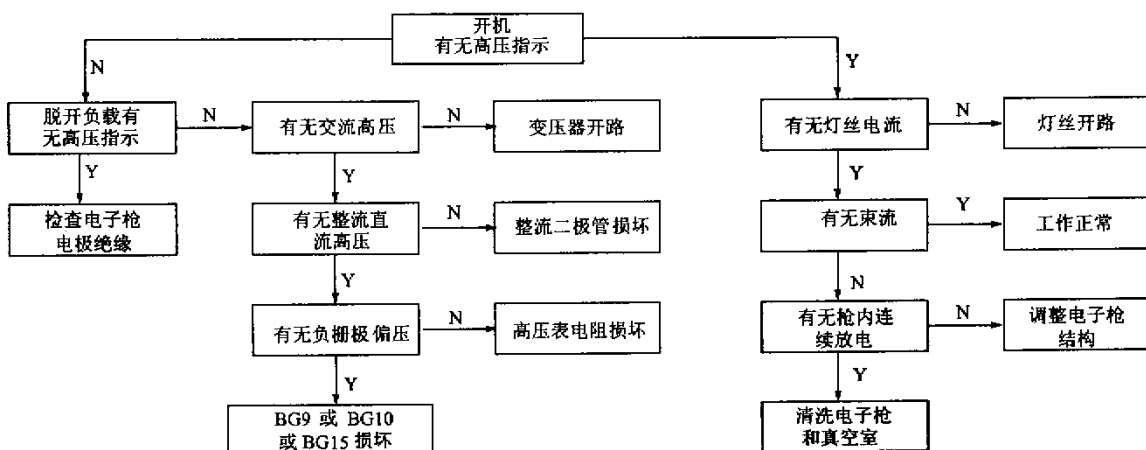


图 6 高压电源故障分析流程图

Fig. 6 Flowchart of the analysis of the high voltage source malfunction

5 结 论

DMF-700 镀膜机是大型的复杂设备,在实际使用过程中,高压电源出现的故障较多,现象也较

复杂,通过对设备结构的了解和故障原因的分析,总结出故障排查方法。掌握了这种设备的维修,有着举一反三效果。这样在出现故障的时候,能有效地缩短设备维修时间,提高科研生产效率。