(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 119852156 A
(43)申请公布日 2025.04.18

(21)申请号 202411644877.4

(22)申请日 2020.04.24

(30)优先权数据
62/840,335 2019.04.29 US

(62)分案原申请数据
202080046995.9 2020.04.24

(71)申请人 朗姆研究公司
地址 美国加利福尼亚州

(72)发明人 吴垠 龙茂林 约翰·德鲁厄里
维克拉姆·辛格

(74)专利代理机构 上海胜康律师事务所 31263
专利代理师 李献忠 张华

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

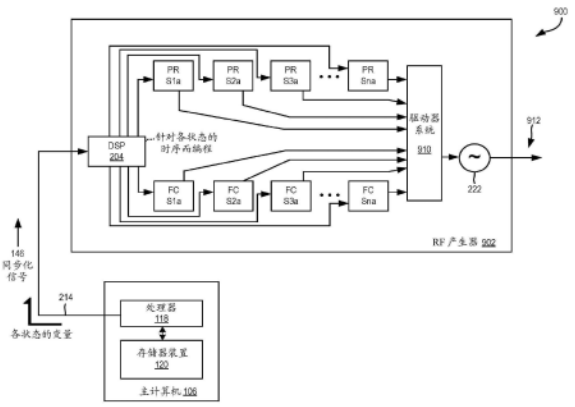
权利要求书7页 说明书70页 附图54页

(54)发明名称

用于RF等离子体工具中的多级脉冲的系统和方法

(57)摘要

描述了多级脉冲的系统和方法。所述系统和方法包含产生四或更多个状态。在所述四或更多个状态中的每一者期间,射频(RF)产生器产生RF信号。所述RF信号具有四或更多个功率电平,且所述四或更多个功率电平的每一者对应于所述四或更多个状态。所述多级脉冲促进处理衬底方面的更精细的控制。



CN 119852156 A

1.一种在等离子体工具的多个部件之间传送信息的方法,其包含:

在射频(RF)产生器处接收一个或多个以太网控制自动化技术(EtherCAT)帧,其中所述RF产生器为所述等离子体工具的所述多个部件中的一者;

由所述RF产生器从所述一个或多个EtherCAT帧提取多个变量等级;

由所述RF产生器产生RF信号,所述RF信号在时钟周期的期间具有所述多个变量等级;

识别所述一个或多个EtherCAT帧的目的地地址;以及

将所述一个或多个EtherCAT帧传送至在所述目的地地址处的所述多个部件中的另一者。

2.根据权利要求1所述的方法,其中所述多个变量等级包含第一变量等级、第二变量等级、第三变量等级和第四变量等级,其中在所述时钟周期的期间,所述RF信号从所述第一变量等级转变至所述第二变量等级、从所述第二变量等级转变至所述第三变量等级、以及从所述第三变量等级转变至所述第四变量等级。

3.根据权利要求1所述的方法,其还包含识别所述一个或多个EtherCAT帧中的一者内的所述RF产生器的地址,其中所述提取包含从具有所述地址的字段与具有所述多个部件中的所述另一者的另一地址的字段之间的字段获取所述多个变量等级。

4.根据权利要求1所述的方法,其中所述多个部件中的所述另一者包含耦合至所述RF产生器的阻抗匹配电路。

5.根据权利要求1所述的方法,其中所述多个变量等级中的每一个为频率电平或功率电平。

6.根据权利要求1所述的方法,其中所述一个或多个EtherCAT帧从处理器接收,所述方法还包含:

从所述多个部件中的所述另一者接收所述一个或多个EtherCAT帧;以及

将所述一个或多个EtherCAT帧传送至所述处理器。

7.根据权利要求1所述的方法,其中所述一个或多个EtherCAT帧中的每一者具有用于从所述RF产生器接收测量数据的字段和包含提供至所述RF产生器的所述多个变量等级的字段。

8.一种射频(RF)产生器,其包含:

通信控制器,其被配置成接收一个或多个以太网控制自动化技术(EtherCAT)帧,其中所述RF产生器为等离子体工具的多个部件中的一者,

其中所述通信控制器被配置成从所述一个或多个EtherCAT帧提取多个变量等级;以及

RF电源,其耦合至所述通信控制器,其中所述RF电源被配置成产生RF信号,所述RF信号在时钟周期的期间具有所述多个变量等级,

其中所述通信控制器被配置成识别所述一个或多个EtherCAT帧的目的地地址,且

其中所述通信控制器配置成将所述一个或多个EtherCAT帧传送至在所述目的地地址处的所述多个部件中的另一者。

9.根据权利要求8所述的RF产生器,其中所述多个变量等级包含第一变量等级、第二变量等级、第三变量等级和第四变量等级,其中在所述时钟周期的期间,所述RF信号从所述第一变量等级转变至所述第二变量等级、从所述第二变量等级转变至所述第三变量等级、以及从所述第三变量等级转变至所述第四变量等级。

10.根据权利要求8所述的RF产生器,其中所述通信控制器配置成识别所述一个或多个EtherCAT帧中的一者内的所述RF产生器的地址,其中为了提取所述多个变量等级,所述通信控制器配置成从具有所述地址的字段与具有所述多个部件中的所述另一者的另一地址的字段之间的字段获取所述多个变量等级。

11.根据权利要求8所述的RF产生器,其中所述多个部件中的所述另一者包含耦合至所述RF产生器的阻抗匹配电路。

12.根据权利要求8所述的RF产生器,其中所述多个变量等级中的每一个为频率电平或功率电平。

13.根据权利要求8所述的RF产生器,其中所述一个或多个EtherCAT帧从处理器接收,其中所述通信控制器被配置成:

从所述多个部件中的所述另一者接收所述一个或多个EtherCAT帧;以及

将所述一个或多个EtherCAT帧传送至所述处理器。

14.根据权利要求8所述的RF产生器,其中所述RF产生器包含耦合至所述通信控制器的处理器,其中所述一个或多个EtherCAT帧中的每一者具有用于从所述RF产生器的所述处理器接收数据的字段和包含提供至所述RF产生器的所述处理器的所述多个变量等级的字段。

15.一种阻抗匹配电路,其包括:

通信控制器,其被配置成接收一个或多个以太网控制自动化技术(EtherCAT)帧;

一或多个部件;以及

处理器,当所述通信控制器被配置为从所述一个或多个EtherCAT帧向所述处理器传送数据,以控制所述一个或多个部件时,所述处理器耦合到所述一或多个部件和所述通信控制器。

16.根据权利要求15所述的阻抗匹配电路,其中所述一个或多个EtherCAT帧从等离子体系统的一个部件接收,其中所述通信控制器被配置为:

确定存储在所述一个或多个EtherCAT帧内的地址与所述阻抗匹配电路的预先存储的地址相匹配;以及

在确定存储在所述一个或多个EtherCAT帧内的地址与所述预先存储的地址相匹配时,识别要从所述一个或多个EtherCAT帧中提取的数据。

17.根据权利要求15所述的阻抗匹配电路,其中所述通信控制器被配置为:

从所述处理器接收基准,其中所述基准由传感器测量;

将所述基准嵌入所述一个或多个EtherCAT帧中;以及

将所述一个或多个EtherCAT帧传送至与所述阻抗匹配电路耦合的部件。

18.根据权利要求17所述的阻抗匹配电路,其中所述通信控制器被配置为:

确定存储在所述一个或多个EtherCAT帧中的地址与耦合到所述阻抗匹配电路的所述部件的预先存储的地址相匹配;以及

响应于确定存储在所述一个或多个EtherCAT帧中的地址与所述预先存储的地址相匹配,向耦合到所述阻抗匹配电路的所述部件传送一个或多个EtherCAT帧。

19.根据权利要求18所述的阻抗匹配电路,其中耦合到所述阻抗匹配电路的所述部件是源射频(RF)产生器、或偏置RF产生器、或主机。

20.根据权利要求15所述的阻抗匹配电路,其中所述数据包括从射频(RF)产生器接收

的状态信息,其中所述处理器被配置为基于所述状态信息中的多个状态之一控制所述一或多个部件,而不基于所述状态信息中的多个状态的其余状态控制所述一个或多个部件。

21.一种方法,其包括:

通过阻抗匹配电路的通信控制器接收一个或多个以太网控制自动化技术(EtherCAT)帧;以及

通过所述通信控制器将来自所述一个或多个EtherCAT帧的数据传送至所述阻抗匹配电路的处理器,以控制所述阻抗匹配电路的一或多个部件。

22.根据权利要求21所述的方法,其中所述一个或多个EtherCAT帧从所述等离子体系统的一个部件接收,所述方法还包括:

通过所述通信控制器确定存储在所述一个或多个EtherCAT帧中的地址与所述阻抗匹配电路的预先存储的地址相匹配;以及

在确定存储在一个或多个EtherCAT帧中的地址与所述预先存储的地址相匹配时,通过所述通信控制器识别要从所述一个或多个EtherCAT帧中提取的数据。

23.根据权利要求21所述的方法,还包括:

通过所述通信控制器从所述处理器接收基准,其中所述基准由传感器测量;

通过所述通信控制器将所述基准嵌入所述一个或多个EtherCAT帧中;以及

通过所述通信控制器将所述一个或多个EtherCAT帧传送至与所述阻抗匹配电路耦合的部件。

24.根据权利要求23所述的方法,还包括:

通过所述通信控制器确定存储在所述一个或多个EtherCAT帧中的地址与耦合到所述阻抗匹配电路的所述部件的预先存储的地址相匹配;以及

响应于确定存储在所述一个或多个EtherCAT帧中的地址与所述预先存储的地址相匹配,通过所述通信控制器向耦合到所述阻抗匹配电路的所述部件传送一个或多个EtherCAT帧。

25.根据权利要求24所述的方法,其中耦合到所述阻抗匹配电路的所述部件是源射频(RF)产生器、或偏置RF产生器、或主机。

26.根据权利要求21所述的方法,其中所述数据包括从射频(RF)产生器接收的状态信息,所述方法还包括:由所述处理器基于所述状态信息中的多个状态之一控制所述一或多个部件,而不基于所述状态信息中的多个状态的其余状态控制所述一个或多个部件。

27.一种阻抗匹配电路,其包括:

处理器;和

通信控制器,其耦合到所述处理器,其中所述通信控制器被配置成:

从所述处理器接收基准;

将所述基准嵌入一个或多个以太网控制自动化技术(EtherCAT)帧中;以及

将所述一个或多个EtherCAT帧传送至与所述阻抗匹配电路耦合的部件。

28.根据权利要求27所述的阻抗匹配电路,其中所述通信控制器被配置为:

确定存储在所述一个或多个EtherCAT帧中的地址与所述部件的预先存储的地址相匹配;以及

响应于确定存储在所述额外的一个或多个EtherCAT帧中的地址与所述预先存储的地

址相匹配,向所述部件传送所述一个或多个EtherCAT帧。

29.根据权利要求27所述的阻抗匹配电路,其中所述部件是源射频(RF)产生器、或偏置RF产生器或主机,其中所述基准由传感器测量,其中所述基准是复电压电流或复电压或复功率或复电流。

30.根据权利要求27所述的阻抗匹配电路,还包括一或多个部件,其中所述处理器被配置成基于多个状态之一控制所述一或多个部件,而不基于所述多个状态中的其余状态控制所述一个或多个部件。

31.一种方法,其包括:

通过阻抗匹配电路的通信控制器,从所述阻抗匹配电路的处理器接收基准;

通过所述通信控制器,将所述基准嵌入一个或多个以太网控制自动化技术(EtherCAT)帧中;以及

通过所述通信控制器,将所述一个或多个EtherCAT帧传送至与所述阻抗匹配电路耦合的部件。

32.根据权利要求31所述的方法,还包括:

通过所述通信控制器,确定存储在所述一个或多个EtherCAT帧中的地址与所述部件的预先存储的地址相匹配;以及

响应于确定存储在所述一个或多个EtherCAT帧中的地址与所述预先存储的地址相匹配,通过所述通信控制器向所述部件传送一个或多个EtherCAT帧。

33.根据权利要求31所述的方法,其中所述部件是源射频(RF)产生器、或偏置RF产生器或主机,其中所述基准由传感器测量,其中所述基准是复电压电流或复电压或复功率或复电流。

34.根据权利要求31所述的方法,还包括:

通过所述处理器,基于多个状态之一控制所述阻抗匹配电路的一或多个部件;以及

避免通过所述处理器基于多个状态中的其余状态控制所述一个或多个部件。

35.一种控制射频(RF)信号的变量的转换的方法,其包括:

产生所述RF信号;

脉冲所述RF信号,以具有从第一可变水平到第二可变水平的第一状态过渡;以及

脉冲所述RF信号,以具有从第二可变水平到第三可变水平的第二状态过渡,其中所述第二状态过渡的类型与所述第一状态过渡的类型不同。

36.根据权利要求35所述的方法,其中所述第二状态过渡为弯曲的,并且所述第一状态过渡为线性的。

37.根据权利要求35的方法,其中所述第一可变水平是第一频率电平或第一参数等级,所述第二可变水平是第二频率电平或第二参数等级,所述第三可变水平是第三频率电平或第三参数等级。

38.根据权利要求35所述的方法,其中所述第二状态过渡的斜率与所述第一状态过渡的斜率不同,其中所述第一状态过渡具有负斜率,且所述第二状态过渡具有负斜率。

39.根据权利要求35所述的方法,其中所述第二状态过渡的斜率与所述第一状态过渡的斜率不同,其中所述第一状态过渡具有正斜率,且所述第二状态过渡具有正斜率。

40.根据权利要求35所述的方法,其中第一可变水平大于或小于所述第二可变水平,所

述第二可变水平大于或小于所述第三可变水平。

41.一种控制器,包括:

处理器,其配置用于:

控制射频(RF)产生器以产生RF信号;

控制所述RF产生器以脉冲所述RF信号,以具有从第一可变水平到第二可变水平的第一状态过渡;以及

控制所述RF产生器以脉冲所述RF信号,以具有从所述第二可变水平到第三可变水平的第二状态过渡,其中所述第二状态过渡的类型与所述第一状态过渡的类型不同;以及

存储器装置,其耦合到所述处理器。

42.根据权利要求41所述的控制器,其中所述第二状态过渡为弯曲的,并且所述第一状态过渡为线性的。

43.根据权利要求41的控制器,其中所述第一可变水平是第一频率电平或第一参数等级,所述第二可变水平是第二频率电平或第二参数等级,且所述第三可变水平是第三频率电平或第三参数等级。

44.根据权利要求41所述的控制器,其中所述第二状态过渡的斜率与所述第一状态过渡的斜率不同,其中所述第一状态过渡具有负斜率,且所述第二状态过渡具有负斜率。

45.根据权利要求41所述的控制器,其中所述第二状态过渡的斜率与所述第一状态过渡的斜率不同,其中所述第一状态过渡具有正斜率,且所述第二状态过渡具有正斜率。

46.根据权利要求41所述的控制器,其中所述处理器被配置为向所述RF产生器提供所述第一状态过渡的第一多个变量值和用于所述第二状态过渡的第二多个变量值,其中所述第一多个变量值位于所述第一可变水平和所述第二可变水平之间,且所述第二多个变量值位于所述第二可变水平和所述第三可变水平之间。

47.根据权利要求41所述的控制器,其中所述第一可变水平大于或小于所述第二可变水平,且所述第二可变水平大于或小于所述第三可变水平。

48.一种射频(RF)产生器,其包括:

处理器,其配置为接收用于第一状态过渡的第一多个变量值和用于第二状态过渡的第二多个变量值;以及

射频(RF)电源,其耦合到所述处理器,以产生具有第一可变水平、第二可变水平和第三可变水平的RF信号,

其中,所述处理器被配置为控制所述RF电源以实现从所述第一可变水平到所述第二可变水平的所述第一状态过渡,以及实现从所述第二可变水平到所述第三可变水平的所述第二状态过渡。

49.根据权利要求48所述的RF产生器,其中所述第二状态过渡为弯曲的,并且所述第一状态过渡为线性的。

50.根据权利要求48所述的RF产生器,其中所述第一可变水平是第一频率电平或第一参数等级,所述第二可变水平是第二频率电平或第二参数等级,且所述第三可变水平是第三频率电平或第三参数等级。

51.根据权利要求48所述的RF产生器,其中所述第二状态过渡的斜率与所述第一状态过渡的斜率不同,其中所述第一状态过渡具有负斜率,且所述第二状态过渡具有负斜率。

52.根据权利要求48所述的RF产生器,其中所述第二状态过渡的斜率与所述第一状态过渡的斜率不同,其中所述第一状态过渡具有正斜率,且所述第二状态过渡具有正斜率。

53.根据权利要求48所述的RF产生器,其中所述第一多个变量值位于所述第一可变水平和所述第二可变水平之间,且所述第二多个变量值位于所述第二可变水平和所述第三可变水平之间。

54.根据权利要求48所述的RF产生器,其中所述第一可变水平大于或小于所述第二可变水平,且所述第二可变水平大于或小于所述第三可变水平。

55.一种校准射频(RF)产生器的方法,包括:

当所述RF产生器耦合到已知负载时,根据所述RF产生器产生的RF信号的第一状态确定第一电压值;以及

响应于确定所述第一电压值在预设范围之外后,针对所述第一状态调整第一功率电平和第一工作周期中的至少一个。

56.根据权利要求55所述的方法,还包括:

当所述RF产生器耦合到所述已知负载时,根据所述RF信号的第二状态确定第二电压值;以及

响应于确定所述第二电压值在所述预设范围之外后,针对所述第二状态调整第二功率电平和第二工作周期中的至少一个。

57.根据权利要求56所述的方法,其中在所述第一状态期间所述RF信号具有第一可变水平,且在所述第二状态期间所述RF信号具有第二可变水平,其中所述第一可变水平大于或小于所述第二可变水平。

58.根据权利要求55所述的方法,其中所述已知负载是50欧姆负载,其中所述RF产生器通过RF缆线耦合到所述已知负载。

59.一种用于校准射频(RF)产生器的控制器,包括:

处理器,其配置成:

当所述RF产生器耦合到已知负载时,根据所述RF产生器产生的RF信号的第一状态的发生确定第一电压值;和

响应于确定所述第一电压值在预设范围之外后,针对所述第一状

态调整第一功率电平和第一工作周期中的至少一个;以及

存储器装置,其耦合到所述处理器。

60.根据权利要求59所述的控制器,其中所述处理器被配置成:

当所述RF产生器耦合到所述已知负载时,根据所述RF信号的第二状态的发生确定第二电压值;以及

响应于确定所述第二电压值在所述预设范围之外,针对所述第二状态调整第二功率电平和第二工作周期中的至少一个。

61.根据权利要求60所述的控制器,其中在所述第一状态期间所述RF信号具有第一可变水平,且在所述第二状态期间所述RF信号具有第二可变水平,其中所述第一可变水平大于或小于所述第二可变水平。

62.根据权利要求59所述的控制器,其中所述已知负载是50欧姆负载,其中所述RF产生器通过RF缆线耦合到所述已知负载。

63.一种控制阻抗匹配电路的方法,包括:

向所述阻抗匹配电路传送有关多个状态的时序信息;以及

在所述多个状态之一期间修改所述阻抗匹配电路的电路部件的电容,以减少反射到射频(RF)产生器的功率,其中所述阻抗匹配电路耦合到所述RF产生器。

64.根据权利要求63所述的方法,还包括在所述多个状态的其余状态之一期间修改所述RF产生器的频率或功率电平,以降低在所述多个状态期间的反射功率。

65.根据权利要求64所述的方法,还包括在所述多个状态中的所述一个状态和所述多个状态中的所述其余状态期间保持RF产生器的频率恒定。

66.根据权利要求65所述的方法,其中通过保持所述RF产生器的频率恒定,使所述多个状态期间的反射功率最小。

67.根据权利要求63所述的方法,其中所述阻抗匹配电路是源匹配部或偏置匹配部,其中所述源匹配部耦合到等离子体室的变压器耦合等离子体(TCP)线圈,且所述偏置匹配部耦合到所述等离子体室的静电卡盘。

68.一种控制器,包括:

处理器,其配置成:

向所述阻抗匹配电路传送有关多个状态的时序信息;以及

在所述多个状态之一期间修改所述阻抗匹配电路的电路部件的电容,以减少反射到射频(RF)产生器的功率,其中所述阻抗匹配电路耦合到所述RF产生器;和

存储器装置,其耦合到所述处理器。

69.根据权利要求68所述的控制器,其中所述处理器配置成在所述多个状态的其余状态中的一个期间控制所述RF产生器以修改所述RF产生器的频率或功率电平,以降低在所述多个状态期间的反射功率。

70.根据权利要求68所述的控制器,其中所述处理器配置成在所述多个状态中的所述一个状态和所述多个状态中的所述其余状态期间控制所述RF产生器以保持所述RF产生器的频率恒定。

71.根据权利要求70所述的控制器,其中通过保持所述RF产生器的频率恒定,使所述多个状态期间的反射功率最小。

72.根据权利要求68所述的控制器,其中所述阻抗匹配电路是源匹配部或偏置匹配部,其中所述源匹配部耦合到等离子体室的变压器耦合等离子体(TCP)线圈,且所述偏置匹配部耦合到所述等离子体室的静电卡盘。

用于RF等离子体工具中的多级脉冲的系统和方法

本申请是申请号为202080046995.9、申请日为2020年4月24日、发明名称为“用于RF等离子体工具中的多级脉冲的系统和方法”的申请的分案申请。

技术领域

[0001] 本发明的实施方案涉及射频(RF)等离子体工具中的多级脉冲的系统和方法。

背景技术

[0002] 这里提供的背景描述是为了总体呈现本公开的背景的目的。当前指定的发明人的工作在其在此背景技术部分以及在提交申请时不能确定为现有技术的说明书的各方面中描述的范围内既不明确也不暗示地承认是针对本公开的现有技术。

[0003] 在等离子体工具中,一或更多射频(RF)产生器被耦合至阻抗匹配电路。阻抗匹配电路耦合至等离子体室。RF信号从RF产生器供给至阻抗匹配电路。阻抗匹配电路在接收到这些RF信号时输出RF信号。该RF信号从阻抗匹配电路供给至等离子体室,以用于处理等离子体室中的晶片。然而,晶片并未被处理到所期望的细节程度。

[0004] 本公开内容中所述实施方案就是在该背景中提出的。

发明内容

[0005] 本公开内容的实施方案提供射频(RF)等离子体工具中的多级脉冲的设备、方法和计算机程序。应理解,本文实施方案可以多种方式实施,例如过程、设备、系统、硬件的部分、或计算机可读介质上的方法。在下文描述若干实施方案。

[0006] 在以下的说明中,提供多级脉冲的若干实施方案。并且,提供了关联于多级脉冲的若干益处。可以将此处所述实施方案中的两个或更多个组合以与彼此操作,或此处所述实施方案中的每一者可以彼此独立地操作,以提供关联于多级脉冲的具体实施方案。

[0007] 描述了促进多级脉冲的RF产生器。RF产生器产生具有四个或更多功率电平的RF信号,并将该RF信号提供到耦合至等离子体室的电极的阻抗匹配电路。该RF信号在一时钟周期的期间达成多级脉冲。例如,在一时钟周期的期间,RF信号从第一功率电平转变至第二功率电平,进一步从第二功率电平转变至第三功率电平,并从第三功率电平转变至第四功率电平。在该时钟周期的终点,RF信号从第四功率电平转变回第一功率电平。该多状态脉冲周期性地重复而持续多个时钟周期。

[0008] 第一、第二、第三和第四功率电平中的每一者是不同的功率电平。例如,第一功率电平的一或更多功率值为专有的或与第二功率电平的一或更多功率值不同、与第三功率电平的一或更多功率值不同、并与第四功率电平的一或更多功率值不同。并且,第二功率电平的一或更多功率值与第三功率电平的一或更多功率值不同、并且与第四功率电平的一或更多功率值不同。第三功率电平的一或更多功率值与第四功率电平的一或更多功率值不同。

[0009] 多状态脉冲不限于四个功率电平。例如,产生数量小于四的功率电平。举例而言,由RF产生器产生两或三个功率电平。举另一示例而言,由RF产生器产生数量大于四(例如

五、或六、或七)的功率电平。

[0010] 执行多状态脉冲以达成处理操作的不同阶段之间的平衡,例如蚀刻操作期间的沉积阶段与该蚀刻操作期间的蚀刻阶段之间的平衡。例如,施加多状态脉冲的两个较低功率电平以执行沉积阶段,且施加多状态脉冲的两个较高功率电平以执行蚀刻阶段。该两个较低功率电平具有比该两个较高功率电平更低的功率。例如,蚀刻操作是在感应耦合等离子体(ICP)室中执行的导体蚀刻。RF产生器经由阻抗匹配电路耦合至ICP等离子体室的电极,例如变压器耦合等离子体(TCP)电极或偏置电极。

[0011] 在一实施方案中,描述了用于减少线路功率损耗的脉冲列(pulse train)校准方法。脉冲列校准方法包括模拟待产生的多状态功率脉冲列、将该列施加至已知的50欧姆负载、并且测量该多状态功率脉冲列的电压或功率。例如,针对多状态功率脉冲列的各状态测量电压或功率。功率脉冲列的各状态的功率可以改变,以基于所测量到的电压或功率、或测量到的复电压和电流解决线路损失。线路的示例包括将RF产生器的输出端耦合至匹配部的输入端的射频(RF)缆线、或RF缆线与将匹配部的输出端耦合至等离子体室的电极的RF传输线的组合。

[0012] 在一实施方案中,描述了用于减少线路功率损耗的电压脉冲整平方法。电压脉冲整平方法包含测量或确定已知负载下的脉冲形状,并且补偿功率以获得方形RF脉冲响应。脉冲形状通过使用电压或功率或复电压和电流探针来测量。这是在脉冲内的电压控制。脉冲被分成多个子脉冲。对于每一子脉冲,执行电压或功率控制。例如,对于脉冲的电压或功率过低的部分,使功率改变以达到方形的平坦脉冲。执行电压脉冲整平方法以解决线路中的功率损耗。

[0013] 在一实施方案中,描述了用于减少线路功率损耗的工作周期校准方法。工作周期校准方法包含测量工作周期,并且针对多状态脉冲中的每一状态调整工作周期的持续时间,以解决线路功率损耗。

[0014] 在多级脉冲(例如四或更高数量的功率电平)的情况下,有时匹配部难以减少反射的功率。

[0015] 在一实施方案中,设置变压器耦合电容调谐(TCCT)匹配部以减少多状态脉冲期间的反射功率。TCCT匹配部与源RF产生器一起使用,且经修改而用于多级脉冲,例如四阶或更高阶脉冲。TCCT匹配部被提供关于多级脉冲的时序信息,使其可被调谐至多级脉冲。

[0016] 在一实施方案中,描述了状态匹配部调谐方法。状态调谐方法包含在一状态期间调谐TCCT匹配部,以及在其他3或4或5个其余状态期间进行频率调谐(例如调谐RF产生器),以减少反射功率。

[0017] 在一实施方案中,取代来源TCCT匹配部或偏置匹配部,使用固态匹配装置,使得其可以更快调谐至多状态脉冲,以减少反射功率。固态匹配装置是从晶体管、或半导体二极管、或其组合制成。

[0018] 在多级脉冲的情况下,匹配部难以跟上多级脉冲来使反射的功率减至最小。

[0019] 在一实施方案中,描述了具有固定频率的匹配部调谐方法。在四个状态的情形中,匹配部在第一状态被调谐,且在其他三个状态中维持RF产生器的固定频率。确定该频率以使四个状态的权重与反射功率的乘积的总和最小化。例如,频率是使得C1P1+C2P2+C3P3+C4P4对于状态1至4而言为最小,其中C1至C4为权重,且P1至P4为各状态期间的反射功率。权

重C1至C4可以是各状态的工作周期的百分比。取代反射功率,可使功率反射系数最小化。

[0020] 当对变压器耦合等离子体(TCP)电极(例如一或更多TCP线圈)及偏置电极施以脉冲而具有多个状态(例如四或更多个功率电平)时,期望达到例如蚀刻速率或沉积速率的处理速率方面的均匀性。

[0021] 在一实施方案中,提供TCP与偏置电极之间的时钟同步方法。在时钟同步方法中,提供了用于多个状态的高分辨率时钟。该高分辨率时钟供给具有多个状态(例如四或更多个状态)的数字脉冲信号至将功率提供给TCP电极和偏置电极的RF产生器。该同步促进均匀性的实现。

[0022] 在一实施方案中,提供以太网控制自动化技术(EtherCAT)同步化方法和系统,以实现均匀性。EtherCAT缆线用于使不同装置(例如TCPRF产生器、偏置RF产生器和匹配部)同步。EtherCAT缆线用于传输通信脉冲列,以与不同装置通信。例如,通信脉冲列具有开始时间和停止时间。开始时间为一系列脉冲的开始,且停止时间为该系列停止的时间。开始和停止时间重复进行。脉冲列可嵌有关于针对不同装置的多个状态的信息。该信息将包含各装置的各状态的开始和停止时间。并且,将EtherCAT缆线用于同步化将消除对于经由多个同步化缆线提供TTL信号至不同装置以使不同装置同步的需求。各同步化缆线带有TTL信号。不再需要同步化缆线。EtherCAT缆线的示例为以太网络缆线。

[0023] 并且,期望在多状态脉冲(例如四或更多个状态)中控制处理均匀性,并且实现处理速率或蚀刻深度。

[0024] 在一实施方案中,提供同步化主控器(例如脉冲主控器)以控制处理均匀性并且实现处理速率。例如,脉冲主控器包含模数电压控制接口(ADVCI),以使TCP和偏置RF产生器同步化。例如,ADVCI可产生具有两状态的数字脉冲信号或TTL信号以提供至TCPRF产生器,且可产生具有四个状态的另一数字脉冲信号或另一TTL信号以提供至偏置RF产生器。这两个状态和四个状态是在时钟信号的一个时钟周期内产生的。举另一示例而言,ADVCI可以产生具有四个状态的数字脉冲信号或TTL信号以提供至TCP RF产生器,且可以产生具有四个状态的数字脉冲信号或TTL信号以提供至偏置RF产生器。该四个状态是在时钟信号的时钟周期的期间产生。

[0025] 在一实施方案中,脉冲主控器与终点检测一起使用,以控制处理均匀性并且实现处理速率。脉冲主控器用于在多状态(例如多阶)脉冲的情况下使光发射光谱(OES)与Lam的光谱反射术同步化。终点或处理点检测利用OES和Lam的光谱反射术进行。Lam光谱反射仪(LSR)或OES测量从晶片反射的光的强度。

[0026] 在一实施方案中,提供了具有在源RF产生器与偏置RF产生器之间的选择性同步化的开-关时间修改方法。开-关时间修改方法包括改变(例如延迟或前移)各状态中RF功率的开启时间和关闭时间,以将2个等离子体阻抗状态改变成4个等离子体阻抗状态,或将四个等离子体阻抗状态改变成八个等离子体阻抗状态。开启和关闭时间可以在各状态内进行调整或改变,以从2个等离子体阻抗状态实现四个等离子体阻抗状态。例如,施加RF功率的开启时间在状态S1中稍微延迟,且/或关闭时间在状态S1中稍微提早实现。在TCP和偏置RF产生器两者的RF功率的开启和关闭时间被改变的情形中,TCP和偏置RF产生器两者系彼此同步。例如,当具有四个状态或八个状态的多状态功率由源RF产生器产生时,偏置RF产生器在连续波(CW)模式下操作。举另一示例而言,当具有四个状态或八个状态的多状态功率由偏

置RF产生器产生时,源RF产生器在连续波(CW)模式下操作。并且,例如,在各状态中执行不同处理。例如,晶片上的沉积可以在一状态中发生,并且晶片的蚀刻可以在另一状态中发生。

[0027] 处理被控制,以使晶片中起因于过渡边缘处的尖波的缺陷最小化,且在RF产生器于四或更多个状态中操作时保护RF产生器。

[0028] 在一实施方案中,提供脉冲整形方法,以实现处理控制。例如,脉冲整形方法包含将由RF产生器产生的RF信号的功率上升沿进行整形和/或将功率下降沿进行整形。并且举另一示例而言,脉冲整形方法包含将RF信号的频率上升沿和/或频率下降沿进行整形。举又一示例而言,脉冲整形方法包含将RF信号的功率的上升沿和/或下降沿进行整形、以及将频率的上升沿和/或下降沿进行整形。

[0029] 进一步期望控制处理,以实现处理衬底方面的均匀性。

[0030] 在一实施方案中,为了实现均匀性,故提供具有多个功率控制器和多个自动频率调谐器(AFT)的系统。

[0031] 在一实施方案中,描述了在微秒级的频率调谐轨迹方法,以实现均匀性。在该方法中,各RF信号在微秒级进行频率调谐,以针对各配方减少反射功率,从而产生RF信号的轨迹,并且在应用该配方期间施加该轨迹以处理晶片。产生该轨迹以学习该轨迹,其接着在晶片的处理期间施加。

[0032] 在一实施方案中,描述了关闭状态设置方法。在关闭状态设置方法中,将关闭状态设置在多级脉冲序列的任何处。关闭状态可以在脉冲序列的任何处。在脉冲序列中,在重复第一状态之前不需要实现关闭状态。

[0033] 此处所述系统和方法的一些优点包含使用两状态RF产生器来产生例如四或更多等离子体阻抗状态的多状态等离子体阻抗。通过产生源RF产生器和偏置RF产生器的参数等级的多种组合,产生多状态等离子体阻抗。多状态等离子体阻抗用于实现处理衬底方面的均匀性,且还用于处理衬底期间的更精细的控制。

[0034] 并且,此处所述的多状态脉冲系统和方法的一些优点包含增加处理衬底的控制水平。通过在衬底的处理期间实施具有可变水平的四或更多状态,实现处理衬底方面的更精细的控制。此外,通过针对可变水平中的两者之间的转变控制状态过渡,实现处理衬底方面的额外更精细的的控制,以实现预定的处理结果。

[0035] 此处所述的使用EtherCAT缆线的系统和方法的优点包括实现等离子体工具或等离子体系统的各种部件之间的信息快速传输。例如四或更多状态期间所测量的参数等级的数据快速地从处理器传输至EtherCAT帧。并且,例如用于产生四或更多状态的参数等级的数据快速地从EtherCAT帧传输至处理器。该快速传输容许在使用多状态脉冲时的更快速数据传输,进而容许处理衬底期间的控制。

