



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101288219 B

(45) 授权公告日 2013. 04. 03

(21) 申请号 200680034651. 6

(22) 申请日 2006. 08. 14

(30) 优先权数据

60/708, 445 2005. 08. 16 US

(85) PCT申请进入国家阶段日

2008. 03. 20

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2006/031664 2006. 08. 14

(87) PCT申请的公布数据

W02007/035216 EN 2007. 03. 29

(73) 专利权人 MKS 仪器股份有限公司

地址 美国马萨诸塞州

(72) 发明人 I·埃尔金 A·R·米勒纳 K·泰兰
M·乔什

(74) 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公
司 31100

代理人 陈炜

(51) Int. Cl.

H02M 5/458 (2006. 01)

H02M 7/537 (2006. 01)

C01B 13/11 (2006. 01)

(56) 对比文件

Huang Yushui 等. Load Resonant Type
Power Supply of the Ozonizer Based on a

Closed-loop Control Strategy. APPLIED POWER
ELECTRONICS CONFERENCE AND EXPOSITION
2004. APEC ' 04. NINETEENTH ANNUAL IEEE
ANAHEIM. 2004, 1642-1646.

Oleg koudriavtsev 等. A Novel
Pulse-Density-Modulated High-Frequency
Inverter for Silent-Discharge-Type
Ozonizer. IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRY
APPLICATIONS 33 (2). 2002, 369-378.

Hiroyasu KIFUNE et al. Novel constant
frequency time ratio controlled series load
resonant high frequency soft switching
inverter. 《33RD ANNUAL IEEE POWER
ELECTRONICS SPECIALISTS CONFERENCE. PESC
2002. CONFERENCE PROCEEDINGS》. 2002,

Huang Yushui 等. Load Resonant Type
Power Supply of the Ozonizer Based on a
Closed-loop Control Strategy. APPLIED POWER
ELECTRONICS CONFERENCE AND EXPOSITION
2004. APEC ' 04. NINETEENTH ANNUAL IEEE
ANAHEIM. 2004, 1642-1646.

审查员 马姗姗

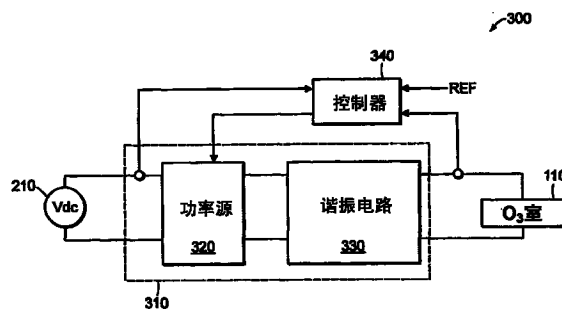
权利要求书 3 页 说明书 5 页 附图 10 页

(54) 发明名称

用于臭氧发生器的负载谐振型电源

(57) 摘要

提供用于产生臭氧的一种谐振电源 (300)。电
源 (300) 的优点是降低成本和增加臭氧产生器
的可靠性。电源 (300) 从功率源 (320) 把第一 AC 电
压提供给谐振电路 (330), 并且谐振电路 (330) 把
第二 AC 电压提供给臭氧产生单元 (110), 第二 AC
电压大于第一 AC 电压。控制器 (340) 对适于电路
谐振的电源 (300) 提供控制, 该控制对于电路
的高 Q 电路元件值具有较宽的容差。



1. 一种电源,包括:

功率源;

谐振电路,在所述功率源和臭氧发生单元之间直接耦合,所述谐振电路与所述臭氧发生单元并联耦合,其中所述谐振电路具有大于或等于 10 的 Q- 因子;

功率源把第一 AC 电压提供给谐振电路,谐振电路提供用于所述臭氧发生单元的第二 AC 电压,第二 AC 电压大于第一 AC 电压;以及

控制器,所述控制器把信号提供给功率源,致使功率源调制第一 AC 电压,从而产生具有所期望的电压幅值的第二 AC 电压,其中所述控制器把信号提供给功率源,从而使谐振电路在其谐振频率处或接近其谐振频率处工作,且所述控制器通过将检测的输入 DC 电流与设置点输入电流进行比较,而调谐到谐振电路的最大工作频率并且逼近电路的谐振频率以得到所期望的工作电平。

2. 如权利要求 1 所述的电源,其特征在于,所述谐振电路响应于频率接近谐振电路的谐振频率的第一 AC 电压,把谐振的电压施加于臭氧发生单元。

3. 如权利要求 1 所述的电源,其特征在于,所述谐振电路是包括与谐振电容器串联耦合的谐振电感器的串联谐振电路。

4. 如权利要求 3 所述的电源,其特征在于,所述谐振电容器是独立的电容器、臭氧发生单元的固有电容、或独立电容器和臭氧发生单元的固有电容两者的组合。

5. 如权利要求 1 所述的电源,其特征在于,所述谐振电路是包括与谐振电容器并联耦合的谐振电感器的并联谐振电路。

6. 如权利要求 5 所述的电源,其特征在于,所述谐振电容器是独立的电容器、臭氧发生单元的固有电容、或独立电容器和臭氧发生单元的固有电容两者的组合。

7. 如权利要求 1 所述的电源,其特征在于,所述功率源是半桥式反相器。

8. 如权利要求 1 所述的电源,其特征在于,所述功率源是全桥式反相器。

9. 如权利要求 1 所述的电源,其特征在于,所述功率源是开关功率源。

10. 如权利要求 9 所述的电源,其特征在于,所述开关元件是 MOSFET、BJT、或 IGBT。

11. 如权利要求 1 所述的电源,其特征在于,使用脉冲宽度调制来调制所述第一 AC 电压。

12. 如权利要求 1 所述的电源,其特征在于,使用频率调制来调制所述第一 AC 电压。

13. 如权利要求 15 所述的电源,其特征在于,所述控制器通过将检测的谐振电流与设置点谐振电流进行比较,而在自调谐到谐振电路的最大工作频率期间控制臭氧发生单元的谐振电压,并且逼近电路的谐振频率。

14. 一种为臭氧产生提供电能的方法,包括:

在功率源和臭氧发生单元之间直接耦合一谐振电路,所述谐振电路与所述臭氧发生单元并联耦合,其中所述谐振电路具有大于或等于 10 的 Q- 因子;

将来自功率源的第一 AC 电压提供给谐振电路;

将来自谐振电路的第二 AC 电压提供给臭氧发生单元,第二 AC 电压大于第一 AC 电压;以及

所述方法还包括:

把信号提供给功率源;以及

响应于这些信号,调制第一 AC 电压,从而产生具有所期望的电压幅值的第二 AC 电压,其中提供给功率源的信号允许所述谐振电路在其谐振频率处或接近其谐振频率处工作,以及

所述方法还包括:通过将检测的输入 DC 电流与设置点输入电流进行比较,而调谐到谐振电路的最大工作频率并且逼近电路的谐振频率以得到所期望的工作电平。

15. 如权利要求 14 所述的方法,还包括:

