



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104871285 B

(45)授权公告日 2018.01.05

(21)申请号 201380066339.5

(22)申请日 2013.12.18

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 104871285 A

(43)申请公布日 2015.08.26

(30)优先权数据
102012223659.7 2012.12.18 DE
102012223660.0 2012.12.18 DE

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2015.06.18

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/DE2013/100430 2013.12.18

(87)PCT国际申请的公布数据
W02014/094738 DE 2014.06.26

(73)专利权人 通快许廷格两合公司
地址 德国弗赖堡

(72)发明人 A·格雷德 D·克劳瑟
A·拉班茨 C·托默
A·佩娜维达尔

(74)专利代理机构 永新专利商标代理有限公司
72002

代理人 王琼

(51)Int.Cl.
H01J 37/32(2006.01)

(56)对比文件
US 2006/0252283 A1,2006.11.09,权利要求2,说明书第[0040]-[0090]段,附图1-6.

审查员 丁萍

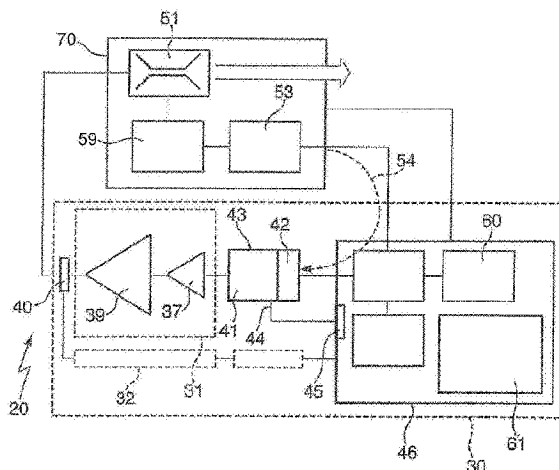
权利要求书2页 说明书13页 附图3页

(54)发明名称

灭弧方法和具有功率转换器的功率供应系统

(57)摘要

一种用于在等离子体系统(1)的等离子体腔室(6)中的灭弧的灭弧方法,包括以下方法步骤:
a. 在等离子体操作期间产生功率,以便在所述等离子体腔室中生成等离子体和以便使用所生成的等离子体来进行等离子体处理过程,其中,数字-模拟转换器(DAC)(41)生成要提供到放大器路径(31、32)并在那里放大的模拟信号;b. 借助于电弧检测针对电弧的产生来监测等离子体系统;c. 如果在步骤b中检测到电弧:通过电弧检测装置以使DAC的模拟输出信号被改变的方式来控制DAC。



1. 一种用于在等离子体系统(1)的等离子体腔室(6)中的消灭电弧的灭弧方法,包括以下方法步骤:

a. 在等离子体操作期间产生功率,以便在所述等离子体腔室(6)中生成等离子体和以便使用所生成的等离子体来进行等离子体处理过程,其中,数字-模拟转换器(41)生成要供送到放大器路径(31、32),并在放大器路径(31、32)放大的模拟信号;

b. 借助于电弧检测装置针对电弧的产生来监测等离子体系统;

c. 如果在步骤b中检测到电弧:

通过电弧检测装置用使数字-模拟转换器(DAC)(41)的模拟输出信号被改变的方式来控制DAC(41),其中,功率的产生以产生高频功率的方式实现,且DAC(41)以该DAC(41)产生在该频率下的信号的方式被控制。

2. 根据权利要求1所述的灭弧方法,其特征在于,一个或多个数字-模拟转换器(41)在检测到电弧时由所述电弧检测装置控制。

3. 根据前述权利要求中任一所述的灭弧方法,其特征在于,所述电弧检测装置控制电弧管理电路(60),所述电弧管理电路(60)进而直接地或间接地控制DAC(41)。

4. 根据权利要求1或2所述的灭弧方法,其特征在于,针对电弧的产生来监测等离子体系统(1)以如下方式实施:被送至等离子体的功率 P_i 和/或由等离子体反射的功率 P_r 和/或流入等离子体的电流和/或施加到等离子体的电压作为相关的信号被记录,并从所述相关的信号生成电弧检测信号。

5. 根据权利要求4所述的灭弧方法,其特征在于,所记录的信号由模拟-数字转换器(ADC)(59)转换成数字化值,且这些数字化值被送至逻辑电路(53),其中,逻辑电路(53)分析处理这些数字化值并产生所述电弧检测信号。

6. 根据权利要求5所述的灭弧方法,其特征在于,所记录的信号通过所述ADC(59)以大于1MHz的频率进行采样,所述逻辑电路(53)以大于1MHz的频率的时钟信号来定时。

7. 根据权利要求5所述的灭弧方法,其特征在于,所述ADC(59)和所述逻辑电路(53)被供送相同的时钟信号。

8. 根据权利要求1、2、5、6中任一所述的灭弧方法,其特征在于,小于等离子体操作功率的灭弧功率在步骤c中产生,以用于在灭弧操作期间向等离子体腔室(6)供送灭弧功率,

其中,所述等离子体操作功率和所述灭弧功率至少部分地以以下方式产生:数字-模拟转换器(DAC)(41)根据针对电弧的产生来监测等离子体系统而被控制,且在随后的放大器路径(31-36)中的一个上的DAC(41)的模拟输入信号被放大成等离子体功率或灭弧功率的至少一部分。

9. 根据权利要求1、2、5、6中任一所述的灭弧方法,其特征在于,一个或多个另外的数字-模拟转换器(41)根据针对电弧的产生来监测等离子体系统而被控制,在随后的放大器路径(31-36)中的一个上的数字-模拟转换器(41)的相应的模拟输出信号被放大成等离子体功率或灭弧功率的一部分。

10. 根据权利要求1、2、5、6中任一所述的灭弧方法,其特征在于,在相应的放大器路径(31-36)上的至少两个DAC(41)的模拟输出信号被不同地放大,或通过所述放大器路径(31-36)经历不同的周期时钟。

11. 根据权利要求1、2、5、6中任一所述的灭弧方法,其特征在于,所述放大器路径(31-

36) 被供送模拟信号,所述模拟信号通过DAC (41) 由数字信号产生且在所述放大器路径上被放大成高频功率信号,其中,所述数字信号通过以下方式产生:将存储在数字数据存储器 (61) 中的信号数据值乘以存储在幅度数据存储器 (62) 中的幅度数据值。

12. 根据权利要求11所述的灭弧方法,其特征在于,存储在幅度数据存储器 (62) 中的幅度数据值被改变,以从产生等离子体操作功率切换到产生灭弧功率。

13. 根据权利要求1、2、5、6、12中任一所述的灭弧方法,其特征在于,至少一个DAC (41) 在等离子体操作期间与在灭弧操作期间相比被供送相同的数字值序列。

14. 根据权利要求1、2、5、6、12中任一所述的灭弧方法,其特征在于,在等离子体操作期间与在灭弧操作期间相比,由至少一个DAC (41) 生成不同的模拟输出信号。