[0036] 其他方面将从以下的详细说明并结合附图而变得显而易见。

附图说明

[0037] 实施方案通过参照以下说明并结合附图来理解。

[0038] 图1为等离子体系统的实施方案的图,其用于说明使用两状态射频(RF)产生器来产生多状态等离子体阻抗。

[0039] 图2为系统的实施方案的图,其用于说明RF产生器的细节。

[0040] 图3A为用于说明同步化信号的图形的实施方案。

[0041] 图3B为用于说明源RF信号的参数与时间的关系的图形的实施方案。

[0042] 图3C为用于说明偏置RF信号的参数与时间的关系的图形的实施方案。

[0043] 图4A为图3A的图形的实施方案,其用于说明图3A的同步化信号。

[0044] 图4B为图3B的图形的实施方案。

[0045] 图4C为用于说明另一偏置RF信号的参数与时间的关系的图形的实施方案。

[0046] 图5A为用于说明同步化信号的图形的实施方案。

[0047] 图5B为用于说明源RF信号的参数与时间的关系的图形的实施方案。

[0048] 图5C为用于说明偏置RF信号的参数与时间的关系的图形的实施方案。

[0049] 图6A为用于说明同步化信号的图形的实施方案。

[0050] 图6B为用于说明源RF信号的参数与时间的关系的图形的实施方案。

[0051] 图6C为用于说明偏置RF信号的参数与时间的关系的图形的实施方案。

[0052] 图6D为用于说明利用源RF产生器与偏置RF产生器之间的选择性同步化的开-关时间修改方法实施方案的图。

[0053] 图7为等离子体系统的实施方案的图,其用于说明多阶参数脉冲。

[0054] 图8为等离子体系统的实施方案的图,其用于说明多阶频率脉冲。

[0055] 图9为等离子体系统的实施方案的图,其用于说明同时的多阶参数脉冲和多阶频率脉冲。

[0056] 图10A为图3A的图形的实施方案,其用于说明图3A的同步化信号。

[0057] 图10B为用于说明图9的RF信号的变量与时间的关系的图形的实施方案。

[0058] 图10C为用于说明图9的RF信号的变量与时间的关系的图形的实施方案。

[0059] 图10D为用于说明图9的RF信号的变量与时间t的关系的图形的实施方案。

[0060] 图10E为用于说明图9的RF信号的变量与时间的关系的图形的实施方案。

[0061] 图10F为用于说明图9的RF信号的变量与时间的关系的图形的实施方案。

[0062] 图10G为用于说明图9的RF信号的变量与时间t的关系的图形的实施方案。

[0063] 图10H为用于说明图9的RF信号的变量与时间的关系的图形的实施方案。

[0064] 图10I为用于说明图9的RF信号的变量与时间的关系的图形的实施方案。

[0065] 图10J为设有多个功率控制器和多个自动频率调谐器(AFT)的系统的实施方案的图。

[0066] 图10K为用于说明具有四个状态S(n-3)、S(n-2)、S(n-1)和Sn的RF信号的实施方案的图,其用于说明RF信号的功率电平。

[0067] 图10L为用于说明具有四个状态S(n-3)、S(n-2)、S(n-1)和Sn的另一RF信号的实施方案的图,其用于说明RF信号的功率电平。

[0068] 图10M为用于说明具有四个状态S(n-3)、S(n-2)、S(n-1)和Sn的又一RF信号的实施方案的图,其用于说明RF信号的功率电平。

[0069] 图10N为用于说明具有四个状态S(n-3)、S(n-2)、S(n-1)和Sn的另一RF信号的实施方案的图,其用于说明RF信号的功率电平。

[0070] 图10O为用于说明具有四个状态S(n-3)、S(n-2)、S(n-1)和Sn的又一RF信号的实施

方案的图,其用于说明RF信号的功率电平。

[0071] 图10P为方法的实施方案的图,其用于说明在状态S(n-A)至Sn中的一或多者期间实现零的功率电平,其中(n-A)为小于n的整数。

[0072] 图11A为等离子体系统的实施方案的图,其用于说明状态转变的斜率的控制。

[0073] 图11B为图11A的系统的实施方案的图,其用于说明该系统的功能性。

[0074] 图12A为用于说明图3A的同步化信号的图形的实施方案。

[0075] 图12B为用于说明图11A及11B的RF信号的变量与时间的关系的图形的实施方案。

[0076] 图12C为用于说明图11A及11B的RF信号的变量与时间的关系的图形的实施方案。

[0077] 图12D为用于说明图11A及11B的RF信号的变量与时间的关系的不同转变类型的图形的实施方案的图。

[0078] 图12E为用于说明图11A及11B的RF信号的变量与时间的关系的不同转变类型的图形的实施方案的图。

[0079] 图12F为脉冲整形方法的实施方案的图。

[0080] 图12G为另一脉冲整形方法的实施方案的图。

[0081] 图12H为又一脉冲整形方法的实施方案的图。

[0082] 图12I为又一脉冲整形方法的实施方案的图。

[0083] 图12J为另一脉冲整形方法的实施方案的图。

[0084] 图12K为又一脉冲整形方法的实施方案的图。

[0085] 图12L为另一脉冲整形方法的实施方案的图。

[0086] 图13A为系统的实施方案的图,其用于说明等离子体系统的各种部件之间经由一个或多个EtherCAT缆线的信息传输。

[0087] 图13B为系统的实施方案的图,其用于说明等离子体系统的各种部件之间经由一个或多个EtherCAT缆线的信息传输。

[0088] 图14为EtherCAT帧的实施方案的图。

[0089] 图15A为系统的实施方案的图,其用于说明等离子体系统的各种部件之间经由一个或多个EtherCAT缆线的信息传输。

[0090] 图15B为系统的实施方案的图,其用于说明等离子体系统的各种部件之间经由一个或多个EtherCAT缆线的信息传输。

[0091] 图16为EtherCAT帧的实施方案的图。

[0092] 图17为用于说明耦合至EtherCAT缆线的RF产生器的系统的实施方案的图。

[0093] 图18为用于说明经由RF缆线耦合至图17的RF产生器且耦合至EtherCAT缆线的匹配部的系统实施方案的图。

[0094] 图19A说明了EtherCAT同步化系统的实施方案,其中EtherCAT缆线耦合于等离子体系统的两部件之间。

[0095] 图19B为EtherCAT同步化系统的实施方案的图,其中EtherCAT缆线耦合于源射频(RF)产生器与偏置RF产生器之间,且另一EtherCAT缆线耦合于源RF产生器与源匹配部之间。

[0096] 图19C说明了EtherCAT同步化系统的实施方案,其中等离子体系统的部件以菊花链(Daisy chain)形式耦合。

[0097] 图19D说明了EtherCAT同步化系统的实施方案,其中等离子体系统的部件以菊花链形式耦合。

[0098] 图20为用于说明脉冲列校准方法的系统的实施方案的图。

[0099] 图21为用于说明电压脉冲整平方法的系统的实施方案的图。

[0100] 图22为用于说明工作周期校准方法的系统的实施方案的图。

[0101] 图23显示了用于说明变压器耦合电容调谐(TCCT)匹配部的使用的系统。

[0102] 图24A为用于说明状态匹配部的调谐方法的系统的实施方案的图。

[0103] 图24B为用于说明另一状态匹配部的调谐方法的系统的实施方案的图。

[0104] 图25A为用于说明源固态匹配部的系统的实施方案的图。

[0105] 图25B为用于说明使用偏置固态匹配部代替偏置匹配部的系统的实施方案的图。

[0106] 图26A为用于说明固定频率下的匹配部的调谐方法的系统的实施方案的图。

[0107] 图26B为用于说明固定频率下的匹配部的调谐方法的系统的实施方案的图。

[0108] 图27为用于说明变压器耦合等离子体(TCP)与偏置电极之间的时钟同步化方法的系统的实施方案的图。

[0109] 图28A为用于说明同步化主控的系统的实施方案。

[0110] 图28B为用于说明同步化主控的系统的实施方案。

[0111] 图29为用于说明具有终点检测的多状态控制部的使用的系统的实施方案的图。

[0112] 图30显示了包含功率控制器、自动频率调谐器、处理器和电源的系统,其用于说明微秒级下的轨迹频率调谐或功率调谐的方法。

具体实施方式

[0113] 以下实施方案描述了射频(RF)等离子体工具中的多级脉冲系统和方法。显而易见,本文的实施方案可以在不具有这些具体细节中的一些或全部的情况下实施。在其他情形中,公知的处理操作并未详加描述,以免不必要地使本文实施方案难以理解。

[0114] 在以下的描述中,提供若干多级脉冲的实施方案。此处描述的实施方案的两者或更多者可组合以互相操作,或此处所述的实施方案中的每一者可以彼此独立操作,以提供关联于多级脉冲的具体实施方案。

[0115] 本文描述了促进多级脉冲的RF产生器。RF产生器产生具有四或更多个功率电平的RF信号,并将该RF信号提供至耦合于等离子体室的电极的阻抗匹配电路。RF信号在一时钟周期期间实现多级脉冲。例如,在单一时钟周期期间,RF信号从第一功率电平转变至第二功率电平,进一步从第二功率电平转变至第三功率电平,并且从第三功率电平转变至第四功率电平。该多状态脉冲周期性地重复而持续多个时钟周期。

[0116] 第一、第二、第三和第四功率电平中的每一者是不同的功率电平。例如,第一功率电平的一或更多功率值为专有的或与第二功率电平的一或更多功率值不同、与第三功率电平的一或更多功率值不同、并与第四功率电平的一或更多功率值不同。并且,第二功率电平的一或更多功率值与第三功率电平的一或更多功率值不同、并与第四功率电平的一或更多功率值不同。第三功率电平的一或更多功率值与第四功率电平的一或更多功率值不同。举例而言,RF信号的功率电平的最高功率值与RF信号的功率电平的最低功率值之间的差异小于预定百分比。例如,第一功率电平的最高功率值至多比第一功率电平的最低功率值大

20％。类似地,第二功率电平的最高功率值至多比第二功率电平的最低功率值大20％。

[0117] 在一实施方案中,在两或更多状态期间施加相同的功率电平。例如,在第一状态和第二状态期间施加一功率电平,在第三状态期间施加一不同的功率电平,且在第四状态期间施加又一不同功率电平。

[0118] 执行多状态脉冲,以实现例如沉积操作、蚀刻操作、清洁操作、溅射操作之类的处理操作期间的不同阶段之间的平衡。例如,RF信号的第一功率电平和第二功率电平用于执行蚀刻操作期间的沉积阶段,且RF信号的第三功率电平和第四功率电平用于执行蚀刻操作期间的蚀刻阶段。举另一示例而言,在多状态脉冲的每一状态期间,执行不同阶段。举又一示例而言,在多状态脉冲的一或更多状态期间执行一阶段,且在多状态脉冲的其余状态中的一或更多者期间执行另一阶段。例如,蚀刻操作为执行于感应耦合等离子体(ICP)室中的导体蚀刻。RF产生器经由阻抗匹配电路耦合至ICP等离子体室的电极,例如变压器耦合等离子体(TCP)电极或偏置电极。

[0119] RF产生器接收指示将由RF产生器产生的RF信号的功率电平中的每一者的工作周期(例如持续时间)的数字脉冲信号。该数字脉冲信号指示将从RF产生器供给功率电平中的每一者的时间段。数字脉冲信号具有多个状态,例如四或更多个状态。例如,数字脉冲信号具有第一状态期间的第一逻辑电平、第二状态期间的第二逻辑电平、第三状态期间的第三逻辑电平和第四状态期间的第四逻辑电平。各逻辑电平由电压信号的电压电平所定义,该电压信号由数字脉冲源产生。数字脉冲源被耦合至RF产生器以提供数字脉冲信号至RF产生器。此外,RF产生器接收具有多个时钟周期的时钟信号,以促进多级脉冲的重复。时钟信号由耦合至RF产生器的数字脉冲源或频率源产生,以将时钟信号提供至RF产生器。

[0120] 应注意以上四个功率电平的描述是示例。在一实施方案中,RF产生器在时钟周期期间产生额外数量的功率电平,例如五、或六、或七、或八个功率电平,且这些功率电平重复多个时钟周期。在功率电平的数量增加的情况下,实现等离子体室内在衬底处理期间的更精细的控制。例如,在时钟周期期间的功率电平的数量增加的情况下,实现衬底的优化蚀刻或衬底上材料的优化沉积或其组合。在一实施方案中,产生少于四个功率电平,例如三个功率电平或两个功率电平。

[0121] 并且,等离子体室可以是ICP室。例如,RF产生器经由阻抗匹配电路耦合至等离子体室的电极,例如TCP电极或偏置电极。为了显示例如多阶之类的多状态,将RF信号经由匹配部供给至TCP电极,而将连续波(CW)RF信号或双状态RF信号经由另一匹配部供给至偏置电极。举另一示例而言,将多阶RF信号经由匹配部供给至偏置电极,而将CW RF信号或双状态RF信号经由另一匹配部供给至TCP电极。举又一示例而言,将多阶RF信号经由匹配部供给至偏置电极,且将多阶RF信号经由另一匹配部供给至TCP电极。偏置电极为位于等离子体室的衬底支撑件或卡盘内的下电极。

[0122] 用于产生四或更多等离子体阻抗状态的两状态RF产生器。

[0123] 图1为等离子体系统100的实施方案的图,其用于说明使用例如源射频(RF)产生器102或偏置RF产生器104的两状态RF产生器来产生具有四或更多个状态的等离子体阻抗。系统100包含主计算机106、源RF产生器102、偏置RF产生器104、源匹配部108、偏置匹配部110和等离子体室112。

[0124] 当在此使用时,主计算机的示例包含桌面计算机、平板计算机、智能手机和膝上型

计算机。当在此使用时,RF产生器的示例包含具有400千赫(kHz)的操作频率、或2百万赫(MHz)的操作频率、或27MHz的操作频率、60MHz的操作频率的RF产生器。举例而言,偏置RF产生器104具有2MHz的操作频率,而源RF产生器102具有60MHz的操作频率,反之亦然。举另一示例而言,偏置RF产生器104具有400kHz的工作频率,而源RF发生器102具有60MHz的工作频率,反之亦然。

[0125] 当在此使用时,匹配部的示例包含彼此耦合的例如电感器、电容器和电阻器之类的部件的网络。例如,匹配部包含多个串行电路及多个分流电路,且这些串行电路中的每一者包含电容器或电感器或其串联组合,且该分流电路中的每一者包含电容器或电感器或其串联组合。应注意在一实施方案中,匹配部、阻抗匹配电路和阻抗匹配网络等术语在此可互换地使用。等离子体室112的示例包含变压器耦合等离子体(TCP)等离子体室及感应耦合等离子体(ICP)等离子体室。

[0126] 主计算机106包含处理器118和存储器装置120且处理器118耦合至存储器装置120。当在此使用时,处理器的示例包含中央处理单元(CPU)、微控制器、控制器、微处理器、专用集成电路(ASIC)和可程序化逻辑设备(PLD)。当在此使用时,存储器装置的示例包含只读存储器、随机存取存储器、或其组合。举例而言,存储器装置为闪存或独立磁盘冗余阵列。

[0127] 等离子体室112包含介电窗124,在介电窗124上方的是TCP线圈126。例如,介电窗124形成等离子体室112的顶部表面。TCP线圈126为等离子体室112的电极的示例。等离子体室112还包含衬底支撑件128,例如卡盘,衬底S被放置于该衬底支撑件128上以供处理。衬底支撑件128是等离子体室112的电极的示例。衬底S被放置于衬底支撑件128的顶部表面上。衬底支撑件128具有嵌入其中的下电极。例如,下电极由金属制成,例如由铝或铝合金制成。

[0128] 处理器118经由传输缆线系统130耦合至源RF产生器102。类似地,处理器118经由传输缆线系统134耦合至偏置RF产生器。当在此使用时,传输缆线系统包含一或更多传输缆线。例如,当在此使用时,传输缆线包含串行传输缆线,其用于处理器118与耦合至处理器118的RFG之间的数据的串行传输。在数据的串行传输中,一次传输一位。传输缆线的另一示例包含并行传输缆线,其用于处理器118与耦合至处理器118的RFG之间的数据的并行传输。在数据的并行传输中,同时传输多个位。传输缆线的又一示例包含通用序列总线(USB)缆线。

[0129] 源RF产生器102的输出端154经由RF缆线138耦合至源匹配部108的输入端156,且源匹配部108的输出端158经由RF传输线140耦合至TCP线圈126。类似地,偏置RF产生器104的输出端160经由RF缆线142耦合至偏置匹配部的输入端162,且偏置匹配部110的输出端164经由RF传输线144耦合至衬底支撑件128。RF传输线的示例包含RF杆。RF杆由绝缘体材料围绕,该绝缘体材料进一步由RF传输线的RF鞘围绕。RF传输线的绝缘体材料介于RF杆与RF鞘之间。RF传输线的另一示例包含围绕绝缘体材料与RF杆的RF鞘和耦合至RF杆的一或更多RF带。RF传输线的又一示例包含围绕绝缘体材料与RF杆的RF鞘、一或更多RF带和经由一或更多RF带中的至少一者耦合至RF鞘的RF圆柱。

[0130] 处理器118包含时钟源,该时钟源产生及经由传输缆线系统130传送例如数字时钟信号或数字脉冲信号之类的同步化信号146至源RF产生器102。时钟源的示例包含产生具有50%的工作周期的同步化信号的锁相回路电路。时钟源的另一示例包含在其输出端与工作周期控制电路耦合的锁相回路电路,以使同步化信号的工作周期从50%改变至大于或小于

50％(例如80％或10％),以输出具有经改变工作周期的同步化信号。处理器118的时钟源还经由传输缆线系统134将同步化信号146传送至偏置RF产生器104。

[0131] 此外,处理器118经由传输缆线系统130将例如待产生的RF信号152的频率或RF信号152的参数的源变量传送至源RF产生器102。当在此使用时,变量的示例包含频率和参数。举例而言,变量为频率或功率。当在此使用时,参数的示例包含电压和功率。举例而言,参数为电压或功率。并且,处理器118经由传输缆线系统134将例如RF信号168的频率及RF信号168的参数之类的偏置变量传送至偏置RF产生器104。

[0132] 源RF产生器102在经由传输缆线系统130接收到同步化信号146和源变量时产生RF信号152。RF信号152具有由源RF产生器102从处理器118接收的例如频率和功率或电压之类的源变量。RF信号152是从源RF产生器102的输出端154经由RF缆线138传送至源匹配部108的输入端156。源匹配部108接收RF信号152并且修改RF信号152的阻抗,以使耦合至源匹配部108的输出端158的负载的阻抗与耦合至源匹配部108的输入端156的源的阻抗相匹配。源匹配部108修改RF信号152的阻抗,以在源匹配部108的输出端158输出修改后的RF信号166。修改后的RF信号166从输出端158经由RF传输线140传送至TCP线圈126。

[0133] 类似地,在经由传输缆线系统134接收到同步化信号146及偏置变量时,偏置RF产生器104产生RF信号168。RF信号168具有由偏置RF产生器104从处理器118接收的偏置变量,例如频率及功率或电压。RF信号168从偏置RF产生器104的输出端160经由RF缆线142传送至偏置匹配部110的输入端162。偏置匹配部110接收RF信号168,并修改RF信号168的阻抗,以使耦合至偏置匹配部110的输出端164的负载的阻抗与耦合至偏置匹配部110的输入端162的源的阻抗相匹配。偏置匹配部110修改RF信号168的阻抗,以在偏置匹配部110的输出端164输出修改后的RF信号170。修改后的RF信号170从输出端164经由RF传输线144的RF杆传送至嵌入衬底支撑件128内的下电极。

[0134] 应注意,在一实施方案中,修改后的RF信号166具有与导致修改后的RF信号166产生的RF信号152相同数量的参数等级。例如,RF信号152及166的每一者具有同步化信号146的一周期期间的两参数等级。并且,在一实施方案中,RF信号152及修改后的RF信号166中的每一者同时从一参数等级转变成另一参数等级。例如,当RF信号152从一参数等级转变成另一参数等级时,修改后的RF信号166从一参数等级转变成另一参数等级。在一实施方案中,修改后的RF信号166具有与RF信号152的参数等级相同的参数等级。例如,当RF信号152具有第一参数等级时,修改后的RF信号具有相同的第一参数等级。

[0135] 应注意,在一实施方案中,修改后的RF信号170具有与导致修改后的RF信号170产生的RF信号168相同数量的参数等级。例如,RF信号168和170中的每一者具有同步化信号146的一周期期间的三个参数等级。并且,在一实施方案中,RF信号168和修改后的RF信号170中的每一者同时从一参数等级转变成另一参数等级。例如,当RF信号168从一参数等级转变成另一参数等级时,修改后的RF信号170从一参数等级转变成另一参数等级。在一实施方案中,修改后的RF信号170具有与RF信号168的参数等级相同的参数等级。例如,当RF信号168具有第一参数等级时,修改后的RF信号具有相同的第一参数等级。

[0136] 当除了修改后的RF信号166和170外,额外将例如含氧气体、或含氟气体、或其组合之类的一或更多处理气体供给至等离子体室112的壳体或外壳时,等离子体在等离子体室112的壳体或外壳内产生或维持。等离子体用于处理衬底S且具有阻抗。例如,等离子体用于

沉积材料在衬底S上、或蚀刻衬底S、或溅射衬底S、或清洁衬底S、或其组合。

[0137] 在一实施方案中,取代TCP线圈126,将多个TCP线圈置于介电窗124上方。在一实施方案中,除了TCP线圈126外,额外将一或更多TCP线圈置于等离子体室112的一侧。

[0138] 图2为系统200的实施方案的图,其用于说明RF产生器202的细节。系统200包含RF产生器202和主计算机106。系统200还包含匹配部216以及RF缆线218。RF产生器202为源RF产生器102或偏置RF产生器104(图1)的示例。匹配部216为源匹配部108或偏置匹配部110(图1)的示例。RF缆线218为RF缆线138或RF缆线142(图1)的示例,且耦合至RF电源222的输出端217。RF产生器202包含数字信号处理器(DSP)204、参数控制器(PRS1)206、参数控制器(PRS2)208、频率控制器(FC)210、驱动器系统212和RF电源222。

[0139] 当在此使用时,数字信号处理器的示例包含控制器、微处理器和微控制器,且这些术语有时在此互换地使用。当在此使用时,参数控制器的示例包含处理器和存储器装置的组合。参数控制器的处理器耦合至参数控制器的存储器装置。类似地,当在此使用时,频率控制器的示例包含处理器和存储器装置的组合。频率控制器的处理器耦合至频率控制器的存储器装置。当在此使用时,驱动器系统的示例包含具有一或更多驱动器(例如彼此耦合的一或更多晶体管)的电路。当在此使用时,RF电源的示例包含电子振荡器,其产生周期振荡RF信号,例如正弦波。

[0140] 处理器118经由传输缆线系统214耦合至DSP 204。传输缆线系统214为传输缆线系统130或传输缆线系统134(图1)的示例。数字信号处理器204耦合至参数控制器206和208,并耦合至频率控制器210。参数控制器206和208耦合至驱动器系统212,该驱动器系统212耦合至RF电源222。并且,频率控制器210耦合至驱动器系统212。RF电源222经由RF缆线218耦合至匹配部216。

[0141] 处理器118经由传输缆线系统214将例如源变量或偏置变量之类的变量和同步化信号146提供至DSP 204。在接收到变量时,DSP 204将针对RF信号220的状态S1的例如功率电平或电压电平之类的参数提供至参数控制器206,以将针对状态S1的参数存储于参数控制器206的存储器装置中。例如,例如功率电平或电压电平之类的参数等级是RF信号的包络(envelope)。例如,参数等级为独特的水平等级,且高于或低于另一参数等级的独特水平等级。举另一示例而言,参数等级为RF信号的一或更多零至峰值振幅、或一或更多零至峰值大小、或一或更多峰值至峰值振幅、或一或更多峰值至峰值大小。参数等级的振幅彼此相差例如0至5%的预定范围内,且不包括另一或不同参数等级的振幅。举另一示例而言,参数等级具有最大值和最小值。最大值为该参数等级的所有值中的最大者,且最小值为该参数等级的所有值中的最小者。当第一参数等级的最大值小于第二参数等级的最小值时,该第一参数等级低于该第二参数等级,且当第一参数等级的最小值大于第二参数等级的最大值时,该第一参数等级高于该第二参数等级。

[0142] 并且,响应接收到变量,DSP 204将针对RF信号220的状态S2的例如功率电平或电压电平之类的参数提供至参数控制器208,以将针对状态S2的参数存储于参数控制器208的存储器装置中。类似地,在接收到变量时,DSP 204将频率电平提供至频率控制器210,以存储在频率控制器210的存储器装置中。

[0143] 在一实施方案中,等级(例如变量中一者的等级)包含一或更多值。例如,功率电平包含彼此相差预定范围内的一或更多功率值,或电压电平包含彼此相差预设范围内的一或

更多电压值。举另一示例而言,RF信号的变量等级为RF信号的一或更多零至峰值振幅、或一或更多零至峰值大小、或一或更多峰值至峰值振幅、或一或更多峰值至峰值大小。变量等级的振幅彼此相差例如0至5%的预定范围内,且不包括另一或不同变量等级的振幅。举又一示例而言,变量等级为独特的水平等级,且高于或低于另一变量等级的独特水平等级。

[0144] 在一实施方案中,第一变量等级的值与第二变量等级的值不同。例如,第一变量等级的值不包含第二变量等级的值。举另一示例而言,第一变量等级的值都与第二变量等级的值中的任何一者不同。

[0145] 当接收到同步化信号146时,DSP 204识别同步化信号146的周期。例如,DSP 204确定同步化信号146的周期1开始于第一时间并且结束于第二时间,且同步化信号146的周期2开始于该第二时间并结束或停止于第三时间。举例而言,DSP 204确定同步化信号146的逻辑电平在开始时间从0转变成1,并且在停止时间再从0转变成1,且于开始及停止时间的这些转变之间没有其他从0至1的转变,以识别同步化信号146的周期。DSP 204计数每一周期,以确定同步化信号146的周期数。

[0146] 并且,在识别周期时,于同步化信号的各周期期间,DSP 204传送用于状态S1的指令信号至参数控制器206。例如,在从状态S2或状态S0转变至状态S1的时间点,DSP 204传送用于状态S1的指令信号至参数控制器206。传送至参数控制器206的用于状态S1的指令信号包含各周期期间的状态S1的时间段,在该时间段,参数控制器206将提供用于状态S1的参数等级至驱动器系统212。在接收到用于状态S1的指令信号时,参数控制器206从参数控制器206的存储器装置取得用于状态S1的参数等级,并针对状态S1的时间段将该参数等级传送至驱动器系统212。例如,在从状态S2或状态S0转变至状态S1的时间点,参数控制器206传送用于状态S1的参数等级至驱动器系统212。在状态S1的时间段之后,于同步化信号146的周期期间,参数控制器206不传送用于状态S1的参数等级至驱动器系统212。

[0147] 类似地,在接收到同步化信号146时,于同步化信号的各周期期间,DSP 204传送用于状态S2的指令信号至参数控制器208。例如,在从状态S1或状态S0转变至状态S2的时间点,DSP 204传送用于状态S2的指令信号至参数控制器208。传送至参数控制器208的用于状态S2的指令信号包含各周期期间的状态S2的时间段,在该时间段,参数控制器208将提供用于状态S2的参数等级至驱动器系统212。在接收到用于状态S2的指令信号时,参数控制器208从参数控制器208的存储器装置取得用于状态S2的参数等级,并且针对状态S2的时间段将该参数等级传送至驱动器系统212。例如,在从状态S1或状态S0转变至状态S2的时间点,参数控制器208传送用于状态S2的参数等级至驱动器系统212。在状态S2的时间段之后,于同步化信号146的周期期间,参数控制器208不传送用于状态S2的参数等级至驱动器系统212。

[0148] 并且,在接收到同步化信号146时,于同步化信号的各周期期间,DSP 204传送指令信号至频率控制器210。在接收到指令信号时,频率控制器210从频率控制器210的存储器装置取得频率电平,并将该频率电平传送至驱动器系统212。

[0149] 响应于接收到用于状态S1的参数等级及频率电平,驱动器系统212针对状态S1的时间段产生用于状态S1的驱动信号,并将该驱动信号传送至RF电源222。例如,在从状态S2或状态S0转变至状态S1的时间点,当接收到用于状态S1的参数等级及频率电平时,驱动器系统212针对状态S1的时间段产生用于状态S1的驱动信号,并将该驱动信号传送至RF电源

222。RF电源222在从驱动器系统212接收到用于状态S1的驱动信号时产生RF信号220的状态S1。例如,当从驱动器系统212接收到用于状态S1的驱动信号时,RF电源222使RF信号220从状态S0或状态S2转变成状态S1。在状态S1的时间段期间,RF信号的状态S1具有用于状态S1的参数等级和频率电平。

[0150] 类似地,响应于接收到用于状态S2的参数等级和频率电平,驱动器系统212针对状态S2的时间段产生用于状态S2的驱动信号,并将该驱动信号传送至RF电源222。例如,在从状态S1或状态S0转变至状态S2的时间点,当接收到用于状态S2的参数等级和频率电平时,驱动器系统212针对状态S2的时间段产生用于状态S2的驱动信号,并将该驱动信号传送至RF电源222。RF电源222在从驱动器系统212接收到用于状态S2的驱动信号时产生RF信号220的状态S2。例如,当从驱动器系统212接收到用于状态S2的驱动信号时,RF电源222使RF信号220从状态S0或状态S1转变成状态S2。在状态S2的时间段期间,RF信号的状态S2具有用于状态S2的参数等级和频率电平。

[0151] 并且,在一实施方案中,于同步化信号146的各周期期间,存在RF信号220具有零的参数等级的时间段。RF信号220在空状态(no-state(NS))(例如状态S0)期间具有零的参数等级。例如,此处所述RF信号的参数等级在该参数等级接近零或基本为零时为零。举例而言,当参数等级小于预定值时,该参数等级为零。参数等级的预定值的示例为1瓦。参数等级的预定值的另一示例为0.25瓦。参数等级的预定值的又一示例为0.5瓦。当接收到同步化信号146时,于同步化信号146的各周期期间,DSP 204在空状态的时间段期间不传送用于状态S1和S2的指令信号至参数控制器206和208。

[0152] 在未接收用于状态S1及S2的指令信号的空状态的时间段期间,参数控制器206及208不传送或停止传送用于状态S1及S2的参数等级至驱动器系统212。例如,在状态S1的时间段之后,参数控制器206不传送用于状态S1的参数等级至驱动器系统212。举另一示例而言,在状态S2的时间段之后,参数控制器208不传送用于状态S2的参数等级至驱动器系统212。

[0153] 当未收到状态S1及S2的参数等级时,驱动器系统212不传送驱动信号至RF电源222。当驱动信号未在空状态的时间段期间被接收时,RF电源在空状态期间产生具有零的参数等级的RF信号220。例如,当驱动信号未被接收时,RF电源222使RF信号220从状态S1或状态S2转变成空状态S0。

[0154] 在一实施方案中,取代参数控制器206、参数控制器208和频率控制器210,将一或更多控制器(例如一或更多处理器)用于执行此处所述由参数控制器206和208、和频率控制器210执行的功能。该一或更多控制器中的每一者包含处理器和存储器装置,且处理器耦合至存储器装置。

[0155] 在一实施方案中,取代DSP 204、参数控制器206、参数控制器208和频率控制器210,将一或更多控制器(例如一或更多处理器)用于执行此处所述由DSP 204、参数控制器206和208、以及频率控制器210执行的功能。该一或更多控制器中的每一者包含处理器以及存储器装置,且处理器耦合至存储器装置。

[0156] 图3A为用于说明同步化信号302的图形300的实施方案。图形300描绘了相对于时间t的同步化信号302的逻辑电平。同步化信号302为同步化信号146(图1)的示例。同步化信号302的逻辑电平被描绘于y轴上,且时间t被描绘于x轴上。当在此使用时,逻辑电平在0至1

的范围内,而逻辑电平0对应于直流(DC)0伏特(V),且逻辑电平1对应至5伏特DC。当在此使用时,同步化信号为具有逻辑电平1和0的例如方波之类的数字脉冲信号。

[0157] 同步化信号302具有50%的工作周期。例如,同步化信号302从时间t0至时间t5具有1的逻辑电平。同步化信号302从时间t5至时间t10具有0的逻辑电平,且从时间t10至时间t15具有1的逻辑电平,从时间t15至时间t20具有0的逻辑电平。

[0158] 时间t0与t20之间的时间间隔被分成相等的多个时间间隔。例如,时间t0与t20之间的时间间隔系分成时间t0与时间t1之间的第一时间间隔、时间t1与时间t2之间的第二时间间隔、时间t2与时间t3之间的第三时间间隔、时间t3与时间t4之间的第四时间间隔、时间t4与时间t5之间的第五时间间隔、时间t5与时间t6之间的第六时间间隔、时间t6与时间t7之间的第七时间间隔、时间t7与时间t8之间的第八时间间隔、时间t8与时间t9之间的第九时间间隔、时间t9与时间t10之间的第十时间间隔、时间t10与时间t11之间的第十一时间间隔、时间t11与时间t12之间的第十二时间间隔、时间t12与时间t13之间的第十三时间间隔、时间t13与时间t14之间的第十四时间间隔、时间t14与时间t15之间的第十五时间间隔、时间t15与时间t16之间的第十六时间间隔、时间t16与时间t17之间的第十七时间间隔、时间t17与时间t18之间的第十八时间间隔、时间t18与时间t19之间的第十九时间间隔、时间t19与时间t20之间的第二十时间间隔。第一时间间隔至第二十时间间隔中的每一者是相等的或者相同的。

[0159] 同步化信号302具有多个周期,例如周期1和周期2,且在各周期期间重复逻辑电平1和0。例如,同步化信号302在周期1期间于时间t5从逻辑电平1转变成逻辑电平0,并在周期2期间于时间t15从逻辑电平1转变成逻辑电平0。举另一示例而言,在周期1的时间t0,同步化信号302从周期0的逻辑电平0转变成周期1的逻辑电平1。周期0属于同步化信号302,且在同步化信号302的周期1之前。类似地,在周期1的时间t10,同步化信号302从周期1的逻辑电平0转变成周期2的逻辑电平1。时间t0至t10发生在此处所述的同步化信号的周期1期间,且时间t10至t20发生同步化信号的周期2期间。周期1开始于时间t0并结束于时间t10,且周期2开始于时间t10并结束于时间t20。

[0160] 此处所述同步化信号的各周期被周期性地重复。例如,同步化信号的周期2在同步化信号的周期1之后,并接续该周期1,且同步化信号的周期1在同步化信号的周期0之后,并接续该周期0。

[0161] 图3B为用于说明RF信号152的参数306相对于时间的图形304的实施方案,RF信号152为源RF信号。参数306被描绘于y轴上,且时间t被描绘于x轴上。

[0162] 参数306与同步化信号302同步而周期性地在参数等级PR1与PR2之间转变。例如,参数306在同步化信号302的周期1期间在参数等级PR1与PR2之间转变,且在同步化信号302的周期2期间再次在参数等级PR1与PR2之间转变。举例而言,参数306具有从时间t0至时间t5的状态S1阶段期间的参数等级PR1、从时间t5至时间t10的状态S2阶段期间的参数等级PR2、从时间t10至时间t15的另一状态S1阶段期间的参数等级PR1和从时间t15至时间t20的另一状态S2阶段期间的参数等级PR2。在同步化信号302的周期1期间,参数306在时间t0从参数等级PR2转变成参数等级PR1,且在时间t5从参数等级PR1转变成参数等级PR2。在同步化信号302的周期2期间,参数306在时间t10再次从参数等级PR2转变成参数等级PR1,且在时间t15从参数等级PR1转变成参数等级PR2。参数等级PR1为用于RF信号152的状态S1的参