响应于其频率接近谐振电路的谐振频率的第一 AC 电压,将来自谐振电路的谐振的电压提供给臭氧发生单元。

16. 如权利要求 14 所述的方法,还包括:

通过耦合与谐振电容器串联的谐振电感器,形成串联谐振电路。

17. 如权利要求 16 所述的方法,其特征在于,所述谐振电容器是独立的电容器、臭氧发生单元的固有电容、或独立电容器和臭氧发生单元的固有电容两者的组合。

18. 如权利要求 14 所述的方法,还包括:

通过耦合与谐振电容器并联的谐振电感器,形成并联谐振电路。

19. 如权利要求 18 所述的方法,其特征在于,所述谐振电容器是独立的电容器、臭氧发生单元的固有电容、或独立电容器和臭氧发生单元的固有电容两者的组合。

20. 如权利要求 14 所述的方法,其特征在于,所述功率源是半桥式反相器。

21. 如权利要求 14 所述的方法,其特征在于,所述功率源是全桥式反相器。

22. 如权利要求 14 所述的方法,其特征在于,所述功率源是开关功率源。

23. 如权利要求 22 所述的方法,其特征在于,所述开关元件是 MOSFET、BJT 或 IGBT。

24. 如权利要求 14 所述的方法,其特征在于,所述调制第一 AC 电压包括:

调制所述第一 AC 电压的脉冲宽度。

25. 如权利要求 14 所述的方法,其特征在于,所述调制第一 AC 电压包括:

调制所述第一 AC 电压的频率。

26. 如权利要求 14 所述的方法,还包括:

在调谐到谐振电路的最大工作频率期间,控制臭氧发生单元的谐振电压;以及
通过将检测的谐振电流与设置点谐振电流进行比较,而逼近电路的谐振频率。

27. 一种为臭氧产生提供电能的方法,包括:

在多个功率源和多个臭氧发生单元之间直接耦合多个谐振电路,所述多个谐振电路的每一个与所述臭氧发生单元的每一个对应地并联耦合,其中所述多个谐振电路的每个谐振电路具有大于或等于 10 的 Q- 因子;

将来自多个功率源中的每一个的第一 AC 电压分别提供给各个谐振电路对应的一个;

将来自每个谐振电路的第二 AC 电压分别提供给各个臭氧发生单元对应的一个,第二 AC 电压大于第一 AC 电压;以及

所述方法还包括:

把信号提供给功率源;以及

响应于这些信号,调制第一 AC 电压,从而产生具有所期望的电压幅值的第二 AC 电压,其中提供给功率源的信号允许所述谐振电路在其谐振频率处或接近其谐振频率处工作,以及

所述方法还包括 : 通过将检测的输入 DC 电流与设置点输入电流进行比较, 而调谐到谐振电路的最大工作频率并且逼近电路的谐振频率以得到所期望的工作电平。

28. 一种用于产生臭氧的电源, 包括 :

多个功率源 ;

直接耦合在多个源和多个臭氧发生单元之间的多个谐振电路, 所述谐振电路的每一个与所述多个臭氧发生单元的每一个对应地并联耦合, 其中所述多个谐振电路的每个谐振电路具有大于或等于 10 的 Q- 因子 ; 以及

多个功率源中的每一个把第一 AC 电压分别提供给各个谐振电路对应的一个, 各个谐振电路把第二 AC 电压分别提供给各个臭氧发生单元对应的一个, 第二 AC 电压大于第一 AC 电压 ; 以及

控制器, 所述控制器把信号提供给功率源, 致使功率源调制第一 AC 电压, 从而产生具有所期望的电压幅值的第二 AC 电压, 其中所述控制器把信号提供给功率源, 从而使谐振电路在其谐振频率处或接近其谐振频率处工作, 且所述控制器通过将检测的输入 DC 电流与设置点输入电流进行比较, 而调谐到谐振电路的最大工作频率并且逼近电路的谐振频率以得到所期望的工作电平。

29. 一种为臭氧产生提供电能的方法, 包括 :

在功率源和臭氧发生单元之间直接耦合一谐振电路且所述谐振电路与所述臭氧发生单元并联耦合的步骤, 其中所述谐振电路具有大于或等于 10 的 Q- 因子 ;

将来自功率源的第一 AC 电压提供给谐振电路的步骤 ; 以及

将来自谐振电路的第二 AC 电压提供给臭氧发生单元的步骤, 第二 AC 电压大于第一 AC 电压 ; 以及

所述方法还包括 :

把信号提供给功率源 ; 以及

响应于这些信号, 调制第一 AC 电压, 从而产生具有所期望的电压幅值的第二 AC 电压, 其中提供给功率源的信号允许所述谐振电路在其谐振频率处或接近其谐振频率处工作, 以及

所述方法还包括 : 通过将检测的输入 DC 电流与设置点输入电流进行比较, 而调谐到谐振电路的最大工作频率并且逼近电路的谐振频率以得到所期望的工作电平。

用于臭氧发生器的负载谐振型电源

背景技术

[0001] 臭氧对于需要高水平氧化的许多应用都是很有用的。例如,臭氧对于饮用水的消毒是有用的,并且早在 1900 年代就已经用于水处理。从更近的方面来说,臭氧已经用于半导体器件处理。臭氧在半导体器件处理中的一个应用是通过生长绝缘膜或通过在晶片上使薄膜氧化而在半导体晶片上形成绝缘层。例如,通过使用 TEOS/ 臭氧处理可以实现高质量 SiO_2 的高沉积速率化学汽相沉积。

[0002] 臭氧在半导体器件处理中的另一个应用是用于清洗半导体晶片以及半导体处理设备的处理容器。臭氧对于从半导体晶片和从处理容器的表面除去碳氢化合物是特别有用的。使用臭氧进行清洗是有利的,因为这避免使用需要花高价来处置的有危险性的化学物质。相反,臭氧不存在有毒废物的处置问题,因为臭氧会分解成氧而没有残余物。

发明内容

[0003] 可以根据所谓的“静放电原理”从氧气来产生臭氧。例如,可以通过使高纯度的氧气暴露于放电或电通量中来产生臭氧。放电或电通量激励了氧分子,使它们分裂成它们的原子态。然后原子复合成臭氧 (O_3) 和氧气 (O_2) 的混合物。

[0004] 一般使氧气通过臭氧室 (cell) 而产生臭氧 (O_3), 臭氧在臭氧室中受到放电的作用, 导致氧原子分解和复合成臭氧分子。通过在臭氧室的相对立的板上施加高压 AC 电源而产生制造臭氧所需要的放电或电通量。从基于变压器的电源振荡器产生高压 AC 电源。

[0005] 基于变压器的电源 (振荡器) 的缺点一般包括高成本、有限的可靠性以及有限的工作范围。例如,高成本一般是由于具有多个绕组和对于冷却和绝缘有特殊封装要求的高压变压器引起的。有限的可靠性一般是由于自激振荡器的布局、与封装质量有关而导致的高压电晕、以及单个源唯一部件的使用引起的。相对于调整输出电压的有限的工作范围是由于自激振荡器布局和晶体管栅极驱动的变压器反馈的使用引起的。