15. 根据权利要求1、2、5、6、12中任一所述的灭弧方法,其特征在于,至少一个DAC (41) 在等离子体操作期间与在灭弧操作期间相比被供送不同的参考信号。

16. 根据权利要求1、2、5、6、12中任一所述的灭弧方法,其特征在于,在检测到电弧时进行从等离子体操作功率到灭弧功率的阶段式的或逐渐的过渡。

17. 一种具有功率转换器 (30) 的功率供送系统 (20),所述功率转换器 (30) 产生高频信号、能够与等离子体腔室 (6) 连接以向等离子体处理供送高频功率,其中,所述功率转换器 (30) 包括第一放大器路径 (31-36),由DAC (41) 生成的模拟信号被供送至所述第一放大器路径 (31-36),其中,所述DAC (41) 与电弧检测装置至少间接地连接,

其中,所述DAC被构造成:

能连接至电弧检测装置,所述电弧检测装置针对电弧来监测等离子体腔室,且

受所述电弧检测装置控制,以便响应于检测到电弧的产生而改变所述模拟信号。

18. 根据权利要求17所述的功率供送系统,其特征在于,提供了测量装置 (70),电弧检测装置集成在所述测量装置 (70) 中,其中,所述测量装置 (70) 包括ADC (59),且其中,所述测量装置 (70) 包括逻辑电路 (53),以用于产生电弧检测信号。

灭弧方法和具有功率转换器的功率外送系统

技术领域

[0001] 本发明涉及一种在等离子体系统的等离子体腔中灭弧的方法,包括方法步骤:

[0002] a.在等离子体操作期间产生等离子体操作功率,以便在所述等离子体腔中产生等离子体,并使用所产生的等离子体来实施等离子体处理过程;

[0003] b.针对电弧的产生来监测等离子体系统;

[0004] c.如果在步骤b中检测到电弧:

[0005] i.产生小于等离子体操作功率的灭弧功率,以便在灭弧操作期间向等离子体腔外送灭弧功率。

[0006] 本发明还涉及一种具有功率转换器的功率外送系统,所述功率转换器可与等离子体腔连接,以便向等离子体处理外送功率。

背景技术

[0007] 等离子体代表由气体产生的特定聚集情况。每种气体大体是由原子和/或分子构成的。在等离子体中,气体的主要部分是电离的。这意味着能量的供给将使原子或分子分裂成正和负电荷载体,即分裂成离子和电子。等离子体适合于加工工件,因为带电粒子高程度地起化学反应,且也可以被电场所影响。带电粒子可通过电场被加速到物体上,其中,带电粒子可以在碰撞时由带电粒子分成单个原子。分离的原子可以借助于气流带走(蚀刻)或存储在其他物体上作为涂层(制造薄膜)。这种过程通过等离子体被应用,特别是在要处理极薄的层、尤其是在几个原子层范围内的层时。典型的应用是半导体技术(涂层、蚀刻等)、平面显示器(类似于半导体技术)、太阳能电池(类似于半导体技术)、建筑玻璃涂层(热保护、眩光保护等)、存储介质(CD、DVD、硬盘驱动器)、装饰层(有色玻璃等)和工具硬化。这些应用对精度和工艺稳定性的要求高。等离子体也可用于激光器的激发。

[0008] 为了从气体产生等离子体,气体必须被供给能量。这可以以不同的方式、例如通过光、热、电能来实现。用于处理工件的等离子体通常在等离子体腔室中被点燃并保持在那里。为此,惰性气体、例如氩气,通常在低压下被引入到等离子体腔室。该气体然后经由电极和/或天线暴露于电场。等离子体在多个条件得到满足时产生或被点燃。少量的自由电荷载体必须首先存在,由此使用通常在很小的程度上存在的自由电子。自由电荷载体被电场强烈加速,使得它们在与惰性气体的原子或分子撞击下分离更多的电子,从而产生更多的带正电荷的离子和更多的带负电荷的电子。附加的自由电荷载体进而被加速并在撞击下产生更多的离子和电子。这将引发雪崩效应。离子和电子的持续产生通过这些粒子与等离子体腔室的壁或其他物体的碰撞过程中的放电以及通过自然重组(即电子被离子吸引并重新结合形成电中性的原子或分子)而被消滅。一旦等离子体被点燃,它就因此必须被不断地给予能量以维持被点燃。

[0009] 这种能量提供可以通过直流(DC)或交流(AC)电源功率外送来实现。用交流电源发生等离子体激发时的频率可达到kHz的范围。

[0010] 短期或长期的闪络(所谓的电弧)可能会发生在等离子体中,这是不期望的。当检

测到这种电弧,必须保证该电弧被尽可能快地消灭,即,使它不能充分发展。

[0011] 已知的是在检测到电弧时完全关掉能源供应以执行灭弧。这种方法的一个缺点是,等离子体处理被中断,并且,它需要经过一段时间,然后等离子体才可在消灭电弧后重新被点燃以及等离子体处理可以继续。通常也无法肯定地确定电弧是否已经消灭。因此设想适当长的时间,之后电弧通常会被消灭。然而,这将导致等离子体处理过程中的更长的中断。

发明内容

[0012] 本发明的目的是提供一种用于在等离子体腔室中灭弧的方法,通过该方法可在无需不必要地影响等离子体处理过程的情况下实现更快且更可靠的灭弧。本发明的另一目的是提供一种功率供应系统,通过该功率供应系统可实施根据本发明的方法。

[0013] 该任务根据本发明通过一种用于在等离子体系统的等离子体腔室中灭弧的灭弧方法来解决,包括以下方法步骤:

[0014] a. 在等离子体操作期间产生等离子体操作功率,以便在所述等离子体腔室中生成等离子体和以便使用所生成的等离子体来进行等离子体处理过程;

[0015] b. 针对电弧的产生来监测等离子体系统;

[0016] c. 如果在步骤b中检测到电弧:

[0017] i. 产生小于等离子体操作功率的灭弧功率,以便在灭弧操作期间向等离子体腔室供应灭弧功率,其中,等离子体操作功率和灭弧功率至少部分地由以下方式产生:数字模拟转换器(DAC)依据针对电弧的产生来监测等离子体系统而被控制,并在随后的放大器路径上放大DAC的模拟输出信号,至少放大成等离子体功率或灭弧功率的一部分。

[0018] 这种灭弧方法比传统灭弧方法快许多倍。在其调整方面也更加灵活。该灭弧方法在闪络(电弧)发生在等离子体腔室中时实现对功率转换器的有效保护。功率也可在检测到电弧之后被快速地再次接通,所以能够减少对等离子体处理的基底的影响。

[0019] 迄今为止,通常在等离子体应用中在闪络过程中一旦检测到电弧就断开功率供应。这样做的目的是,一方面在腔室中消灭闪络和保护腔室中存在的基底,且另一方面保护功率转换器中的有效器件。利用可靠的半导体和相应的快速控制意味着根据本发明功率仅被降低,直至闪络完全消灭。等离子体操作功率可以仅降低到灭弧功率,直至闪络完全消灭。功率然后可立即恢复到100%,即完全等离子体操作功率可被供应至等离子体腔室。这具有的优点是,与现有技术的方法相比,完全等离子体点火可以在腔室内更快速地恢复。闪络以及断开功率的影响因此明显地降低了。