数等级的示例,且参数等级PR2为用于RF信号152的状态S2的参数等级的示例。

[0163] 参数等级PR1小于参数等级PR2。例如,参数等级PR1的功率值低于参数等级PR2的功率值。举另一示例而言,参数等级PR1的功率值均不大于参数等级PR2的功率值。参数等级PR1大于零。

[0164] 在一实施方案中,转变时间为两参数等级之间的转变的时间,且为两时间之间的时间段。例如,取代在时间t5从功率电平PR1转变至功率电平PR2,参数306在第一时间开始其从参数等级PR1的转变,且在第二时间结束其向参数等级PR2的转变。第一时间在时间t5之前并且介于时间t2与t5之间,且第二时间在时间t5之后并介于时间t5与t8之间。转变的时间段为第一时间与第二时间之间的转变时间。

[0165] 在一实施方案中,取代在参数等级PR1与PR2之间转变,参数306在0与参数等级PR2之间转变,或在0与参数等级PR1之间转变。

[0166] 在一实施方案中,除同步化信号302外,数字脉冲信号也由DSP 204通过传输缆线系统214从处理器118接收。例如,同步化信号302经由传输缆线系统214的第一传输缆线接收,且数字脉冲信号经由传输缆线系统214的第二传输缆线接收。数字脉冲信号以与其中参数306在参数等级PR1与PR2之间转变相同的方式周期性地在两逻辑电平之间转变。例如,在同步化信号302的周期1期间,数字脉冲信号在时间t0从逻辑电平1转变成逻辑电平0,并在时间t5从逻辑电平0转变成逻辑电平1。在同步化信号302的周期2期间,数字脉冲信号在时间t10从逻辑电平1转变成逻辑电平0,并在时间t15从逻辑电平0转变成逻辑电平1。在接收到数字脉冲信号时,DSP 204从数字脉冲信号识别参数306的状态S1和S2的时间段,并且产生具有这些时间段的指令信号。例如,参数306的状态S1的时间段与数字脉冲信号的逻辑电平1的时间段相同,且参数306的状态S2的时间段与数字脉冲信号的逻辑电平2的时间段相同。

[0167] 图3C为图形308的实施方案,其用于说明相对于时间t的RF信号168(图1)(其为偏置RF信号)的参数310。参数310被描绘于y轴上,且时间t被描绘于x轴上。参数310与同步化信号302同步而周期性地在参数等级0、PR1和PR2之间转变。例如,参数310在同步化信号302的周期1期间于参数等级0、PR2与PR1之间转变,且在同步化信号302的周期2期间再次在参数等级0、PR2与PR1之间转变。举例而言,参数306具有从时间t0至时间t2的状态S0阶段期间的参数等级0、从时间t2至时间t8的状态S2阶段期间的参数等级PR2、从时间t8至时间t10的状态S1阶段期间的参数等级PR1。0、PR2和PR1的参数等级在同步化信号302的周期2期间重复。在同步化信号302的周期1期间,参数310在时间t0从参数等级PR1转变成参数等级0,在时间t2从参数等级0转变成参数等级PR2,在时间t8从参数等级PR2转变成参数等级PR1,并在时间t10从参数等级PR1转变成参数等级0。在同步化信号302的周期2期间,参数310在时间t10再次从参数等级PR1转变成参数等级0,在时间t12从参数等级0转变成参数等级PR2,在时间t18从参数等级PR2转变成参数等级PR1,且在时间t20从参数等级PR1转变成参数等级0。

[0168] 参数等级0为用于RF信号168的状态S0的参数等级的示例,参数等级PR1为用于RF信号168的状态S1的参数等级的示例,且参数等级PR2为用于RF信号168的状态S2的参数等级的示例。

[0169] 当第一时间段期间的参数306和310的参数等级的组合不同于第二时间段期间的

参数306和310的参数等级的组合时,第一时间段的等离子体阻抗状态与第二时间段的等离子体阻抗状态不同。例如,源RF信号的参数306的参数等级在时间t0与t2之间的时间段期间为PR1,且偏置RF信号的参数310的参数等级在时间t0与t2之间的时间段期间为0,以定义等离子体室112(图1)内的等离子体的阻抗的状态PS1。等离子体室112内的等离子体的阻抗的状态在此有时称为等离子体阻抗状态(PS)。源RF信号的参数306的参数等级在时间t2与t5之间的时间段期间为PR1,且偏置RF信号的参数310的参数等级在时间t2与t5之间的时间段期间为PR2,以定义另一等离子体阻抗状态PS2。

[0170] 举另一示例而言,源RF信号的参数306的参数等级在时间t5与t8之间的时间段期间为PR2,且偏置RF信号的参数310的参数等级在时间t5与t8之间的时间段期间为PR2,以定义与等离子体阻抗状态PS1和PS2中的每一者都不同的另一等离子体阻抗状态PS3。

[0171] 举又一示例而言,源RF信号的参数306的参数等级在时间t8与t10之间的时间段期间为PR2,且偏置RF信号的参数310的参数等级在时间t8与t10之间的时间段期间为PR1,以定义与等离子体阻抗状态PS1、PS2和PS3中的每一者都不同的另一等离子体阻抗状态PS4。如此一来,在同步化信号302的各周期期间,由于偏置和源RF信号的参数等级上的改变,而产生多个等离子体阻抗状态,例如四个等离子体阻抗状态PS1至PS4。具有多个等离子体阻抗状态PS1至PS4的等离子体室112(图1)内的等离子体阻抗为多状态等离子体阻抗的示例。

[0172] 在一实施方案中,参数306属于RF信号168,且参数310属于RF信号152。

[0173] 在一实施方案中,除同步化信号302外,数字脉冲信号也由DSP 204通过传输缆线系统214从处理器118接收。例如,同步化信号302经由传输缆线系统214的第一传输缆线接收,且数字脉冲信号经由传输缆线系统214的第二传输缆线接收。数字脉冲信号以与其中参数310在参数等级0、PR2与PR1之间转变相同的方式周期性地在三个逻辑电平之间转变。例如,在同步化信号302的周期1期间,数字脉冲信号在时间t0从逻辑电平1转变成逻辑电平0,在时间t2从逻辑电平0转变成逻辑电平2,并在时间t8从逻辑电平2转变成逻辑电平1。逻辑电平2大于逻辑电平1。举例而言,逻辑电平2具有比逻辑电平1更高的DC电压。在同步化信号302的周期2期间,数字脉冲信号在时间t10从逻辑电平1转变成逻辑电平0,在时间t12从逻辑电平0转变成逻辑电平2,并且在时间t18从逻辑电平2转变成逻辑电平1。在接收到数字脉冲信号时,DSP 204从数字脉冲信号识别参数310的状态S0、S2及S1的时间段,并且产生具有这些时间段的指令信号。例如,参数310的状态S0的时间段与数字脉冲信号的逻辑电平0的时间段相同,参数310的状态S1的时间段与数字脉冲信号的逻辑电平1的时间段相同,且参数310的状态S2的时间段与数字脉冲信号的逻辑电平2的时间段相同。

[0174] 图4A为图形300的实施方案。

[0175] 图4B为图形304的实施方案。

[0176] 图4C为图形400的实施方案,其用于说明相对于时间t的RF信号168(图1)(其为偏置RF信号)的参数402。参数402被描绘于y轴上,且时间t被描绘于x轴上。参数402与同步化信号302同步而周期性地在参数等级0、PR2、与PR1之间转变。例如,参数402在同步化信号302的周期1期间于参数等级0、PR2与PR1之间转变,且在同步化信号302的周期2期间再次在参数等级0、PR2与PR1之间转变。举例而言,参数402具有从时间t0至时间t2的状态S0阶段期间的参数等级0、从时间t2至时间t8的状态S2阶段期间的参数等级PR2、从时间t8至时间t9的状态S1阶段期间的参数等级PR1和从时间t9至时间t10的另一状态S0阶段期间的参数等

级0。0、PR2和PR1的参数等级在同步化信号302的周期2期间重复。在同步化信号302的周期1期间,参数402在时间t2从参数等级0转变成参数等级PR2,在时间t8从参数等级PR2转变成参数等级PR1,并在时间t9从参数等级PR1转变成参数等级0。在同步化信号302的周期2期间,参数402在时间t12再次从参数等级0转变成参数等级PR2,在时间t18从参数等级PR2转变成参数等级PR1,且在时间t19从参数等级PR1转变成参数等级0。

[0177] 当第一时间段期间的参数306和402的参数等级的组合不同于第二时间段期间的参数306及402的参数等级的组合时,第一时间段的等离子体阻抗状态与第二时间段的等离子体阻抗状态不同。例如,源RF信号的参数306的参数等级在时间t0与t2之间的时间段期间为PR1,且偏置RF信号的参数402的参数等级在时间t0与t2之间的时间段期间为0,以定义等离子体阻抗状态PS1。源RF信号的参数306的参数等级在时间t2与t5之间的时间段期间为PR1,且偏置RF信号的参数402的参数等级在时间t2与t5之间的时间段期间为PR2,以定义另一等离子体阻抗状态PS2。

[0178] 举另一示例而言,源RF信号的参数306的参数等级在时间t5与t8之间的时间段期间为PR2,且偏置RF信号的参数402的参数等级在时间t5与t8之间的时间段期间为PR2,以定义与等离子体阻抗状态PS1和PS2中的每一者都不同的另一等离子体阻抗状态PS3。

[0179] 举又一示例而言,源RF信号的参数306的参数等级在时间t8与t9之间的时间段期间为PR2,且偏置RF信号的参数402的参数等级在时间t8与t9之间的时间段期间为PR1,以定义与等离子体阻抗状态PS1、PS2和PS3中的每一者都不同的另一等离子体阻抗状态PS4。

[0180] 举另一示例而言,源RF信号的参数306的参数等级在时间t9与t10之间的时间段期间为PR2,且偏置RF信号的参数402的参数等级在时间t9与t10之间的时间段期间为0,以定义与等离子体阻抗状态PS1、PS2、PS3和PS4中的每一者都不同的另一等离子体阻抗状态PS5。

[0181] 如此一来,在同步化信号302的各周期期间,由于偏置和源RF信号的参数等级上的改变,而产生多个等离子体阻抗状态,例如五个等离子体阻抗状态PS1至PS5。具有多个等离子体阻抗状态PS1至PS5的等离子体室112(图1)内的等离子体阻抗为多状态等离子体阻抗的示例。

[0182] 在一实施方案中,参数306属于RF信号168,且参数402属于RF信号152。

[0183] 在一实施方案中,除同步化信号302外,数字脉冲信号也由DSP 204通过传输缆线系统214从处理器118接收。例如,同步化信号302经由传输缆线系统214的第一传输缆线接收,且数字脉冲信号经由传输缆线系统214的第二传输缆线接收。数字脉冲信号以与其中参数402在参数等级0、PR2与PR1之间转变相同的方式周期性地在三个逻辑电平之间转变。例如,在同步化信号302的周期1期间,数字脉冲信号在时间t2从逻辑电平0转变成逻辑电平2,在时间t8从逻辑电平2转变成逻辑电平1,并在时间t9从逻辑电平1转变成逻辑电平0。在同步化信号302的周期2期间,数字脉冲信号在时间t12从逻辑电平0转变成逻辑电平2,在时间t18从逻辑电平2转变成逻辑电平1,并且在时间t19从逻辑电平1转变成逻辑电平0。在接收到数字脉冲信号时,DSP 204从数字脉冲信号识别参数402的状态S0、S2及S1的时间段,并产生具有这些时间段的指令信号。例如,参数402的状态S0的时间段与数字脉冲信号的逻辑电平0的时间段相同,参数402的状态S1的时间段与数字脉冲信号的逻辑电平1的时间段相同,且参数402的状态S2的时间段与数字脉冲信号的逻辑电平2的时间段相同。

[0184] 图5A为用于说明同步化信号502的图形500的实施方案。图形500描绘了相对于时间t的同步化信号502的逻辑电平。同步化信号502为同步化信号146(图1)的示例。同步化信号502的逻辑电平被描绘于y轴上,且时间t被描绘于x轴上。

[0185] 同步化信号502具有70％的工作周期。例如,同步化信号502从时间t0至时间t7具有1的逻辑电平。同步化信号502从时间t7至时间t10具有0的逻辑电平,从时间t10至时间t17具有1的逻辑电平,且从时间t17至时间t20具有0的逻辑电平。

[0186] 同步化信号502具有多个周期,且在各周期期间重复逻辑电平1和0。例如,同步化信号502在周期1期间于时间t7从逻辑电平1转变成逻辑电平0,并且在周期2期间于时间t17从逻辑电平1转变成逻辑电平0。举另一示例而言,在周期1的时间t0,同步化信号502从同步化信号502的周期0的逻辑电平0转变成周期1的逻辑电平1。类似地,在周期1的时间t10,同步化信号502从周期1的逻辑电平0转变成周期2的逻辑电平1。同步化信号502的周期0在同步化信号502的周期1之前,且同步化信号502的周期1在同步化信号502的周期2之前。

[0187] 在一实施方案中,同步化信号502具有另一工作周期,例如50％的工作周期或60％的工作周期,以取代70％的工作周期。

[0188] 图5B为图形504的实施方案,其用于说明相对于时间的RF信号152(其为源RF信号)的参数506。参数506被描绘于y轴上,且时间t被描绘于x轴上。

[0189] 参数506与同步化信号502同步而周期性地在参数等级0、PR1、与PR2之间转变。例如,参数506在同步化信号502的周期1期间于参数等级0、PR2与PR1之间转变,且在同步化信号502的周期2期间再次在参数等级0、PR2与PR1之间转变。举例而言,参数506具有从时间t0至时间t3的状态S0阶段期间的参数等级0、从时间t3至时间t8的状态S2阶段期间的参数等级PR2、从时间t8至时间t9的状态S1阶段期间的参数等级PR1和从时间t9至时间t10的另一状态S0阶段期间的参数等级0。参数506在同步化信号502的周期2期间重复状态S0、S2、S1和S0的发生序列。在同步化信号502的周期1期间,参数506在时间t3从参数等级0转变成参数等级PR2,在时间t8从参数等级PR2转变成参数等级PR1,并且在时间t9从参数等级PR1转变成参数等级0。在同步化信号502的周期2期间,参数506重复在参数等级0、PR2、与PR1之间转变。

[0190] 在一实施方案中,除同步化信号502外,数字脉冲信号也由DSP 204通过传输缆线系统214从处理器118接收。例如,同步化信号502经由传输缆线系统214的第一传输缆线接收,且数字脉冲信号经由传输缆线系统214的第二传输缆线接收。数字脉冲信号以与其中参数506在参数等级0、PR2与PR1之间转变相同的方式周期性地在三个逻辑电平之间转变。例如,在同步化信号502的周期1期间,数字脉冲信号在时间t3从逻辑电平0转变成逻辑电平2,在时间t8从逻辑电平2转变成逻辑电平1,在时间t9从逻辑电平1转变成逻辑电平0。在同步化信号502的周期2期间,数字脉冲信号在时间t13从逻辑电平0转变成逻辑电平2,在时间t18从逻辑电平2转变成逻辑电平1,并且在时间t19从逻辑电平1转变成逻辑电平0。在接收到数字脉冲信号时,DSP 204从数字脉冲信号识别参数506的状态S0、S2以及S1的时间段,并且产生具有这些时间段的指令信号。例如,参数506的状态S0的时间段与数字脉冲信号的逻辑电平0的时间段相同,参数506的状态S2的时间段与数字脉冲信号的逻辑电平2的时间段相同,且参数506的状态S1的时间段与数字脉冲信号的逻辑电平1的时间段相同。

[0191] 图5C为图形508的实施方案,其用于说明相对于时间t的RF信号168(图1)(其为偏

置RF信号)的参数510。参数510被描绘于y轴上,且时间t被描绘于x轴上。参数510与同步化信号502同步而周期性地在参数等级PR1、PR2、与0之间转变。例如,参数510在同步化信号502的周期1期间于参数等级PR1、PR2与0之间转变,且在同步化信号502的周期2期间再次在参数等级PR1、PR2与0之间转变。举例而言,参数510具有从时间t0至时间t2的状态S1阶段期间的参数等级PR1、从时间t2至时间t5的状态S2阶段期间的参数等级PR2、从时间t5至时间t9的另一状态S1阶段期间的参数等级PR1和从时间t9至时间t10的状态S0期间的参数等级0。PR1、PR2和0的参数等级在同步化信号502的周期2期间重复。在同步化信号502的周期1期间,参数510在时间t0从参数等级0转变成参数等级PR1,在时间t2从参数等级PR1转变成参数等级PR2,在时间t5从参数等级PR2转变成参数等级PR1,并在时间t9从参数等级PR1转变成参数等级0。在同步化信号502的周期2期间,参数510在时间t10再次从参数等级0转变成参数等级PR1,在时间t12从参数等级PR1转变成参数等级PR2,在时间t15从参数等级PR2转变成参数等级PR1,且在时间t19从参数等级PR1转变成参数等级0。

[0192] 当第一时间段期间的参数506和510的参数等级的组合不同于第二时间段期间的参数506及510的参数等级的组合时,第一时间段的等离子体阻抗状态便与第二时间段的等离子体阻抗状态不同。例如,源RF信号的参数506的参数等级在时间t0与t2之间的时间段期间为0,且偏置RF信号的参数510的参数等级在时间t0与t2之间的时间段期间为PR1,以定义等离子体阻抗状态PS1。源RF信号的参数506的参数等级在时间t2与t3之间的时间段期间为0,且偏置RF信号的参数510的参数等级在时间t2与t3之间的时间段期间为PR2,以定义另一等离子体阻抗状态PS2。

[0193] 举另一示例而言,源RF信号的参数506的参数等级在时间t3与t5之间的时间段期间为PR2,且偏置RF信号的参数510的参数等级在时间t3与t5之间的时间段期间为PR2,以定义与等离子体阻抗状态PS1和PS2中的每一者都不同的另一等离子体阻抗状态PS3。举又一示例而言,源RF信号的参数506的参数等级在时间t5与t8之间的时间段期间为PR2,且偏置RF信号的参数510的参数等级在时间t5与t8之间的时间段期间为PR1,以定义与等离子体阻抗状态PS1、PS2及PS3中的每一者都不同的另一等离子体阻抗状态PS4。

[0194] 举另一示例而言,源RF信号的参数506的参数等级在时间t8与t9之间的时间段期间为PR1,且偏置RF信号的参数510的参数等级在时间t8与t9之间的时间段期间为PR1,以定义与等离子体阻抗状态PS1、PS2、PS3和PS4中的每一者都不同的另一等离子体阻抗状态PS5。举又一示例而言,源RF信号的参数506的参数等级在时间t9与t10之间的时间段期间为0,且偏置RF信号的参数510的参数等级在时间t9与t10之间的时间段期间为0,以定义与等离子体阻抗状态PS1、PS2、PS3、PS4和PS5中的每一者都不同的另一等离子体阻抗状态PS6。如此一来,在同步化信号502的各周期期间,由于偏置和源RF信号的参数等级上的改变,因而产生多个等离子体阻抗状态,例如六个等离子体阻抗状态PS1至PS6。具有多个等离子体阻抗状态PS1至PS6的等离子体室112(图1)内的等离子体阻抗为多状态等离子体阻抗的示例。

[0195] 在一实施方案中,参数506属于RF信号168,且参数510属于RF信号152。

[0196] 在一实施方案中,除同步化信号502外,数字脉冲信号也由DSP 204通过传输缆线系统214从处理器118接收。例如,同步化信号502经由传输缆线系统214的第一传输缆线接收,且数字脉冲信号经由传输缆线系统214的第二传输缆线接收。数字脉冲信号以与其中参

数506在参数等级0、PR1与PR2之间转变相同的方式周期性地在三个逻辑电平之间转变。例如,在同步化信号502的周期1期间,数字脉冲信号在时间t0从逻辑电平0转变成逻辑电平1,在时间t2从逻辑电平1转变成逻辑电平2,在时间t5从逻辑电平2转变成逻辑电平1,且在时间t9从逻辑电平1转变成逻辑电平0。在同步化信号502的周期2期间,数字脉冲信号在时间t10从逻辑电平0转变成逻辑电平1,在时间t12从逻辑电平1转变成逻辑电平2,在时间t15从逻辑电平2转变成逻辑电平1,并在时间t19从逻辑电平1转变成逻辑电平0。在接收到数字脉冲信号时,DSP 204从数字脉冲信号识别参数510的状态S0、S2和S1的时间段,并产生具有这些时间段的指令信号。例如,参数510的状态S0的时间段与数字脉冲信号的逻辑电平0的时间段相同,参数510的状态S2的时间段与数字脉冲信号的逻辑电平2的时间段相同,且参数510的状态S1的时间段与数字脉冲信号的逻辑电平1的时间段相同。

[0197] 图6A为用于说明同步化信号602的图形600的实施方案。图形600描绘了相对于时间t的同步化信号602的逻辑电平。同步化信号602为同步化信号146(图1)的示例。同步化信号602的逻辑电平被描绘于y轴上,且时间t被描绘于x轴上。

[0198] 同步化信号602具有30%的工作周期。例如,同步化信号602从时间t0至时间t3具有1的逻辑电平。同步化信号602从时间t3至时间t10具有0的逻辑电平,从时间t10至时间t13具有1的逻辑电平,且从时间t13至时间t20具有0的逻辑电平。

[0199] 同步化信号602具有多个周期,且在各周期期间重复逻辑电平1和0。例如,同步化信号602在周期1期间于时间t3从逻辑电平1转变成逻辑电平0,并在周期2期间于时间t13从逻辑电平1转变成逻辑电平0。举另一示例而言,在周期1的时间t0,同步化信号602从同步化信号602的周期0的逻辑电平0转变成周期1的逻辑电平1。类似地,在周期1的时间t10,同步化信号602从周期1的逻辑电平0转变成周期2的逻辑电平1。同步化信号602的周期0在同步化信号602的周期1之前,且同步化信号602的周期1在同步化信号602的周期2之前。

[0200] 在一实施方案中,同步化信号602具有另一工作周期,例如50%的工作周期或60%的工作周期,而不是30%的工作周期。

[0201] 图6B为图形604的实施方案,其用于说明相对于时间的RF信号152(其为源RF信号)的参数606。参数606被描绘于y轴上,且时间t被描绘于x轴上。

[0202] 参数606与同步化信号602同步而周期性地在参数等级PR2、PR1、与0之间转变。例如,参数606在同步化信号602的周期1期间于参数等级PR2、PR1与0之间转变,且在同步化信号602的周期2期间再次在参数等级PR2、PR1与0之间转变。举例而言,参数606具有从时间t0至时间t3的状态S2阶段期间的参数等级PR2、从时间t3至时间t7的状态S1阶段期间的参数等级PR1和从时间t7至时间t10的状态S0阶段期间的参数等级0。参数606在同步化信号602的周期2期间重复状态S2、S1和S0的发生序列。并且,在同步化信号602的周期1期间,参数606在时间t0从参数等级0转变成参数等级PR2,在时间t3从参数等级PR2转变成参数等级PR1,并在时间t7从参数等级PR1转变成参数等级0。在同步化信号602的周期2期间,参数606重复在参数等级PR2、PR1、与0之间的转变。例如,在同步化信号602的周期2期间,参数606在时间t10从参数等级0转变成参数等级PR2,在时间t13从参数等级PR2转变成参数等级PR1,并且在时间t17从参数等级PR1转变成参数等级0。

[0203] 在一实施方案中,除同步化信号602外,数字脉冲信号也由DSP 204通过传输缆线系统214从处理器118接收。例如,同步化信号602经由传输缆线系统214的第一传输缆线接

收,且数字脉冲信号经由传输缆线系统214的第二传输缆线接收。数字脉冲信号以与其中参数606在参数等级0、PR2与PR1之间转变相同的方式周期性地在三个逻辑电平之间转变。例如,在同步化信号602的周期1期间,数字脉冲信号在时间t0从逻辑电平0转变成逻辑电平2,在时间t3从逻辑电平2转变成逻辑电平1,在时间t7从逻辑电平1转变成逻辑电平0。在同步化信号602的周期2期间,数字脉冲信号在时间t10从逻辑电平0转变成逻辑电平2,在时间t13从逻辑电平2转变成逻辑电平1,并且在时间t17从逻辑电平1转变成逻辑电平0。在接收到数字脉冲信号时,DSP 204从数字脉冲信号识别参数606的状态S2、S1和S0的时间段,并且产生具有这些时间段的指令信号。例如,参数606的状态S0的时间段与数字脉冲信号的逻辑电平0的时间段相同,参数606的状态S2的时间段与数字脉冲信号的逻辑电平2的时间段相同,且参数606的状态S1的时间段与数字脉冲信号的逻辑电平1的时间段相同。

[0204] 图6C为图形608的实施方案,其用于说明相对于时间t的RF信号168(图1)(其为偏置RF信号)的参数610。参数610被描绘于y轴上,且时间t被描绘于x轴上。参数610与同步化信号602同步而周期性地在参数等级0、PR1与PR2之间转变。例如,参数610在同步化信号602的周期1期间于参数等级0、PR1、与PR2之间转变,且在同步化信号602的周期2期间再次在参数等级0、PR1、与PR2之间转变。举例而言,参数610具有从时间t0至时间t1的状态S0阶段期间的参数等级0、从时间t1至时间t5的状态S1阶段期间的参数等级PR1、从时间t5至时间t8的状态S2阶段期间的参数等级PR2和从时间t8至时间t10的另一状态S0阶段期间的参数等级0。0、PR1和PR2的参数等级在同步化信号602的周期2期间重复。在同步化信号602的周期1期间,参数610在时间t1从参数等级0转变成参数等级PR1,在时间t5从参数等级PR1转变成参数等级PR2,并且在时间t8从参数等级PR2转变成参数等级0。在同步化信号602的周期2期间,参数610在时间t11再次从参数等级0转变成参数等级PR1,在时间t15从参数等级PR1转变成参数等级PR2,且在时间t18从参数等级PR2转变成参数等级0。

[0205] 当第一时间段期间的参数606和610的参数等级的组合不同于第二时间段期间的参数606和610的参数等级的组合时,第一时间段的等离子体阻抗状态与第二时间段的等离子体阻抗状态不同。例如,源RF信号的参数606的参数等级在时间t0与t1之间的时间段期间为PR2,且偏置RF信号的参数610的参数等级在时间t0与t1之间的时间段期间为0,以定义等离子体阻抗状态PS1。源RF信号的参数606的参数等级在时间t1与t3之间的时间段期间为PR2,且偏置RF信号的参数610的参数等级在时间t1与t3之间的时间段期间为PR1,以定义另一等离子体阻抗状态PS2。

[0206] 举另一示例而言,源RF信号的参数606的参数等级在时间t3与t5之间的时间段期间为PR1,且偏置RF信号的参数610的参数等级在时间t3与t5之间的时间段期间为PR1,以定义与等离子体阻抗状态PS1和PS2中的每一者都不同的另一等离子体阻抗状态PS3。举又一示例而言,源RF信号的参数606的参数等级在时间t5与t7之间的时间段期间为PR1,且偏置RF信号的参数610的参数等级在时间t5与t7之间的时间段期间为PR2,以定义与等离子体阻抗状态PS1、PS2和PS3中的每一者都不同的另一等离子体阻抗状态PS4。

[0207] 举另一示例而言,源RF信号的参数606的参数等级在时间t7与t8之间的时间段期间为0,且偏置RF信号的参数610的参数等级在时间t7与t8之间的时间段期间为PR2,以定义与等离子体阻抗状态PS1、PS2、PS3和PS4中的每一者都不同的另一等离子体阻抗状态PS5。举又一示例而言,源RF信号的参数606的参数等级在时间t8与t10之间的时间段期间为0,且

偏置RF信号的参数610的参数等级在时间t8与t10之间的时间段期间为0,以定义与等离子体阻抗状态PS1、PS2、PS3、PS4和PS5中的每一者都不同的另一等离子体阻抗状态PS6。如此一来,在同步化信号602的各周期期间,由于偏置和源RF信号的参数等级上的改变,因而产生多个等离子体阻抗状态,例如六个等离子体阻抗状态PS1至PS6。具有多个等离子体阻抗状态PS1至PS6的等离子体室112(图1)内的等离子体阻抗为多状态等离子体阻抗的示例。

[0208] 在一实施方案中,参数606属于RF信号168,且参数610属于RF信号152。

[0209] 在一实施方案中,除同步化信号602外,数字脉冲信号也由DSP 204通过传输缆线系统214从处理器118接收。例如,同步化信号602经由传输缆线系统214的第一传输缆线接收,且数字脉冲信号经由传输缆线系统214的第二传输缆线接收。数字脉冲信号以与其中参数610在参数等级0、PR1与PR2之间转变相同的方式周期性地在三个逻辑电平之间转变。例如,在同步化信号602的周期1期间,数字脉冲信号在时间t1从逻辑电平0转变成逻辑电平1,在时间t5从逻辑电平1转变成逻辑电平2,在时间t8从逻辑电平2转变成逻辑电平1。在同步化信号602的周期2期间,数字脉冲信号在时间t11从逻辑电平0转变成逻辑电平1,在时间t15从逻辑电平1转变成逻辑电平2,并且在时间t18从逻辑电平2转变成逻辑电平1。在接收到数字脉冲信号时,DSP 204从数字脉冲信号识别参数610的状态S0、S2和S1的时间段,并且产生具有这些时间段的指令信号。例如,参数610的状态S0的时间段与数字脉冲信号的逻辑电平0的时间段相同,参数610的状态S2的时间段与数字脉冲信号的逻辑电平2的时间段相同,且参数610的状态S1的时间段与数字脉冲信号的逻辑电平1的时间段相同。

[0210] 在一实施方案,取代用于参数310(图3C)、402(图4C)、510(图5C)和610(图6C)中的任一者的参数等级PR1,而使用参数等级PR3。参数等级PR3大于或低于参数等级PR1。类似地,取代用于参数310、402、510和610中的任一者的参数等级PR2,而使用参数等级PR4。参数等级PR4大于或低于参数等级PR2。

[0211] 图6D为用于说明利用源RF产生器与偏置RF产生器之间的选择性同步化的开-关时间修改方法实施方案的图。如参照图6D所说明的,相比于第二RF产生器(例如源RF产生器或偏置RF产生器),在开启第一RF产生器(例如源RF产生器或偏置RF产生器)产生的RF信号上有从时间t1至时间t2的时间延迟。并且,由第一RF产生器供给的RF功率被关闭的时间从时间t4前移至时间t3。如此一来,取代两等离子体阻抗状态S1及S0,产生了多于两个等离子体阻抗状态,例如六或八或十或二十个等离子体阻抗状态。

[0212] 多状态脉冲部件

[0213] 图7为用于说明多阶参数脉冲的等离子体系统700的实施方案的图。等离子体系统700包含RF产生器702和主计算机106。RF产生器702为源RF产生器102(图1)或偏置RF产生器104(图1)的示例。RF产生器702包含DSP 204、多个参数控制器PRS1a、PRS2a、PRS3a等直到PRSna,其中n为大于三的整数。例如,n为四以上。例如,RF产生器702包含四个参数控制器,其中一者用于状态S1a,其中另一者用于状态S2a,其中又一者用于状态S3a,且其中另一者用于状态S4a。举另一示例而言,RF产生器702包含五个参数控制器,其中一者用于状态S1a,其中另一者用于状态S2a,其中又一者用于状态S3a,其中另一者用于状态S4a,且其中一者用于状态S5a。RF产生器702还包含频率控制器(FC)210、驱动器系统710和RF电源222。

[0214] DSP 204耦合至RF产生器702的参数控制器PRS1a至PRSna中的每一者。参数控制器PRS1a至PRSna耦合至驱动器系统710,该驱动器系统710耦合至RF电源222。并且,频率控制

器210耦合至驱动器系统710。

[0215] 处理器118经由传输缆线系统214将例如参数等级的用于状态S1a至Sna的参数以及同步化信号146提供至DSP 204。在接收到用于状态S1a至Sna的参数等级时,DSP 204将例如功率电平或电压电平之类的用于RF信号712的状态S1a的参数提供至参数控制器PRS1a,以将用于状态S1a的参数存储在参数控制器PRS1a的存储器装置中。RF信号712为RF信号152或RF信号168(图1)的示例。

[0216] 并且,响应于接收到用于状态S1a至Sna的参数等级,DSP 204将例如功率电平或电压电平之类的用于RF信号712的状态S2a的参数等级提供至参数控制器PRS2a,以将用于状态S2a的参数等级存储在参数控制器PRS2a的存储器装置中。另外,响应于接收到用于状态S1a至Sna的参数等级,DSP 204将例如功率电平或电压电平之类的用于RF信号712的状态S3a的参数等级提供至参数控制器PRS3a,以将用于状态S3a的参数存储在参数控制器PRS3a的存储器装置中。响应于接收到用于状态S1a至Sna的参数,DSP 204将例如功率电平或电压电平之类的用于RF信号712的状态Sna的参数等级提供至参数控制器PRSna,以将用于状态Sna的参数存储在参数控制器PRSna的存储器装置中。类似地,在接收到用于状态S1a至Sna的参数时,DSP 204将例如单一频率电平之类的用于所有状态S1a至Sna的频率电平提供至频率控制器210,以存储在频率控制器210的存储器装置中。

[0217] 在一实施方案中,第(n-1)参数等级的值与第n参数等级的值不同。例如,第(n-1)个参数等级的值不包含第n个参数等级的值。举另一示例而言,第(n-1)个参数等级的值都不与第n参数等级的值中的任一者相同。

[0218] 在接收到同步化信号146时,于同步化信号146的各周期期间,DSP 204传送用于状态S1a的指令信号至参数控制器PRS1a。例如,DSP 204在从不同于状态S1a或除状态S1a之外的状态(例如状态Sna或状态S0)转变至状态S1a的时间传送用于状态S1a的指令信号至参数控制器PRS1a。传送至参数控制器PRS1a的用于状态S1a的指令信号包含参数控制器PRS1a将提供用于状态S1a的参数等级至驱动器系统710的各周期期间的状态S1a的时间段。在接收到用于状态S1a的指令信号时,参数控制器PRS1a从参数控制器PRS1a的存储器装置取得用于状态S1a的参数等级,并针对状态S1a的时间段将这些参数等级传送至驱动器系统710。例如,参数控制器PRS1a在从不同于状态S1a的状态转变至状态S1a的时间传送用于状态S1a的参数等级至驱动器系统710。在状态S1a的时间段之后,于同步化信号146的周期期间,参数控制器PRS1a不传送用于状态S1a的参数等级至驱动器系统710。