[0006] 本发明涉及用于臭氧制造的、使用包括变压器 - 较低的高压功率振荡器的电源来提供功率的方法和装置。本发明的实施例可以降低成本、增加可靠性和臭氧发生器的工作范围。

[0007] 一个实施例包括具有功率源和直接耦合到功率源的谐振电路的电源,功率源把第一 AC 电压提供给谐振电路,谐振电路提供用于臭氧发生单元的第二 AC 电压,第二 AC 电压大于第一 AC 电压。谐振电路响应于频率实质上接近谐振电路的谐振频率的第一 AC 电压把实质上的谐振电压施加于臭氧发生单元。

[0008] 在一些实施例中,谐振电路可以是包括与谐振电容器串联耦合的谐振电感器的串联谐振电路。谐振电容器可以是独立的电容器、臭氧发生单元的固有电容或独立电容器和臭氧发生单元的固有电容两者的组合。谐振电路具有大于或等于 10 的 Q- 因子。在其它实施例中,谐振电路可以是包括与谐振电容器并联的谐振电感器的并联谐振电路。谐振电容器可以是独立的电容器、臭氧发生单元的固有电容或独立电容器和臭氧发生单元的固有电容两者的组合。

[0009] 功率源可以是半桥式反相器、全桥式反相器和 / 或开关功率源。开关元件可以是 MOSFET、BJT、IGBT 和 / 或任何其它类型的开关元件。

[0010] 电源还可以包括把信号提供给功率源导致功率源调制第一 AC 电压、导致第二 AC 电压具有所要求的电压幅值的控制器。可以使用脉冲宽度调制和 / 或频率调制来调制第一 AC 电压。控制器可以把信号提供给功率源使谐振电路在其最大工作谐振频率下工作。控制器可以通过对检测的输入 DC 电流与设置点输入电流进行比较而调谐到谐振电路的最大工作频率。在通过对检测的谐振电流与设置点谐振电流进行比较而自调谐到谐振电路的最大工作频率期间, 控制器可以控制臭氧发生单元的谐振电压。

[0011] 本发明的一些实施例还包括用于臭氧发生的电源。可以应用本发明的其它实施例以提供用于产生任何反应气体的电源。

[0012] 本发明一些实施例的优点包括通过免除了对于变压器的需要而降低成本以及增加可靠性和臭氧发生器的工作范围。

[0013] 使用高 Q 谐振电路 (一般对于臭氧发生器为 $Q \geq 10$) 代替变压器意味着电路谐振频率峰较窄。由于其中心频率与电路元件有关, 通常具有比谐振峰宽度要宽的容差, 控制如此的电路成了一个问题。在臭氧发生器和其它应用中的谐振电源方面, 控制高 Q 谐振电路的电路允许实现上述优点。

附图说明

[0014] 从下述本发明较佳实施例的更特定的说明, 本发明的上述和其它的目的、特征和优点将变得显而易见。附图不必定符合比例, 而是着重于用于说明本发明的原理。

[0015] 图 1 是示出一般臭氧发生器的视图;

[0016] 图 2 是示出根据现有技术用于臭氧发生器的基于变压器的电源的视图;

[0017] 图 3 是示出根据一个实施例的电源的视图, 所述电源具有用于在单个臭氧室中产生臭氧的变压器 - 较低功率振荡器;

[0018] 图 4 是示出根据一个特定实施例的电源的视图, 所述电源具有用于在单个臭氧室中产生臭氧的变压器 - 较低功率振荡器;

[0019] 图 5A 示出频率调制控制器的一个实施例的详细的示意图;

[0020] 图 5B 示出脉冲宽度调制控制器的一个实施例的详细的示意图;

[0021] 图 6 示出表示设置点功率和谐振频率之间关系的曲线图;

[0022] 图 7 是示出根据一个实施例的电源的视图, 所述电源具有用于在多个臭氧室中产生臭氧的多个变压器 - 较低功率振荡器; 以及

[0023] 图 8A 和 8B 是示出根据其它特定实施例的电源的视图, 所述电源具有用于在单个臭氧室中产生臭氧的变压器 - 较低功率振荡器。

具体实施方式

[0024] 图 1 是示出一般臭氧发生器 100 的视图。臭氧发生器 100 包括这里称为臭氧室 110a...110n 的一系列臭氧发生单元。通过氧气入口 120 把氧气 (O_2) 提供给每个臭氧室 110 以转换成臭氧 (O_3) 和氧气 (O_2) 的混合物。所产生的臭氧混合物通过臭氧出口 130 流出臭氧发生器 100。

[0025] 臭氧室 110 的部件一般包括对置电极板（未示出）以及电解质屏障（未示出）。电解质屏障的位置对着电极板中之一，形成电解质屏障和对置电极板之间的通道。在工作中，放电作用于通过通道的氧气 (O_2)，导致氧原子的分解和复合成臭氧分子。为了引起放电或电通量，在每个臭氧室 110 的对置电极板上施加高电压 AC 功率。

[0026] 通过一系列功率振荡器 140a...140n 提供高电压 AC 功率，其中每个振荡器 140 向各自的臭氧室 110 提供功率。功率振荡器 140 耦合到公共 DC 电源 150，该公共 DC 电源 150 可以使单相或三相 AC 线电压 152 转换成经调整的 DC 电压 (V_{dc})。每个振荡器 140 依次把经调整的 DC 电压 (V_{dc}) 转换成提供给对应的 / 各自的臭氧室 110 的高电压 AC 功率，导致臭氧产生所需要的放电或电通量。可以在美国专利 5,932,180 中发现臭氧室 110 的一个示范性实施例，这里结合该专利的完整内容作为参考。

[0027] 通常，使用变压器实现功率振荡器 140 以产生高电压 AC 功率。图 2 是示出根据现有技术用于臭氧发生器的基于变压器的电源 200 的视图。所示的电源 200 包括 DC 电源 210 和两个附加级：(1) 用于调整输出功率的补偿转换器 (buckconverter) 220 以及 (2) 包括在臭氧室 110 上产生高电压 AC 功率的变压器 232 的自振荡推挽转换器 230。

[0028] 图 3 是示出根据一个实施例的电源 300 的视图，所述电源具有用于在单个臭氧室中产生臭氧的变压器 - 较低功率振荡器 310。功率振荡器 310 包括耦合到谐振电路 330 的功率源 320。谐振电路 330 依次耦合到臭氧室 110。功率源 320 可以是开关功率源。

[0029] 在工作中，功率源 320 使来自 DC 电压源 210 的经调整的 DC 电压 (V_{dc}) 转换成提供给谐振电路 330 的第一 AC 电压。较佳地，来自功率源 320 的第一 AC 电压的频率实质上接近谐振电路 330 的谐振频率。作为响应，谐振电路 330 把实质上谐振的第二 AC 电压施加于臭氧室 110，导致臭氧室 110 中的放电或电通量。因此，通过把谐振电路 330 耦合到功率源 320，电源 300 能够提供在臭氧室 110 中产生臭氧所需要的高电压 AC 功率（第二 AC 电压）而无需使用变压器。