[0020] 依据等离子体系统监测,一个或多个另外的DAC可以被控制,以检测电弧的发生,且DAC的相应模拟输出信号可在随后的放大器路径上被放大成等离子体功率或灭弧功率的一部分。多个放大器路径可以以这种方式进行并行操作。这意味着,没有过多的功率需要在单独的放大器路径上产生,从而对用于放大器路径的器件成本产生有利的影响。

[0021] 该任务根据本发明也通过一种用于在等离子体系统的等离子体腔室中灭弧的灭弧方法来解决,包括以下方法步骤:

[0022] a. 在等离子体操作期间产生功率,以便在所述等离子体腔室中生成等离子体和以便使用所生成的等离子体来进行等离子体处理过程,其方式是:模拟信号由数字模拟转换

器产生、被送至放大器路径、并在所述放大器路径上被放大；

[0023] b. 通过电弧检测装置针对电弧的产生来监测等离子体系统；

[0024] c. 如果在步骤b中检测到电弧；

[0025] 通过所述电弧检测装置来控制所述数字模拟转换器，从而改变数字模拟转换器的模拟输出信号。

[0026] 尤其地，电弧检测信号（数字模拟转换器（DAC）可通过该电弧检测信号被直接控制）可以通过电弧检测装置生成。这意味着，不浪费时间在例如通过逻辑电路发送电弧检测信号，在所述逻辑电路处处理电弧检测信号。电弧检测信号因此优选直接送至DAC，而无需中间逻辑电路。这使得能够实现非常快的反应，例如当检测到闪络时关断，其方式是：送至放大器路径的模拟信号被改变。等离子体供给系统以这种方式被保护。因此，在传感器和功率控制器之间使用耗时的逻辑电路（这将导致长的反应时间以及对电弧的缓慢反应）可被避免。

[0027] 这种灭弧方法比传统灭弧方法快许多倍。该灭弧方法在闪络（电弧）发生在等离子体室中时实现了对功率转换器的有效保护。

[0028] 一个或多个另外的DAC可以在检测到电弧时通过电弧检测装置来控制。作为对检测到电弧的反应，功率可以例如被降低直至闪络完全消灭。一旦电弧消灭，功率可以相对迅速地恢复。如果提供了多个DAC，也可以提供并行操作的多个放大器路径。这意味着，没有过多的功率需要在单独的放大器路径上产生，从而对用于放大器路径的器件成本产生有利的影响。对应于多个放大器路径的多个DAC的控制也可以实现对电弧发生的快速反应。

[0029] 在相应的随后的放大器路径上的至少两个DAC的模拟输出信号可以被不同地放大，或者对放大器路径可以实现不同的周期时钟。因此，使用不同的放大器路径可以实现从单个放大器路径的输出功率的耦合或组合来设置总功率。以这种方式，与使用仅一个放大器路径或使用产生完全相同输出功率的放大器路径相比，送至等离子体腔室的功率可设定得更灵活。

[0030] DAC的参考信号输入可以通过电弧检测装置来控制。输入电压或输入电流尤其可以在参考信号输入下被改变。参考信号可用于影响DAC的输出信号。以这种方式，可以非常迅速地影响DAC的输出信号，因此非常迅速地改变供给到等离子体腔室的功率。供给到等离子体腔室的功率可尤其地被降低，以便消灭电弧。

[0031] 在DAC被供给数字值序列时，DAC的模拟输出信号可尤其非常快速且可靠地被设置。为此该数字值可以被存储在存储器中，特别是在参考表（查找表）中。

[0032] 相应的DAC的模拟输出信号可以在至少一个放大器路径上以常数放大因子被放大。通过这种方式，在所述放大器路径上所使用的大器可以被设计成特别简单。

[0033] 至少一个DAC可以被供给相同的数字值序列，无论电弧是否被检测到。对检测到电弧的反应因而不遵循所供给的数字值序列，但可以以一些其他方式来实现，从而在某些情况下可比DAC的模拟输出信号由于变化的数字值序列的变化更快地实现。

[0034] 在检测到电弧时与没有检测到电弧时相比，至少一个DAC可被供给不同的参考信号。参考信号可用于影响DAC的输出信号。通过该参考信号来控制DAC可导致：与所供给的数字值序列的变化相比，DAC输出信号的变化明显更快。

[0035] 如果至少一个DAC在等离子体操作期间被供给与灭弧操作期间相同的参考信号，

DAC的模拟输出信号的变化就可实现,其方式为:变化的数字值序列被供送。

[0036] 可监测所检测的电弧是否已经消灭,并在检测到电弧消灭时,电弧检测信号可不再供送至DAC。因此将无需花费预定时间等待直到功率可以再次供给到等离子体腔室中。这种预定时间在某些情况下可比实际需要的灭弧时间更长。如果,在另一方面,监测电弧是否已经消灭,只要电弧已消灭,功率就可以再次供给到等离子体腔室中。等离子体处理的中断时间因此可以保持到最小。

[0037] DAC的至少一个模拟输出信号可以通过包括该DAC的直接数字频率合成器件(DDS器件)来产生。通过DDS器件,可特别快地产生模拟输出信号。电弧的消灭,以及供送至等离子体腔室的功率的最小化可通过以下方式来实现:该DDS器件的参考信号输入被控制,并且特别是在该参考信号输入下的输入电压被改变,特别是增加。通过DDS器件的这种控制,可以非常迅速地改变模拟输出信号,以及供送至等离子体腔室的功率。

[0038] 每个DAC可被供送它自己的(单独的)数字值序列。以这种方式,DAC产生的输出信号可以单独设置。不同的放大器路径尤其地可被供送不同的模拟输入信号。供送到等离子体腔室的总功率可以因此以特别灵活的方式来设置。

[0039] 该数字值序列可从包括中央逻辑组件的存储器读取。这种存储器可以是所谓的查找表。

[0040] 该数字值序列可以以如下方式生成:将存储在信号数据存储器中的信号数据值乘以存储在幅度数据存储器中的幅度数据值。该数字值序列尤其可以以如下方式生成:存储在信号数据存储器中的信号数据值序列借助于计数器来读出,该信号数据值序列然后被供送至倍增器,且通过该倍增器乘以从幅度数据存储器读出的幅度数据值。模拟信号在此可以包括模拟电压。因此,可以以简单的方式来产生包括关于在DAC中待生成的模拟信号的信号形式和幅度的信息的数字信号。这具有优点,特别是当多个模拟信号并行生成、然后通过组合器来组合时,从而待组合的信号可以容易且快速地适于彼此。

[0041] 通过以这种方式产生的模拟信号来控制的放大器路径特别适合于对多个放大器路径的并行操作。以这种方式所产生的功率可以很容易地在放大器路径的输出部处进行组合。这产生了功率转换器的非常快速和精确地调节的总功率。

[0042] 电弧检测装置可以控制电弧管理电路,电弧管理电路进而可直接地或间接地控制DAC。DAC可以首先通过以电弧检测生成的电弧检测信号来控制,以便对检测到的电弧非常迅速地作出反应。通过电弧管理电路的这种快速电弧检测可以以进行电弧的处理的其他决定来进行补充。