[0219] 类似地,在接收到同步化信号146时,于同步化信号146的各周期期间,DSP 204传送用于状态S2a的指令信号至参数控制器PRS2a。例如,DSP 204在从不同于状态S2a或除状态S2a之外的状态(例如状态S1a或状态S3a或状态S0)转变至状态S2a的时间传送用于状态S2a的指令信号至参数控制器PRS2a。传送至参数控制器PRS2a的用于状态S2a的指令信号包含参数控制器PRS2a将提供用于状态S2a的参数等级至驱动器系统710的各周期期间的状态S2a的时间段。在接收到用于状态S2a的指令信号时,参数控制器PRS2a从参数控制器PRS2a的存储器装置取得用于状态S2a的参数等级,并针对状态S2a的时间段将这些参数等级传送至驱动器系统710。例如,参数控制器PRS2a在从不同于状态S2a的状态转变至状态S2a的时间传送用于状态S2a的参数等级至驱动器系统710。在状态S2a的时间段之后,于同步化信号146的周期期间,参数控制器PRS2a不传送用于状态S2a的参数等级至驱动器系统710。

[0220] 并且,在接收到同步化信号146时,于同步化信号146的各周期期间,DSP 204传送用于状态S3a的指令信号至参数控制器PRS3a。例如,DSP 204在从不同于状态S3a或除状态S3a之外的状态(例如状态S2a或状态S1a或状态S0)转变至状态S3a的时间传送用于状态S3a的指令信号至参数控制器PRS3a。传送至参数控制器PRS3a的用于状态S3a的指令信号包含参数控制器PRS3a将提供用于状态S3a的参数等级至驱动器系统710的各周期期间的状态S3a的时间段。在接收到用于状态S3a的指令信号时,参数控制器PRS3a从参数控制器PRS3a的存储器装置取得用于状态S3a的参数等级,并针对状态S3a的时间段将这些参数等级传送至驱动器系统710。例如,参数控制器PRS3a在从不同于状态S3a的状态转变至状态S3a的时间传送用于状态S3a的参数等级至驱动器系统710。在状态S3a的时间段之后,于同步化信号146的周期期间,参数控制器PRS3a不传送用于状态S3a的参数等级至驱动器系统710。

[0221] 此外,在接收到同步化信号146时,于同步化信号146的各周期期间,DSP 204传送用于状态Sna的指令信号至参数控制器PRSna。例如,DSP 204在从不同于状态Sna或除状态Sna之外的状态(例如状态S(n-1)a或状态S0)转变至状态Sna的时间传送用于状态Sna的指令信号至参数控制器PRSna。传送至参数控制器PRSna的用于状态Sna的指令信号包含参数控制器PRSna将提供用于状态Sna的参数等级至驱动器系统710的各周期期间的状态Sna的时间段。在接收到用于状态Sna的指令信号时,参数控制器PRSna从参数控制器PRSna的存储器装置取得用于状态Sna的参数等级,并针对状态Sna的时间段将这些参数等级传送至驱动器系统710。例如,参数控制器PRSna在从不同于状态Sna的状态转变至状态Sna的时间传送用于状态Sna的参数等级至驱动器系统710。在状态Sna的时间段之后,于同步化信号146的周期期间,参数控制器PRSna不传送用于状态Sna的参数等级至驱动器系统710。

[0222] 并且,在接收到同步化信号146时,于同步化信号146的各周期期间,DSP 204传送指令信号至频率控制器210。在接收到指令信号时,频率控制器210从频率控制器210的存储器装置取得频率电平,并将该频率电平传送至驱动器系统710。

[0223] 响应于接收到用于状态S1a的参数等级和频率电平,驱动器系统710产生针对状态S1a的时间段的用于状态S1a的驱动信号,并将该驱动信号传送至RF电源222。例如,当在从不同于状态S1a或除状态S1a之外的状态(例如状态Sna或状态S2a或状态S3a或状态S0)转变成状态S1a的时间接收到用于状态S1a的参数等级及频率电平时,驱动器系统710针对状态S1a的时间段产生用于状态S1a的驱动信号,并将该驱动信号传送至RF电源222。RF电源222在从驱动器系统710接收到用于状态S1a的驱动信号时产生RF信号712的状态S1a。例如,在从驱动器系统710接收到用于状态S1a的驱动信号时,RF电源222使RF信号712从不同于状态S1a的状态转变成状态S1a。RF信号712的状态S1a具有在状态S1a的时间段期间的频率电平以及用于状态S1a的参数等级。

[0224] 类似地,响应于接收到频率电平和用于状态S2a的参数等级,驱动器系统710针对状态S2a的时间段产生用于状态S2a的驱动信号,并将该驱动信号传送至RF电源222。例如,当在从不同于状态S2a或除状态S2a之外的状态(例如状态S1a或状态S3a或状态Sna或状态S0)转变成状态S2a的时间接收到频率电平和用于状态S2a的参数等级时,驱动器系统710针对状态S2a的时间段产生用于状态S2a的驱动信号,并将该驱动信号传送至RF电源222。RF电源222在从驱动器系统710接收到用于状态S2a的驱动信号时产生RF信号712的状态S2a。例如,在从驱动器系统710接收到用于状态S2a的驱动信号时,RF电源222使RF信号712从不同

于状态S2a的状态转变成状态S2a。RF信号712的状态S2a具有在状态S2a的时间段期间的频率电平和用于状态S2a的参数等级。

[0225] 并且,响应于接收到频率电平和用于状态S3a的参数等级,驱动器系统710针对状态S3a的时间段产生用于状态S3a的驱动信号,并将该驱动信号传送至RF电源222。例如,当在从不同于状态S3a或除状态S3a之外的状态(例如状态S2a或状态S4a或状态Sna或状态S0)转变成状态S3a的时间接收到频率电平和用于状态S3a的参数等级,驱动器系统710针对状态S3a的时间段产生用于状态S3a的驱动信号,并将该驱动信号传送至RF电源222。RF电源222在从驱动器系统710接收到用于状态S3a的驱动信号时产生RF信号712的状态S3a。例如,在从驱动器系统710接收到用于状态S3a的驱动信号时,RF电源222使RF信号712从不同于状态S3a的状态转变成状态S3a。RF信号712的状态S3a具有状态S3a的时间段期间的频率电平和用于状态S3a的参数等级。

[0226] 此外,响应于接收到频率电平和用于状态Sna的参数等级,驱动器系统710针对状态Sna的时间段产生用于状态Sna的驱动信号,并将该驱动信号传送至RF电源222。例如,当在从不同于状态Sna或除状态Sna之外的状态(例如状态S(n-1)a或状态S0或状态S3a或状态S2a)转变成状态Sna的时间接收到频率电平和用于状态Sna的参数等级,驱动器系统710针对状态Sna的时间段产生用于状态Sna的驱动信号,并将该驱动信号传送至RF电源222。RF电源222在从驱动器系统710接收到用于状态Sna的驱动信号时产生RF信号712的状态Sna。例如,在从驱动器系统710接收到用于状态Sna的驱动信号时,RF电源222使RF信号712从不同于状态Sna的状态转变成状态Sna。RF信号712的状态Sna具有状态Sna的时间段期间的频率电平和用于状态Sna的参数等级。

[0227] 并且,在一实施方案中,于同步化信号146的各周期期间,存在RF信号712具有零的参数等级的时间段。RF信号712在例如状态S0的空状态期间具有零的参数等级。在接收到同步化信号146时,于同步化信号146的各周期期间,在空状态的时间段期间,DSP 204不向参数控制器PRS1a至PRSna发送状态S1a至Sna的指令信号。

[0228] 在未接收到用于状态S1a至Sna的指令信号的空状态的时间段期间,参数控制器PRS1a至PRSna不传送或停止传送用于状态S1a至Sna的参数等级至驱动器系统710。例如,在状态S1a的时间段之后,参数控制器PRS1a不传送用于状态S1a的参数等级至驱动器系统710。举另一示例而言,在状态S2a的时间段之后,参数控制器PRS2a不传送用于状态S2a的参数等级至驱动器系统710。

[0229] 当未接收到用于状态S1a至Sna的参数等级时,驱动器系统710不传送驱动信号至RF电源222。当未在空状态的时间段期间接收到驱动信号时,RF电源222在空状态期间产生具有零的参数等级的RF信号712。例如,当未接收到驱动信号时,RF电源222使RF信号712从不同于空状态S0或除空状态S0之外的状态(例如状态S1a或状态S2a或状态Sna)转变成空状态S0。

[0230] 状态S1a至Sna以及空状态为RF信号712的参数的状态。例如,参照图7说明的状态S1a至Sna及空状态各代表RF信号712的参数等级。举例而言,RF信号712的状态S1a表示RF信号712的第一参数等级,且RF信号712的状态S2a表示RF信号712的第二参数等级。

[0231] 在一实施方案中,取代参数控制器PRS1a至PRSna及频率控制器210,而将例如一或更多处理器的一或更多控制器用于执行此处所述由参数控制器PRS1a至PRSna及频率控制

器210所执行的功能。

[0232] 在一实施方案中,取代DSP 204、参数控制器PRS1a至PRSna及频率控制器210,而将例如一或更多处理器的一或更多控制器用于执行此处所述由DSP 204、参数控制器PRS1a至PRSna及频率控制器210所执行的功能。

[0233] 图8为用于说明多阶频率脉冲的等离子体系统800的实施方案的图。等离子体系统800包含RF产生器802和主计算机106。RF产生器802为源RF产生器102(图1)或偏置RF产生器104(图1)的示例。RF产生器802包含DSP 204、多个频率控制器FCS1a、FCS2a、FCS3a等直至FCSna,其中n为大于三的整数。例如,n为四以上。例如,RF产生器802包含四个频率控制器,其中一者用于状态S1a,其中另一者用于状态S2a,其中又一者用于状态S3a,且其中另一者用于状态S4a。举另一示例而言,RF产生器802包含五个频率控制器,其中一者用于状态S1a,其中另一者用于状态S2a,其中又一者用于状态S3a,其中另一者用于状态S4a,且其中一者用于状态S5a。RF产生器802还包含参数控制器814、驱动器系统810和RF电源222。

[0234] DSP 204耦合至RF产生器802的频率控制器FCS1a至FCSna中的每一者。频率控制器FCS1a至FCSna耦合至驱动器系统810,该驱动器系统810耦合至RF电源222。并且,参数控制器814耦合至驱动器系统810。

[0235] 处理器118经由传输缆线系统214将例如频率电平之类的用于状态S1a至Sna的频率以及同步化信号146提供至DSP 204。在接收到用于状态S1a至Sna的频率电平时,DSP 204将例如频率电平之类的用于RF信号812的状态S1a的频率提供至频率控制器FCS1a,以将用于状态S1a的频率存储在频率控制器FCS1a的存储器装置中。RF信号812为RF信号152或RF信号168(图1)的示例。

[0236] 并且,响应于接收到用于状态S1a至Sna的频率电平,DSP 204将用于RF信号812的状态S2a的频率电平提供至频率控制器FCS2a,以将用于状态S2a的频率电平存储在频率控制器FCS2a的存储器装置中。此外,响应于接收到用于状态S1a至Sna的频率电平,DSP 204将用于RF信号812的状态S3a的频率电平提供至频率控制器FCS3a,以将用于状态S3a的频率电平存储在频率控制器FCS3a的存储器装置中。响应于接收到用于状态S1a至Sna的频率电平,DSP 204将用于RF信号812的状态Sna的频率电平提供至频率控制器FCSna,以将用于状态Sna的频率电平存储在频率控制器FCSna的存储器装置中。类似地,在接收到用于所有状态S1a至Sna的例如单一参数等级之类的参数等级时,DSP 204将该参数等级提供至参数控制器814,以存储在参数控制器814的存储器装置中。

[0237] 在一实施方案中,第(n-1)个频率电平的值与第n个频率电平的值不同。例如,第(n-1)个频率电平的值不包含第n个频率电平的值。举另一示例而言,第(n-1)个频率电平的值都不与第n频率电平的值中的任一者相同。

[0238] 在接收到同步化信号146时,于同步化信号146的各周期期间,DSP 204传送用于状态S1a的指令信号至频率控制器FCS1a。例如,DSP 204在从不同于状态S1a或除状态S1a之外的状态(例如状态S2a或状态S0或状态S3a)转变至状态S1a的时间传送用于状态S1a的指令信号至频率控制器FCS1a。传送至频率控制器FCS1a的用于状态S1a的指令信号包含频率控制器FCS1a将提供用于状态S1a的频率电平至驱动器系统810的各周期期间的状态S1a的时间段。在接收到用于状态S1a的指令信号时,频率控制器FCS1a从频率控制器FCS1a的存储器装置取得用于状态S1a的频率电平,并针对状态S1a的时间段将该频率电平传送至驱动器系

统810。例如,频率控制器FCS1a在从不同于状态S1a的状态转变至状态S1a的时间传送用于状态S1a的频率电平至驱动器系统810。在状态S1a的时间段之后,于同步化信号146的周期期间,频率控制器FCS1a不传送用于状态S1a的频率电平至驱动器系统810。

[0239] 类似地,在接收到同步化信号146时,于同步化信号146的各周期期间,DSP 204传送用于状态S2a的指令信号至频率控制器FCS2a。例如,DSP 204在从不同于状态S2a或除状态S2a之外的状态(例如状态S1a或状态S0或状态S3a)转变至状态S2a的时间传送用于状态S2a的指令信号至频率控制器FCS2a。传送至频率控制器FCS2a的用于状态S2a的指令信号包含频率控制器FCS2a将提供用于状态S2a的频率电平至驱动器系统810的各周期期间的状态S2a的时间段。在接收到用于状态S2a的指令信号时,频率控制器FCS2a从频率控制器FCS2a的存储器装置取得用于状态S2a的频率电平,并针对状态S2a的时间段将该频率电平传送至驱动器系统810。例如,频率控制器FCS2a在从不同于状态S2a的状态转变至状态S2a的时间传送用于状态S2a的频率电平至驱动器系统810。在状态S2a的时间段之后,于同步化信号146的周期期间,频率控制器FCS2a不传送用于状态S2a的频率电平至驱动器系统810。

[0240] 并且,在接收到同步化信号146时,于同步化信号146的各周期期间,DSP 204传送用于状态S3a的指令信号至频率控制器FCS3a。例如,DSP 204在从不同于状态S3a或除状态S3a之外的状态(例如状态S2a或状态S1a或状态S0)转变至状态S3a的时间传送用于状态S3a的指令信号至频率控制器FCS3a。传送至频率控制器FCS3a的用于状态S3a的指令信号包含频率控制器FCS3a将提供用于状态S3a的频率电平至驱动器系统810的各周期期间的状态S3a的时间段。在接收到用于状态S3a的指令信号时,频率控制器FCS3a从频率控制器FCS3a的存储器装置取得用于状态S3a的频率电平,并针对状态S3a的时间段将该频率电平传送至驱动器系统810。例如,频率控制器FCS3a在从不同于状态S3a的状态转变至状态S3a的时间传送用于状态S3a的频率电平至驱动器系统810。在状态S3a的时间段之后,于同步化信号146的周期期间,频率控制器FCS3a不传送用于状态S3a的频率电平至驱动器系统810。

[0241] 此外,在接收到同步化信号146时,于同步化信号146的各周期期间,DSP 204传送用于状态Sna的指令信号至频率控制器FCSna。例如,DSP 204在从不同于状态Sna或除状态Sna之外的状态(例如状态S(n-1)a或状态S0)转变至状态Sna的时间传送用于状态Sna的指令信号至频率控制器FCSna。传送至频率控制器FCSna的用于状态Sna的指令信号包含频率控制器FCSna将提供用于状态Sna的频率电平至驱动器系统810的各周期期间的状态Sna的时间段。在接收到用于状态Sna的指令信号时,频率控制器FCSna从频率控制器FCSna的存储器装置取得用于状态Sna的频率电平,并针对状态Sna的时间段将该频率电平传送至驱动器系统810。例如,频率控制器FCSna在从不同于状态Sna的状态转变至状态Sna的时间传送用于状态Sna的频率电平至驱动器系统810。在状态Sna的时间段之后,于同步化信号146的周期期间,频率控制器FCSna不传送用于状态Sna的频率电平至驱动器系统810。

[0242] 并且,在接收到同步化信号146时,于同步化信号146的各周期期间,DSP 204传送指令信号至参数控制器814。在接收到指令信号时,参数控制器814从参数控制器814的存储器装置取得参数等级,并将该参数等级传送至驱动器系统810。

[0243] 响应于接收到参数等级和用于状态S1a的频率电平,驱动器系统810针对状态S1a的时间段产生用于状态S1a的驱动信号,并且将该驱动信号传送至RF电源222。例如,当在从不同于状态S1a或除状态S1a之外的状态(例如状态S2a或状态S3a或状态Sna或状态S0)转变

成状态S1a的时间接收到参数等级和用于状态S1a的频率电平,驱动器系统810针对状态S1a的时间段产生用于状态S1a的驱动信号,并将该驱动信号传送至RF电源222。RF电源222在从驱动器系统810接收到用于状态S1a的驱动信号时产生RF信号812的状态S1a。例如,在从驱动器系统810接收到用于状态S1a的驱动信号时,RF电源222使RF信号812从不同于状态S1a的状态转变成状态S1a。RF信号812的状态S1a具有状态S1a的时间段期间的参数等级和用于状态S1a的频率电平。

[0244] 类似地,响应于接收到参数等级和用于状态S2a的频率电平,驱动器系统810针对状态S2a的时间段产生用于状态S2a的驱动信号,并将该驱动信号传送至RF电源222。例如,当在从不同于状态S2a或除状态S2a之外的状态(例如状态S1a或状态S0或状态S3a)转变成状态S2a的时间接收到参数等级和用于状态S2a的频率电平,驱动器系统810针对状态S2a的时间段产生用于状态S2a的驱动信号,并且将该驱动信号传送至RF电源222。RF电源222在从驱动器系统810接收到用于状态S2a的驱动信号时产生RF信号812的状态S2a。例如,在从驱动器系统810接收到用于状态S2a的驱动信号时,RF电源222使RF信号812从不同于状态S2a的状态转变成状态S2a。RF信号712的状态S2a具有状态S2a的时间段期间的参数等级和用于状态S2a的频率电平。

[0245] 并且,响应于接收到参数等级和用于状态S3a的频率电平,驱动器系统810针对状态S3a的时间段产生用于状态S3a的驱动信号,并且将该驱动信号传送至RF电源222。例如,当在从不同于状态S3a或除状态S3a之外的状态(例如状态S2a或状态S0或状态S1a或状态S4a)转变成状态S3a的时间接收到参数等级和用于状态S3a的频率电平,驱动器系统810针对状态S3a的时间段产生用于状态S3a的驱动信号,并将该驱动信号传送至RF电源222。RF电源222在从驱动器系统810接收到用于状态S3a的驱动信号时产生RF信号812的状态S3a。例如,在从驱动器系统810接收到用于状态S3a的驱动信号时,RF电源222使RF信号812从不同于状态S3a的状态转变成状态S3a。RF信号812的状态S3a具有状态S3a的时间段期间的参数等级和用于状态S3a的频率电平。

[0246] 例如,响应于接收到参数等级和用于状态Sna的频率电平,驱动器系统810针对状态Sna的时间段产生用于状态Sna的驱动信号,并且将该驱动信号传送至RF电源222。例如,当在从不同于状态Sna或除状态Sna之外的状态(例如状态S(n-1)a或状态S0)转变成状态Sna的时间接收到参数等级和用于状态Sna的频率电平,驱动器系统810针对状态Sna的时间段产生用于状态Sna的驱动信号,并且将该驱动信号传送至RF电源222。RF电源222在从驱动器系统810接收到用于状态Sna的驱动信号时产生RF信号812的状态Sna。例如,在从驱动器系统810接收到用于状态Sna的驱动信号时,RF电源222使RF信号812从不同于状态Sna的状态转变成状态Sna。RF信号812的状态Sna具有状态Sna的时间段期间的参数等级和用于状态Sna的频率电平。

[0247] 并且,在一实施方案中,于同步化信号146的各周期期间,存在RF信号812具有零的频率电平的时间段。RF信号812在例如状态S0的空状态期间具有零的频率电平。在接收到同步化信号146时,于同步化信号146的各周期期间,DSP 204在空状态的时间段期间不将用于状态S1a至Sna的指令信号传送至频率控制器FCS1a至FCSna以及参数控制器814。

[0248] 在未接收到用于状态S1a至Sna的指令信号的空状态的时间段期间,频率控制器FCS1a至FCSna不传送或停止传送用于状态S1a至Sna的频率电平至驱动器系统810,且参数

控制器814停止传送参数等级的驱动器系统810。例如,在状态S1a的时间段之后,频率控制器FCS1a不传送用于状态S1a的频率电平至驱动器系统810。举另一示例而言,在状态S2a的时间段之后,频率控制器FCS2a不传送用于状态S2a的频率电平至驱动器系统810。

[0249] 当未接收到参数等级和用于状态S1a至Sna的频率电平时,驱动器系统810不传送驱动信号至RF电源222。当未在空状态的时间段期间接收到驱动信号时,RF电源222在空状态期间产生具有零的参数等级的RF信号812。例如,当未接收到驱动信号时,RF电源222使RF信号812从不同于空状态S0或除空状态S0之外的状态(例如状态S1a或状态S2a或状态Sna)转变成空状态S0。

[0250] 状态S1a至Sna及空状态为RF信号812的频率的状态。例如,参照图8说明的状态S1a至Sna及空状态各代表RF信号812的频率电平。举例而言,RF信号812的状态S1a表示RF信号712的第一频率电平,且RF信号812的状态S2a表示RF信号812的第二频率电平。

[0251] 在一实施方案中,取代频率控制器FCS1a至FCSna及参数控制器814,而将例如一或更多处理器的一或更多控制器用于执行此处所述由频率控制器FCS1a至FCSna及参数控制器814所执行的功能。

[0252] 在一实施方案中,取代DSP 204、频率控制器FCS1a至FCSna及参数控制器814,而将例如一或更多处理器的一或更多控制器用于执行此处所述由DSP 204、频率控制器FCS1a至FCSna及参数控制器814所执行的功能。

[0253] 图9为用于说明同时的多阶参数脉冲及多阶频率脉冲的等离子体系统900的实施方案的图。等离子体系统900包含RF产生器902和主计算机106。RF产生器902为源RF产生器102(图1)或偏置RF产生器104(图1)的示例。RF产生器902包含DSP 204、频率控制器FCS1a至FCSna和参数控制器PRS1a至PRSna。RF产生器902还包含驱动器系统910和RF电源222。

[0254] DSP 204耦合至RF产生器902的频率控制器FCS1a至FCSna中的每一者和参数控制器PRS1a至PRSna中的每一者。频率控制器FCS1a至FCSna和参数控制器PRS1a至PRSna耦合至驱动器系统910,该驱动器系统910耦合至RF电源222。

[0255] 处理器118经由传输缆线系统214将用于状态S1a至Sna的频率电平与用于状态S1a至Sna的参数等级、以及同步化信号146提供至DSP 204。在接收到用于状态S1a至Sna的频率电平时,DSP 204利用于上文参照图8所述的方式,将用于RF信号912的状态S1a至Sna的频率电平提供至频率控制器FCS1a至FCSna,以将用于状态S1a至Sna的频率电平存储在频率控制器FCS1a至FCSna的存储器装置中。RF信号912为RF信号152或RF信号168(图1)的示例。类似地,在接收到用于状态S1a至Sna的参数等级时,DSP204利用于上文参照图7所述的方式,将用于RF信号912的状态S1a至Sna的参数等级提供至参数控制器PRS1a至PRSna,以将用于状态S1a至Sna的参数等级存储在参数控制器PRS1a至PRSna的存储器装置中。

[0256] 在接收到同步化信号146时,于同步化信号146的各周期期间,DSP 204利用与以上参照图8所述相同的方式,将用于状态S1a至Sna的指令信号传送至频率控制器FCS1a至FCSna。此外,在接收到同步化信号146时,于同步化信号146的各周期期间,DSP 204利用与以上参照图7所述相同的方式,将用于状态S1a至Sna的指令信号传送至参数控制器PRS1a至PRSna。

[0257] 如以上参照图8所述的方式,在接收到用于状态S1a至Sna的指令信号时,频率控制器FCS1a至FCSna从频率控制器FCS1a至FCSna的存储器装置取得用于状态S1a至Sna的频率

电平,并针对状态S1a至Sna的时间段将这些频率电平传送至驱动器系统910。类似地,如以上参照图7所述的方式,在接收到用于状态S1a至Sna的指令信号时,参数控制器PRS1a至PRSna从参数控制器PRS1a至PRSna的存储器装置取得用于状态S1a至Sna的参数等级,并针对状态S1a至Sna的时间段将这些参数等级传送至驱动器系统910。

[0258] 在以上参照图7和8的方式中,响应于接收到用于状态S1a至Sna的频率电平以及用于状态S1a至Sna的参数等级,驱动器系统910产生用于频率电平的状态S1a至Sna以及用于参数等级的状态S1a至Sna的驱动信号,并将这些驱动信号传送至RF电源222。例如,当在从不同于状态Sna或除状态Sna之外的状态(例如状态S(n-1)a或状态S0)转变成状态Sna的时间接收到用于状态Sna的频率电平以及用于状态Sna的参数等级时,驱动器系统910针对状态Sna的时间段产生用于频率电平的状态Sna以及用于参数等级的状态Sna的驱动信号,并且将该驱动信号传送至RF电源222。RF电源222在从驱动器系统910接收到用于频率电平及参数等级的状态Sna的驱动信号时产生RF信号912的频率电平的状态Sna及参数等级的状态Sna。例如,在从驱动器系统910接收到用于频率电平的状态Sna的驱动信号时,RF电源222将RF信号912的频率电平从不同于状态Sna或除状态Sna之外的状态转变为状态Sna。RF信号912的状态Sna具有状态Sna的频率电平。在从驱动器系统910接收到用于参数等级的状态Sna的驱动信号时,RF电源222使RF信号912的参数等级从不同于状态Sna的状态转变成状态Sna。RF信号912的状态Sna具有状态Sna的参数等级。

[0259] 并且,在一实施方案中,于同步化信号146的各周期期间,存在RF信号912具有零的频率电平及零的参数等级的时间段。RF信号912在例如状态S0的空状态期间具有零的频率电平及零的参数等级。在接收到同步化信号146时,于同步化信号146的各周期期间,DSP 204在空状态的时间段期间不将用于状态S1a至Sna的指令信号传送至频率控制器FCS1a至FCSna,且不将用于状态S1a至Sna的指令信号传送至参数控制器PRS1a至PRSna。

[0260] 在以前述参照图8的方式中,于未接收到用于状态S1a至Sna的频率电平的指令信号的空状态的时间段期间,频率控制器FCS1a至FCSna不传送或停止传送用于状态S1a至Sna的频率电平至驱动器系统910。类似地,在以前述参照图7的方式中,于未接收到用于状态S1a至Sna的参数等级的指令信号的空状态的时间段期间,参数控制器PRS1a至PRSna不传送或停止传送用于状态S1a至Sna的参数等级至驱动器系统910。

[0261] 当未接收到用于状态S1a至Sna的频率电平与用于状态S1a至Sna的参数等级时,驱动器系统910不传送驱动信号至RF电源222。当未在空状态的时间段期间接收到驱动信号时,RF电源222在空状态期间产生具有零的参数等级的RF信号912。例如,当未接收到驱动信号时,RF电源222使RF信号912从不同于空状态S0或除空状态S0之外的状态(例如频率电平的状态S1a或频率电平的状态S2a或频率电平的状态Sna)转变成频率电平的空状态S0。类似地,当未接收到驱动信号时,RF电源222使RF信号912从参数等级的不同于空状态S0或除空状态S0之外的状态(例如参数等级的状态S1a或参数等级的状态S2a或参数等级的状态Sna)转变成参数等级的空状态S0。

[0262] 在一实施方案中,取代频率控制器FCS1a至FCSna及参数控制器PRS1a至PRSna,而将例如一或更多处理器的一或更多控制器用于执行此处所述由频率控制器FCS1a至FCSna及参数控制器PRS1a至PRSna所执行的功能。

[0263] 在一实施方案中,取代DSP 204、频率控制器FCS1a至FCSna及参数控制器PRS1a至

PRSna,而将例如一或更多处理器的一或更多控制器用于执行此处所述由DSP 204、频率控制器FCS1a至FCSna及参数控制器PRS1a至PRSna所执行的功能。

[0264] 在一实施方案中,当由源RF产生器产生的RF信号152(图1)具有多个变量等级(例如四个变量等级)时,偏置RF产生器104产生RF信号168,该RF信号168为具有单一变量等级或与RF信号152不同数量的变量等级(例如二或三或八或十个变量等级)的连续波信号。举另一示例而言,当由偏置RF产生器产生的RF信号168(图1)具有多个变量等级(例如四个变量等级)时,源RF产生器102产生RF信号152,该RF信号152为具有单一变量等级或与RF信号168不同数量的变量等级(例如二或三或八或十个变量等级)的连续波信号。

[0265] 在一实施方案中,RF信号152和168具有相同数量的变量等级,例如六个变量等级或八个变量等级。

[0266] 图10A为用于说明同步化信号302的图形300的实施方案。

[0267] 图10B为用于说明相对于时间的RF信号912(图9)的变量1006的图形1004的实施方案。变量1006被描绘于y轴上,且时间t被描绘于x轴上。

[0268] 变量1006与同步化信号302同步而周期性地在变量等级V8a、0、V6a、与V2a之间转变。例如,变量1006在同步化信号302的周期1期间于变量等级V8a、0、V6a、与V2a之间转变,且在同步化信号302的周期2期间再次在变量等级V8a、0、V6a、与V2a之间转变。举例而言,变量1006具有从时间t0至时间t2.5的状态S4a期间的变量等级V8a、从时间t2.5至时间t5的空状态期间的变量等级零、从时间t5至时间t7.5的状态S3a期间的变量等级V6a和从时间t7.5至时间t10的状态S1a期间的变量等级V2a。时间t2.5发生于时间t2与t3之间。类似地,时间t7.5发生于时间t7与t8之间。在同步化信号302的周期1期间,变量1006在时间t0从变量等级V2a转变成变量等级V8a,在时间t2.5从变量等级V8a转变成变量等级零,在时间t5从变量等级零转变成变量等级V6a,且在时间t7.5从变量等级V6a转变成变量等级V2a。在同步化信号302的周期2期间,变量1006在时间t10再次从变量等级V2a转变成变量等级V8a,在时间t12.5从变量等级V8a转变成变量等级零,在时间t15从变量等级零转变成变量等级V6a,并在时间t17.5从变量等级V6a转变成变量等级V2a。时间t12.5发生于时间t12与t13之间。类似地,时间t17.5发生于时间t17与t18之间。变量等级V8a为用于RF信号912的状态S4a的变量等级的示例,变量等级零为用于RF信号912的状态0的变量等级的示例,变量等级V6a为用于RF信号912的状态S3a的变量等级的示例,且变量等级V2a为用于RF信号912的状态S1a的变量等级的示例。

[0269] 变量等级V2a大于变量等级0。并且,变量等级V6a大于变量等级V2a,且变量等级V8a大于变量等级V6a。例如,变量等级V6a的功率值低于变量等级V8a的功率值。举另一示例而言,变量等级V6a的所有功率值皆不大于变量等级V8a的功率值。举另一示例而言,变量等级具有最大值及最小值。最大值为该变量等级的所有值中的最大者,且最小值为该变量等级的所有值中的最小者。当第一变量等级的最大值小于第二变量等级的最小值时,该第一变量等级低于该第二变量等级,且当第一变量等级的最小值大于第二变量等级的最大值时,该第一变量等级高于该第二变量等级。

[0270] 在一实施方案中,取代实现变量等级V2a,变量1006具有零的变量等级。例如,变量1006从时间t7.5至时间t10以及从t17.5至时间t20具有零的变量等级。

[0271] 在一实施方案中,转变时间为两变量等级之间的转变的时间,且为转变的开始时

间与转变的结束时间之间的时间段。例如,取代在时间t2.5从变量等级V8a转变至变量等级零,变量1006在第一时间开始其从变量等级V8a的转变,且在第二时间结束其向变量等级零的转变。第一时间在时间t2.5之前并介于时间t1与t2.5之间,且第二时间在时间t2.5之后并介于时间t2.5与t4之间。转变的时间段为第一时间与第二时间之间的转变时间。

[0272] 在一实施方案中,除同步化信号302之外,数字脉冲信号也由DSP 204通过传输缆线系统214从处理器118接收。例如,同步化信号302经由传输缆线系统214的第一传输缆线接收,且数字脉冲信号经由传输缆线系统214的第二传输缆线接收。数字脉冲信号以与其中变量1006在变量等级V8a、0、V6a与V2a之间转变相同的方式周期性地在四个变量等级之间转变。例如,在同步化信号302的周期1期间,数字脉冲信号在时间t0从逻辑电平1转变成逻辑电平3,在时间t2.5从逻辑电平3转变成逻辑电平0,在时间t5从逻辑电平0转变成逻辑电平2,并在时间t7.5从逻辑电平2转变成逻辑电平1。逻辑电平3大于逻辑电平2。例如,逻辑电平3具有比逻辑电平2的DC电压更高的DC电压。在接收到数字脉冲信号时,DSP 204从数字脉冲信号识别变量1006的状态S4a、空状态、S3a和S1a的时间段,并产生具有这些时间段的指令信号。例如,变量1006的状态S4a的时间段与数字脉冲信号的逻辑电平3的时间段相同,变量1006的状态S0的时间段与数字脉冲信号的逻辑电平0的时间段相同,变量1006的状态S3a的时间段与数字脉冲信号的逻辑电平2的时间段相同,且变量1006的状态S1a的时间段与数字脉冲信号的逻辑电平1的时间段相同。

[0273] 图10C是图示RF信号912(图9)的变量1010相对于时间t的图形1008的实施方案。变量1010被描绘于y轴上,时间t被描绘于x轴上。

[0274] 变量1010与同步化信号302同步而周期性地在变量等级V8a、V6a、V4a、与V2a之间转变。例如,变量1010在同步化信号302的周期1期间于变量等级V8a、V6a、V4a、与V2a之间转变,且在同步化信号302的周期2期间再次在变量等级V8a、V6a、V4a、与V2a之间转变。举例而言,变量1010具有从时间t0至时间t2.5的状态S4a期间的变量等级V8a、从时间t2.5至时间t5的状态S3a期间的变量等级V6a、从时间t5至时间t7.5的状态S2a期间的变量等级V4a和从时间t7.5至时间t10的状态S1a期间的变量等级V2a。在同步化信号302的周期1期间,变量1010在时间t0从变量等级V2a转变成变量等级V8a,在时间t2.5从变量等级V8a转变成变量等级V6a,在时间t5从变量等级V6a转变成变量等级V4a,且在时间t7.5从变量等级V4a转变成变量等级V2a。在同步化信号302的周期2期间,变量1010在时间t10再次从变量等级V2a转变成变量等级V8a,在时间t12.5从变量等级V8a转变成变量等级V6a,在时间t15从变量等级V6a转变成变量等级V4a,并且在时间t17.5从变量等级V4a转变成变量等级V2a。变量等级V4a为用于RF信号912的状态S2a的变量等级的示例。