[0030] 参考图 3，控制器 340 把控制信号提供给功率源 320 使功率源 320 调制第一 AC 电压的频率和 / 或占空比，导致谐振电路 330 把实质上具有所要求的幅值的第二 AC 电压提供给臭氧室 110。在一些实施例中，第二 AC 电压在 30kHz 处可以是 4.5kV 峰值。

[0031] 在工作中，控制器 340 对基准电流 REF 与功率源 320 处检测的第二输入电流进行比较，并且把控制信号（选通控制信号）发送到功率源 320 以对功率源 320 的工作频率或占空比进行调节而得到所要求的幅值。可以使用脉冲宽度调制和 / 或频率调制通过控制器 340 调制第一 AC 电压。在一些实施例中，可以配置控制器 340 使之检测电压、电流或它们的组合来确定和控制所要求的谐振电压。

[0032] 图 4 是示出根据一个特定实施例的电源 400 的视图，所述电源具有用于在单个臭氧室 110 中产生臭氧的变压器 - 较低功率振荡器 404。在所示的实施例中，谐振电路 420 是包括与谐振电容器 424 串联耦合的谐振电感器 422 的串联谐振电路。臭氧室 110 与谐振电容器 424 并联耦合。谐振电容器 424 可以是分立的独立电容器、臭氧室 110 的固有电容或它们的组合。在所示的实施例中，功率源 410 是包括两个串联连接的开关元件 412a、412b 的半桥式反相器。开关元件 412a、412b 可以是 MOSFET、BJT、IGBT 和 / 或本技术领域已知的任何其它类型的开关元件。开关元件 412a、412b 之间的电连接与谐振电路 420 连接。功率源 410 也可以是如图 8A 和 8B 所示的全桥式反相器。

[0033] 在工作中, DC 电源 210 把经调整的 DC 电压 (V_{dc}) 提供给功率源 / 半桥式反相器 410。控制信号从控制器 340 提供到栅极驱动器 540 (图 5A 和 5B), 使开关 412a、412b 导通和截止, 导致半桥式反相器 410 提供频率实质上接近串联谐振电路 420 的谐振频率的第一 AC 电压。尤其, 施加于谐振电路 420 的第一 AC 电压可以是具有受控制的占空比的方波脉冲。控制信号还可以改变半桥式反相器 410 的占空比以改变施加于臭氧室 110 的第二 AC 电压的幅值。响应于接收到的来自半桥式反相器 410 的第一 AC 电压, 串联谐振电路 420 在臭氧室 110 上提供谐振电压或实质上第二 AC 电压, 以致在室中提供了放电或电通量而实现氧气 (O_2) 到臭氧 (O_3) 的转换。尤其, 谐振电路 420 把所施加的具有受控制的占空比的方波脉冲转换成幅值受控制的高电压正弦波。根据一个实施例, 第二 AC 电压的频率和幅值在 30kHz 处接近 4.5kV 峰值。

[0034] 臭氧 (O_3) 对氧气 (O_2) 的比例取决于提供给臭氧室 110 的功率量。如上所述, 提供给臭氧室 110 的功率与施加于臭氧室 110 的电压成比例地增加, 并且控制器 340 根据基准信号 REF 对所述功率进行调整。因此, 控制器 340 可以通过改变半桥式反相器 410 的工作频率或占空比来改变臭氧的浓度。此外, 甚至电感量或电容量的很小的变化也会改变谐振频率。因此, 谐振电路 420 应该具有高 Q 因子 (大于或等于 10), 以排除对于变压器的需求。因此, 控制器 340 应该与谐振元件变化无关。

[0035] 图 5A 和 5B 示出控制器 500 的一些实施例的详细示意图。控制器 500 的主要元件包括脉冲宽度调制集成电路 (PWM IC) 510、第一运算 / 误差放大器 520、第二运算 / 误差放大器 530、栅极驱动电路 540、第一电阻器 550 以及第二电阻器 560。

[0036] 图 5A 示出频率调制控制器 500' 的一个实施例。在工作中, 运算放大器 / 误差放大器 520 对检测到的 DC 输入电流 522 与设置点 DC 电流 524 进行比较。电阻器 550、560 控制 PWM IC 510 的频率。通过使误差放大器 520 的输出增加或减小来控制流过电阻器 550 的电流, 因此控制了控制器 510 的频率。控制器 500' 包括保证由误差放大器 520 产生的起始频率为谐振电路 420 的最大工作频率 (图 4) 的自动调谐电路。

[0037] 调谐电路包括电阻器 526、电容器 528 以及在误差放大器 520 的检测到的输入处的小偏移电压。在工作中, 当调谐电路通电时, DC 电流设置点 524 通过由电阻器 526 和电容器 528 建立的延迟从零缓慢地增加到其设置点。此时, 误差放大器 520 处的偏移电压保证误差放大器产生的频率是电路的最大工作频率。通过考虑谐振电路元件的最大容差和开关器件的能力来确定最大谐振频率。

[0038] 图 6 示出表示设置点功率和谐振频率之间关系的曲线图。如所示, 当设置点功率增加时, 脉冲宽度调制频率开始从其最大值向最小功率降低。即, 脉冲宽度调制频率利用其谐振曲线来得到最大功率。

[0039] 控制臭氧室 110 电压是重要的, 因为在自动调谐最大功率的频率期间, 臭氧室 110 电压可以上升到极高的电压。因此, 控制器 500' 包括第二运算放大器 / 误差放大器 530。误差放大器 530 通过对检测到的谐振电流 532 与设置点谐振电流 534 进行比较而控制臭氧室 110 的谐振电压。

[0040] 还可以通过使用脉冲宽度调制来控制谐振电流。图 5B 示出脉冲宽度调制控制器 500'' 的一个实施例。脉冲宽度调制控制器 500'' 的工作与上述相对于频率调制控制器 500' 的工作相似。

[0041] 图 7 是示出根据一个实施例的电源 600 的视图,所述电源具有用于在多个臭氧室 110a...110n 中产生臭氧的多个变压器-较低功率振荡器 404a...404n。在所示的实施例中,通过已知的全桥式高频转换器 610 提供经调整的 DC 电压 (V_{dc}) (例如,约 400V)。高频转换器 610 包括整流器级 612、全桥式开关级 614、变压器级 616 以及滤波器级 618。还可以通过实施熟悉本领域的技术人员已知的其它电路来提供经调整的 DC 电压。功率振荡器 404a...404n 与对应的 / 各自的臭氧室 110a...110n 耦合以提供高电压 AC 功率。每个振荡器 404 包括与谐振电路 420 耦合的功率源 410。在所示的实施例中,功率源 410 是使用 MOSFET 开关器件 412a、412b 实现的半桥式反相器。还可以使用熟悉本领域的技术人员已知的其它开关器件。同样,还可以使用半桥式振荡器、全桥式振荡器以及其它已知器件的混合的实施方式。所示的实施例的工作与相对于图 1 和 4 所述的工作相似。