[0043] 电弧管理电路可以影响模拟信号的幅度,其方式是:存储在幅度数据存储器中的幅度数据值被改变。幅度调制可以以这种方式非常快地进行。多个放大器路径的输出功率也可以非常迅速地改变,而放大器路径彼此的同步同时不受影响。

[0044] 电弧管理电路可以影响模拟信号的幅度,其方式是:存储在信号数据存储器中的信号数据值被改变。幅度调制也可以以这种方式非常快地进行。多个放大器路径的输出功率也可以非常迅速地改变,且非线性放大和相位移可被考虑,以用于放大器的模拟信号的不同幅度。

[0045] 等离子体系统的监测可以包括电弧的产生,其方式是:与被供送至等离子体的功率 P_i 和/或由等离子体反射的功率 P_r 和/或流入等离子体的电流和/或施加到等离子体的电

压相关的信号被记录下来,并通过电弧检测装置从所述信号产生电弧检测信号。尤其地,所记录的信号可以由模拟数字转换器(ADC)转换成数字化值,而这些数字化值可以被供送至逻辑电路,特别是可编程逻辑器件,由此,可编程逻辑器件分析处理这些数字化值,并产生电弧检测信号。通过这种优化的和专门的逻辑电路,电弧检测的速度可明显增加。另外,单个信号在这种情况下将足以确认电弧的存在,例如,以关闭等离子体系统。通过电弧检测信号与DAC的直接连接,电弧实际上可无延迟地确认。这实际上相当于实时监测等离子体系统信号,并在闪络发生时能够非常迅速地关闭该系统。在传感器和系统控制器之间使用耗时逻辑导致了长的反应时间,以及缓慢的反应,这根据本发明被避免。通过使用特定线路用于发送电弧检测信号,可实现最小的延迟。

[0046] 功率可以以如下方式产生:产生高频功率,特别是具有大于1MHz的频率的功率,且DAC以如下方式被控制:DAC产生在该频率下的信号。

[0047] 所记录的信号可以以大于1MHz的频率由ADC采样,且可编程逻辑器件可与在大于1MHz的频率下的时钟信号同步。相同的时钟信号可被供送至ADC和可编程逻辑器件。以这种方式,尽可能快的信号处理能够得到保证。

[0048] 所述至少一个放大器路径可以被供送由DAC从数字信号产生的模拟信号。模拟信号可以在放大器路径上被放大到高频功率信号。数字信号尤其可以以如下方式产生:存储在信号数据存储器中的信号数据值乘以存储在幅度数据存储器中的幅度数据值。这将实现对电弧检测的非常快的反应。

[0049] 数字值序列尤其可以以如下方式生成:存储在信号数据存储器中的信号数据值序列借助于计数器来读出,该信号数据值序列然后被供送至倍增器,且通过该倍增器乘以从幅度数据存储器读出的幅度数据值。

[0050] 至少两个放大器路径可被分别供送模拟信号,所述模拟信号分别从DAC相应地由一数字信号产生。模拟信号可分别在一放大器路径上被放大成高频功率信号。数字信号可以以如下方式生成:存储在信号数据存储器中的信号数据值乘以存储在幅度数据存储器中的幅度数据值。这将实现对电弧检测的非常快速和灵活的反应。

[0051] 存储在幅度数据存储器中的幅度数据值是可被改变的,以从产生等离子体操作功率切换到产生灭弧功率。以这种方式,放大器路径输出功率可以被快速改变,并且放大器路径的彼此同步同时不受影响。

[0052] 存储在幅度数据存储器中的幅度数据值与存储在信号值存储器中的信号数据值的相乘可在DDS器件中进行。这将减少器件数量以及成本。

[0053] 灭弧功率可以以使所检测的电弧消灭的方式来选择。虽然迄今通常在检测到闪络时关断功率并然后在假设闪络已经消灭时重新接通功率,但是根据本发明,可将供送到等离子体腔室的功率从等离子体操作功率降低至灭弧功率。通过向腔室持续供送灭弧功率,可确认和保证闪络是否且肯定地已经被消灭。一旦检测到电弧已经肯定地被消灭,灭弧功率就可再次提高至等离子体操作功率。由于在等离子体处理功率上的降低,以低处理能量点燃的过程可特别地首先以低能量水平(例如较低加速率)继续运行。一旦灭弧已经安全地被确认,处理操作就可以继续使用原始参数。这将减少由等离子体腔室反射的能量和到功率转换器的匹配网络,因此提高了功率转换器的工作寿命。

[0054] 在至少一个放大器路径上的相应的DAC的模拟输出信号可以在等离子体操作期间

以及灭弧操作期间以恒定放大因子被放大。通过这种方式,该放大器路径上所使用的放大器可以特别简单地进行设计。可进一步设想,在等离子体操作期间和灭弧操作期间使用同样的放大因子。

[0055] 至少一个DAC在等离子体操作期间和灭弧操作期间可以被供应相同数字值序列。从等离子体操作功率到灭弧功率的变化因此不通过提供的该数字值序列来实现,但可以以某些其他方式来实现,从而在某些情况下可比由于变化的数字值序列而改变DAC的模拟输出信号快。

[0056] 通过至少一个DAC,可以在等离子体操作期间生成与灭弧操作期间相比不同的模拟输出信号。这意味着,灭弧功率可以以特别简单的方式在灭弧操作期间进行设置。

[0057] 至少一个DAC在等离子体操作期间与灭弧操作期间相比可以被供应不同的参考信号。参考信号可用于影响DAC的输出信号。通过参考信号控制DAC可导致与所供应的数字值序列的变化相比明显更快的DAC输出信号的变化。

[0058] 如果至少一个DAC在等离子体操作期间与灭弧操作期间相比被供应相同的参考信号,模拟DAC输出信号的变化就可以以提供变化的数字值序列的方式来实现。

[0059] 可以进一步设想,所有DAC在等离子体操作期间都被供应相同的等离子体操作参考信号。所有DAC还可以在灭弧操作期间被供应相同的灭弧参考信号。从等离子体操作功率到灭弧功率的变化,因此可以尤其容易地通过DAC被供应不同的参考信号的方式来实现。

[0060] 可以监测所检测的电弧是否已经消灭,并在检测到电弧消灭时,等离子体操作功率可以再次生成并供应至等离子体腔室。因此,没有必要在等离子体操作功率可再次提供到等离子体腔室中之前等待预定时间。这种预定时间可能在某些情况下甚至会比实际需要的灭弧时间更长。替代地,如果监测电弧是否已经消灭,等离子体操作功率可以在一旦电弧已消灭时就再次被供应到等离子体腔室中。以这种方式,等离子体处理的中断可被最小化。

[0061] 在检测到电弧时,等离子体操作功率可以阶段式地或逐渐地改变为灭弧功率。以这种方式可避免等离子体腔室中的过度的功率变化。

[0062] 可在检测到电弧后尤其对所检测的电弧是否已经消灭进行监测,并且灭弧功率可阶段式地或逐渐地降低,直到检测到电弧已消灭。灭弧功率因此可以在电弧尚未消灭时总是进一步降低。以这种方式,可以防止灭弧功率降低太多。