[0275] 变量等级V4a大于变量等级V2a且小于变量等级V6a。例如,变量等级V4a的功率值低于变量等级V6a的功率值且大于变量等级V2a的功率值。举另一示例而言,变量等级V4a的所有功率值都不大于变量等级V6a的功率值,且变量等级V2a的所有功率值都不大于变量等级V4a的功率值。

[0276] 在一实施方案中,取代实现变量等级V2a,变量1010具有零的变量等级。例如,变量1010从时间t7.5至时间t10以及从t17.5至时间t20具有零的变量等级。

[0277] 图10D为用于说明相对于时间的RF信号912(图9)的变量1014的图形1012的实施方案。变量1014被描绘于y轴上,且时间t被描绘于x轴上。

[0278] 变量1014与同步化信号302同步而周期性地在变量等级V8a、V2a、V6a、与零之间转变。例如,变量1014在同步化信号302的周期1期间于变量等级V8a、V2a、V6a、与零之间转变,且在同步化信号302的周期2期间再次在变量等级V8a、V2a、V6a、与零之间转变。举例而言,变量1014具有从时间t0至时间t2.5的状态S4a期间的变量等级V8a、从时间t2.5至时间t5的状态S1a期间的变量等级V2a、从时间t5至时间t7.5的状态S3a期间的变量等级V6a和从时间t7.5至时间t10的状态S0期间的变量等级零。在同步化信号302的周期1期间,变量1014在时间t0从变量等级零转变成变量等级V8a,在时间t2.5从变量等级V8a转变成变量等级V2a,在时间t5从变量等级V2a转变成变量等级V6a,且在时间t7.5从变量等级V6a转变成变量等级零。在同步化信号302的周期2期间,变量1014在时间t10再次从变量等级零转变成变量等级V8a,在时间t12.5从变量等级V8a转变成变量等级V2a,在时间t15从变量等级V2a转变成变量等级V6a,并且在时间t17.5从变量等级V6a转变成变量等级零。

[0279] 图10E为用于说明相对于时间的RF信号912(图9)的变量1018的图形1016的实施方案。变量1018被描绘于y轴上,且时间t被描绘于x轴上。

[0280] 变量1018与同步化信号302同步而周期性地在变量等级V8a、V6a、V2a、与V4a之间转变。例如,变量1018在同步化信号302的周期1期间于变量等级V8a、V6a、V2a、与V4a之间转变,且在同步化信号302的周期2期间再次在变量等级V8a、V6a、V2a、与V4a之间转变。举例而言,变量1018具有从时间t0至时间t2.5的状态S4a期间的变量等级V8a、从时间t2.5至时间t5的状态S3a期间的变量等级V6a、从时间t5至时间t7.5的状态S1a期间的变量等级V2a和从时间t7.5至时间t10的状态S2a期间的变量等级V4a。在同步化信号302的周期1期间,变量1018在时间t0从变量等级V4a转变成变量等级V8a,在时间t2.5从变量等级V8a转变成变量等级V6a,在时间t5从变量等级V6a转变成变量等级V2a,且在时间t7.5从变量等级V2a转变成变量等级V4a。在同步化信号302的周期2期间,变量1018在时间t10再次从变量等级V4a转变成变量等级V8a,在时间t12.5从变量等级V8a转变成变量等级V6a,在时间t15从变量等级V6a转变成变量等级V2a,并且在时间t17.5从变量等级V2a转变成变量等级V4a。

[0281] 在一实施方案中,取代实现变量等级V2a,变量1018具有零的变量等级。例如,变量1018从时间t5至时间t7.5以及从t15至时间t17.5具有零的变量等级。

[0282] 图10F为用于说明相对于时间的RF信号912(图9)的变量1022的图形1020的实施方案。变量1022被描绘于y轴上,且时间t被描绘于x轴上。

[0283] 变量1022与同步化信号302同步而周期性地在变量等级V6a、V8a、V4a、与V2a之间转变。例如,变量1022在同步化信号302的周期1期间于变量等级V6a、V8a、V4a、与V2a之间转变,且在同步化信号302的周期2期间再次在变量等级V6a、V8a、V4a、与V2a之间转变。举例而言,变量1022具有从时间t0至时间t2.5的状态S3a期间的变量等级V6a、从时间t2.5至时间t5的状态S4a期间的变量等级V8a、从时间t5至时间t7.5的状态S2a期间的变量等级V4a和从时间t7.5至时间t10的状态S1a期间的变量等级V2a。在同步化信号302的周期1期间,变量1022在时间t0从变量等级V2a转变成变量等级V6a,在时间t2.5从变量等级V6a转变成变量等级V8a,在时间t5从变量等级V8a转变成变量等级V4a,且在时间t7.5从变量等级V4a转变成变量等级V2a。在同步化信号302的周期2期间,变量1022在时间t10再次从变量等级V2a转变成变量等级V6a,在时间t12.5从变量等级V6a转变成变量等级V8a,在时间t15从变量等级V8a转变成变量等级V4a,并且在时间t17.5从变量等级V4a转变成变量等级V2a。

[0284] 图10G为用于说明相对于时间的RF信号912(图9)的变量1026的图形1024的实施方案。变量1026被描绘于y轴上,且时间t被描绘于x轴上。

[0285] 变量1026与同步化信号302同步而周期性地在变量等级V4a、V6a、V8a、与V2a之间转变。例如,变量1026在同步化信号302的周期1期间于变量等级V4a、V6a、V8a、与V2a之间转变,且在同步化信号302的周期2期间再次在变量等级V4a、V6a、V8a、与V2a之间转变。举例而言,变量1026具有从时间t0至时间t2.5的状态S2a期间的变量等级V4a、从时间t2.5至时间t5的状态S3a期间的变量等级V6a、从时间t5至时间t7.5的状态S4a期间的变量等级V8a和从时间t7.5至时间t10的状态S1a期间的变量等级V2a。在同步化信号302的周期1期间,变量1026在时间t0从变量等级V2a转变成变量等级V4a,在时间t2.5从变量等级V4a转变成变量等级V6a,在时间t5从变量等级V6a转变成变量等级V8a,且在时间t7.5从变量等级V8a转变成变量等级V2a。在同步化信号302的周期2期间,变量1026在时间t10再次从变量等级V2a转变成变量等级V4a,在时间t12.5从变量等级V4a转变成变量等级V6a,在时间t15从变量等级V6a转变成变量等级V8a,并在时间t17.5从变量等级V8a转变成变量等级V2a。

[0286] 在一实施方案中,取代实现变量等级V2a,变量1026具有零的变量等级。例如,变量1026从时间t7.5至时间t10以及从t17.5至时间t20具有零的变量等级。

[0287] 图10H为用于说明相对于时间的RF信号912(图9)的变量1030的图形1028的实施方案。变量1030被描绘于y轴上,且时间t被描绘于x轴上。

[0288] 变量1030与同步化信号302同步而周期性地在变量等级V8a、V6a、V4a、V2a、与零之间转变。例如,变量1030在同步化信号302的周期1期间于变量等级V8a、V6a、V4a、V2a、与零之间转变,且在同步化信号302的周期2期间再次在变量等级V8a、V6a、V4a、V2a、与零之间转变。举例而言,变量1030具有从时间t0至时间t2的状态S4a期间的变量等级V8a、从时间t2至时间t4的状态S3a期间的变量等级V6a、从时间t4至时间t6的状态S2a期间的变量等级V4a、从时间t6至时间t8的状态S1a阶段期间的变量等级V2a和从时间t8至时间t10的空状态期间的变量等级0。在同步化信号302的周期1期间,变量1030在时间t0从变量等级零转变成变量等级V8a,在时间t2从变量等级V8a转变成变量等级V6a,在时间t4从变量等级V6a转变成变量等级V4a,在时间t6从变量等级V4a转变成变量等级V2a,且在时间t8从变量等级V2a转变成变量等级零。在同步化信号302的周期2期间,变量1030在时间t10再次从变量等级零转变成变量等级V8a,在时间t12从变量等级V8a转变成变量等级V6a,在时间t14从变量等级V6a转变成变量等级V4a,在时间t16从变量等级V4a转变成变量等级V2a,并且在时间t18从变量等级V2a转变成变量等级零。

[0289] 应注意,虽然在图形1028中显示变量等级上的逐步降低的变化,但在一实施方案中,可发生变量等级上的逐步升高的变化。例如,在同步化信号的各周期期间,RF信号912的变量可从零增加至变量等级V2a、从变量等级V2a增加至变量等级V4a、从变量等级V4a增加至变量等级V6a和从变量等级V6a增加至变量等级V8a。

[0290] 图10I为用于说明相对于时间的RF信号912(图9)的变量1034的图形1032的实施方案。变量1034被描绘于y轴上,且时间t被描绘于x轴上。

[0291] 变量1034与同步化信号302同步而周期性地在变量等级V18a、V16a、V14a、V12a、V10a、V8a、V6a、V4a、V2a与零之间转变。例如,变量1034在同步化信号302的周期1期间于变量等级V18a、V16a、V14a、V12a、V10a、V8a、V6a、V4a、V2a与零之间转变,且在同步化信号302

的周期2期间再次在变量等级V18a、V16a、V14a、V12a、V10a、V8a、V6a、V4a、V2a与零之间转变。举例而言,变量1034具有从时间t0至时间t1的状态S9a期间的变量等级V18a、从时间t1至时间t2的状态S8a期间的变量等级V16a、从时间t2至时间t3的状态S7a期间的变量等级V14a、从时间t3至时间t4的状态S6a期间的变量等级V12a、从时间t4至时间t5的状态S5a期间的变量等级V10a、从时间t5至时间t6的状态S4a期间的变量等级V8a、从时间t6至时间t7的状态S3a期间的变量等级V6a、从时间t7至时间t8的状态S2a期间的变量等级V4a、从时间t8至时间t9的状态S1a阶段期间的变量等级V2a和从时间t9至时间t10的状态S0期间的变量等级零。在同步化信号302的周期1期间,变量1034在时间t0从变量等级零转变成变量等级V18a,在时间t1从变量等级V18a转变成变量等级V16a,在时间t2从变量等级V16a转变成变量等级V14a,在时间t3从变量等级V14a转变成变量等级V12a,在时间t4从变量等级V12a转变成变量等级V10a,在时间t5从变量等级V10a转变成变量等级V8a,在时间t6从变量等级V8a转变成变量等级V6a,在时间t7从变量等级V6a转变成变量等级V4a,在时间t8从变量等级V4a转变成变量等级V2a,且在时间t9从变量等级V2a转变成变量等级零。在同步化信号302的周期2期间,变量1034在时间t10再次从变量等级零转变成变量等级V18a,在时间t11从变量等级V18a转变成变量等级V16a,在时间t12从变量等级V16a转变成变量等级V14a,在时间t13从变量等级V14a转变成变量等级V12a,在时间t14从变量等级V12a转变成变量等级V10a,在时间t15从变量等级V10a转变成变量等级V8a,在时间t16从变量等级V8a转变成变量等级V6a,在时间t17从变量等级V6a转变成变量等级V4a,在时间t18从变量等级V4a转变成变量等级V2a,并且在时间t19从变量等级V2a转变成变量等级零。

[0292] 变量等级V10a大于变量等级V8a。并且,变量等级V12a大于变量等级V10a,且变量等级V14a大于变量等级V12a。变量等级V16a大于变量等级V14a,且变量等级V18a大于变量等级V16a。例如,变量等级V14a的功率值低于变量等级V16a的功率值。举另一示例而言,变量等级V14a的所有功率值都不大于变量等级V16a的功率值。

[0293] 应注意,虽然在图形1032中显示变量等级上的逐步降低的变化,但在一实施方案中,可发生变量等级上的逐步升高的变化。例如,在同步化信号的各周期期间,RF信号912的变量可从零增加至变量等级V2a、从变量等级V2a增加至变量等级V4a、从变量等级V4a增加至变量等级V6a、从变量等级V6a增加至变量等级V8a、从变量等级V8a增加至变量等级V10a等等直到变量等级V18a。

[0294] 图10J为设有多个功率控制器以及多个自动频率调谐器(AFT)的RF产生器1070的实施方案的图。RF产生器1070为源RF产生器102或偏置RF产生器104(图1)的示例。RF产生器1070还包含DSP 204以及RF电源。DSP 204为接收器的示例。功率控制器包含功率控制器$PWR_{S(n-A)}$、另一功率控制器$PWR_{S(n-1)}$等等直到包含功率控制器PWR_{Sn}。AFT包含自动频率调谐器$AFT_{S(n-A)}$、另一自动频率调谐器$AFT_{S(n-1)}$等等直到包含自动频率调谐器AFT_{Sn}。此处使用的自动频率调谐器也是频率控制器。

[0295] 在状态S(n-A)期间,自动频率调谐器$AFT_{S(n-A)}$调谐由RF电源222产生的RF信号220的频率,或功率控制器$PWR_{S(n-A)}$修改RF信号220的功率,或频率和功率两者都经修改,其中(n-A)为小于整数n的整数,且A为整数。例如,当n为4或5或10时,(n-A)为1。例如,在状态S(n-A)期间,DSP 204提供控制信号至自动频率调谐器$AFT_{S(n-A)}$,以指示状态S(n-A)的逻辑电平(例如电压电平)。在从DSP 204接收到控制信号时,自动频率调谐器$AFT_{S(n-A)}$从自动频率

调谐器$AFT_{S(n-A)}$的存储器装置内的数据库取得用于状态S(n-A)的频率电平。自动频率调谐器$AFT_{S(n-A)}$将用于状态S(n-A)的频率电平提供至RF电源222。当接收到用于状态S(n-A)的频率电平时,RF电源222产生具有状态S(n-A)期间的频率电平的RF信号220。类似地,在状态S(n-A)期间,DSP 204提供控制信号至功率控制器$PWR_{S(n-A)}$,以指示状态S(n-A)的逻辑电平。在从DSP 204接收到控制信号时,功率控制器$PWR_{S(n-A)}$从功率控制器$PWR_{S(n-A)}$的存储器装置内的数据库取得用于状态S(n-A)的功率电平$PL_{S(n-A)}$。功率控制器$PWR_{S(n-A)}$将用于状态S(n-A)的功率电平$PL_{S(n-A)}$提供至RF电源222。当接收到用于状态S(n-A)的功率电平$PL_{S(n-A)}$时,RF电源222产生具有状态S(n-A)期间的功率电平$PL_{S(n-A)}$的RF信号220。

[0296] 类似地,在状态S(n-1)期间,自动频率调谐器$AFT_{S(n-1)}$调谐由RF电源222产生的RF信号220的频率,或功率控制器$PWR_{S(n-1)}$修改RF信号220的功率,或频率和功率两者皆经修改。并且,在状态Sn期间,自动频率调谐器AFT_{Sn}调谐由RF电源222产生的RF信号220的频率,或功率控制器PWR_{Sn}修改RF信号220的功率,或频率和功率两者都经修改。

[0297] RF信号220经由RF产生器1070的输出端(例如RF输出端口)提供至阻抗匹配电路216,且阻抗匹配电路216基于RF信号220产生修改后的信号,以将修改后的RF信号提供至等离子体室112(图1)的电极,例如TCP电极或底部电极。底部电极位于等离子体室112的卡盘内。等离子体室112的电极为负载的示例。

[0298] RF信号220是在具有状态S(n-A)至Sn的数字脉冲信号被DSP 204从主机控制器或主计算机106(图1)或控制器的另一处理器、或从模数电压控制接口(ADVCI)接收时产生。数字脉冲信号是在图10J所示的DSP 204的输入端(例如输入端口)被接收。当DSP 204位于RF产生器1070内时,数字脉冲信号由RF产生器1070的输入端口接收。数字脉冲信号为输入信号的示例,且由其他处理器或由ADVCI产生。四个状态S(n-4)至Sn中的每一)者的工作周期(例如持续时间)由数字脉冲信号认定。四个状态发生在时钟信号的时钟周期期间,该时钟信号是在图10J所示的处理器的另一输入端(例如另一输入端口)被接收。时钟信号由其他处理器或由ADVCI产生。

[0299] 在一实施方案中,等级(例如功率电平或频率电平)包含预定范围内的一或更多值或数量。例如,第一功率电平具有预定范围内的一或更多功率值,且第二功率电平具有该预定范围内的一或更多功率值。第二功率电平不包含第一功率电平。例如,第二功率电平的功率值都与第一功率电平的功率值不同。

[0300] 图10K为用于说明具有四个状态S(n-3)、S(n-2)、S(n-1)和Sn的RF信号的实施方案的图,其用于说明RF信号的功率电平$PL_{S(n-3)}$、$PL_{S(n-2)}$、$PL_{S(n-1)}$和PL_{Sn}。例如,状态Sn期间由例如源RF产生器102或偏置RF产生器104(图1)的RF产生器所产生的RF信号的功率电平PL_{Sn}低于状态S(n-1)期间的RF信号的功率电平$PL_{S(n-1)}$。类似地,状态S(n-1)期间的RF信号的功率电平$PL_{S(n-1)}$低于状态S(n-2)期间的RF信号的功率电平$PL_{S(n-2)}$,且状态S(n-2)期间的RF信号的功率电平$PL_{S(n-2)}$低于状态S(n-3)期间的RF信号的功率电平$PL_{S(n-3)}$。

[0301] 图10L为用于说明具有四个状态S(n-3)、S(n-2)、S(n-1)和Sn的另一RF信号的实施方案的图。图10L所示的RF信号也是逐步降低的信号,但除了在状态S(n-1)期间,该RF信号具有比状态S(n-2)期间的功率电平$PL_{S(n-2)}$更高的功率电平$PL_{S(n-1)}$。

[0302] 图10M是用于说明具有四个状态S(n-3)、S(n-2)、S(n-1)和Sn的另一RF信号的实施方案的图。图10M所示的RF信号也是逐步降低的信号,但除了在状态Sn期间,该RF信号具有

比状态S(n-1)期间的功率电平$PL_{S(n-1)}$更高的功率电平PL_{Sn}。

[0303] 图10N为用于说明具有四个状态S(n-3)、S(n-2)、S(n-1)和Sn的又一RF信号的实施方案的图。图10N所示的RF信号也是逐步降低的信号,但除了在状态S(n-2)期间,该RF信号具有比状态S(n-3)期间的功率电平$PL_{S(n-3)}$更高的功率电平$PL_{S(n-2)}$。

[0304] 图10O为用于说明具有四个状态S(n-3)、S(n-2)、S(n-1)和Sn的又一RF信号的实施方案的图。RF信号在状态S(n-3)至S(n-1)期间使其功率电平$PL_{S(n-3)}$至$PL_{S(n-1)}$逐步上升,且从状态S(n-1)使其功率电平$PL_{S(n-1)}$下降至状态Sn期间的功率电平PL_{Sn}。

[0305] 功率电平$PL_{S(n-3)}$至PL_{Sn}针对图10J所示的RF产生器的处理器所接收的时钟信号的各时钟周期而重复。功率电平$PL_{S(n-3)}$至PL_{Sn}重复多个时钟周期。时钟信号是从时钟源或从主计算机或主机控制器的处理器或ADVCI接收。时钟信号由时钟源或由主计算机的处理器或主机控制器的处理器或ADVCI产生。类似地,功率电平$PL_{S(n-A)}$至PL_{Sn}针对发生在时钟周期期间的状态S(n-A)至Sn而重复。功率电平$PL_{S(n-A)}$至PL_{Sn}重复多个时钟周期。功率电平$PL_{S(n-A)}$至PL_{Sn}在一时钟周期的情况期间发生一次,且在该时钟周期的后续情况期间重复。

[0306] 应注意图10B-10I中任一者所示的RF信号为由RF产生器(例如源RF产生器102或偏置RF产生器104(图1))产生的正弦RF信号的包络。

[0307] 图10P为方法的实施方案的图,其用于说明在状态S(n-A)至Sn中的任何一者期间实现零的功率电平。如图10P所示,取代在状态Sn具有零的功率电平的RF信号,RF信号在例如S2或S3的另一状态中具有零的功率电平。

[0308] 在一实施方案中,此处所述在图10K至10P中关于功率的实施方案同样适用于频率。例如,取代或附加于多个功率电平,在状态S(n-A)至Sn期间实现多个频率电平。

[0309] 应注意,在一实施方案中,零的功率电平是在功率电平为零时实现。在一实施方案中,零的功率电平在功率电平接近零或实质上为零(例如在预设范围内)时实现。默认范围值的示例为0.1瓦与1瓦之间的范围。默认范围的另一示例为0.1瓦与0.25瓦之间的范围。默认范围的又另一示例为0.1瓦与0.5瓦之间的范围。

[0310] 转变控制

[0311] 图11A为等离子体系统1100的实施方案的图,其用于说明状态转变的斜率的控制。等离子体系统1100包含RF产生器1102和主计算机106。RF产生器1102为源RF产生器102(图1)或偏置RF产生器104(图1)的示例。RF产生器1102包含DSP 204、参数控制器PRS1a至PRSna和多个转变参数控制器PRST1a、PRST2a、PRST(n-1)a和PRSTna,其中n为大于三的整数。例如,n为四以上。例如,RF产生器1102包含四个转变参数控制器,其中一者用于同步化信号的目前周期期间的参数状态S1a与S2a之间的状态转变ST1a,其中另一者用于同步化信号的该目前周期期间的参数状态S2a与S3a之间的状态转变ST2a,其中又一者用于同步化信号的该目前周期期间的参数状态S(n-1)a与Sna之间的状态转变ST(n-1)a,且其中另一者用于同步化信号的该目前周期期间的参数状态Sna与同步化信号的一后续周期期间的参数状态S1a之间的状态转变STna。该目前周期在该后续周期之前。例如,在目前与后续周期之间没有同步化信号的周期。举另一示例而言,RF产生器1102包含五个转变参数控制器。

[0312] RF产生器1102还包含频率控制器FCS1a至FCSna和多个转变频率控制器FCST1a、FCST2a、FCST(n-1)a和FCSTna,其中n为大于三的整数。例如,n为四以上。例如,RF产生器1102包含四个转变频率控制器,其中一者用于同步化信号的该目前周期期间的频率状态

S1a与S2a之间的状态转变ST1a,其中另一者用于同步化信号的该目前周期期间的频率状态S2a与S3a之间的状态转变ST2a,其中又一者用于同步化信号的该目前周期期间的频率状态S(n-1)a与Sna之间的状态转变ST(n-1)a,且其中另一者用于同步化信号的该目前周期期间的频率状态Sna与同步化信号的该后续周期期间的频率状态S1a之间的状态转变STna。举另一示例而言,RF产生器1102包含五个转变频率控制器。RF产生器1102还包含驱动器系统1104及RF电源222。

[0313] DSP 204耦合至RF产生器1102的参数控制器PRS1a至PRSna中的每一者,并耦合至RF产生器1102的转变参数控制器PRST1a至PRSTna中的每一者。参数控制器PRS1a至PRSna以及转变参数控制器PRST1a至PRSTna耦合至驱动器系统1104,该驱动器系统1104耦合至RF电源222。

[0314] 并且,DSP 204耦合至RF产生器1102的频率控制器FCS1a至FCSna中的每一者,并耦合至RF产生器1102的转变频率控制器FCST1a至FCSTna中的每一者。频率控制器FCS1a至FCSna以及转变频率控制器FCST1a至FCSTna耦合至驱动器系统1104。系统1100的功能性在下文参照图11B说明。

[0315] 图11B为系统1100的实施方案的图,其用于说明系统1100的功能性。系统1100包含RF产生器1102及主计算机106。RF产生器1102包含DSP 204、参数控制器PRS(N±M)a、转变参数控制器PRSTa和参数控制器PRSNa,其中N为大于零的整数,且N±M为与N不同的整数。例如,当N为1时,N±M为2或3或4,且当N为3时,N±M为4或2或1。整数N±M定义M,M为正整数。参数控制器PRSNa的示例包含参数控制器PRS1a或PRS2a或PRS3a或PRSna(图11A)。参数控制器PRS(N±M)a的示例包含参数控制器PRS1a或PRS2a或PRS3a或PRSna(图11A),且参数控制器PRS(N±M)a不同于参数控制器PRSNa。例如,当参数控制器PRSNa为PRS4a时,参数控制器PRS(N±M)a为PRS2a或PRS1a。

[0316] 转变参数控制器PRSTa的示例包含参数控制器PRST1a或PRST2a或PRST3a或PRST(n-1)a或PRSTna(图11A)。举例而言,当参数控制器PRSNa为参数控制器PRS1a,且参数控制器PRS(N±M)a为参数控制器PRS2a时,转变参数控制器PRSTa为PRST1a,其控制参数的状态S1a与S2a之间的转变。举另一示例而言,当参数控制器PRSNa为参数控制器PRS3a,且参数控制器PRS(N±M)a为参数控制器PRS5a时,转变参数控制器PRSTa为PRST3a,其控制参数的状态S3a与S5a之间的转变。

[0317] 应注意,RF产生器1102包含任何数量的转变参数控制器,例如转变参数控制器PRSTa。例如,当参数从同步化信号146的一先前周期的状态S4a转变至目前周期的状态S1a、从目前周期的状态S1a转变至目前周期的状态S2a、从目前周期的状态S2a转变至目前周期的状态S3a和从目前周期的状态S3a转变至目前周期的状态S4a时,RF产生器1102包含四个转变参数控制器。该四个转变参数控制器包含一者用于控制从同步化信号146的先前周期的状态S4a至目前周期的状态S1a的转变、另一者用于控制从目前周期的状态S1a至目前周期的状态S2a的转变、又一者用于控制从目前周期的状态S2a至目前周期的状态S3a的转变和另一者用于控制从目前周期的状态S3a至目前周期的状态S4a的转变。同步化信号146的先前周期在同步化信号146的目前周期之前。

[0318] RF产生器1102还包含频率控制器FCS(N±M)a、转变频率控制器FCSTa和频率控制器FCSNa,其中M及N在上文定义。频率控制器FCSNa的示例包含频率控制器FCS1a或FCS2a或

FCS3a或FCSna(图11A)。频率控制器FCS(N±M)a的示例包含频率控制器FCS1a或FCS2a或FCS3a或FCSna(图11A),且频率控制器FCS(N±M)a不同于频率控制器FCSNa。

[0319] 转变频率控制器FCSTa的示例包含频率控制器FCST1a或FCST2a或FCST3a或FCST(n-1)a或FCSTna(图11A)。举例而言,如果频率控制器FCSNa为频率控制器FCS1a,且频率控制器FCS(N±M)a为频率控制器FCS2a,则转变频率控制器FCSTa为FCST1a,其控制频率的状态S1a与S2a之间的转变。举另一示例而言,如果频率控制器FCSNa为频率控制器FCS3a,且频率控制器FCS(N±M)a为频率控制器FCS5a,则转变频率控制器FCSTa为FCST3a,其控制频率的状态S3a与S5a之间的转变。

[0320] 应注意,RF产生器1102包含任何数量的转变频率控制器,例如转变频率控制器FCSTa。例如,当频率从同步化信号146的先前周期的状态S4a转变至目前周期的状态S1a、从目前周期的状态S1a转变至目前周期的状态S2a、从目前周期的状态S2a转变至目前周期的状态S3a和从目前周期的状态S3a转变至目前周期的状态S4a时,RF产生器1102包含四个转变频率控制器。该四个转变频率控制器包含一者用于控制从同步化信号146的先前周期的状态S4a至目前周期的状态S1a的转变、另一者用于控制从目前周期的状态S1a至目前周期的状态S2a的转变、又一者用于控制从目前周期的状态S2a至目前周期的状态S3a的转变和另一者用于控制从目前周期的状态S3a至目前周期的状态S4a的转变。

[0321] DSP 204被耦合至参数控制器PRS(N±M)a和PRSNa,并且耦合至转变参数控制器PRSTa。并且,DSP 204耦合至频率控制器FCS(N±M)a及FCSNa,并耦合至转变频率控制器FCSTa。参数控制器PRS(N±M)a和PRSNa、转变参数控制器PRSTa、频率控制器FCS(N±M)a和FCSNa、以及转变频率控制器FCSTa耦合至驱动器系统1104,该驱动器系统1104被耦合至RF电源222。

[0322] 处理器118经由传输缆线系统214将用于状态S(N±M)a和SNa的参数等级与同步化信号146提供至DSP 204。此外,处理器118经由传输缆线系统214将用于参数的状态转变STa的一或更多参数值提供至DSP 204。例如,处理器118提供参数的状态转变ST1a期间将实现的一或更多参数值、参数的状态转变ST2a期间将实现的一或更多参数值、参数的状态转变ST(n-1)a期间将实现的一或更多参数值和参数的状态转变STna期间将实现的一或更多参数值。

[0323] 参数的状态转变STa为参数的状态S(N±M)a与SNa之间的转变。例如,参数的状态转变STa为从参数的状态S(N±M)a至参数的状态SNa、或从参数的状态SNa至参数的状态S(N±M)a的转变。

[0324] 并且,处理器118经由传输缆线系统214将用于状态S(N±M)a和SNa的频率电平提供至DSP 204。此外,处理器118经由传输缆线系统214将用于频率的状态转变STa的频率值提供至DSP 204。例如,处理器118提供频率的状态转变ST1a期间将实现的一或更多频率值、频率的状态转变ST2a期间将实现的一或更多频率值、频率的状态转变ST(n-1)a期间将实现的一或更多频率值和频率的状态转变STna期间将实现的一或更多频率值。

[0325] 频率的状态转变STa为频率的状态S(N±M)a与SNa之间的转变。例如,频率的状态转变STa为从频率的状态S(N±M)a至频率的状态SNa、或从频率的状态SNa至频率的状态S(N±M)a的转变。

[0326] 在接收到用于状态S(N±M)a和SNa的参数等级时,DSP 204将用于RF信号1106的状

态S(N±M)a的参数等级提供至参数控制器PRS(N±M)a,以将用于状态S(N±M)a的参数等级存储在参数控制器PRS(N±M)a的存储器装置中。RF信号1106为RF信号152或RF信号168(图1)的示例。并且,在接收到用于参数的状态转变STa的一或更多参数值时,DSP 204将用于RF信号1106的参数的状态转变STa的一或更多参数值提供至转变参数控制器PRSTa,以将用于状态转变STa的一或更多参数值存储在转变参数控制器PRSTa的存储器装置中。状态转变STa期间的参数值的示例为状态转变STa期间RF信号1106的参数的包络,例如零至峰值振幅或峰值至峰值振幅。并且,响应于接收到用于状态S(N±M)a和SNa的参数等级,DSP 204将用于RF信号1106的状态SNa的参数等级提供至参数控制器PRSNa,以将用于状态SNa的参数等级存储在参数控制器PRSNa的存储器装置中。

[0327] 在接收到同步化信号146时,在同步化信号146的各周期期间,DSP 204传送用于参数的状态S(N±M)a的指令信号至参数控制器PRS(N±M)a。例如,DSP 204在从不同于状态S(N±M)a或除状态S(N±M)a之外的状态(例如状态S(N±M-1)a或状态S0)转变至状态S(N±M)a的时间结束时传送用于状态S(N±M)a的指令信号至参数控制器PRS(N±M)a。传送至参数控制器PRS(N±M)a的用于状态S(N±M)a的指令信号包含参数控制器PRS(N±M)a将提供用于状态S(N±M)a的参数等级至驱动器系统1104的各周期期间的状态S(N±M)a的时间段。在接收到用于状态S(N±M)a的指令信号时,参数控制器PRS(N±M)a从参数控制器PRS(N±M)a的存储器装置取得用于状态S(N±M)a的参数等级,并针对状态S(N±M)a的时间段将该参数等级传送至驱动器系统1104。例如,参数控制器PRS(N±M)a在从不同于状态S(N±M)a的状态转变至状态S(N±M)a的时间结束时传送用于状态S(N±M)a的参数等级至驱动器系统1104。在状态S(N±M)a的时间段之后,于同步化信号146的周期期间,参数控制器PRS(N±M)a不传送用于状态S(N±M)a的参数等级至驱动器系统1104。

[0328] 类似地,在接收到同步化信号146时,于同步化信号146的各周期期间,DSP 204传送用于参数的状态转变STa的指令信号至转变参数控制器PRSTa。例如,DSP 204在从状态S(N±M)a转变至状态SNa或从状态S0转变至状态SNa的时间开始时传送用于状态转变STa的指令信号至转变参数控制器PRSTa。传送至转变参数控制器PRSTa的用于状态转变STa的指令信号包含转变参数控制器PRSTa将提供用于状态转变STa的一或更多参数值至驱动器系统1104的各周期期间的状态转变STa的时间段。在接收到用于状态转变STa的指令信号时,转变参数控制器PRSTa从转变参数控制器PRSTa的存储器装置取得用于状态转变STa的一或更多参数值,并针对状态转变STa的时间段将该一或更多参数值传送至驱动器系统1104。例如,转变参数控制器PRSTa在状态S(N±M)a的时间结束时传送用于状态转变STa的一或更多参数值至驱动器系统1104。在状态转变STa的时间段之后,于同步化信号146的周期期间,转变参数控制器PRSTa不传送用于状态转变STa的一或更多参数值至驱动器系统1104。

[0329] 在接收到同步化信号146时,于同步化信号146的各周期期间,DSP 204传送用于状态SNa的指令信号至参数控制器PRSNa。例如,DSP 204在从状态S(N±M)a转变至状态SNa的时间结束时传送用于状态SNa的指令信号至参数控制器PRSNa。传送至参数控制器PRSNa的用于状态SNa的指令信号包含参数控制器PRSNa将提供用于状态SNa的参数等级至驱动器系统1104的各周期期间的状态SNa的时间段。在接收到用于状态SNa的指令信号时,参数控制器PRSNa从参数控制器PRSNa的存储器装置取得用于状态SNa的参数等级,并针对状态SNa的时间段将该参数等级传送至驱动器系统1104。例如,参数控制器PRSNa在从状态S(N±M)a转

变至状态SNa的时间结束时传送用于状态SNa的参数等级至驱动器系统1104。在状态SNa的时间段之后,于同步化信号146的周期期间,参数控制器PRSNa不传送用于状态SNa的参数等级至驱动器系统1104。