[0042] 图 8A 和 8B 是示出根据其它特定实施例的电源 700 的视图,所述电源具有用于在单个臭氧室 110 中产生臭氧的变压器-较低功率振荡器。在两个实施例中,实施功率源 710 作为具有如图所示地耦合的四个开关元件 712a、712b、712c、712d 的全桥式转换器。

[0043] 如图 8A 所示,电压源 210 把经调整的 DC 电压 (V_{dc}) 提供给全桥式转换器 710。全桥式转换器 710 与具有与谐振电容器 724 串联耦合的谐振电感器 722 的串联谐振电路耦合。谐振电路 720 依次与臭氧室 110 耦合,如图所示。

[0044] 如图 8B 所示,电流源 730 把经调整的 DC 电流 (I_{dc}) 提供给全桥式转换器 710。全桥式转换器 710 与具有与谐振电容器 744 并联耦合的谐振电感器 742 的并联谐振电路耦合。谐振电路 740 依次与臭氧室 110 耦合,如图所示。

[0045] 在各个实施例中,谐振电容器可以是分立的独立电容器,或可以是臭氧室 110 的固有电容或独立电容器和室的固有电容两者的组合。

[0046] 在已经参考本发明的各个较佳实施例特定地示出和描述了本发明的同时,熟悉本领域的技术人员可以理解,可以在其中作出形式上和细节上的各种修改而不偏离由所附的权利要求书包含的本发明的范围。