[0063] 在检测到电弧时,等离子体操作功率可以切换到>0瓦的灭弧功率。以这种方式,功率供应没有完全关断,而是某一量的功率即使在灭弧操作期间也将仍然被供应至等离子体腔室。

[0064] 阶段式过渡的阶段的数量或大小或者逐渐过渡的梯度是可调节的。以这种方式,从等离子体操作功率到灭弧功率的过渡可根据所实施的等离子体处理来选择。

[0065] DAC的至少一个模拟输出信号可以通过包括DAC的直接数字频率合成器件(DDS器件)来生成。可通过DDS器件来特别快地生成模拟输出信号。从等离子体操作功率到灭弧功率的过渡可以以如下方式实现:DDS器件的参考信号输入被控制,特别是输入电压在参考信号输入下增加。通过DDS器件的这种控制,模拟输出信号以及供应至等离子体腔室的功率可以特别迅速地改变。

[0066] 每个DAC可被供应它自己的(单独的)数字值序列。以这种方式,所产生的DAC的输出信号可以单独设置。不同的放大器路径尤其地可被供应不同的模拟输入信号。以这种方

式,被供送到等离子体腔室的总功率可以因此以特别灵活的方式来设置。

[0067] 数字值序列可从包括中央逻辑组件的数据存储器读取。该数据存储器可包括所谓的查找表。

[0068] 带有产生高频信号的功率转换器的功率供送系统也形成本发明的一部分,所述功率转换器可与等离子体腔室连接,以用于向等离子体处理提供高频功率,其中,所述功率转换器包括第一放大器路径,该第一放大器路径被供送由DAC产生的模拟信号,其中,DAC至少间接地与电弧检测装置连接。这意味着,电弧检测装置可以发出直接信号到DAC。替代性地,可行的是电弧检测装置通过另外的器件(例如控制器件)与DAC连接。然而,对电弧检测的特别快速的反应可以以如下方式实现:电弧检测装置直接与DAC连接,并且因此直接影响由DAC产生的输出信号。

[0069] DAC可包括数字信号输入部和参考信号输入部。控制电路也可设想用于根据由电弧检测装置所记录的电弧检测信号来生成用于DAC的输入的至少一个输入信号。所述电弧检测装置可尤其改变供送到参考信号输入部的参考信号。即使供送至DAC的数字值序列保持不变,由DAC产生的输出信号仍然可以被影响。通过这种方式,可以实现从等离子体操作功率到灭弧功率的特别快的降低。

[0070] 功率转换器可包括多个放大器路径,所述多个放大器路径中的每个被分配了一个DAC,该DAC向相应的放大器路径提供模拟信号。以这种方式,功率信号可以在多个放大器路径上并行生成。对于放大器路径,可产生相同的功率信号,或可产生不同的功率信号。

[0071] 所述至少一个放大器路径可被供送由DAC从数字信号产生的模拟信号。用于产生被供送到DAC的数字信号的逻辑电路单元在此可尤其被安装在DAC上游。逻辑电路单元尤其可包括以下单元中的一个或多个:

[0072] -信号数据存储器,用于产生模拟信号形式的信号数据值被存储在所述信号数据存储器中,

[0073] -幅度数据存储器,用于影响模拟信号幅度的幅度数据值被存储在所述幅度数据存储器中,和

[0074] -倍增器,用于将信号数据值乘以幅度数据值。

[0075] 以这种方式,可对电弧检测很快地作出反应。

[0076] 所述至少两个放大器路径均可被供送由DAC从数字信号产生的模拟信号。为此,用于产生被供送到每个DAC的数字信号的逻辑电路单元在此可尤其被安装在DAC上游。逻辑电路单元尤其可包括以下单元中的一个或多个:

[0077] -信号数据存储器,用于产生模拟信号形式的信号数据值被存储在所述信号数据存储器中,

[0078] -幅度数据存储器,用于影响模拟信号幅度的幅度数据值被存储在所述幅度数据存储器中,和

[0079] -倍增器,用于将信号数据值乘以幅度数据值。

[0080] 以这种方式,可对电弧检测很快地作出反应,同时单独的放大器路径将继续同步工作。所述单元可集成在DDS中。

[0081] 电弧检测装置可以以它可以影响幅度数据存储器的方式与逻辑电路单元连接。以这种方式,可对电弧检测很快地作出反应,同时单独的放大器路径将继续同步工作。

[0082] 所述单元可集成在DDS器件中。这将减少器件的数量以及成本。

[0083] 放大器路径可与耦合器或组合器连接,以用于将放大器路径上产生的功率耦合成总功率。以这种方式,相对较低的功率可以在多个放大器路径上并行生成,所述功率随后通过组合器来耦合。因此,在组合器处提供的总功率可特别灵活地且成本高效地产生。

[0084] 组合器可以被设计成无需针对输入信号的不同强度和/或相位的均衡阻抗以用于耦合在放大器路径中产生的功率。这将产生组合器的特别简单和成本有效的结构。

[0085] 放大器路径可包括LDMOS技术晶体管。LDMOS晶体管的特征在于非常高的电流额定负载。但是它们具有的缺点是只能在相对较低的电压下工作,这不足以满足工业等离子体生成所需的那种功率。具有多个放大器路径和简单组合器的功率转换器的优点在于,只有放大晶体管(特别是LDMOS晶体管)上的带高电流的低电压可以施加到每个路径,即产生具有低阻抗的信号。这种信号中的多个可通过组合器耦合,以形成等离子体处理所需的总功率。

[0086] 控制电路可以被设计为FPGA,其可以与放大器路径的DAC连接,或集成在放大器路径的DAC中。被设计为FPGA的控制电路能够尤其快速地工作。

[0087] FPGA能够由数字信号处理器(DSP)来控制。由此也会产生特别快速的信号处理和相应的对等离子体腔室中的电弧检测的快速反应。

[0088] 带有功率转换器的功率供应系统也形成本发明的一部分,所述功率转换器可与等离子体腔室连接,以用于向等离子体处理提供功率,其中,所述功率转换器包括第一放大器路径,该第一放大器路径被供应由DAC产生的模拟信号,其中,DAC与电弧检测装置连接。DAC尤其可径直地、即可在没有中间逻辑电路的情况下直接地与电弧检测装置连接。这意味着,电弧检测装置可直接供应信号到DAC。这意味着,可实现对电弧检测的特别快速的反应。因此可直接影响由DAC产生的输出信号。

[0089] 信号线路可从电弧检测装置通过逻辑组件被回路连接至DAC。该逻辑组件可用于在无电弧范围内控制DAC。如果信号线被回路连接至所述逻辑组件,附加线路的“铺设”就可避免。然而,电弧检测信号经由被回路连接至逻辑组件的信号线路的传输在本发明的意义上将被理解成:电弧检测装置与DAC直接连接,电弧检测信号不在逻辑组件中进一步被处理和分析。

[0090] 可提供集成有电弧检测装置的测量装置。测量装置可以被设计为用于记录电流、电压和/或功率,尤其是前向和反向功率(**Vorwärts- und Rückwärtsleistung**),即反射功率。测量装置可尤其配备嵌入的数字化和测量信号的处理。附加逻辑组件在其中可直接产生电弧检测。