[0330] 类似地,在接收到用于状态S(N±M)a和SNa的频率电平时,DSP 204将用于RF信号1106的频率的状态S(N±M)a的频率电平提供至频率控制器FCS(N±M)a,以将用于状态S(N±M)a的频率电平存储在频率控制器FCS(N±M)a的存储器装置中。并且,在接收到用于频率的状态转变STa的一或更多频率值时,DSP 204将用于RF信号1106的频率的状态转变STa的一或更多频率值提供至转变频率控制器FCSTa,以将用于状态转变STa的一或更多频率值存储在转变频率控制器FCSTa的存储器装置中。状态转变STa期间的频率值的示例为状态转变STa期间RF信号1106的频率的包络,例如零至峰值振幅或峰值至峰值振幅。并且,响应于接收到用于状态S(N±M)a和SNa的频率电平,DSP 204将用于RF信号1106的状态SNa的频率电平提供至频率控制器FCSNa,以将用于状态SNa的频率电平存储在频率控制器FCSNa的存储器装置中。

[0331] 在接收到同步化信号146时,于同步化信号146的各周期期间,DSP 204传送用于频率的状态S(N±M)a的指令信号至频率控制器FCS(N±M)a。例如,DSP 204在从不同于状态S(N±M)a或除状态S(N±M)a之外的状态(例如状态S(N±M-1)a或状态S0)转变至状态S(N±M)a的时间结束时传送用于状态S(N±M)a的指令信号至频率控制器FCS(N±M)a。传送至频率控制器FCS(N±M)a的用于状态S(N±M)a的指令信号包含频率控制器FCS(N±M)a将提供用于状态S(N±M)a的频率电平至驱动器系统1104的各周期期间的状态S(N±M)a的时间段。在接收到用于状态S(N±M)a的指令信号时,频率控制器FCS(N±M)a从频率控制器FCS(N±M)a的存储器装置取得用于状态S(N±M)a的频率电平,并针对状态S(N±M)a的时间段将该频率电平传送至驱动器系统1104。例如,频率控制器FCS(N±M)a在从不同于状态S(N±M)a的状态转变至状态S(N±M)a的时间结束时传送用于状态S(N±M)a的频率电平至驱动器系统1104。在状态S(N±M)a的时间段之后,于同步化信号146的周期期间,频率控制器FCS(N±M)a不传送用于状态S(N±M)a的频率电平至驱动器系统1104。

[0332] 类似地,在接收到同步化信号146时,于同步化信号146的各周期期间,DSP 204传送用于频率的状态转变STa的指令信号至转变频率控制器FCSTa。例如,DSP 204在从状态S(N±M)a转变至状态SNa或从状态S0转变至状态SNa的时间开始时传送用于状态转变STa的指令信号至转变频率控制器FCSTa。传送至转变频率控制器FCSTa的用于状态转变STa的指令信号包含转变频率控制器FCSTa将提供用于状态转变STa的一或更多频率值至驱动器系统1104的各周期期间的状态转变STa的时间段。在接收到用于状态转变STa的指令信号时,转变频率控制器FCSTa从转变频率控制器FCSTa的存储器装置取得用于状态转变STa的一或更多频率值,并针对状态转变STa的时间段将该一或更多频率值传送至驱动器系统1104。例如,转变频率控制器FCSTa在状态S(N±M)a的时间结束时传送用于状态转变STa的一或更多频率值至驱动器系统1104。在状态转变STa的时间段之后,于同步化信号146的周期期间,转变频率控制器FCSTa不传送用于状态转变STa的一或更多频率值至驱动器系统1104。

[0333] 在接收到同步化信号146时,于同步化信号146的各周期期间,在从状态S(N±M)a转变至状态SNa的时间结束时传送用于状态SNa的指令信号至频率控制器FCSNa。传送至频率控制器FCSNa的用于状态SNa的指令信号包含频率控制器FCSNa将提供用于状态SNa的频

率电平至驱动器系统1104的各周期期间的状态SNa的时间段。在接收到用于状态SNa的指令信号时,频率控制器FCSNa从频率控制器FCSNa的存储器装置取得用于状态SNa的频率电平,并且针对状态SNa的时间段将该频率电平传送至驱动器系统1104。例如,频率控制器FCSNa在从状态S(N±M)a转变至状态SNa的时间结束时传送用于状态SNa的频率电平至驱动器系统1104。在状态SNa的时间段之后,于同步化信号146的周期期间,频率控制器FCSNa不传送用于状态SNa的频率电平至驱动器系统1104。

[0334] 响应于接收到用于状态S(N±M)a的参数等级和用于状态S(N±M)a的频率电平,驱动器系统1104针对参数等级的状态S(N±M)a和频率电平的状态S(N±M)a的时间段产生驱动信号,并将该驱动信号传送至RF电源222。例如,当在参数的从状态S(N±M-1)a或状态S0至状态S(N±M)a的转变时间结束时接收到用于状态S(N±M)a的参数等级、并在频率的从状态S(N±M-1)a或状态S0至状态S(N±M)a的转变时间结束时接收到用于状态S(N±M)a的频率电平时,驱动器系统1104针对状态S(N±M)a的时间段产生用于参数等级的状态S(N±M)a和频率电平的状态S(N±M)a的驱动信号,并将该驱动信号传送至RF电源222。在从驱动器系统1104接收到用于状态S(N±M)a的驱动信号时,RF电源222产生RF信号1106的参数的状态S(N±M)a和频率的状态S(N±M)a。例如,在从驱动器系统1104接收到用于参数的状态S(N±M)a和频率的状态S(N±M)a的驱动信号时,RF电源222产生RF信号1106的参数的状态S(N±M)a和频率的状态S(N±M)a。RF信号1106的参数的状态S(N±M)a在参数的状态S(N±M)a的时间段期间具有用于状态S(N±M)a的参数等级。并且,RF信号1106的频率的状态S(N±M)a在频率的状态S(N±M)a的时间段期间具有用于状态S(N±M)a的频率电平。

[0335] 类似地,响应于接收到用于状态转变STa的一或更多参数值及用于状态转变STa的一或更多频率值,驱动器系统1104针对RF信号1106的参数的状态转变Sta以及RF信号1106的频率的状态转变STa的时间段产生驱动信号,并将该驱动信号传送至RF电源222。例如,当在参数的状态S(N±M)a或状态S0的时间结束时接收到用于参数的状态转变STa的一或更多参数值、并且在频率的状态S(N±M)a或状态S0的时间结束时接收到用于频率的状态转变STa的一或更多频率值时,驱动器系统1104针对频率和参数的状态转变STa的时间段产生用于参数的状态转变Sta和频率的状态转变STa的驱动信号,并将该驱动信号传送至RF电源222。在从驱动器系统1104接收到用于频率和参数的状态转变STa的驱动信号时,RF电源222产生RF信号1106的参数的状态转变Sta和频率的状态转变STa。例如,在从驱动器系统1104接收到用于参数的状态转变Sta和频率的状态转变STa的驱动信号时,RF电源222开始使RF信号1106从参数的状态S(N±M)a或参数的状态S0转变至参数的状态SNa,并从频率的状态S(N±M)a或频率的状态S0转变至频率的状态SNa。RF信号1106的参数的状态转变STa在参数的状态转变STa的时间段期间具有用于状态转变STa的一或更多参数值。并且,RF信号1106的频率的状态转变STa在频率的状态转变STa的时间段期间具有用于状态转变STa的频率电平。

[0336] 响应于接收到用于状态SNa的参数等级和用于状态SNa的频率电平,驱动器系统1104针对参数等级的状态SNa和频率电平的状态SNa的时间段产生驱动信号,并将该驱动信号传送至RF电源222。例如,当在参数的从状态S(N±M)a或S0至状态SNa的转变时间结束时接收到用于状态SNa的参数等级、并在频率的从状态S(N±M)a或S0至状态SNa的转变时间结束时接收到用于状态SNa的频率电平时,驱动器系统1104针对状态SNa的时间段产生用于参

数等级的状态SNa和频率电平的状态SNa的驱动信号,并将该驱动信号传送至RF电源222。在从驱动器系统1104接收到用于状态SNa的驱动信号时,RF电源222产生RF信号1106的参数的状态SNa和频率的状态SNa。例如,在从驱动器系统1104接收到用于参数的状态SNa和频率的状态SNa的驱动信号时,RF电源222产生RF信号1106的参数的状态SNa和频率的状态SNa。RF信号1106的参数的状态SNa在参数的状态SNa的时间段期间具有用于状态SNa的参数等级。并且,RF信号1106的频率的状态SNa在频率的状态SNa的时间段期间具有用于状态SNa的频率电平。

[0337] 在一实施方案中,取代参数控制器PRS(N±M)a和PRSNa、转变参数控制器PRSTa、频率控制器FCS(N±M)a和FCSNa、以及转变频率控制器FCSTa,而将例如一或更多处理器的一或更多控制器用于执行此处所述由参数控制器PRS(N±M)a和PRSNa、转变参数控制器PRSTa、频率控制器FCS(N±M)a和FCSNa、以及转变频率控制器FCSTa所执行的功能。

[0338] 在一实施方案中,取代DSP 204、参数控制器PRS(N±M)a和PRSNa、转变参数控制器PRSTa、频率控制器FCS(N±M)a和FCSNa、以及转变频率控制器FCSTa,而将例如一或更多处理器的一或更多控制器用于执行此处所述由DSP 204、参数控制器PRS(N±M)a和PRSNa、转变参数控制器PRSTa、频率控制器FCS(N±M)a和FCSNa、以及转变频率控制器FCSTa所执行的功能。

[0339] 图12A为用于说明同步化信号302的图形300的实施方案。

[0340] 图12B为用于说明相对于时间的RF信号1106(图11A及11B)的变量1206(例如频率或参数)的图形1204的实施方案。变量1206被描绘于y轴上,且时间t被描绘于x轴上。

[0341] 变量1206与同步化信号302同步而周期性地在变量等级V8a、V6a、V4a、与V2a之间转变。例如,变量1206在同步化信号302的周期1期间于变量等级V8a、V6a、V4a、与V2a之间转变,且在同步化信号302的周期2期间再次在变量等级V8a、V6a、V4a、与V2a之间转变。举例而言,变量1206具有从时间t0至时间t1.5的RF信号1106的变量状态S4a期间的变量等级V8a、从时间t1.5至时间t2.5的状态转变ST3a期间的一或更多变量值、从时间t2.5至时间t4的状态S3a期间的变量等级V6a、从时间t4至时间t5的状态转变ST2a期间的一或更多变量值、从时间t5至时间t6.5的状态S2a期间的变量等级V4a、从时间t6.5至时间t7.5的状态转变ST1a期间的一或更多变量值、从时间t7.5至时间t9的状态S1a期间的变量等级V2a和从时间t9至时间t10的状态转变ST4a期间的一或更多变量值。应注意,时间t1.5介于时间t1与t2之间,且时间t6.5介于时间t6与t7之间。

[0342] 在同步化信号302的周期1期间,变量1206在时间t1.5开始从变量等级V8a转变成变量等级V6a,且在时间t2.5结束转变。并且,在同步化信号302的周期1期间,变量1206在时间t4开始从变量等级V6a转变成变量等级V4a,且在时间t5结束转变。在同步化信号302的周期1期间,变量1206在时间t6.5开始从变量等级V4a转变成变量等级V2a,且在时间t7.5结束转变。并且,在同步化信号302的周期1期间,变量1206在时间t9开始从变量等级V2a转变成变量等级V8a,且在时间t10结束转变。

[0343] 在同步化信号302的周期2期间,变量1206在时间t11.5开始从变量等级V8a转变成变量等级V6a,且在时间t12.5结束转变。并且,在同步化信号302的周期2期间,变量1206在时间t14开始从变量等级V6a转变成变量等级V4a,且在时间t15结束转变。在同步化信号302的周期2期间,变量1206在时间t16.5开始从变量等级V4a转变成变量等级V2a,且在时间

t17.5结束转变。并且,在同步化信号302的周期2期间,变量1206在时间t19开始从变量等级V2a转变成变量等级V8a,且在时间t20结束转变。应注意,时间t11.5介于时间t11与t12之间,且时间t16.5介于时间t16与t17之间。

[0344] 介于变量等级V8a与V6a之间的状态转变ST3a的一或更多变量值小于变量等级V8a且大于变量等级V6a。类似地,介于变量等级V6a与V4a之间的状态转变ST2a的一或更多变量值小于变量等级V6a且大于变量等级V4a。并且,介于变量等级V4a与V2a之间的状态转变ST1a的一或更多变量值小于变量等级V4a且大于变量等级V2a。介于变量等级V2a与V8a之间的状态转变ST4a的一或更多变量值小于变量等级V8a且大于变量等级V2a。

[0345] 在一实施方案中,取代转变至状态S1a的变量等级V2a,RF信号1106的变量转变至变量等级零。

[0346] 在一实施方案中,除了同步化信号302外,数字脉冲信号也由DSP 204通过传输缆线系统214(图11B)从处理器118接收。例如,同步化信号302经由传输缆线系统214的第一传输缆线接收,且数字脉冲信号经由传输缆线系统214的第二传输缆线接收。数字脉冲信号以与其中参数1206在变量等级V8a、V6a、V4a与V2a之间转变相同的方式周期性地在四个逻辑电平8、6、4与2之间转变。例如,在同步化信号302的周期1期间,数字脉冲信号在时间t1.5从逻辑电平8转变成逻辑电平6并且在时间t2.5结束转变。并且,在同步化信号302的周期1期间,数字脉冲信号在时间t4从逻辑电平6转变成逻辑电平4并且在时间t5结束转变。在同步化信号302的周期1期间,数字脉冲信号在时间t6.5从逻辑电平4转变成逻辑电平2并在时间t7.5结束转变。并且,在同步化信号302的周期1期间,数字脉冲信号在时间t9从逻辑电平2转变成逻辑电平8并在时间t10结束转变。逻辑电平8大于逻辑电平6,逻辑电平6大于逻辑电平4。逻辑电平4大于逻辑电平2。例如,逻辑电平8的DC电压大于逻辑电平6的DC电压,且逻辑电平6的DC电压大于逻辑电平4的DC电压。逻辑电平4的DC电压大于逻辑电平2的DC电压。

[0347] 在实施方案中,在同步化信号302的周期2期间,数字脉冲信号在时间t11.5从逻辑电平8转变成逻辑电平6并在时间t12.5结束转变。此外,在同步化信号302的周期2期间,数字脉冲信号在时间t14从逻辑电平6转变成逻辑电平4并在时间t15结束转变。在同步化信号302的周期2期间,数字脉冲信号在时间t16.5从逻辑电平4转变成逻辑电平2并在时间t17.5结束转变。此外,在同步化信号302的周期2期间,数字脉冲信号在时间t19从逻辑电平2转变成逻辑电平8并在时间t20结束转变。在接收到数字脉冲信号时,DSP 204从数字脉冲信号识别变量1206的状态S1a至S4a及状态转变ST1a至ST4a的时间段,并产生具有这些时间段的指令信号。例如,变量1206的状态转变ST1a的时间段与数字脉冲信号从逻辑电平4转变至数字脉冲信号的逻辑电平2的时间段相同,且变量1206的状态转变ST2a的时间段与数字脉冲信号从逻辑电平6转变至逻辑电平4的时间段相同。

[0348] 图12C为用于说明相对于时间的RF信号1106(图11A及11B)的变量1210(例如频率或参数)的图形1208的实施方案。变量1210被描绘于y轴上,且时间t被描绘于x轴上。

[0349] 变量1210与同步化信号302同步而周期性地在变量等级V8a、V6a、V4a、与V2a之间转变。例如,变量1210在同步化信号302的周期1期间于变量等级V8a、V6a、V4a、与V2a之间转变,且在同步化信号302的周期2期间再次在变量等级V8a、V6a、V4a、与V2a之间转变。举例而言,变量1210具有从时间t0至时间t1.5的RF信号1106的变量状态S4a期间的变量等级V8a、从时间t1.5至时间t3.5的状态转变ST3a期间的一或更多变量值、从时间t3.5至时间t4的状

态S3a期间的变量等级V6a、从时间t4至时间t5的状态转变ST2a期间的一或更多变量值、从时间t5至时间t6.5的状态S2a期间的变量等级V4a、从时间t6.5至时间t7.5的状态转变ST1a期间的一或更多变量值、从时间t7.5至时间t9的状态S1a期间的变量等级V2a和从时间t9至时间t10的状态转变ST4a期间的一或更多变量值。应注意,时间t3.5介于时间t3与t4之间。

[0350] 在同步化信号302的周期1期间,变量1210在时间t1.5开始从变量等级V8a转变成变量等级V6a,且在时间t3.5结束转变。并且,在同步化信号302的周期1期间,变量1210的其余转变与变量1206的(图12B)相同。

[0351] 在同步化信号302的周期2期间,变量1210在时间t11.5开始从变量等级V8a转变成变量等级V6a,且在时间t13.5结束转变。此外,在同步化信号302的周期2期间,变量1210的其余转变与变量1206者相同。应注意时间t13.5介于时间t13与t14之间。状态转变ST3a的斜率大于状态转变ST2a的斜率和状态转变ST1a的斜率。

[0352] 在一实施方案中,取代转变至状态S1a的变量等级V2a,变量1210转变至变量等级零。

[0353] 在一实施方案中,状态转变ST3a的斜率小于状态转变ST2a的斜率及状态转变ST1a的斜率。

[0354] 在一实施方案中,此处所述的变量的状态转变ST1a至STna的一或更多者具有与状态转变ST1a至STna中的其余的一或更多者不同的斜率。例如,状态转变ST1a具有与状态转变ST2a的斜率、状态转变ST3a的斜率和状态转变ST4a的斜率不同的斜率(例如较大斜率或较小斜率)。举例而言,状态转变ST1a具有比状态转变ST2a的角度及状态转变ST3a的角度更大的角度和比状态转变ST4a的角度更小的角度。

[0355] 图12D为用于说明相对时间t的RF信号1106(图11A及11B)的变量1214(例如频率或参数)的不同转变类型的图形1212的实施方案的图。变量1214被描绘于y轴上,且时间t被描绘于x轴上。

[0356] 变量1214与同步化信号302同步而周期性地在变量等级VRa与VSa之间转变,其中R及S各自为实数,且S大于R。例如,变量1214于同步化信号302的周期1期间在变量等级VRa与VSa之间转变,且于同步化信号302(图12A)的其余周期(例如周期2)期间再次在变量等级VRa与VSa之间转变。举例而言,变量1214具有从时间t1至时间t2.5的在RF信号1106的变量的状态1216期间的变量等级VSa、从时间t2.5至时间t3.5的在变量的状态转变1220期间的一或更多变量值和从时间t3.5至时间t5的在状态1218期间的变量等级VRa。

[0357] 在状态转变1220期间,变量1214具有多个值1222和1224,以定义状态1216与1218之间的状态转变1220的负线性斜坡。值1222及1224小于变量等级VSa的值,且大于变量等级VRa的值。应注意变量1214可以在状态转变1220期间具有多于或少于两个值。

[0358] 在一实施方案中,于状态转变1220期间,变量1214具有多个值1226和1228,以定义状态1216与1218之间的状态转变1220的凸坡。

[0359] 在一实施方案中,于状态转变1220期间,变量1214具有多个值1230和1232,以定义状态1216与1218之间的状态转变1220的凹坡。变量1214的凸坡和凹坡各自为弯曲坡的示例。

[0360] 图12E为用于说明相对于时间的RF信号1106(图11A及11B)的变量1252(例如频率或参数)的不同转变类型的图形1250的实施方案的图。变量1252被描绘于y轴上,且时间t被

描绘于x轴上。

[0361] 变量1252与同步化信号302同步而周期性地在变量等级VRa与VSa之间转变。例如,变量1252于同步化信号302的周期1期间在变量等级VRa与VSa之间转变,且于同步化信号302(图12A)的其余周期(例如周期2)期间再次在变量等级VRa与VSa之间转变。举例而言,变量1214具有从时间t1至时间t2.5的在RF信号1106的变量的状态1218期间的变量等级VRa、从时间t2.5至时间t3.5的在变量的状态转变1260期间的一或更多变量值和从时间t3.5至时间t5的在状态1216期间的变量等级VSa。

[0362] 在状态转变1260期间,变量1252具有多个值1262和1264,以定义状态1216与1218之间的状态转变1260的正线性斜坡。值1262和1264小于变量等级VSa的值,且大于变量等级VRa的值。应注意,变量1252可以在状态转变1260期间具有多于或少于两个的值。

[0363] 在一实施方案中,于状态转变1260期间,变量1252具有多个值1266和1268,以定义状态1216与1218之间的状态转变1260的凸坡。

[0364] 在一实施方案中,于状态转变1260期间,变量1252具有多个值1270和1272,以定义状态1216与1218之间的状态转变1260的凹坡。变量1252的凸坡和凹坡各自为弯曲坡的示例。

[0365] 图12F为脉冲整形方法的实施方案的图。如参照图12F所示,由RF产生器1102(图11B)所产生的RF信号1106(图11B)的转变被改变而具有负斜率,以针对状态S(n-A)至Sn中的一或更多者减少脉冲宽度。例如,取代从状态S(n-1)至状态Sn的竖直或基本上竖直的转变,而在状态S(n-1)与Sn之间设置具有负斜率的斜坡式转变。由于负斜率,RF信号1106在状态S(n-1)期间的功率电平$PL_{S(n-1)}$的脉冲宽度减少。用于实现斜坡式转变的功率电平是从主计算机或主机控制器提供至RF产生器1102,以实现斜坡式转变。

[0366] 在一实施方案中,发生频率电平之间的斜坡式转变。例如,一频率电平经由正或负斜坡式转变而转变至另一频率电平。斜坡转变期间的频率电平是从主计算机提供至RF产生器1102,以产生具有这些频率电平的RF信号1106。

[0367] 图12G为另一脉冲整形方法的实施方案的图。如图12G所示,RF产生器1102(图11B)所产生的RF信号1106(图11B)从状态S(n-A)至状态S(n-A+1)的转变的斜率比起RF信号1106从状态S(n-1)至状态Sn的转变的斜率更陡(例如更大)。

[0368] 在一实施方案中,RF产生器1102所产生的RF信号1106从状态S(n-A)至状态S(n-A+1)的转变的斜率比起RF信号1106从状态S(n-1)至状态Sn的转变的斜率较为不陡(例如较低)。

[0369] 图12H为又一脉冲整形方法的实施方案的图。在图12H中,RF产生器1102(图11B)所产生的RF信号1106(图11B)从状态S(n-A)至状态S(n-A+1)的转变的斜坡为弯曲的,例如半抛物线形或指数变化形。并且,RF信号1106从状态S(n-1)至状态Sn的转变的斜坡为弯曲的。

[0370] 图12I为另一脉冲整形方法的实施方案的图,如图12I所示,RF产生器1102(图11B)所产生的RF信号1106(图11B)从状态S(n-A)至状态S(n-A+1)的转变的斜坡为弯曲的,且RF信号1106从状态S(n-1)至状态Sn的转变的斜坡为线性的。

[0371] 图12J为又一脉冲整形方法的实施方案的图。如参照图12J所示,由RF产生器1102(图11B)所产生的RF信号1106(图11B)的转变受到改变而具有正或负斜率,以针对状态S(n-A)至Sn中的一或更多者减少RF信号1106的脉冲宽度。例如,取代从状态S(n-1)至状态Sn的

竖直或基本上竖直的转变,而在状态S(n-A)与S(n-A+1)之间设置具有负斜率的斜坡式转变。由于负斜率,RF信号1106在状态S(n-A)期间的功率电平$PL_{S(n-A)}$的脉冲宽度减少。举另一示例而言,取代从状态S(n-1)至状态Sn的竖直或基本上竖直的转变,而在状态S(n-1)与Sn之间设置具有正斜率的斜坡式转变。由于正斜率,RF信号1106在状态Sn期间的功率电平PL_{Sn}的脉冲宽度减少。

[0372] 图12K为用于说明另一脉冲整形方法的实施方案的图。在图12K中,RF产生器1102(图11B)所产生的RF信号1106(图11B)从状态S(n-A)至状态S(n-A+1)的转变具有例如负直线斜坡的线性斜坡,且RF信号1106从状态S(n-1)至状态Sn的转变具有例如凹坡的弯曲坡。该弯曲坡具有正斜率。

[0373] 图12L为用于说明另一脉冲整形方法的实施方案的图。在图12L中,RF产生器1102(图11B)所产生的RF信号1106(图11B)从状态S(n-A)至状态S(n-A+1)的转变具有例如负直线斜坡的线性斜坡,且RF信号1106从状态S(n-1)至状态Sn的转变具有例如凸坡的弯曲坡。该弯曲坡具有正斜率。

[0374] EtherCAT缆线

[0375] 图13A为系统1300的实施方案的图,其用于说明等离子体系统的各种部件之间经由一或更多以太网控制自动化技术(EtherCAT)缆线的信息传输。EtherCAT缆线的示例为以太网络缆线。EtherCAT为基于以太网络的协议,其用于信息的实时分散控制,且适用于自动化技术。当EtherCAT帧或数据包通过EtherCAT从属装置时,EtherCAT从属装置读取对其寻址的数据而飞速(on the fly)处理该数据。类似地,当EtherCAT帧通过EtherCAT从属装置时,输入数据从EtherCAT从属装置插入EtherCAT帧。EtherCAT帧在被处理前并未完全由EtherCAT从属装置接收,而是处理尽快地开始。输入数据从EtherCAT从属装置的传送也以少量位时间的最小延迟进行。

[0376] 系统1300包含主计算机106、源RF产生器102、偏置RF产生器104、源匹配部108和偏置匹配部110,其各自为等离子体工具或等离子体系统的部件的示例。传送一个或多个EtherCAT帧的等离子体工具的部件在此称为主EtherCAT装置,且接收一个或多个EtherCAT帧的等离子体工具的部件在此称为从属EtherCAT装置。例如,偏置RF产生器104、源匹配部108、偏置匹配部110中的每一者为从属EtherCAT装置的示例,且源RF产生器为主EtherCAT装置的示例。源RF产生器102、偏置RF产生器104、源匹配部108和偏置匹配部110中的每一者为等离子体系统的部件的示例。在此有时将一个或多个EtherCAT帧称为脉冲列。

[0377] 主计算机106包含处理器118和通信控制器1302。当在此使用时,通信控制器的示例包含ASIC、PLD、控制器和处理器。

[0378] 处理器118耦合至通信控制器1302。通信控制器1302经由EtherCAT缆线1304耦合至源RF产生器102的端口1308。当在此使用时,以太网路缆线的示例包含双绞线。举例而言,以太网络缆线为100BASE-TX™或100BASE-T4™缆线,其能够以100兆位/秒(Mbps)以上的速度传输数据。此外,源RF产生器102的另一端口1310经由EtherCAT缆线1306耦合至偏置RF产生器104的端口1312。

[0379] 处理器118将例如同步化信号146(图7)的时序信息、源RF产生器变量信息和偏置RF产生器变量信息的处理器数据1311传送至通信控制器1302。同步化信号146的时序信息的示例包含同步化信号146的各周期期间同步化信号146改变其逻辑电平(例如从1至0或从

0至1)的时间和同步化信号146的周期数量。时序信息还包含同步化信号146的逻辑电平0及1。源RF产生器变量信息的示例包含针对源RF产生器102的操作的各状态的变量等级,例如参数等级或频率电平。举例而言,源RF产生器变量信息包含针对源RF产生器102产生的RF信号152的变量的状态S1aMSna的功率电平及频率电平。偏置RF产生器变量信息的示例包含针对偏置RF产生器104的操作的各状态的变量等级,例如参数等级或频率电平。举例而言,偏置RF产生器变量信息包含针对偏置RF产生器104产生的RF信号168的变量的状态S1a至Sna的功率电平和频率电平。

[0380] 通信控制器1302接收处理器数据1311并应用EtherCAT协议以嵌入处理器数据1311,从而产生具有处理器数据1311的一个或多个EtherCAT帧1314,并经由EtherCAT缆线1304将一个或多个EtherCAT帧1314传送至源RF产生器102的端口1308。源RF产生器102的通信控制器经由端口1308接收一个或多个EtherCAT帧1314,且从一个或多个EtherCAT帧1314识别源RF产生器变量信息及同步化信号146的时序信息,并将源RF产生器变量信息和时序信息传送至源RF产生器102的DSP 204。

[0381] 此外,源RF产生器102的通信控制器传送对于例如源RF产生器测量信息之类的信息的请求至源RF产生器102的DSP 204。源RF产生器测量信息的示例包含由源RF产生器102的DSP 204所确定或识别的因子。由源RF产生器102的DSP 204所识别的因子的示例包含基准,例如复电压电流或复电压或复功率或复电流或复阻抗。该基准是由传感器针对RF信号152的各状态测量。测量该基准的传感器位于源RF产生器102内、或位于源RF产生器102外部且耦合至源RF产生器102的输出端154。复因子包含幅值和相位。例如,复电压包含该复电压的幅值及该复电压的相位。复电压和电流包含电压幅值、电流幅值和电压和电流之间的相位。传感器测量基准并将该基准提供至源RF产生器102的DSP 204。源RF产生器102的DSP 204从所测量到的基准针对RF信号152的各状态识别基准和/或确定基准的频率。例如,源RF产生器102的DSP 204将傅立叶变换应用于基准的值以确定基准的频率。基准的频率为因子的示例。

[0382] 当接收到对于信息的请求时,源RF产生器102的DSP 204将源RF产生器测量信息提供至源RF产生器102的通信控制器。当接收到源RF产生器测量信息时,源RF产生器102的通信控制器将源RF产生器测量信息嵌入一个或多个EtherCAT帧1314内,并经由源RF产生器102的端口1310及EtherCAT缆线1306将一个或多个EtherCAT帧1314传送至偏置RF产生器104的端口1312。

[0383] 偏置RF产生器104的通信控制器经由端口1312接收一个或多个EtherCAT帧1314,且从一个或多个EtherCAT帧1314识别偏置RF产生器变量信息和同步化信号146的时序信息,并将偏置RF产生器变量信息和时序信息传送至偏置RF产生器104的DSP 204。

[0384] 此外,偏置RF产生器104的通信控制器传送对于例如偏置RF产生器测量信息之类的信息的请求至偏置RF产生器104的DSP 204。偏置RF产生器测量信息的示例包含由偏置RF产生器104的DSP 204所确定或识别的因子。由偏置RF产生器104的DSP 204所识别的因子的示例包含基准,例如复电压和电流或复电压或复功率或复电流或复阻抗。该基准由传感器针对RF信号168的各状态进行测量。测量该基准的传感器位于偏置RF产生器104内、或位于偏置RF产生器104外部且耦合至偏置RF产生器104的输出端160。传感器测量基准并将该基准提供至偏置RF产生器104的DSP 204。偏置RF产生器104的DSP 204从所测量到的基准针对

RF信号168的各状态识别基准及确定基准的频率。例如,偏置RF产生器104的DSP 204将傅立叶变换应用于基准的值以确定基准的频率。

[0385] 当接收到对于信息的请求时,偏置RF产生器104的DSP 204将偏置RF产生器测量信息提供至偏置RF产生器104的通信控制器。当接收到偏置RF产生器测量信息时,偏置RF产生器104的通信控制器将偏置RF产生器测量信息嵌入一个或多个EtherCAT帧1314内,并经由偏置RF产生器104的端口1312和EtherCAT缆线1306将一个或多个EtherCAT帧1314传送至源RF产生器102的端口1310。源RF产生器102的通信控制器经由端口1310接收一个或多个EtherCAT帧1314,并经由端口1308和EtherCAT缆线1304将一个或多个EtherCAT帧1314传送至主计算机106的通信控制器1302。

[0386] 主计算机106的通信控制器1302将EtherCAT协议应用于一个或多个EtherCAT帧1314,以从一个或多个EtherCAT帧1314获得或提取针对源RF信号152的变量的各状态的源RF产生器测量信息和针对偏置RF信号168的变量的各状态的偏置RF产生器测量信息。通信控制器1302将源RF产生器测量信息和偏置RF产生器测量信息提供至处理器118。处理器118确定是否基于源RF产生器测量信息或偏置RF产生器测量信息或其组合来修改RF信号152的变量的各状态期间的源RF产生器102的变量、或RF信号168的变量的各状态期间的偏置RF产生器104的变量、或其组合。处理器118基于源RF产生器102的针对状态而经修改的变量控制由源RF产生器102产生的RF信号152的变量的各状态,且/或基于偏置RF产生器104的针对状态而经修改的变量控制由偏置RF产生器104产生的RF信号168的变量的各状态。

[0387] 应注意,在一实施方案中,不将一个或多个EtherCAT帧1314存储于源RF产生器102内,且不将一个或多个EtherCAT帧1314存储于偏置RF产生器104中。例如,一个或多个EtherCAT帧1314在源RF产生器102的通信控制器的存储器装置内呈恒定移动状态,且一个或多个EtherCAT帧1314在偏置RF产生器104的通信控制器的存储器装置内呈恒定移动状态。举例而言,当源RF产生器变量信息及源RF产生器测量信息在源RF产生器102的通信控制器与源RF产生器102的DSP 204之间传输时,一个或多个EtherCAT帧1314在存储器装置内移动,例如从源RF产生器102的通信控制器的寄存器串中的一寄存器至另一寄存器。举另一示例而言,当偏置RF产生器变量信息和偏置RF产生器测量信息在偏置RF产生器104的通信控制器与偏置RF产生器104的DSP 204之间传输时,一个或多个EtherCAT帧1314在存储器装置内移动,例如从偏置RF产生器104的通信控制器的寄存器串中的一寄存器至另一寄存器。

[0388] 图13B为系统1350的实施方案的图,其用于说明等离子体系统的各种部件之间经由一个或多个EtherCAT缆线的信息传输。系统1350包含主计算机106、源RF产生器102、偏置RF产生器104、源匹配部108和偏置匹配部110。通信控制器1302经由EtherCAT缆线1306耦合至偏置RF产生器104的端口1312。

[0389] 处理器118将处理器数据1311传送至通信控制器1302。通信控制器1302接收处理器数据1311并应用EtherCAT协议以嵌入同步化信号146的时序信息和处理器数据1311的源RF产生器变量信息,来产生具有同步化信号146的时序信息和源RF产生器变量信息的一个或多个EtherCAT帧1352,并经由EtherCAT缆线1304将一个或多个EtherCAT帧1352传送至源RF产生器102的端口1308。源RF产生器102的通信控制器经由端口1308接收一个或多个EtherCAT帧1352,且识别源RF产生器变量信息,并且执行与以上参照图13A描述相同的功能,直到从源RF产生器102的DSP 204接收到源RF产生器测量信息。当接收到源RF产生器测

量信息时,源RF产生器102的通信控制器将源RF产生器测量信息嵌入一个或多个EtherCAT帧1352内,并经由源RF产生器102的端口1308和EtherCAT缆线1304将一个或多个EtherCAT帧1352传送至主计算机106的通信控制器1302。