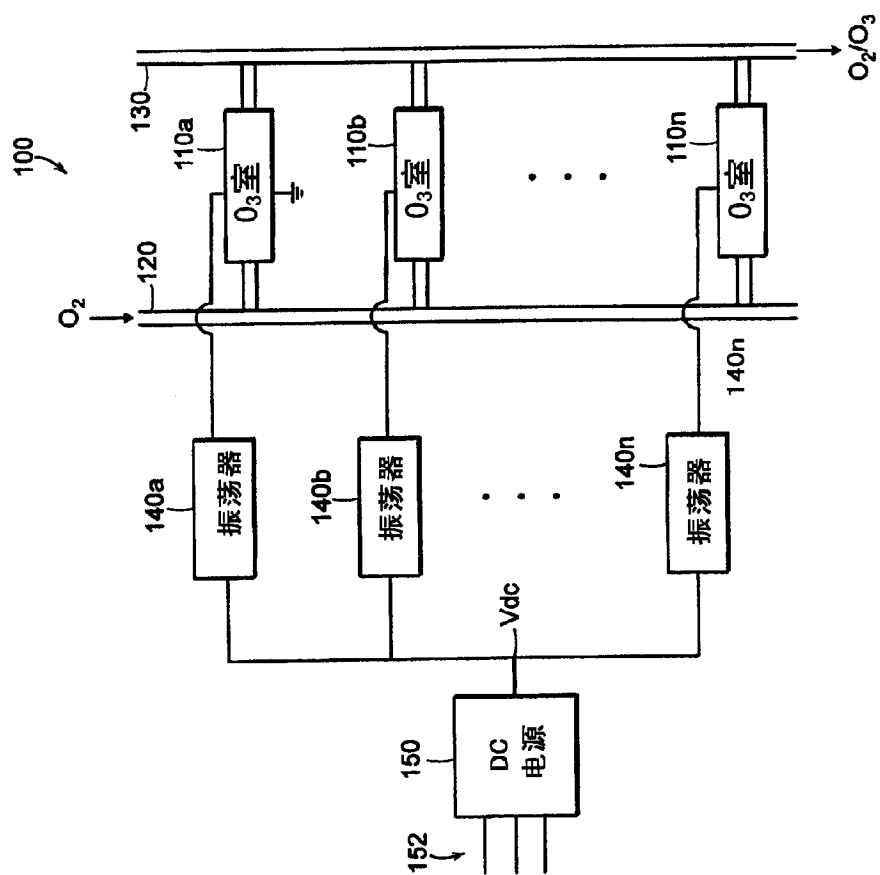


图 1

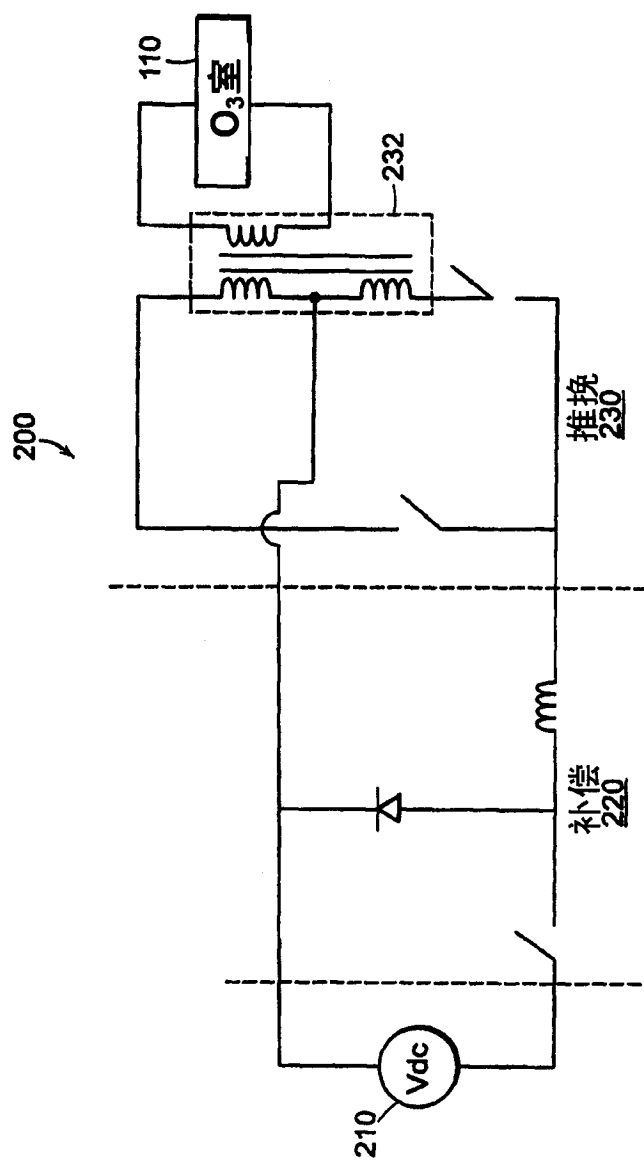


图 2

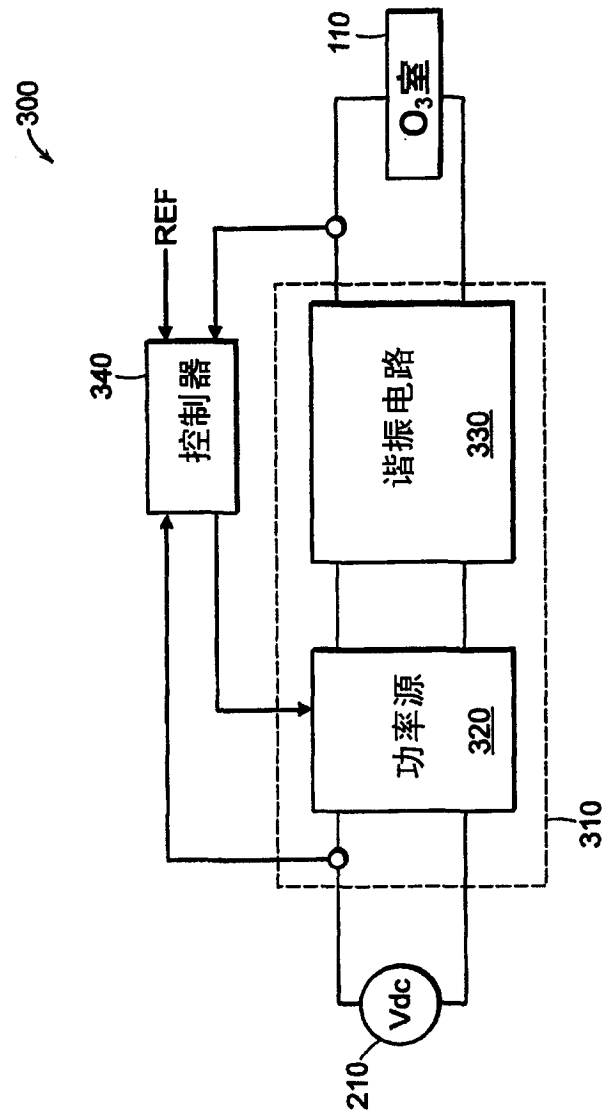