[0091] 该测量装置可包括定向耦合器。定向耦合器可以被设计为用于记录功率,特别是前向和反向功率。

[0092] 该测量装置可包括功率转换器。功率转换器例如可以被设计成罗氏线圈(Rogowsky-Spule)。该罗氏线圈可以是煎饼式设计。

[0093] 该测量装置可包括ADC。该测量装置和ADC可尤其位于电路板上。该测量装置可以是平面构型。滤波器可尤其位于ADC与测量装置之间。滤波器可以与ADC和测量装置位于同一电路板上。

[0094] 测量装置可以包括逻辑电路,以用于产生电弧检测信号。所述逻辑电路可以是可

编程逻辑电路(PLD)。这具有的优点是逻辑电路可以由用户改变,特别是被编程。为此,可编程逻辑电路可以例如被设计为所谓的FPGA(现场可编程门阵列)。该逻辑组件可与测量装置和ADC位于相同的电路板上。ADC和逻辑电路可以特别地实现为一个器件。定时也可以实现在此电路板上。可替代地,时钟周期可以在外部产生。定时可以与功率信号的频率同步来实现。

[0095] 时钟信号的频率可以是大于1MHz。

[0096] 可提供电弧管理电路,其与电弧检测装置和至少一个DAC连接。电弧管理电路与电弧检测装置连接意味着,当电弧被确认时,电弧管理电路被通知。如果电弧检测装置以这种方式可以直接控制DAC,并且能够产生功率降低,电弧管理电路就可以执行进一步的数据处理,并尤其记录电弧是否已被消灭,并且还据此控制DAC。

[0097] 该DAC可以包括数字信号输入部和参考信号输入部,且电弧管理电路可根据由电弧检测装置记录的电弧检测信号产生至少一个输入信号,以用于DAC的输入。电弧管理电路可尤其改变被供送到参考信号输入部的参考信号。因此,即使供送至DAC的数字值序列保持不变,也可以用这种方式影响由DAC产生的输出信号。

[0098] 功率转换器可以包括多个放大器路径,所述多个放大器路径分别对应于一DAC,该DAC向相应的放大器路径提供模拟信号。因此,功率信号可以在多个放大器路径上并行生成。在所有放大器路径上可以产生相同的功率信号,或者可以产生不同的功率信号。放大器路径的并行布置产生了用于高输出功率的特别紧凑的结构。这种功率转换器特别容易调整。

[0099] 放大器路径能够连接到组合器,以组合在放大器路径中产生的功率,从而形成总功率。为此可使用相对简单的组合器,所述组合器制造起来更便宜,但就输入信号的相位、幅度和频率而言要求严格。以这种方式,功率转换器能够以尤其紧凑的结构和符合成本效益的方式构造。

[0100] 用于组合在放大器路径中产生的功率的组合器能够设计为没有针对不等强度和/或相位的输入信号的补偿阻抗。这种组合器尤其节省能量且符合成本效益。而且,这种类型的组合器能够以非常紧凑的方式和少的组件构造。

[0101] 放大器路径可包括LDMOS技术晶体管。LDMOS指代“横向扩散金属氧化物半导体”。这些MOSFET至今主要在GHz范围中使用。在范围低于200MHz中使用这些晶体管至今是未知的。在用于产生能够提供到等离子体处理的功率的放大器中的情况下,已经惊奇地示出,这些LDMOS技术晶体管比相应的传统MOSFET工作得显著更可靠。这可能是由于非常高的电流额定负载。在对多个放大器路径且在3.4MHz、13MHz、27MHz、40MHz以及162MHz的频率下的实验中,这些晶体管类型已经示出尤其高的可靠性。与传统MOSFET比较,这些晶体管类型的其他优点包括,同样的晶体管能够用于指定频率(3.4MHz、13MHz、27MHz、40MHz和162MHz)。这意味着,在数十年间能够在范围从1MHz到200MHz范围内使用的放大器系统和功率输送系统现在能够以非常类似或甚至同样的布局技术构建。这些频率经常在等离子体处理和气体激光激光器中使用。频率能够通过简单地改变DAC的控制而设置,幅度能够通过改变在数字存储器中或参考表(查找表)中的值而设置。当在等离子体处理中以这些频率操作时,传统MOSFET经常在过多提供到等离子体处理的功率被反射的情况下出现问题。因此,功率产生必须经常被限制,以保证反射功率不升到临界等级以上。以这种方式,等离子体处理不能一

直在理想的功率范围中安全地点燃或操作。而且,还可提供复杂可控的阻抗调整电路和组合器以解决这些缺点。如果必须会有重要的反射功率,例如,在提供等离子体处理的情况下,LDMOS晶体管的使用就是尤其有利的。LDMOS晶体管结合上述组合器的优点是,高得多的功率反射能够从晶体管吸收。因此,对在功率输送系统和负载之间连接的附加阻抗匹配网络的要求被降低,并且就这些阻抗匹配网络而言能够节省用于器件和控制的成本。

[0102] 控制电路可以被设计为与放大器路径的DAC连接的FPGA,或可以被集成到放大器路径的DAC中。被设计成FPGA的控制电路可尤其非常快地工作。FPDA可以通过数字信号处理器(DSP)来控制。这也会产生特别快速的信号处理和相应的对等离子体腔室中的电弧检测的快速反应。FPGA可以包括电弧管理电路。

[0103] 功率转换器可产生频率大于1MHz的高频功率,且从DAC输送至放大器路径的模拟信号可以是该频率下的信号。

[0104] 本发明的其他特征和优点在以下对参考附图的示例性实施方式的描述中呈现,所述附图示出对本发明和权利要求基本的细节。这些特征中的每个能够以其本身实现或在本发明的一个变型内以一起的任意组合实现。

附图说明

[0105] 本发明的一个优选实施方式在附图中示意性地示出,且将在下面参照附图更详细地描述,附图示出了:

[0106] 图1是带有功率输送系统的等离子体系统的高度示意性视图;

[0107] 图2是功率输送系统的框图;

[0108] 图3是DDS器件的框图;

[0109] 图4是示出了参考信号的曲线的图,该参考信号例如可生成用于检测电弧;

[0110] 图5是功率输送系统的框图。

具体实施方式

[0111] 图1示出了包括功率输送系统2的等离子体系统1。功率输送系统2进而包括能够连接到供电网络4的功率转换器3。在功率转换器3的输出处产生的功率经由阻抗匹配网络5输送至等离子体腔室6,在所述等离子体腔室6中产生等离子体,等离子体加工过程借助于所述功率在等离子体腔室6中实施。尤其地,工件能够被蚀刻或材料层能够施加到基底。

[0112] 图2以高度示意的示意图示出了功率输送系统20。功率输送系统20包括产生输出功率的功率转换器30,输出功率能够提供到负载,例如,等离子体处理或激光激发器。多个放大器路径31-36设置在功率转换器30中。放大器路径31-36基本相同地构造。因此,下文将仅描述放大器路径31。放大器路径31-36包括适于放大模拟信号的多个放大器37、38。在放大器路径31-36的端部处相应地设置各具有至少一个LDMOS晶体管的放大器39,所述放大器39的输出直接地或例如经由阻抗匹配元件和/或滤波器间接连接到组合器40。尤其地,所有放大器路径31-36的所有输出尤其以同样的方式连接到组合器40。由放大器路径31-36输送的各个功率由组合器40耦合以形成总功率。