[0390] 以类似的方式,通信控制器1302接收处理器数据1311并且应用EtherCAT协议以嵌入处理器数据1311的同步化信号146的时序信息和偏置RF产生器变量信息,从而产生具有同步化信号146的时序信息和偏置RF产生器变量信息的一个或多个EtherCAT帧1354,并经由EtherCAT缆线1306将一个或多个EtherCAT帧1354传送至偏置RF产生器104的端口1312。偏置RF产生器104的通信控制器经由端口1312接收一个或多个EtherCAT帧1354,且识别偏置RF产生器变量信息,并且执行与以上参照图13A描述相同的功能,直到从偏置RF产生器104的DSP 204接收到偏置RF产生器测量信息。当接收到偏置RF产生器测量信息时,偏置RF产生器104的通信控制器将偏置RF产生器测量信息嵌入一个或多个EtherCAT帧1354内,并经由偏置RF产生器104的端口1312和EtherCAT缆线1306将一个或多个EtherCAT帧1354传送至主计算机106的通信控制器1302。

[0391] 主计算机106的通信控制器1302将EtherCAT协议应用于一个或多个EtherCAT帧1352,以从一个或多个EtherCAT帧1352获得或提取源RF产生器测量信息。通信控制器1302将源RF产生器测量信息提供至处理器118。

[0392] 类似地,主计算机106的通信控制器1302将EtherCAT协议应用于一个或多个EtherCAT帧1354,以从一个或多个EtherCAT帧1354获得或提取偏置RF产生器测量信息。通信控制器1302将偏置RF产生器测量信息提供至处理器118。处理器118执行与以上参照图13A描述相同的功能。

[0393] 应注意,在一实施方案中,不将一个或多个EtherCAT帧1352存储于源RF产生器102内,且不将一个或多个EtherCAT帧1354存储于偏置RF产生器104中。例如,一个或多个EtherCAT帧1352在源RF产生器102的通信控制器的存储器装置内呈恒定移动状态,且一个或多个EtherCAT帧1354在偏置RF产生器104的通信控制器的存储器装置内呈恒定移动状态。举例而言,在源RF产生器变量信息及源RF产生器测量信息于源RF产生器102的通信控制器与源RF产生器102的DSP 204之间传输时,一个或多个EtherCAT帧1352在存储器装置内移动,例如从源RF产生器102的通信控制器的寄存器串中的一寄存器至另一寄存器。举另一示例而言,在偏置RF产生器变量信息和偏置RF产生器测量信息于偏置RF产生器104的通信控制器与偏置RF产生器104的DSP 204之间传输时,一个或多个EtherCAT帧1354在存储器装置内移动,例如从偏置RF产生器104的通信控制器的寄存器串中的一寄存器至另一寄存器。

[0394] 图14为EtherCAT帧1400的实施方案的图。EtherCAT帧1400为一个或多个EtherCAT帧1314(图13A)中的任何一者的示例。并且,EtherCAT帧1400为一个或多个EtherCAT帧1352(图13B)中的任何一者和一个或多个EtherCAT帧1354(图13B)中的任何一者的示例。

[0395] 在一实施方案中,术语帧和数据包在此可互换使用。EtherCAT帧1400包含字段1401、1403、1402、1404、1406、1408、1410、1412、1414、1416和1418。

[0396] 字段1401包含起始帧定界符,其识别EtherCAT帧1400的起始。字段1402包含EtherCAT帧1400的源地址。源地址的示例为产生EtherCAT帧1400的主计算机106的通信控制器的地址。EtherCAT帧1400的字段1403包含EtherCAT帧1400将被传播至等离子体系统的各种部件的顺序。该顺序的示例包含从通信控制器1302至源RF产生器102再至偏置RF产生

器104、从偏置RF产生器104回到源RF产生器102、并从源RF产生器102至处理器118的序列。该顺序的另一示例包含从通信控制器1302至源RF产生器102、并从源RF产生器102返回通信控制器1302的序列。

[0397] 字段1404包含EtherCAT帧1400的目的地地址。该目的地地址的示例为主计算机106的通信控制器1302的地址,且通信控制器1302的地址为EtherCAT帧1400的最终目的地。

[0398] 字段1406包含识别源RF产生器102(图13A)以区别源RF产生器102与等离子体系统的其他RF产生器的地址,例如介质访问控制(MAC)地址。字段1408包含源RF产生器变量信息,且字段1410包含源RF产生器测量信息。识别源RF产生器102的地址由源RF产生器102的通信控制器使用,以确定字段1408内的数据将提供至源RF产生器102的DSP 204,以及确定从源RF产生器102的DSP 204接收的数据将存储在字段1410中。

[0399] 字段1412包含识别偏置RF产生器104(图13A)以区别偏置RF产生器104与等离子体系统的其他RF产生器的地址,例如MAC地址。字段1414包含偏置RF产生器变量信息,且字段1416包含偏置RF产生器测量信息。识别偏置RF产生器104的地址由偏置RF产生器104的通信控制器使用,以确定字段1414内的数据将提供至偏置RF产生器104的DSP 204,以及确定从偏置RF产生器104的DSP 204接收的数据将存储在字段1416中。

[0400] 字段1418包含针对字段1408和1414中的一或更多者的循环冗余检查(CRC)。例如,CRC是由通信控制器1302(图13A)在接收EtherCAT帧1400后执行,以确定字段1408内由通信控制器1302传送的源RF产生器变量信息是否匹配字段1408内由通信控制器1302接收的源RF产生器变量信息,以确定EtherCAT帧1400的有效性。

[0401] 在一实施方案中,字段1406、1408和1410或字段1412、1414和1416不包含在EtherCAT帧1400中。例如,当EtherCAT帧1400为传送至源RF产生器102的一个或多个EtherCAT帧1452(图13B)中的任何一者的示例时,EtherCAT帧1400不包含用于偏置RF产生器104的字段1412、1414和1416。

[0402] 在一实施方案中,字段1406、1408和1410或字段1412、1414和1416包含在EtherCAT帧1400中,但是为空的。例如,当EtherCAT帧1400为传送至源RF产生器102的一个或多个EtherCAT帧1452(图13B)中的任何一者的示例时,EtherCAT帧1400在字段1412、1414和1416中不包含用于偏置RF产生器104的任何数据或信息。

[0403] 图15A为系统1500的实施方案的图,其用于说明等离子体系统的各种部件之间经由一个或多个EtherCAT缆线的信息传输。系统1500包含主计算机106、源RF产生器102、偏置RF产生器104、源匹配部108和偏置匹配部110。

[0404] 源RF产生器102的端口1310经由EtherCAT缆线1306耦合至源匹配部108的端口1502。并且,源匹配部108的另一端口1505经由EtherCAT缆线1504耦合至偏置RF产生器104的端口1312。偏置RF产生器104的另一端口1506经由EtherCAT缆线1508耦合至偏置匹配部110的端口1510。

[0405] 处理器118传送处理器数据1501,其包含用于源RF产生器102和偏置RF产生器的处理器数据1302(图13A),且包含匹配部数据,例如偏置匹配部数据或源匹配部数据、或其组合。处理器数据1501被传送至通信控制器1302。源匹配部数据的示例包含源匹配部108的一个或多个部件的一种或多种规格,且偏置匹配部数据的示例包含偏置匹配部110的一个或多个部件的一种或多种规格。源匹配部108的一个或多个部件的一种或多种规格的示例包

含源匹配部108的电容器的电容值和源匹配部108的电感器的电感值。偏置匹配部110的一个或多个部件的一种或多种规格的示例包含偏置匹配部110的电容器的电容值和偏置匹配部110的电感器的电感值。

[0406] 通信控制器1302接收处理器数据1501并应用EtherCAT协议以嵌入处理器数据1501,从而产生具有处理器数据1501的一个或多个EtherCAT帧1512,并经由EtherCAT缆线1304将一个或多个EtherCAT帧1512传送至源RF产生器102的端口1308。源RF产生器102的通信控制器经由端口1308接收一个或多个EtherCAT帧1512,且从一个或多个EtherCAT帧1512识别源RF产生器变量信息和同步化信号146的时序信息,并将源RF产生器变量信息和时序信息传送至源RF产生器102的DSP 204。

[0407] 此外,源RF产生器102的通信控制器传送对于例如源RF产生器测量信息和RF信号152的源状态信息之类的信息的请求至源RF产生器102的DSP 204。RF信号152的源状态信息的示例包含RF信号152的状态的时序信息和/或状态转变的时序信息。例如,RF信号152的状态的时序信息包含RF信号152改变其变量等级的时间及RF信号152停留在该变量等级所维持的时间。为了进一步说明,参照图10B,RF信号152的状态S4a的时序信息包含RF信号152的变量1006从变量等级V2a转变至变量等级V8a的时间t0、RF信号152的变量1006维持在变量等级V8a的时间t0与t2.5之间的时间段、RF信号152的变量1006从变量等级V8a转变至变量等级零的时间t2.5、RF信号152的变量1006从变量等级零转变至变量等级V6a的时间t5、RF信号152的变量1006维持在变量等级V6a的时间t5与t7.5之间的时间段、RF信号152的变量1006从变量等级V6a转变至变量等级V2a的时间t7.5和RF信号152的变量1006维持在变量等级V2a的时间t7.5与t10之间的时间段。

[0408] 举另一示例而言,参照图12B,RF信号152的状态S4a的时序信息包含RF信号152的变量1206从变量等级V2a转变至变量等级V8a的时间t0和RF信号152的变量1206维持在变量等级V8a的时间t0与t1.5之间的时间段。RF信号152的变量1206的状态转变ST3a的时序信息包含RF信号152的变量1206开始从变量等级V8a转变至变量等级V6a的时间t1.5和RF信号152的变量1206停止转变的时间t2.5。类似地,RF信号152的变量1206的状态转变ST2a的时序信息包含RF信号152的变量1206开始从变量等级V6a转变至变量等级V4a的时间t4和RF信号152的变量1206停止转变的时间t5,RF信号152的变量1206的状态转变ST1a的时序信息包含RF信号152的变量1206开始从变量等级V4a转变至变量等级V2a的时间t6.5和RF信号152的变量1206停止转变的时间t7.5,且RF信号152的变量1206的状态转变ST4a的时序信息包含RF信号152的变量1206开始从变量等级V2a转变至变量等级V8a的时间t9和RF信号152的变量1206停止转变的时间t10。

[0409] 在接收到对于信息的请求时,源RF产生器102的DSP 204将源RF产生器测量信息和源状态信息提供至源RF产生器102的通信控制器。当接收到源RF产生器测量信息和源状态信息时,源RF产生器102的通信控制器将源RF产生器测量信息和源状态信息嵌入一个或多个EtherCAT帧1512内,并经由源RF产生器102的端口1310和EtherCAT缆线1306将一个或多个EtherCAT帧1512传送至源匹配部108的端口1502。

[0410] 源匹配部108的通信控制器经由源匹配部108的端口1502接收一个或多个EtherCAT帧1512,且从一个或多个EtherCAT帧1512提取源匹配部数据和源状态信息,并将源匹配部数据和源状态信息传送至源匹配部108的处理器。源匹配部108的处理器根据源匹

配部数据和源状态信息控制源匹配部108的一个或多个部件。例如,源匹配部108的处理器在状态S1a至Sna中的一者或多者期间不控制源匹配部108的部件,但在状态S1a至Sna中的其余部分期间控制这些部件。源匹配部108的处理器控制源匹配部108的部件以实现源匹配部数据内的电容和电感值。

[0411] 此外,源匹配部108的通信控制器传送对于例如源匹配测量信息之类的信息的请求至源匹配部108的处理器。源匹配测量数据的示例包含由耦合至源匹配部108的部件或耦合至源匹配部108的输出端158的传感器所测量的基准。该传感器位于源匹配部108内或其外部。在接收到对于信息的请求时,源匹配部108的处理器将源匹配测量信息提供至源匹配部108的通信控制器。源匹配部108的通信控制器将源匹配测量信息嵌入一个或多个EtherCAT帧1512,并经由端口1505和EtherCAT缆线1504将一个或多个EtherCAT帧1512传送至偏置RF产生器104的端口1312。

[0412] 偏置RF产生器104的通信控制器经由端口1312接收一个或多个EtherCAT帧1512,且从一个或多个EtherCAT帧1512识别偏置RF产生器变量信息和同步化信号146的时序信息,并将偏置RF产生器变量信息和时序信息提供至偏置RF产生器104的DSP 204。

[0413] 另外,偏置RF产生器104的通信控制器将对于例如偏置RF产生器测量信息和RF信号168的偏置状态信息之类的信息的请求传送至偏置RF产生器104的DSP 204。RF信号168的偏置状态信息的示例包含RF信号168的状态的时序信息和/或状态转变的时序信息。例如,RF信号168的状态的时序信息包含RF信号168改变其变量等级的时间和RF信号168停留在该变量等级所维持的时间。为了进一步说明,参照图10B,RF信号168的状态S4a的时序信息包含RF信号168的变量1006从变量等级V2a转变至变量等级V8a的时间t0、RF信号168的变量1006维持在变量等级V8a的时间t0与t2.5之间的时间段、RF信号168的变量1006从变量等级V8a转变至变量等级零的时间t2.5、RF信号168的变量1006从变量等级零转变至变量等级V6a的时间t5、RF信号168的变量1006维持在变量等级V6a的时间t5与t7.5之间的时间段、RF信号168的变量1006从变量等级V6a转变至变量等级V2a的时间t7.5和RF信号168的变量1006维持在变量等级V2a的时间t7.5与t10之间的时间段。

[0414] 举另一示例而言,参照图12B,RF信号168的状态S4a的时序信息包含RF信号168的变量1206从变量等级V2a转变至变量等级V8a的时间t0和RF信号168的变量1206维持在变量等级V8a的时间t0与t1.5之间的时间段。RF信号168的变量1206的状态转变ST3a的时序信息包含RF信号168的变量1206开始从变量等级V8a转变至变量等级V6a的时间t1.5和RF信号168的变量1206停止转变的时间t2.5。类似地,RF信号168的变量1206的状态转变ST2a的时序信息包含RF信号168的变量1206开始从变量等级V6a转变至变量等级V4a的时间t4和RF信号168的变量1206停止转变的时间t5,RF信号168的变量1206的状态转变ST1a的时序信息包含RF信号168的变量1206开始从变量等级V4a转变至变量等级V2a的时间t6.5和RF信号168的变量1206停止转变的时间t7.5,且RF信号168的变量1206的状态转变ST4a的时序信息包含RF信号168的变量1206开始从变量等级V2a转变至变量等级V8a的时间t9和RF信号168的变量1206停止转变的时间t10。

[0415] 在接收到对于信息的请求时,偏置RF产生器104的DSP 204将偏置RF产生器测量信息和偏置状态信息提供至偏置RF产生器104的通信控制器。当接收到偏置RF产生器测量信息和偏置状态信息时,偏置RF产生器104的通信控制器将偏置RF产生器测量信息和偏置状

态信息嵌入一个或多个EtherCAT帧1512内,并经由偏置RF产生器104的端口1506和EtherCAT缆线1508将一个或多个EtherCAT帧1512传送至偏置匹配部110的端口1510。

[0416] 偏置匹配部110的通信控制器经由偏置匹配部110的端口1510接收一个或多个EtherCAT帧1512,从一个或多个EtherCAT帧1512提取偏置匹配部数据和偏置状态信息,并将偏置匹配部数据和偏置状态信息传送至偏置匹配部110的处理器。偏置匹配部110的处理器根据偏置匹配部数据和偏置状态信息控制偏置匹配部110的一个或多个部件。例如,偏置匹配部110的处理器在状态S1a至Sna中的一或多者期间不控制偏置匹配部110的部件,但在状态S1a至Sna中的其余部分期间控制这些部件。偏置匹配部110的处理器控制偏置匹配部110的部件以实现偏置匹配部数据内的电容和电感值。

[0417] 此外,偏置匹配部110的通信控制器将对于例如偏置匹配测量信息的信息的请求传送至偏置匹配部110的处理器。偏置匹配测量数据的示例包含由耦合至偏置匹配部110的部件或耦合至偏置匹配部110的输出端164的传感器所测量的基准。该传感器位于偏置匹配部110内或其外部。在接收到对于信息的请求时,偏置匹配部110的处理器将偏置匹配测量信息提供至偏置匹配部110的通信控制器。偏置匹配部110的通信控制器将偏置匹配测量信息嵌入一个或多个EtherCAT帧1512,并经由端口1510及EtherCAT缆线1508将一个或多个EtherCAT帧1512传送至偏置RF产生器104的端口1506。

[0418] 偏置RF产生器的通信控制器经由端口1506从偏置匹配部110接收一个或多个EtherCAT帧1512,并经由端口1312和EtherCAT缆线1504将一个或多个EtherCAT帧1512传送至源匹配部108的端口1505。源匹配部108的通信控制器经由端口1505从偏置RF产生器104接收一个或多个EtherCAT帧1512,并经由端口1502和EtherCAT缆线1306以及端口1310将一个或多个EtherCAT帧1512传送至源RF产生器102。源RF产生器102的通信控制器经由端口1310接收一个或多个EtherCAT帧1512,并经由端口1308及EtherCAT缆线1304将一个或多个EtherCAT帧1512传送至主计算机106的通信控制器1302。

[0419] 主计算机106的通信控制器1302将EtherCAT协议应用于一个或多个EtherCAT帧1512,以从一个或多个EtherCAT帧1512获得或提取源RF产生器测量信息和偏置RF产生器测量信息。通信控制器1302将源RF产生器测量信息和偏置RF产生器测量信息提供至处理器118。

[0420] 图15B为系统1550的实施方案的图,其用于说明等离子体系统的各种部件之间的经由一个或多个EtherCAT缆线的信息传输。系统1550包含主计算机106、源RF产生器102、偏置RF产生器104、源匹配部108和偏置匹配部110。通信控制器1302经由EtehrCAT缆线1508耦合至源匹配部108的端口1505,且通信控制器1302经由EtherCAT缆线1504耦合至偏置匹配部110的端口1510。

[0421] 处理器118将处理器数据1501传送至通信控制器1302。通信控制器1302接收处理器数据1501并且应用EtherCAT协议以嵌入同步化信号146的时序信息和处理器数据1501的源匹配部信息,从而产生具有同步化信号146的时序信息和源匹配部信息的一个或多个EtherCAT帧1552,并经由EtherCAT缆线1508将一个或多个EtherCAT帧1552传送至源匹配部108的端口1505。源匹配部108的通信控制器经由端口1505接收一个或多个EtherCAT帧1552,且识别源匹配部信息,并执行与以上参照图15A描述相同的功能,直到从源匹配部108的处理器接收到源匹配部测量信息。当接收到源匹配部测量信息时,源匹配部108的通信控

制器将源匹配部测量信息嵌入一个或多个EtherCAT帧1552内,并经由源匹配部108的端口1505和EtherCAT缆线1508将一个或多个EtherCAT帧1552传送至主计算机106的通信控制器1302。

[0422] 以类似的方式,通信控制器1302接收处理器数据1501并应用EtherCAT协议以嵌入同步化信号146的时序信息和处理器数据1501的偏置匹配部信息,从而产生具有同步化信号146的时序信息和偏置匹配部信息的一个或多个EtherCAT帧1554,并经由EtherCAT缆线1504将一个或多个EtherCAT帧1554传送至偏置匹配部110的端口1510。偏置匹配部110的通信控制器经由端口1510接收一个或多个EtherCAT帧1554,且识别偏置匹配部信息,并执行与以上参照图15A描述相同的功能,直到从偏置匹配部110的处理器接收到偏置匹配部测量信息。当接收到偏置匹配部测量信息时,偏置匹配部110的通信控制器将偏置匹配部测量信息嵌入一个或多个EtherCAT帧1554内,并经由偏置匹配部110的端口1510和EtherCAT缆线1504将一个或多个EtherCAT帧1554传送至主计算机106的通信控制器1302。

[0423] 主计算机106的通信控制器1302将EtherCAT协议应用于一个或多个EtherCAT帧1552,以从一个或多个EtherCAT帧1552获得或提取源匹配部测量信息。通信控制器1302将源匹配部测量信息提供至处理器118。在接收到源匹配部测量信息时,处理器118基于源匹配部测量信息控制源RF产生器102、源匹配部108、偏置RF产生器104和偏置匹配部110中的一或多者。

[0424] 类似地,主计算机106的通信控制器1302将EtherCAT协议应用于一个或多个EtherCAT帧1554,以从一个或多个EtherCAT帧1554获得或提取偏置匹配部测量信息。通信控制器1302将偏置匹配部测量信息提供至处理器118。在接收到偏置匹配部测量信息时,处理器118基于偏置匹配部测量信息控制源RF产生器102、源匹配部108、偏置RF产生器104和偏置匹配部110中的一或多者。

[0425] 应注意,在一实施方案中,不将一个或多个EtherCAT帧1552存储于源匹配部108内,且不将一个或多个EtherCAT帧1554存储于偏置匹配部110中。例如,一个或多个EtherCAT帧1552在源匹配部108内呈恒定移动状态,且一个或多个EtherCAT帧1554在偏置匹配部110内呈恒定移动状态。举例而言,在源匹配部数据和源匹配部测量信息于源匹配部108的通信控制器与源匹配部108的处理器之间传输时,一个或多个EtherCAT帧1552在存储器装置内移动,例如从源匹配部108的通信控制器的寄存器串中的一寄存器移动至另一寄存器。举另一示例而言,在偏置匹配部数据和偏置匹配部测量信息于偏置匹配部110的通信控制器与偏置匹配部110的处理器之间传输时,一个或多个EtherCAT帧1554在存储器装置内移动,例如从偏置匹配部110的通信控制器的寄存器串中的一寄存器移动至另一寄存器。

[0426] 图16为EtherCAT帧1600的实施方案的图。EtherCAT帧1600为一个或多个EtherCAT帧1512(图15A)中的任何一者的示例。EtherCAT帧1600为一个或多个EtherCAT帧1552(图15B)中的任何一者的示例。并且,EtherCAT帧1600为一个或多个EtherCAT帧1554(图15B)中的任何一者的示例。

[0427] EtherCAT帧1600包含多个字段1401、1403、1402、1404、1406、1408、1410、1602、1604、1606、1608、1412、1414、1416、1610、1612、1614、1616和1418。字段1401包含起始帧定界符,其识别EtherCAT帧1600的起始。字段1402包含EtherCAT帧1600的源地址。源地址的示例为产生EtherCAT帧1600的主计算机106的地址。

[0428] EtherCAT帧1600的字段1403包含EtherCAT帧1600将被传播至等离子体系统的各种部件的顺序。EtherCAT帧1600将被传播的该顺序的示例包含从通信控制器1302至源RF产生器102再至源匹配部108、从源匹配部108至偏置RF产生器104、从偏置RF产生器104至偏置匹配部110、从偏置匹配部110回到偏置RF产生器104、从偏置RF产生器104至源匹配部108、从源匹配部108至源RF产生器102、并从源RF产生器102至通信控制器1302的序列。EtherCAT帧1600将被传播的该顺序的另一示例包含从通信控制器1302至源RF产生器102、并从源RF产生器102返回通信控制器1302的序列。

[0429] 字段1404包含EtherCAT帧1600的目的地地址。该目的地地址的示例为主计算机106的通信控制器1302的地址,且通信控制器1302的地址为EtherCAT帧1600的最终目的地。

[0430] 字段1602包含源状态信息。识别源RF产生器102的地址是由源RF产生器102的通信控制器使用,以确定从源RF产生器102的DSP 204接收的数据将存储在字段1602中。

[0431] 字段1604包含源匹配部108的地址,例如MAC地址,其识别源匹配部108(图13A)以区别源匹配部108与等离子体系统的其他RF产生器。字段1606包含源匹配部数据,且字段1608包含源匹配部测量信息。识别源匹配部108的地址由源匹配部108的通信控制器使用,以确定字段1606内的数据将提供至源匹配部108的处理器,以及确定接收自源匹配部108的处理器的数据将存储在字段1608中。

[0432] 字段1610包含偏置状态信息。识别偏置RF产生器104的地址由偏置RF产生器104的通信控制器使用,以确定从偏置RF产生器104的DSP 204接收的数据将存储在字段1610中。

[0433] 字段1612包含偏置匹配部110的地址,例如MAC地址,其识别偏置匹配部110(图13A)以区别偏置匹配部110与等离子体系统的其他RF产生器。字段1614包含偏置匹配部数据,且字段1616包含偏置匹配部测量信息。识别偏置匹配部110的地址由偏置匹配部110的通信控制器使用,以确定字段1614内的数据将提供至偏置匹配部110的处理器,以及确定从偏置匹配部110的处理器接收的数据将存储在字段1616中。

[0434] 字段1418包含针对字段1408、1410、1602、1606、1608、1414、1416、1610、1614和1616中的一或多者的CRC。例如,CRC由通信控制器1302(图13A)在接收EtherCAT帧1600后执行,以确定字段1408内由通信控制器1302传送的源RF产生器变量信息是否匹配字段1408内由通信控制器1302接收的源RF产生器变量信息,从而确定EtherCAT帧1600的有效性。

[0435] 在一实施方案中,字段1408、1410和1602或字段1606及1608或字段1414、1416和1610或字段1614和1616或其组合不包含在EtherCAT帧1600中。例如,当EtherCAT帧1600是传送至源匹配部108(图15B)的一个或多个EtherCAT帧1552(图15B)中的任何一者的示例时,EtherCAT帧1600不包含用于源RF产生器102、偏置RF产生器104和偏置匹配部110的字段1408、1410、1602、1414、1416、1610、1614和1616。

[0436] 在一实施方案中,字段1408、1410及1602或字段1606和1608或字段1414、1416和1610或字段1614和1616或其组合包含在EtherCAT帧1600中,但是为空的。例如,当EtherCAT帧1600是传送至源匹配部108的一个或多个EtherCAT帧1552中的任何一者的示例时,EtherCAT帧1600在字段1408、1410、1602、1414、1416、1610、1614和1616中不包含用于源RF产生器102、偏置RF产生器104和偏置匹配部110的任何数据或信息。

[0437] 在一实施方案中,应注意在此所述的等离子体系统的部件的地址为该部件的通信控制器的地址。例如,源RF产生器102的MAC地址为源RF产生器102的通信控制器的地址,偏

置RF产生器104的MAC地址为偏置RF产生器104的通信控制器的地址,源匹配部108的MAC地址为源匹配部108的通信控制器的地址,且偏置匹配部110的MAC地址为偏置匹配部110的通信控制器的地址。

[0438] 图17为用于说明耦合至EtherCAT缆线1706和1708的RF产生器1702的系统1700的实施方案的图。RF产生器1702为源RF产生器102或偏置RF产生器104(图15A)的示例。EtherCAT缆线1706为EtherCAT缆线1304(图13A)、1306(图13B)和1504(图15A)中的任何一者的示例。EtherCAT缆线1708为EtherCAT缆线1306及1508(图13A及15A)中的任何一者的示例。

[0439] RF产生器1702包含通信控制器1704、DSP 204、RF电源222和传感器1710。传感器1710的示例包含复电压和电流传感器、复阻抗传感器、复功率传感器和复电压传感器。RF产生器202(图2)为RF产生器1702的示例,不同的是在RF产生器1702中,DSP 204经由通信控制器1704耦合至主计算机106的处理器118。此外,RF产生器702(图7)、802(图8)和902(图9)、1102(图11A)是RF产生器1702的示例,不同的是在RF产生器1702中,DSP 204经由通信控制器1704耦合至主计算机106的处理器118。

[0440] 通信控制器1704经由通信控制器1704的端口1714耦合至EtherCAT缆线1706,且经由通信控制器1704的另一端口1716耦合至EtherCAT缆线1708。通信控制器1704还耦合至DSP 204。传感器1710耦合至DSP 204且耦合至RF产生器1702的输出端1712。输出端158和164(图1)中的任何一者为输出端1712的示例。

[0441] 通信控制器1704经由端口1714从等离子体系统的部件接收一个或多个EtherCAT帧1712。例如,通信控制器1704经由端口1714从等离子体系统的部件接收一个或多个EtherCAT帧1314(图13A)、或1352(图13B)、或1354(图13B)、或1512(图15A)。通信控制器1704处理一个或多个EtherCAT帧1712,以识别RF产生器1702的地址。例如,通信控制器1704比较RF产生器1702的地址与通信控制器1704的存储器装置内预先存储的RF产生器1702的地址,并且确定两地址是否匹配。当确定两地址匹配时,通信控制器1704从一个或多个EtherCAT帧1712识别出RF产生器1702的地址。

[0442] 一旦识别出地址,通信控制器1704识别待从一个或多个EtherCAT帧1712提取且待提供至DSP 204的数据。例如,待提供至RF产生器1702的DSP 204的数据被识别为介于一个或多个EtherCAT帧1712中的RF产生器1702的地址与一个或多个EtherCAT帧1712内的下一地址之间。参照图14说明,字段1408内的源RF产生器变量信息是介于字段1406内的源RF产生器地址与字段1412内的偏置RF产生器地址之间。待提供至DSP 204的数据的示例包含字段1408的源RF产生器变量信息或字段1414的偏置RF产生器变量信息。一旦识别出数据,通信控制器1704从一个或多个EtherCAT帧1712提取(例如获得或读取或复制)待提供至DSP 204的数据,并将该数据传送至DSP 204。

[0443] 传感器1710针对上述的状态的一或更多者测量基准,并将基准提供至DSP 204。DSP 204将基准提供至通信控制器1704、或从基准计算因子并将因子提供至通信控制器1704、或其组合。此外,通信控制器1704从DSP 204接收数据,并将该数据包含在字段内,对于RF产生器1702而言包含在字段1712内。例如,通信控制器1704从DSP 204接收因子且将该因子嵌入一个或多个EtherCAT帧1712内,并经由端口1714和EtherCAT缆线1706将因子传送至等离子体系统的源部件(例如处理器118或源RF产生器102或源匹配部108),或经由端口

1716将一个或多个EtherCAT帧1712传送至等离子体系统的目的地部件,例如源匹配部108或偏置RF产生器104。举例而言,为了传送一个或多个EtherCAT帧1712至例如源部件或目的地部件或等离子体系统的任何其他部件之类的部件,通信控制器1704读取一个或多个EtherCAT帧1712的顺序字段1403,以从一个或多个EtherCAT帧1712识别部件的地址。进一步举例而言,为了识别部件的地址,通信控制器1704将存储在一个或多个EtherCAT帧1712中的目的地部件的地址与通信控制器1704的存储器装置内预先存储的部件地址进行比较,并确定两地址是否匹配。在确定两地址匹配时,通信控制器1704从一个或多个EtherCAT帧1712识别出部件的地址,并将一个或多个EtherCAT帧1712传送至部件。源部件是RF产生器1702从其接收一个或多个EtherCAT帧1712的部件,且目的地部件是RF产生器1702将向其传送一个或多个EtherCAT帧1712的部件。当经由端口1716将一个或多个EtherCAT帧1712传送至等离子体系统的目的地部件时,该一个或多个EtherCAT帧1712稍后经由端口1716从该目的地部件接收,且由通信控制器1704经由端口1714传送至源部件。

[0444] 在一实施方案中,多个传感器关联于RF产生器1702。例如,另一传感器耦合至RF缆线138或142(图1)上的一点,且还耦合至DSP 204,以测量基准并提供基准至DSP 204。

[0445] 在一实施方案中,系统1700不包含EtherCAT缆线1708,且通信控制器1704不包含端口1716。

[0446] 图18为系统1800的实施方案的图,其用于说明经由RF缆线1804耦合至RF产生器1702(图17)且耦合至EtherCAT缆线1806和1808的匹配部1802。RF缆线1804为RF缆线138和142(图1)以及218(图2)中的任何一者的示例。匹配部1802为源匹配部108(图15A)或偏置匹配部110(图15B)的示例。EtherCAT缆线1806为EtherCAT缆线1306(图15A)、1508(图15B)和1504(图15A及15B)中的任何一者的示例。EtherCAT缆线1808为EtherCAT缆线1504(图15A)的示例。

[0447] 匹配部1802包含通信控制器1810、处理器1812、驱动器系统1814、传感器系统1816、电路部件系统1818和马达系统1820。传感器系统1816的示例包含一个或多个传感器,例如传感器1710(图17)。驱动器系统1814的示例包含彼此耦合的一个或多个驱动器,例如一个或多个晶体管。电路部件系统1818的示例包含彼此耦合的一个或多个电路部件,例如电感器和电容器。马达系统1820的示例包含一个或多个电动马达。各电动马达耦合至电路部件系统1818的相应的电路部件,例如电感器或电容器。

[0448] 源匹配部108或偏置匹配部110为匹配部1802的示例,不同的是,匹配部1802包含通信控制器1810和处理器1812。通信控制器1810经由通信控制器1810的端口1826耦合至EtherCAT缆线1806,且经由通信控制器1810的端口1828耦合至EtherCAT缆线1808。通信控制器1810还耦合至处理器1812。处理器1812耦合至传感器系统1816,并耦合至驱动器系统1814,驱动器系统1814耦合至马达系统1820。马达系统1820耦合至电路部件系统1818,电路部件系统1818耦合至RF缆线1804且经由RF传输线1822耦合至等离子体室112。电路部件系统1818耦合至传感器系统1816。例如,传感器系统1816的第一传感器耦合至电路部件系统1818的第一电路部件,且传感器系统1816的第二传感器耦合至电路部件系统1818的第二电路部件。RF传输线140和144(图1)中的任何一者是RF传输线1822的示例。

[0449] 通信控制器1810经由端口1826从等离子体系统的部件接收一个或多个EtherCAT帧1824。例如,通信控制器1810经由端口1826从等离子体系统的部件接收一个或多个

EtherCAT帧1512(图15A)、或1552(图15B)、或1554(图15B)。通信控制器1810处理一个或多个EtherCAT帧1824,以识别匹配部1802的地址。例如,通信控制器1810比较匹配部1802的地址与通信控制器1810的存储器装置内预先存储的匹配部1802的地址,并且确定两地址是否匹配。当确定两地址匹配时,通信控制器1810从一个或多个EtherCAT帧1824识别出匹配部1802的地址。

[0450] 一旦识别出地址,通信控制器1810识别待从一个或多个EtherCAT帧1824提取以提供至处理器1812的数据。例如,待提供至匹配部1802的处理器1812的数据被识别为介于一个或多个EtherCAT帧1824中匹配部1802的地址与一个或多个EtherCAT帧1824内的下一地址之间。参照图16说明,字段1606内的源匹配部数据介于字段1604内的源匹配部地址与字段1412内的偏置RF产生器地址之间。待提供至处理器1812的数据的示例包含字段1606内的源匹配部数据或字段1614内的偏置匹配部数据。通信控制器1810从一个或多个EtherCAT帧1824提取(例如读取或获取或复制)待提供至处理器1812的数据,并且将该数据传送至处理器1812。