图 3

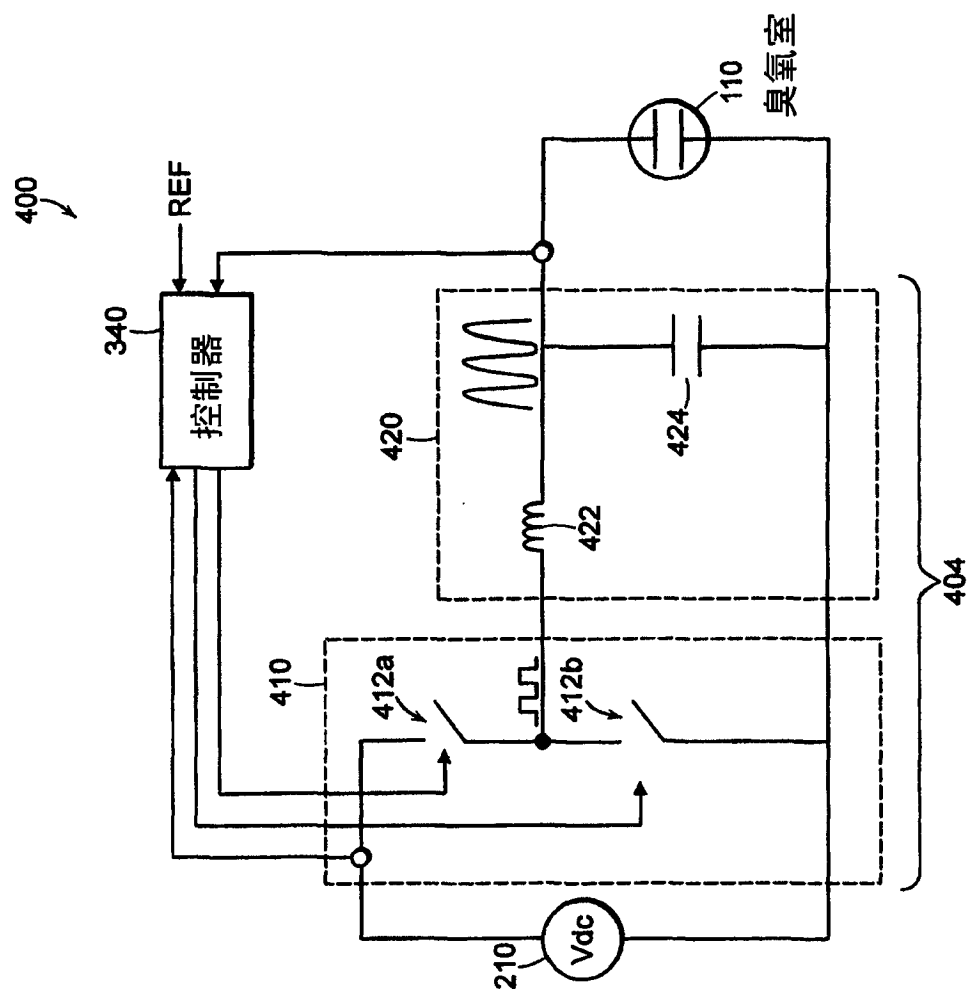


图 4

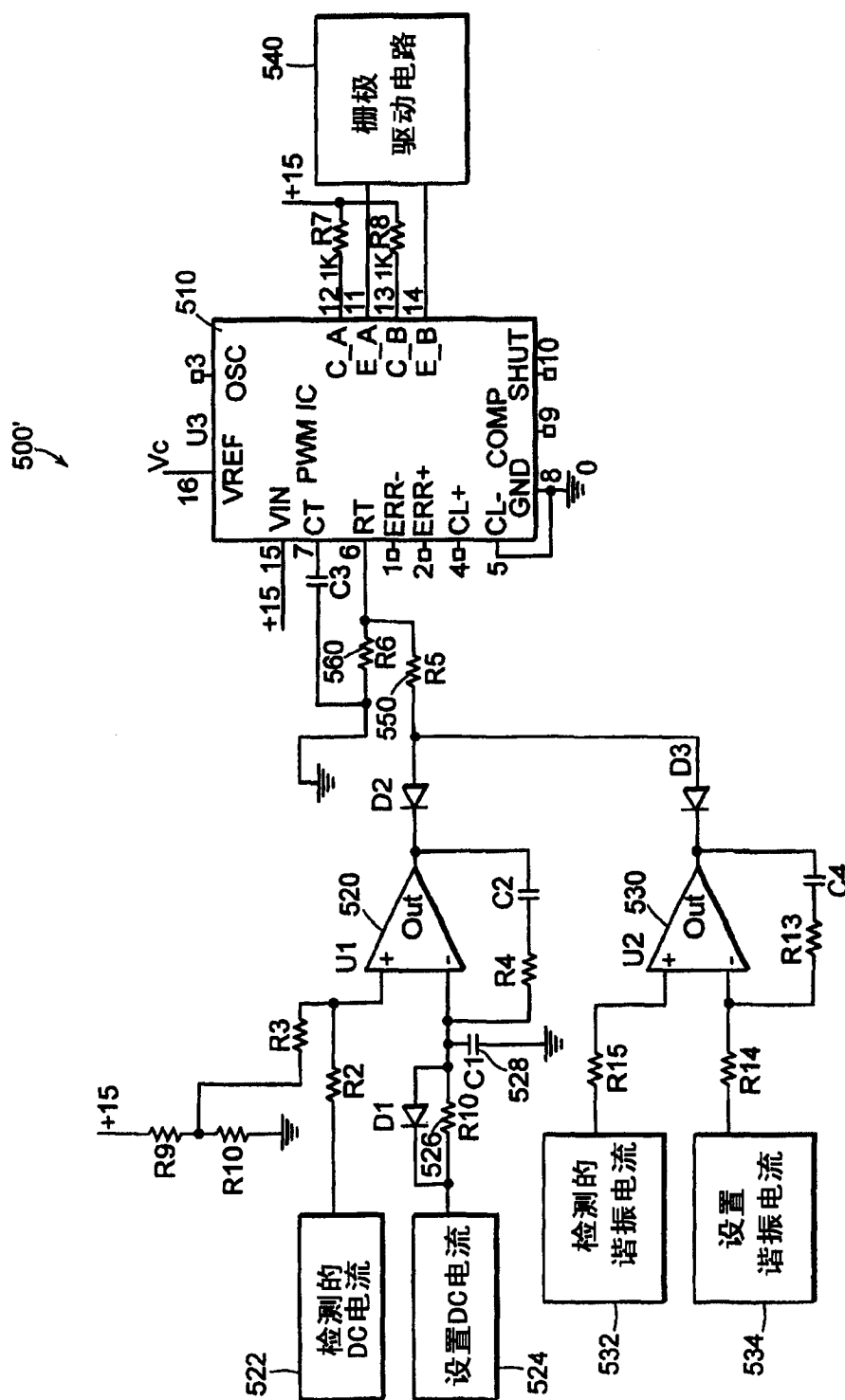
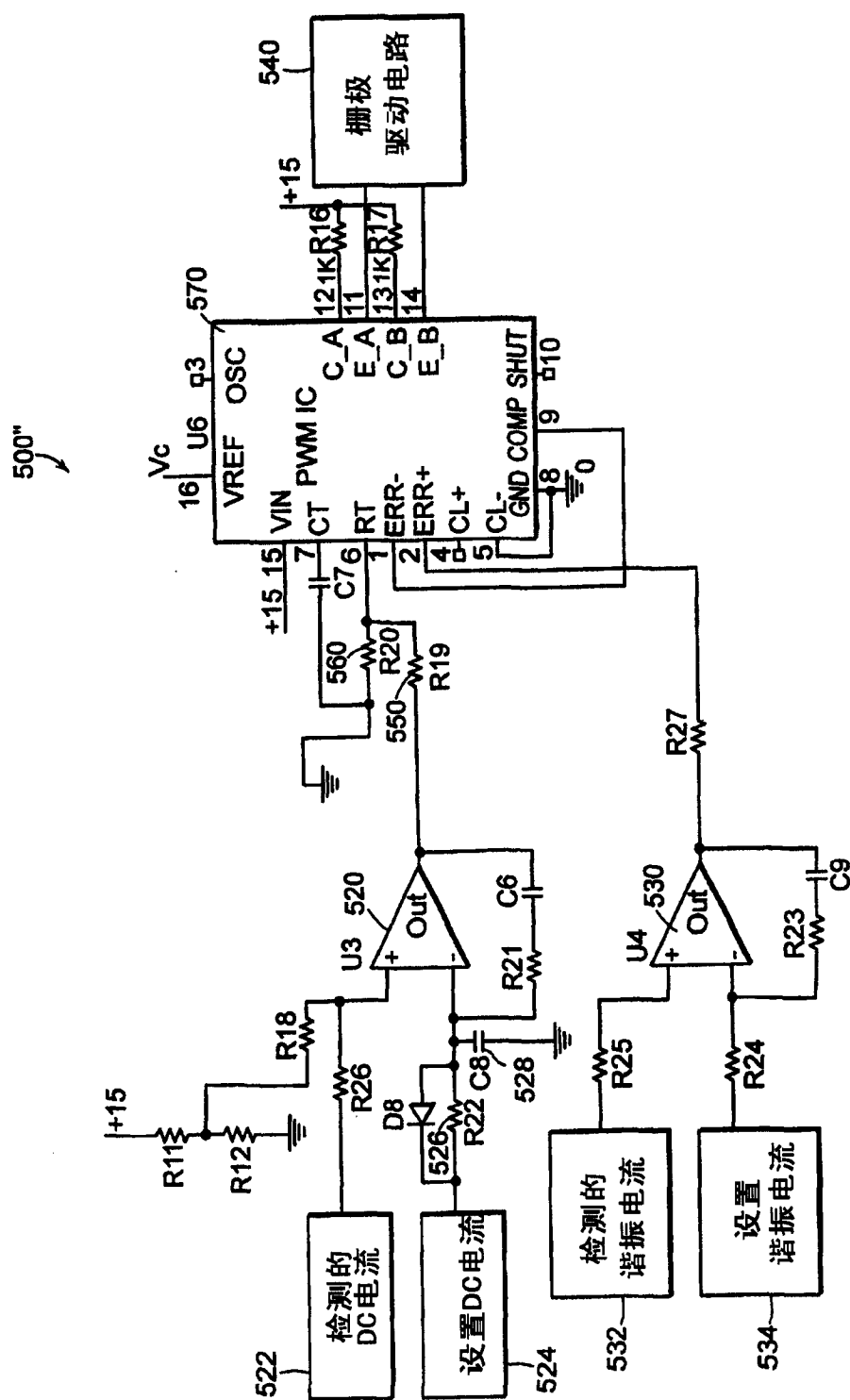