[0113] 放大器路径31-36基本相同地构造并非必然意味着它们提供相同的放大率。电路构造过程中的器件差异和公差能够导致在放大器路径31-36上利用同样输入信号产生的高

频功率信号的相位和/或幅度的巨大差异。

[0114] 相应地,带相应的逻辑电路单元42的DAC 41安装在每个放大器路径31-36的上游。尤其地,来自逻辑电路单元42的数字值序列被供送到DAC41,DAC 41由所述数字值序列产生模拟输出信号,所述模拟输出信号可选地在通过可选的滤波器55滤波之后供送到放大器路径31-36。DAC 41和逻辑电路单元42能够集成到所谓直接数字频率合成模块(DDS器件)43、也称为直接数字频率合成器中。放大器路径31-36中的每个对应专用DDS器件43和相应的DAC 41以及逻辑电路单元42。

[0115] 以图3中的DDS器件43作为示例来描述。

[0116] 在此,逻辑电路单元42包括:

[0117] 1. 信号数据存储单元61,用于产生模拟信号形式的信号数据值存储在所述信号数据存储单元61中;

[0118] 2. 幅度数据存储单元62,用于影响模拟信号幅度的幅度数据值存储在所述幅度数据存储单元62中;

[0119] 3. 倍增器63,其用于使信号数据值乘以幅度数据值;以及

[0120] 4. 计数器64,其确保信号数据值以预定间隔从信号数据存储单元61读出且提供到倍增器。

[0121] 信号数据存储单元61以及幅度数据存储单元62能够被设计为所谓的查找表(LUT)。

[0122] 而且,DAC 41提供参考信号输入部44,参考信号输入部44位于控制电路45下游,以产生参考信号。控制电路45能够以待描述的数字逻辑电路(可编程逻辑器件,PLD)46实现。数字逻辑电路能够被设计为现场可编程(逻辑)门阵列(Field Programmable Logic Gate Array,FPGA)。控制电路45也可被设计为FPGA或作为FPGA的器件。

[0123] 在参考信号输入部44处产生的参考信号可影响输出信号(即,DAC 41产生的模拟信号)。数字逻辑电路46(其尤其也包括实施为查找表(LUT)的存储器47)位于DDS器件43的上游。能够从存储器47写到幅度数据存储单元62的幅度数据值能够存储在存储器47中。用于相位校正的数据也能够被存储。存储在存储器47中的值用于补偿放大器路径31-36中的或下游组合器40中的差异。所述值能够传递到逻辑电路单元42,尤其是幅度数据存储单元62。数字逻辑电路46由经由数据总线50连接到系统控制器49的数字处理器(尤其是数字信号处理器(DSP)48)控制。

[0124] 数字处理器(尤其数字信号处理器(DSP)48)、存储器47和逻辑电路单元42能够实现成逻辑模块58。逻辑模块58能够实施为数字逻辑电路PLD,尤其是FPGA 58。如果DAC 41也被集成,则实现了紧凑的逻辑模块57。数字处理器(尤其是DSP 48)、存储器47、DDS器件43、以及DAC 41、和滤波器55、和第一放大器37能够在印刷电路板56上实现。同样的印刷电路板56能够用于具有不同容量、不同频率以及不同负载(激光、等离子体,等等)的多个不同功率供应系统。

[0125] 组合器40的输出功率经由定向耦合器51提供到负载,例如等离子体处理。发射的功率和从负载反射的功率能够由定向耦合器51记录。测量信号处理通过连接到定向耦合器51的测量装置52实施。测量装置52继而连接到系统控制器49。因此,可借助于系统控制器49,基于所记录的输出功率和所记录的反射功率来确定将从组合器40产生的输出功率。对应于本说明书,系统控制器49能够控制DSP 48,并且继而DSP 48能够控制数字逻辑电路46。

[0126] 能够在测量装置中实现电弧检测。为了实现对电弧的快速响应,电弧检测装置(即,测量装置)能够直接连接到DAC 41(尤其DAC 41的参考信号输入部44)或控制电路45。

[0127] 包含幅度信息和相位信息、以及可选地频率信息在内的数字值存储在存储器47中,使得具有特定幅度、频率和相位的模拟信号能够在DAC 41的输出处产生。因此,可以将各个放大器路径31-36的输出信号与彼此匹配,使得输出信号能够在组合器40中耦合,以尤其用于提高输出功率。尤其地,非常简单的组合器40能够以这个方式使用而没有产生损失的均衡阻抗,并且保持小的功率损失。

[0128] 因为根据本发明的产生模拟信号的方式,在组合器40的输出处的功率能够被非常快速地影响和变化。

[0129] 图4的图显示了等于在DAC的参考信号输入部处的输入信号的电压随时间的变化。在位置t1检测到闪络。参考信号的电压随后增大,这由附图标记12表示。在所示的情况下,参考信号的电压逐渐上升。这导致DAC的输出信号减小。除了逐渐上升之外,参考信号也可以阶段式地增加至最大值,从而将导致灭弧功率也以阶段式设置。在位置t3处电弧的消灭被确认。因此,参考信号的电压降低,如附图标记14所示。DAC的预先设定的输出功率因此恢复。

[0130] 在图5的框图中所示的功率输送系统20是从图2的功率输送系统20略加修改的图示。相同的构件被分配相同的附图标记。电源系统20在此也包括用于产生输出功率的功率转换器30,输出功率可被输送至负载,例如等离子体处理或激光激发器。在功率转换器30中设置了多个放大器路径31,其中,在此仅示出了两个放大器路径,且放大器路径32与放大器路径31大致相同地构造。

[0131] 组合器40的输出功率通过包括定向耦合器51的测量装置70输送至负载,例如等离子体处理。定向耦合器51能够记录功率输出和由负载反射的功率。作为定向耦合器的替代,或附加地,可以使用其它解耦装置,例如用于测量电流的发送装置和/或用于测量电压的电压分离器。

[0132] 测量装置70(其可以被认为是电弧检测器)还包括ADC 59。为此定向耦合器51和ADC 59可位于在同一电路板上。定向耦合器51可以被设计为平面构型。测量装置70还包括逻辑电路53,用于产生直接输送到DDS43的电弧检测信号。该直接输送由箭头54来指示。这尤其表明,用于电弧检测信号的缆线可被回路连接至数字逻辑电路46。逻辑电路53、定向耦合器51和59在一个电路板上实现。ADC 59和逻辑电路53可在一个器件中实现。

[0133] 在本实施例中提供了定位在可以被设计为FPGA的数字逻辑电路46中的电弧管理电路60。因为电弧管理电路60被定位在逻辑电路46中,电弧管理电路还可与DDS 43或DAC 41连接。电弧管理电路60可如本文所示地与逻辑电路单元42连接。可替代地,DAC 41除了参考信号输入部之外还可包括数字信号输入部,所述数字信号输入部与数字逻辑电路46、尤其是电弧管理电路60连接。