图 5A


5B

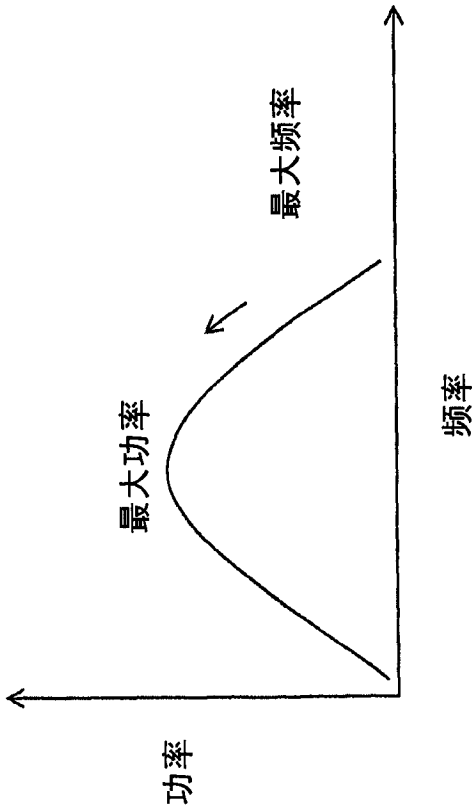


图 6

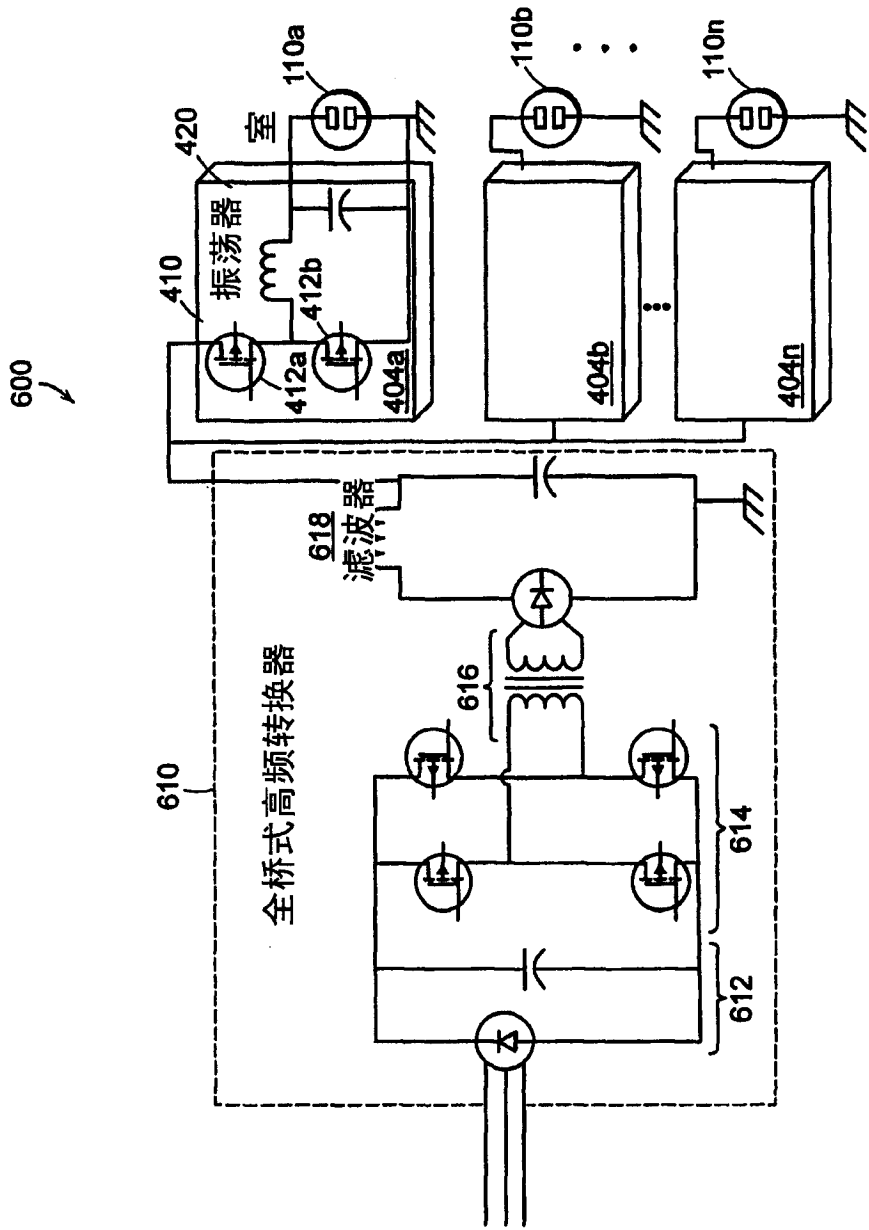
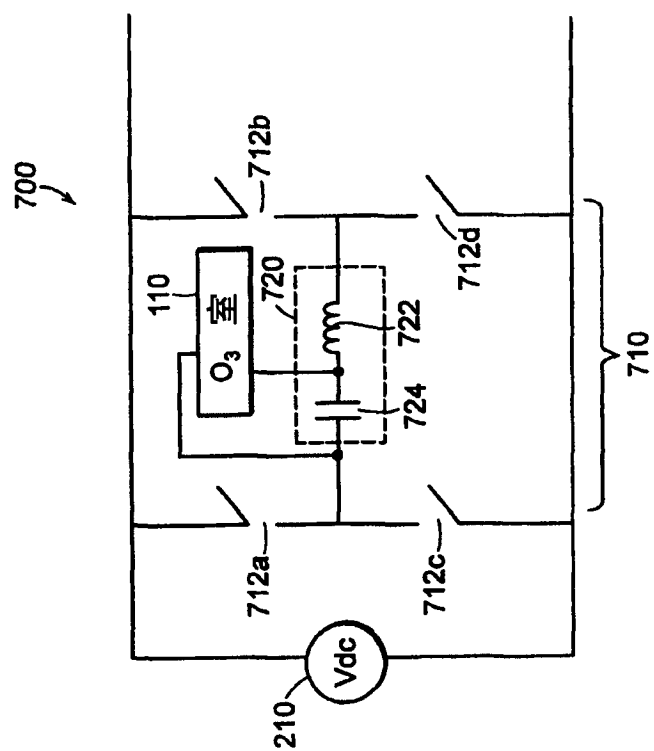


图 7

8A 

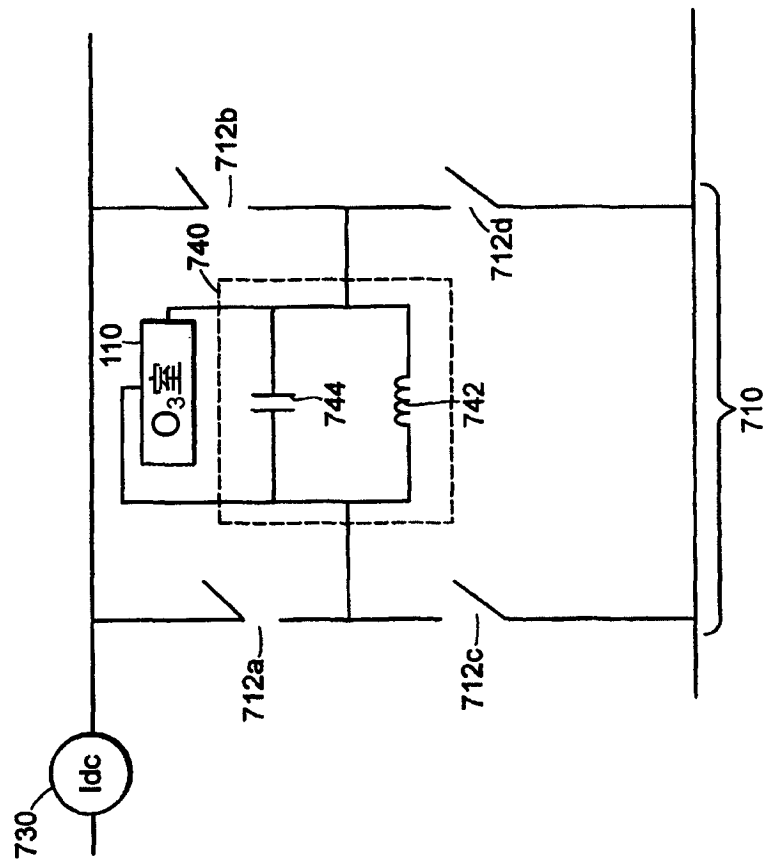


图 8B