[0134] 数字逻辑电路46可包括由附图标记61表示的其他逻辑操作器。由附图标记54表示的线路可以被理解为特定线路,经由该线路可将信号特别迅速地输送至DAC 41。

[0135] 电弧检测信号的准备直接在测量装置70中进行,而无需数字逻辑电路46的其他逻辑器件在电弧检测信号的产生中的参与。单个信号从而足以通知系统电弧的存在。电弧检测信号与DAC 41的直接连接意味着,电弧实际上可无延迟地被确认。这种“超快电弧处理程

序”可以由附加的逻辑器件、例如电弧管理电路60来补充，它实现了较高等级的确定，但反应明显更慢。

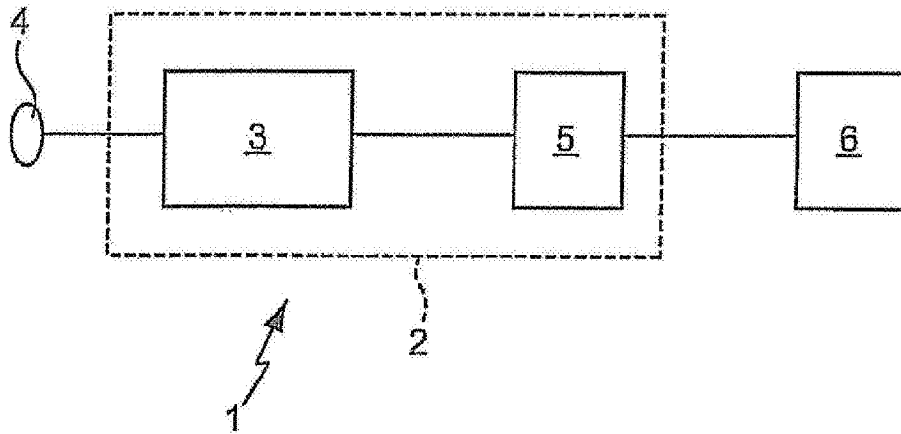


图1

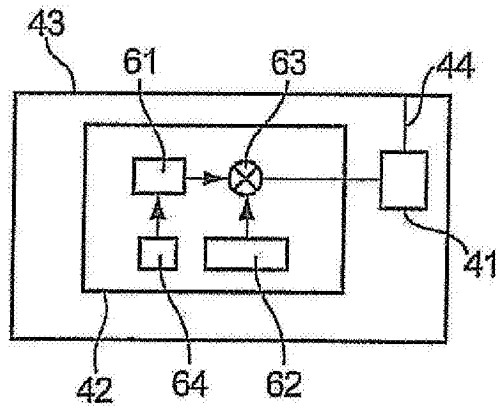


图3

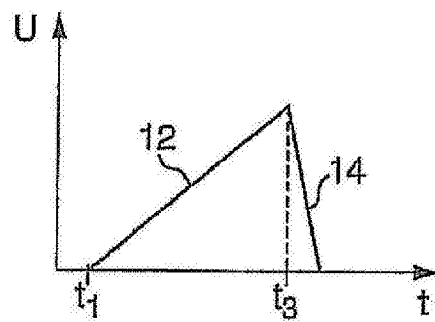


图4

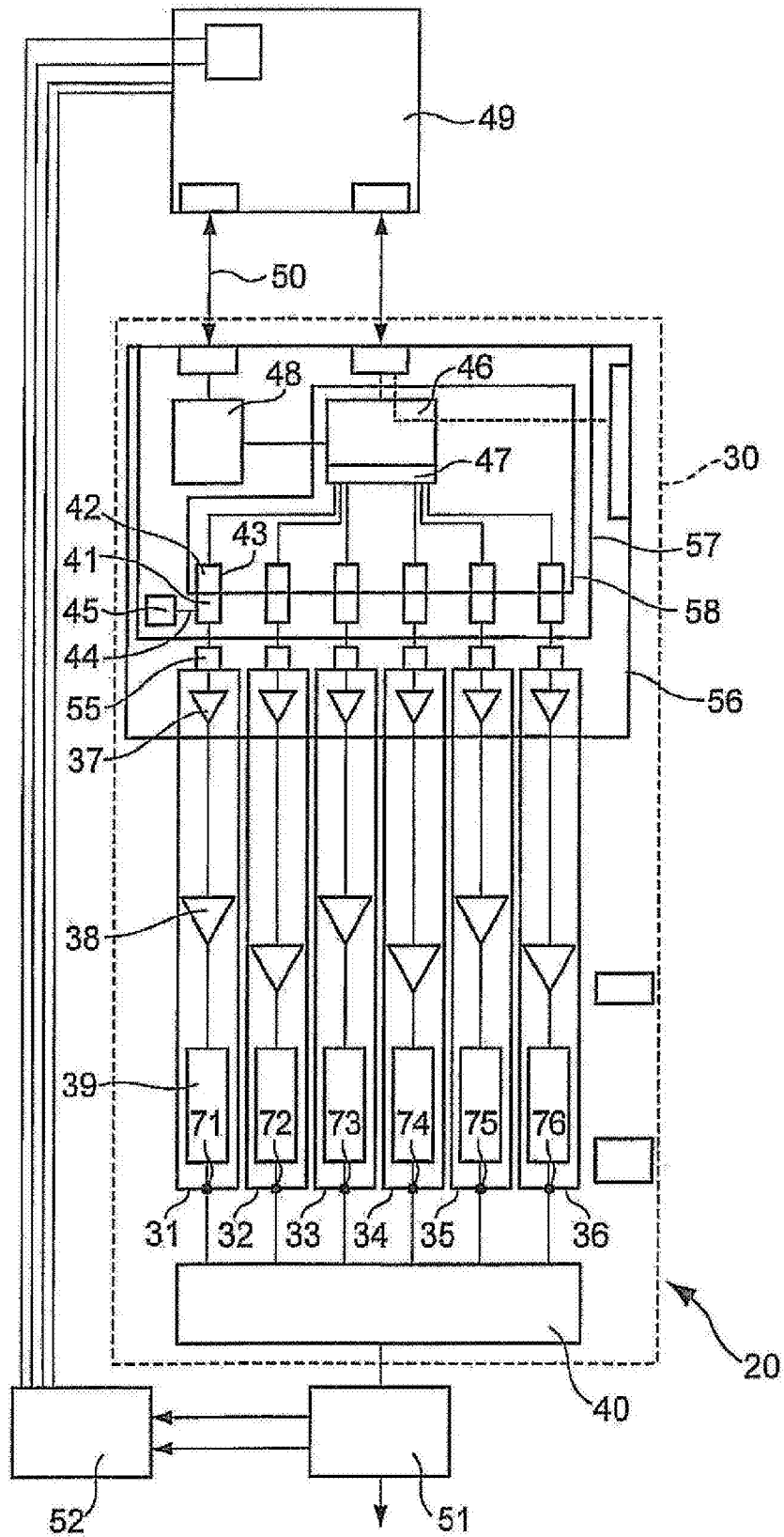


图2