[0451] 传感器系统1816在电路部件系统1818的一个或多个电路部件的一个或多个输出端处测量基准,并且将基准提供至处理器1812。处理器1812将基准提供至通信控制器1810。此外,通信控制器1810从处理器1812接收数据,并且将该数据包含在字段内,对于匹配部1802而言,在一个或多个EtherCAT帧1824内。例如,通信控制器1810从处理器1812接收基准且将该基准嵌入一个或多个EtherCAT帧1824内,并且经由端口1826和EtherCAT缆线1806将该基准传送至等离子体系统的源部件(例如源RF产生器102或偏置RF产生器104或主计算机106),或经由端口1828将一个或多个EtherCAT帧1824传送至等离子体系统的目的地部件,例如偏置RF产生器104。例如,为了传送一个或多个EtherCAT帧1824至例如源部件或目的地部件或等离子体系统的任何其他部件之类的部件,通信控制器1810读取一个或多个EtherCAT帧1824的顺序字段1403,以从一个或多个EtherCAT帧1824识别目的地的地址。为了进一步说明,欲识别目的地部件的地址,通信控制器1810将存储在一个或多个EtherCAT帧1824中的目的地部件的地址与通信控制器1810的存储器装置内预先存储的目的地部件地址做比较,并确定两地址是否匹配。在确定两地址匹配时,通信控制器1810从一个或多个EtherCAT帧1824识别出目的地部件的地址,并且将一个或多个EtherCAT帧1824传送至目的地部件。

[0452] 源部件是匹配部1802从其接收一个或多个EtherCAT帧1824的部件,且目的地部件是匹配部1802将向其传送一个或多个EtherCAT帧1824的部件。当经由端口1828将一个或多个EtherCAT帧1824传送至等离子体系统的目的地部件时,一个或多个EtherCAT帧1824稍后经由端口1828从该目的地部件接收,且由通信控制器1810经由端口1826传送至源部件。

[0453] 在一实施方案中,多个传感器关联于匹配部1802。例如,另一传感器耦合至RF传输线1804上的一点,且还耦合至处理器1812,以测量基准并且提供基准至处理器1812。

[0454] 在一实施方案中,系统1800不包含EtherCAT缆线1808,且通信控制器1810不包含端口1828。

[0455] 图19A说明了例如等离子体系统之类的EtherCAT同步化系统1920的另一实施方案,其中多个EtherCAT缆线耦合于EtherCAT同步化系统1920的任何两个部件之间。例如,一EtherCAT缆线从主控制器的输出端口耦合至源RF产生器102的输入端口,另一EtherCAT缆

线从主控制器的另一输出端口耦合至偏置RF产生器104的输入端口,一EtherCAT缆线从源RF产生器102的输出端口耦合至源匹配部108的输入端口,且一EtherCAT缆线从偏置RF产生器104的输出端口耦合至偏置匹配部110的输入端口。主控制器的示例包含主机控制器或主计算机106(图1)或ADVCI或另一控制器。

[0456] 用于源RF产生器102和源匹配部108的状态信息是在脉冲列中提供,该脉冲列是从主控制器传送至源RF产生器102,且从源RF产生器102传送至源匹配部108。例如,将由源RF产生器102所产生的RF信号152的变量的状态S(n-A)至Sn的工作周期、功率电平和频率电平以及源匹配部数据是在从主控制器传送至源RF产生器102的脉冲列中提供,且该变量的状态S(n-A)至Sn的工作周期是在从源RF产生器102传送至源匹配部108的脉冲列中提供。类似地,RF信号168的变量的状态S(n-A)至Sn的工作周期、功率电平和频率电平以及偏置匹配部数据是在从主控制器发送至偏置RF产生器104脉冲列中提供,且状态S(n-A)至Sn的工作周期是在从偏置RF产生器104发送至偏置匹配部110的其他脉冲列中提供。

[0457] 图19B说明了例如等离子体系统的EtherCAT同步化系统1930的实施方案,其中EtherCAT缆线耦合于主控制器的输出端口与源RF产生器102的输入端口之间,EtherCAT缆线耦合于源RF产生器102的输出端口与偏置RF产生器104的输入端口之间,EtherCAT缆线耦合于源RF产生器102的输出端口与源匹配部108的输入端口之间,且EtherCAT缆线耦合于源匹配部108的输出端口与偏置匹配部110的输入端口之间。

[0458] 用于源RF产生器102、源匹配部108、偏置RF产生器104和偏置匹配部110的状态信息是在脉冲列中提供,该脉冲列从主控制器传送至源RF产生器102。例如,RF信号152和168的变量的状态S(n-A)至Sn的工作周期、功率电平和频率电平、源匹配部数据和偏置匹配部数据是在从主控制器传送至源RF产生器102的脉冲列中提供。该脉冲列从源RF产生器102转发至偏置RF产生器104。此外,该脉冲列从源RF产生器102传送至源匹配部和从源匹配部108传送至偏置匹配部110。

[0459] 在一实施方案中,EtherCAT缆线从偏置RF产生器104的输出端口耦合至源RF产生器102的输入端口,且EtherCAT缆线从偏置匹配部110的输出端口耦合至源匹配部108的输入端口。在该实施方案中,取代将主控制器耦合至源RF产生器102的EtherCAT缆线,使用将主控制器的输出端口耦合至偏置RF产生器104的输入端口的EtherCAT缆线。此外,EtherCAT缆线从偏置RF产生器104的输出端口耦合至偏置匹配部110的输入端口。用于源RF产生器102、源匹配部108、偏置RF产生器104和偏置匹配部110的状态信息是在脉冲列中提供,该脉冲列从主控制器传送至偏置RF产生器104。例如,该脉冲列从主控制器传送至偏置RF产生器104、从偏置RF产生器104转发至源RF产生器102、从偏置RF产生器104转发至偏置匹配部110和从偏置匹配部110传送至源匹配部108。

[0460] 图19C说明了例如等离子体系统之类的EtherCAT同步化系统1950的实施方案,其中部件以菊花链(Daisychain)B式耦合。例如,EtherCAT缆线从主控制器的输出端口耦合至源RF产生器102的输入端口,EtherCAT缆线从源RF产生器102的输出端口耦合至源匹配部108的输入端口,EtherCAT缆线从源匹配部108的输出端口耦合至偏置匹配部110的输入端口,且EtherCAT缆线从偏置匹配部110的输出端口耦合至偏置RF产生器104的输入端口。

[0461] 用于源RF产生器102、源匹配部108、偏置RF产生器104和偏置匹配部110的状态信息是在脉冲列中提供,该脉冲列从主控制器传送至源RF产生器102。然后,该脉冲列从源RF

产生器102传送至源匹配部108,接着从源匹配部108传送至偏置匹配部110和从偏置匹配部110传送至偏置RF产生器104。

[0462] 图19D说明了例如等离子体系统之类的EtherCAT同步化系统1960的实施方案,其中部件以菊花链形式耦合。例如,EtherCAT缆线从主控制器的输出端口耦合至偏置RF产生器104的输入端口,EtherCAT缆线从偏置RF产生器104的输出端口耦合至偏置匹配部110的输入端口,EtherCAT缆线从偏置匹配部110的输出端口耦合至源匹配部108的输入端口,且EtherCAT缆线从源匹配部108的输出端口耦合至源RF产生器102的输入端口。

[0463] 用于源RF产生器102、源匹配部108、偏置RF产生器104和偏置匹配部110的状态信息是在脉冲列中提供,该脉冲列是从主控制器传送至偏置RF产生器104。然后,该脉冲列从偏置RF产生器104传送至偏置匹配部110,接着从偏置匹配部110传送至源匹配部108和从源匹配部108传送至源RF产生器102。

[0464] 校准

[0465] 图20为用于说明脉冲列校准方法的系统2000的实施方案的图。如参照图20所示,例如主计算机106(图1)的数字信号处理器或ADVCI的射频产生器(RFG)控制器针对多个状态S(n-A)、S(n-A+1)...S(n-1)和Sn提供功率电平(例如$PL_{S(n-A)}$、$PL_{S(n-A+1)}$...$PL_{S(n-1)}$和PL_{Sn})至射频产生器RFG,其中A为正整数。例如,状态S(n-A)至Sn的数量在从4至36的范围中。举例而言,状态的数量为四个状态、或五个状态、或六个状态、或七个状态、或八个状态、或九个状态、或十个状态、或十一个状态、或十二个状态、或十三个状态、或十四个状态、或十五个状态、或十六个状态。各状态发生一或多微秒。例如,状态S(n-A)至Sn中的每一者的工作周期都相同。举例而言,状态S(n-A)发生一定微秒数、状态S(n-A+1)发生相同微秒数等等,直到状态Sn发生该微秒数。举另一示例而言,一个或多个状态的工作周期不同于其余状态中的一个或多个状态的工作周期。举例而言,状态S(n-A)发生第一微秒数,且状态Sn发生第二微秒数。举另一示例而言,状态S(n-A)发生第一微秒数、状态S(n-A+1)发生第二微秒数,且状态Sn发生第三微秒数。射频产生器RFG的示例为RF产生器702(图7)。射频产生器RFG的另一示例为RF产生器902(图9)。

[0466] 射频产生器RFG产生具有功率电平$PL_{S(n-A)}$、$PL_{S(n-A+1)}$...$PL_{S(n-1)}$和PL_{Sn}的RF信号,并将该RF信号供给至已知的负载,例如50欧姆负载。耦合至该已知负载的电压传感器测量电压值并将电压值提供至RFG控制器。例如,电压传感器耦合至已知负载的输入端。举另一示例而言,电压传感器耦合至RF缆线,该RF缆线耦合于射频产生器RFG与已知负载之间。RFG控制器根据从电压传感器接收的电压值确定用于状态S(n-A)、S(n-A+1)...S(n-1)和Sn的例如$V_{S(n-A)}$、$V_{S(n-A+1)}$...$V_{S(n-1)}$和V_{Sn}之类的电压值。针对各状态,RFG控制器确定用于该状态的功率电平是否应基于用于该状态的电压值改变,并基于该确定调整一个或多个功率电平$PL_{S(n-A)}$、$PL_{S(n-A+1)}$...$PL_{S(n-1)}$和PL_{Sn}。例如,RFG控制器确定用于该状态的电压值是否在默认范围之外,并调整用于该状态的功率电平直到电压值在默认范围内。

[0467] 图21为用于说明电压脉冲整平方法的系统2000的实施方案的图。如参照图20的系统2000所述,将具有功率电平$PL_{S(n-A)}$、$PL_{S(n-A+1)}$...$PL_{S(n-1)}$和RF信号供给至已知负载,且电压传感器测量电压值。将电压值提供至RFG控制器。返回参照图21的系统2000,RFG控制器将各状态分成多个次状态或次脉冲。例如,状态S(n-A)分成次状态S(n-A)1、S(n-A)2等等,直到确定次状态S(n-A)m,其中m为大于2的整数。举另一示例而言,状态S(n-1)分成次状态S(n-

1)1、S(n-1)2等等直到次状态S(n-1)m,且状态Sn分成次状态Sn1、Sn2等等,直到确定次状态Snm。对于各次状态,RFG控制器从接收自电压传感器的测量电压值确定电压值。例如,RFG控制器计算电压值$V_{S(n-A)1}$、$V_{S(n-A)2}$等等,直到计算出用于次状态S(n-A)1至状态S(n-A)m的电压值$V_{S(n-A)m}$。举例而言,电压值$V_{S(n-A)1}$为次状态S(n-A)1期间测量的电压值的统计测量值,例如平均值或中位数,且电压值$V_{S(n-A)2}$为次状态S(n-A)2期间测量的电压值的统计测量值。类似地,RFG控制器计算电压值$V_{S(n-1)1}$、$V_{S(n-1)2}$等等,直至计算出用于次状态S(n-1)1至状态S(n-1)m的电压值$V_{S(n-1)m}$,并计算电压值V_{Sn1}、V_{Sn2}等等,直到计算出用于次状态Sn1至状态Snm的电压值V_{Snm}。基于针对各次状态的计算出的电压值,RFG控制器调整用于次状态的功率电平,例如用于状态S(n-A)的次状态S(n-A)2的功率电平$PL_{S(n-A)2}$以及用于状态S(n-1)的次状态S(n-1)1的功率电平$PL_{S(n-1)1}$,直到电压值在预定范围内。依此方式,RFG控制器调整功率电平$PL_{S(n-A)}$、$PL_{S(n-A+1)}$...$PL_{S(n-1)}$以及PL_{Sn}中的一或多者。

[0468] 图22为用于说明工作周期校准方法的系统2000的实施方案的图。如参照图20所述,电压传感器测量电压值并将电压值提供至RFG控制器。参照系统100,RFG控制器基于用于状态的电压值而确定用于状态S(n-A)至Sn的功率电平$PL_{S(n-A)}$、$PL_{S(n-A+1)}$...$PL_{S(n-1)}$和PL_{Sn}的工作周期。例如,用于状态Sn的多个电压值被测量持续一定的时间段,且用于状态S(n-A)的多个电压值被测量持续相同或不同的时间段。用于状态S(n-A)的电压值不同于用于状态Sn的电压值。

[0469] 所确定的工作周期包含用于功率电平$PL_{S(n-A)}$的状态S(n-A)的工作周期$DC_{S(n-A)}$等等,直到确定用于功率电平$PL_{S(n-1)}$的状态S(n-1)的工作周期DC_{Sn}以及用于功率电平PL_{Sn}的状态Sn的工作周期DC_{Sn}。RFG控制器确定用于对应状态的工作周期中的每一者是否在默认工作周期范围内。RFG控制器调整用于对应状态中的一个或多个的工作周期中的一个或多个,直到一个或多个工作周期在对应的一个或多个默认工作周期范围内。例如,RFG控制器响应于确定工作周期DC_{Sn}不在用于状态Sn的默认工作周期范围内,而增加或减少用于功率电平PL_{Sn}的状态Sn的工作周期DC_{Sn}。

[0470] 应注意,在一实施方案中,取代在图20、21或22的系统中使用电压传感器,可使用测量功率的功率传感器或测量复电压和电流的复电压和电流传感器。

[0471] 四或更多个状态的调谐(调谐TCCT匹配部至平均阻抗)

[0472] 图23显示了包含控制器(CTRL)和例如变压器耦合电容调谐(TCCT)匹配部之类的源匹配部108的系统2300。控制器的示例包含RFG控制器(图20)。控制器CTRL的额外示例包含主计算机106(图1)和主机控制器。TCCT匹配的示例是在美国专利No.10,056,231中提供,其通过引用整体并入此处。

[0473] 控制器CTRL耦合至源RF产生器102、偏置RF产生器104、源匹配部108和偏置匹配部110。源匹配部108耦合至等离子体室112的TCP线圈126。衬底支撑件128或衬底支撑件128的下电极在此有时称为偏置电极。

[0474] 控制器CTRL提供关于状态S(n-A)至Sn的时序信息至源匹配部108。例如,控制器CTRL向源匹配108提供状态S(n-A)到Sn中的每个状态的工作周期(包括开始时间和结束时间)。时序信息被提供至源匹配部108而容许源匹配部108在状态S(n-A)至Sn中的一个或多个期间调谐,以匹配耦合至源匹配部108的输出端的负载的阻抗与耦合至源匹配部108的输入端的源的阻抗,从而减少朝源RF产生器102反射的功率。负载的示例包含等离子体室112

以及将源匹配部108耦合至TCP线圈126的RF传输线140,且源的示例包含源RF产生器102以及将源RF产生器102耦合至源匹配部108的RF缆线138。

[0475] 控制器CTRL针对状态S(n-A)至Sn经由一个或多个马达驱动器及对应的一个或多个马达控制源匹配部108,而调整电容或电感或其组合,以进一步针对状态S(n-A)至Sn减少朝源RF产生器102反射的功率。例如,针对时钟信号的多个时钟周期范围的一状态,源匹配部108改变其电容或电感或其组合,使得耦合至源匹配部108的输出端158的负载的阻抗与耦合至源匹配部108的输入端156的源的阻抗存在有匹配。状态S(n-A)至Sn发生在时钟信号的各时钟周期范围且随着各时钟周期重复。从控制器CTRL或从时钟源(例如时钟振荡器)接收时钟信号。源RF产生器102产生具有状态S(n-A)至Sn的RF信号152,而偏置RF产生器104可产生连续或具有两个状态或具有多于两个状态的RF信号168。

[0476] 在一实施方案中,除了偏置RF产生器104外,还有一个或多个额外的偏置RF产生器经由偏置匹配部110耦合至等离子体室112。

[0477] 在一实施方案中,偏置匹配部110与状态S(n-A)至Sn同步而操作。偏置匹配部110还由控制器CTRL提供关于状态S(n-A)至Sn的时序信息。时序信息被提供至偏置匹配部110,而容许偏置匹配部110在状态S(n-A)至Sn中的一个或多个期间调谐,以匹配耦合至偏置匹配部110的输出端164的负载的阻抗与耦合至偏置匹配部110的输入端162的源的阻抗。负载的示例包含等离子体室112及将偏置匹配部110耦合至等离子体室112的衬底支撑件128的RF传输线144,且源的示例包含偏置RF产生器104以及将偏置RF产生器104耦合至偏置匹配部110的RF缆线142。

[0478] 在一实施方案中,源TCCT匹配部的例如电容器、电感器和电阻器之类的一个或多个部件被调整,以实现通过TCP线圈126的电流与通过另一TCP线圈(未显示)的另一电流之间的比率。该另一TCP线圈位于与TCP线圈126所在的水平平面相同的水平平面中,或位于TCP线圈126的水平平面上方或下方的不同水平平面中。这些TCP线圈一起形成TCP电极。

[0479] 在一实施方案中,除了源RF产生器102外,还有一个或多个额外源RF产生器经由源TCCT匹配部耦合至其他TCP线圈。

[0480] 匹配部的选择性调谐(在一状态期间调谐TCCT匹配部且在其他状态期间调谐RFG)

[0481] 图24A为用于说明状态匹配部调谐方法的系统2400的实施方案的图。源匹配部108于状态S(n-A)至Sn中的一者期间被调谐,且源RF产生器102在状态S(n-A)至Sn中的其余部分中的一个或多个期间被调谐。例如,源匹配部108的电容或电感或其组合通过一个或多个马达驱动器及对应的一个或多个马达由控制器CTRL进行修改,从而在状态S(n-A)期间调谐源匹配部108,以减少朝源RF产生器102反射的功率。此外,源RF产生器102的频率或功率电平或其组合在其余状态S(n-A+1)至Sn中的一个或多个期间进行修改,从而调谐源RF产生器102,以在这些其余状态中的一个或多个期间减少朝源RF产生器102反射的功率。

[0482] 反射的功率可由耦合至源RF产生器102的输出端的传感器(例如电压传感器或复电压和电流传感器)测量,以确定反射的功率是否减少。测量到的功率从传感器提供至控制器CTRL,以确定将由源RF产生器102供给的功率量,从而进一步减少测量到的功率。

[0483] 在一实施方案中,取代测量到的功率,将电压反射系数用于确定是否改变源RF产生器102所供给的功率。

[0484] 图24B为用于说明状态匹配部调谐方法的系统2400的实施方案的图。偏置匹配部

110于状态S(n-A)至Sn中的一者期间进行调谐,且偏置RF产生器104在状态S(n-A)至Sn中的其余部分中的一个或多个期间进行调谐。例如,偏置匹配部110的电容或电感或其组合通过一个或多个马达驱动器及对应的一个或多个马达由控制器CTRL进行修改,从而在状态S(n-A)期间调谐偏置匹配部110,以减少朝偏置RF产生器104反射的功率。并且,偏置RF产生器104的频率或功率电平或其组合在其余状态S(n-A+1)至Sn中的一个或多个期间进行修改,从而调谐偏置RF产生器104,以在这些其余状态中的一个或多个期间减少朝偏置RF产生器104反射的功率。

[0485] 反射的功率可由耦合至偏置RF产生器104的输出端的传感器(例如电压传感器或复电压和电流传感器)测量,以确定反射的功率是否减少。测量到的功率从传感器提供至控制器CTRL,以确定将由偏置RF产生器104供给的功率量,从而进一步减少测量到的功率。

[0486] 在一实施方案中,取代测量到的功率,将电压反射系数用于确定是否改变偏置RF产生器104所供给的功率。

[0487] 固态匹配部

[0488] 图25A为用于说明固态匹配部的系统2500的实施方案的图,该固态匹配部在此有时称为电子匹配部。取代源匹配部108,使用如参照图25A所示的固态匹配部。图25A的系统2500具有与图24A的系统2400相同的部件,不同的是在图25A中以源固态匹配部取代源匹配部108。源固态匹配部促进实现流过等离子体室112的TCP电极的TCP线圈126与TCP电极的其他TCP线圈的电流之间的电流比。例如状态S(n-A)至Sn的时序信息的状态信息是由控制器CTRL提供至源固态匹配部。在状态S(n-A)至Sn中的每一者期间,源固态匹配部将耦合至固态匹配部的输出端2502的负载的阻抗与耦合至固态匹配部的输入端2504的源的阻抗匹配,以减少朝源RF产生器102反射的功率。耦合至固态匹配部的输出端2502的负载的示例包含RF传输线140以及等离子体室112,且耦合至固态匹配部的输入端2504的源的示例包含RF缆线138及源RF产生器102。RF缆线138耦合至输入端2504,且RF传输线140耦合至输出端2502。偏置RF产生器104以连续波(CW)模式或双状态模式或多状态模式操作。多状态模式的示例为施加多级脉冲的模式。

[0489] 图25B为用于说明使用偏置固态匹配部代替偏置匹配部110的系统2550的实施方案的图。系统2550与系统2500相同,但使用偏置固态匹配部取代偏置匹配部110及使用源匹配部108取代源固态匹配部。例如状态S(n-A)至Sn的时序信息的状态信息由控制器CTRL提供至偏置固态匹配部。在状态S(n-A)至Sn中的每一者期间,偏置固态匹配部将耦合至偏置固态匹配部的输出端2552的负载的阻抗与耦合至偏置固态匹配部的输入端2554的源的阻抗匹配,以减少朝偏置RF产生器104反射的功率。耦合至偏置固态匹配部的输出端2552的负载的示例包含等离子体室112以及将偏置固态匹配部耦合至等离子体室112的RF传输线144。耦合至偏置固态匹配部的输入端2554的源的示例包含RF缆线142以及偏置RF产生器104。输出端2552耦合至RF传输线144,且输入端2554耦合至RF缆线142。当偏置RF产生器104以多状态模式操作时,源RF产生器102以连续波(CW)模式或双状态模式或多状态模式操作。

[0490] RF产生器的选择性调谐(在一状态期间但不在其他状态期间调谐RF产生器)

[0491] 图26A为用于说明固定频率下的匹配部调谐方法的系统2600的实施方案的图。参照图26A所示的系统2600具有与参照图23所示的部件相同的部件,不同的是在系统2600中,传感器1710耦合至源RF产生器102的输出端。传感器1710测量朝源RF产生器102反射的功

率。控制器CTRL在状态S(n-A)期间调谐源匹配部108。此外,控制器CTRL在其余状态S(n-A+1)至Sn期间维持源RF产生器102的恒定频率。该恒定频率是由控制器CTRL确定,使得朝源RF产生器102反射的功率的和$\sum_{v=1}^{w} CvPv$为最小,其中Cv为状态的权重,Pv为对于该状态而言朝源RF产生器102反射的功率,且v为该状态的状态数。例如,状态S(n-A)的状态数为1,状态S(n-A+1)的状态数为2等等,直到状态Sn的状态数为w,其中w为正整数。当源RF产生器102以多状态模式操作时,偏置RF产生器104以连续波(CW)模式、或以双状态模式、或以多状态模式操作。

[0492] 图26B为用于说明固定频率下的匹配部调谐方法的系统2650的实施方案的图。控制器CTRL在状态S(n-A)期间调谐偏置匹配部110。此外,控制器CTRL在其余状态S(n-A+1)至Sn期间维持偏置RF产生器104的恒定频率。该恒定频率由控制器CTRL确定,使得朝偏置RF产生器104反射的功率的和$\sum_{v=1}^{w} CvPv$为最小,其中Cv为状态的权重,Pv为对于该状态而言朝偏置RF产生器104反射的功率,且v为该状态的状态数。例如,状态S(n-A)的状态数为1,状态S(n-A+1)的状态数为2等等,直到状态Sn的状态数为w。传感器1710耦合至偏置RF产生器104的输出端160以测量朝偏置RF产生器104反射的功率。当偏置RF产生器104以多状态模式操作时,源RF产生器102以连续波(CW)模式、或以双状态模式、或以多状态模式操作。

[0493] 在一实施方案中,源RF产生器102及偏置RF产生器104两者都在多个状态S(n-A)至Sn下操作。

[0494] 在一实施方案中,源RF产生器102在不同于偏置RF产生器104的数量的状态下操作。

[0495] 主同步控制器(ADVCI或脉冲主控制器)

[0496] 图27为用于说明TCP与偏置电极之间的时钟同步化方法的系统2700的实施方案的图。如图27所示,脉冲主控制器(例如数字脉冲源或数字信号处理器或主计算机106或主机控制器或ADVCI)产生具有状态S(n-A)至Sn的晶体管-电晶体逻辑(TTL)信号,且将TTL信号提供至偏置RF产生器104。脉冲主控制器在此有时称为外部脉冲主控制器。在接收到TTL信号时,偏置RF产生器104产生具有用于状态S(n-A)至Sn的功率电平$PL_{S(n-A)}$至PL_{Sn}的RF信号。此外,脉冲主控制器将TTL信号提供至源RF产生器102。在接收到TTL信号时,源RF产生器102产生具有用于状态S(n-A)至Sn的多个功率电平$PL_{S(n-A)}$至PL_{Sn}的RF信号。对于状态S(n-A)至Sn中的每一者,具有由源RF产生器102产生的一功率电平。例如,第一功率电平针对状态S(n-A)而产生,第二功率电平针对状态S(n-A+1)而产生,第三功率电平针对状态S(n-1)而产生,且第四功率电平针对状态Sn而产生。

[0497] 在一实施方案中,源RF产生器102在一状态期间产生的功率电平与偏置RF产生器104在该状态期间产生的功率电平不同。例如,源RF产生器102在状态Sn期间产生的功率电平PL_{Sn}不同于(例如大于或低于)偏置RF产生器104在状态Sn期间产生的功率电平。

[0498] 在一实施方案中,源RF产生器102被提供具有与提供至偏置RF产生器104的TTL信号不同数量的状态的TTL信号。例如,源RF产生器102被提供具有四个状态的TTL信号,且偏置RF产生器104被提供具有五个状态的TTL信号。举另一示例而言,源RF产生器102被提供具有五个状态的TTL信号,且偏置RF产生器104被提供具有四个状态的TTL信号。

[0499] 图28A为用于说明同步化主控器的系统2800的实施方案。图28A所示的系统2800包含例如ADVCI之类的同步化主控器,且还包含源RF产生器102及偏置RF产生器104、ADVCI将

例如模拟电压信号之类的模拟信号转换成例如数字电压信号之类的数字信号。此外,ADVCI执行一个或多个其他功能,例如电压泄漏检测及具有多个状态S(n-A)至Sn的状态信号的产生。例如,ADVCI产生具有多个逻辑电平(例如DC电压电平)的状态信号。同步化主控器耦合至源RF产生器102及偏置RF产生器104。

[0500] 同步化主控器产生具有两个状态S1及S0的时钟信号(例如TTL信号),并将时钟信号提供至偏置RF产生器104。在接收到时钟信号时,偏置RF产生器104产生具有两个状态S(n-1)及Sn的两个功率电平的RF信号。例如,由偏置RF产生器104产生的RF信号具有高功率电平和低功率电平。低功率电平具有低于高功率电平的功率值的一个或多个功率值。高功率电平具有一个或多个功率值。此外,同步化主控器产生具有状态S(n-A)至Sn的数字脉冲信号,并将数字脉冲信号传送至源RF产生器102。数字脉冲信号的示例为多状态波形。在接收到数字脉冲信号时,源RF产生器102产生具有用于状态S(n-A)至Sn(例如四或更多状态)的功率电平的RF信号。例如,由源RF产生器102产生的RF信号具有与状态S(n-A)至Sn的数量相同数量的功率电平。

[0501] 应注意,在一示例中,取代时钟信号,将具有与状态S(n-1)及Sn的数量不同的数量的状态的数字脉冲信号从同步化主控器提供至偏置RF产生器104。

[0502] 图28B为用于说明同步化主控器的系统2800的实施方案。同步化主控器产生具有两个状态S(n-1)及Sn的时钟信号(例如TTL信号),并将时钟信号提供至源RF产生器102。在接收到时钟信号时,源RF产生器102产生具有两个状态S(n-1)及Sn的两个功率电平的RF信号。例如,由源RF产生器102产生的RF信号具有高功率电平及低功率电平。低功率电平具有低于高功率电平的功率值的一个或多个功率值。高功率电平可具有一个或多个功率值。并且,同步化主控器产生具有状态S(n-A)至Sn(例如四或更多状态)的数字脉冲信号,并将数字脉冲信号传送至偏置RF产生器104。在接收到数字脉冲信号时,偏置RF产生器104产生具有用于状态S(n-A)至Sn的功率电平的RF信号。例如,由偏置RF产生器104产生的RF信号具有与状态S(n-A)至Sn的数量相同数量的功率电平。

[0503] 应注意,在一示例中,取代时钟信号,可将具有与状态S(n-A)至Sn的数量不同的数量的状态的数字脉冲信号从同步化主控器提供至源RF产生器102。

[0504] 具有终点检测的主同步控制器

[0505] 图29为用于说明具有终点检测的多状态控制装置的使用的系统2900的实施方案的图。系统2900包含终点检测控制器、ADVCI、源RF产生器102、偏置RF产生器104、源匹配部108、偏置匹配部110和等离子体室112。当源RF产生器102产生具有一个或多个状态S(n-A)至Sn的RF信号152时,偏置RF产生器104产生具有一个或多个状态S(n-A)至Sn的RF信号168,以处理衬底S。例如,由源RF产生器102产生的RF信号152具有与由偏置RF产生器104产生的RF信号168相同的状态数量。举另一示例而言,由源RF产生器102产生的RF信号152具有与由偏置RF产生器104产生的RF信号168的状态数量不同的状态数量。

[0506] 光学发射光谱仪或Lam光谱反射仪(LSR)位于等离子体室112外部,以确定衬底S正在等离子体室112中被处理时从等离子体室112反射的光强度。终点检测控制器从光学发射光谱仪或LSR接收指示强度的电信号,来确定是否到达终点或处理内的处理点。执行于衬底S上的处理包含沉积处理、蚀刻处理、清洁处理和溅射处理。在确定未达到终点或处理点或其组合时,终点检测控制器传送调整信号至ADVCI。在接收到调整信号时,ADVCI控制源RF产

生器102在状态S(n-A)至Sn期间的功率电平,或控制偏置RF产生器104在状态S(n-A)至Sn期间的功率电平,或其组合。当确定达到终点或处理点时,终点检测控制器传送停止信号至ADVCI。在接收到停止信号时,ADVCI将源RF产生器102在状态S(n-A)至Sn期间的功率电平控制为零,并且将偏置RF产生器104在状态S(n-A)至Sn期间的功率电平控制为零。

[0507] 针对多状态脉冲的反射功率减少

[0508] 图30显示了用于说明微秒级下的频率调谐轨迹方法的包含RF产生器1070的系统3000,RF产生器1070包含功率控制器$PWR_{S(n-A)}$至PWR_{Sn}、自动频率调谐器$AFT_{S(n-A)}$至AFT_{Sn}、DSP 204和RF电源222。系统3000还包含例如源匹配部108或偏置匹配部110之类的匹配部216,且包含等离子体室112。传感器1710耦合至RF电源222的输出端。RF电源222属于源RF产生器102或偏置RF产生器104。

[0509] 传感器1710测量输出端217处的基准并将该基准提供至DSP 204。DSP 204确定改变用于状态S(n-A)至Sn中的一个或多个的频率和/或用于状态S(n-A)至Sn中的一个或多个的功率,以减少这些状态中的一个或多个期间的反射功率。如以上参照图10J所述,为了改变用于状态S(n-A)至Sn的一个或多个的频率,DSP 204控制自动频率调谐器$AFT_{S(n-A)}$至AFT_{Sn}中的对应的一个或多个,且为了改变用于状态S(n-A)至Sn中的一个或多个的功率,DSP 204控制功率控制器$PWR_{S(n-A)}$至PWR_{Sn}中对应的一个或多个。

[0510] 在一实施方案中,描述调谐RF产生器的方法。该方法包含产生具有四或更多个状态的数字脉冲信号、将数字脉冲信号提供至RF产生器和产生具有与数字脉冲信号的四或更多个状态同步的四或更多个功率电平的RF信号。

[0511] 在一实施方案中,该四或更多个状态中的第一者提供发生该四或更多个功率电平中的第一者的持续时间,该四或更多个状态中的第二者提供发生该四或更多个功率电平中的第二者的持续时间,该四或更多个状态中的第三者提供发生该四或更多个功率电平中的第三者的持续时间,且该四或更多个状态中的第四者提供发生该四或更多个功率电平中的第四者的持续时间。

[0512] 在一实施方案中,描述了用于产生半导体制造用等离子体的产生器。产生器包含用于处理定义多状态波形的输入信号的接收器。多状态波形关联于待由产生器于多状态波形的多个多状态中的每一者期间施加的相应的功率电平。产生器还包含输出部以供输送RF功率信号至RF产生器的负载。RF功率信号使用关联于多状态波形的功率电平。这些功率电平在各时钟周期期间重复且维持多个时钟周期。

[0513] 在一实施方案中,功率电平包含四个功率电平、或五个功率电平、或六个功率电平、或七个功率电平、或八个功率电平。

[0514] 在一实施方案中,功率电平中的一者转变成功率电平中的另一者,以减少功率电平的该另一者的脉冲宽度。

[0515] 在一实施方案中,功率电平中的一者转变成功率电平中的另一者,以减少功率电平中的该一者的脉冲宽度。

[0516] 在一实施方案中,负载为TCP电极,且多状态波形被施加至耦合于偏置电极的另一产生器。

[0517] 在一实施方案中,描述了用于供给功率至具有电极的等离子体处理室的产生器。产生器包含用于接收包含至少四个状态的多状态信号的输入端和用于提供基于多状态信

号供给多个电平的RF信号的输出端。RF信号被传递至连接于等离子体处理室的电极的匹配部。

[0518] 在一实施方案中,描述了用于供给多状态功率至等离子体处理室的电极的方法。该方法包含产生具有至少四个状态的数字脉冲信号和处理数字脉冲信号以产生多状态RF信号。多状态RF信号具有对应于该至少四个状态中的每一者的多个功率电平。该方法包含输出多状态RF信号至负载,以将功率传输至电极。

[0519] 在一实施方案中,该至少四个状态在各时钟周期期间重复且维持多个时钟周期。

[0520] 可通过包含下列各项的各种计算机系统配置以实行本文所述的实施方案:手持硬件单元、微处理器系统、基于微处理器的或可编程的消费性电子产品、迷你计算机、主计算机等。还可在分布式计算环境中实行本文所述的实施方案,在这些分布式计算环境中工作经由通过计算机网络链接的远程处理硬件单元执行。

[0521] 在一些实施方案中,控制器为系统的一部分,该系统可为上述示例的一部分。该系统包含半导体处理设备,该半导体处理设备包含一个或多个处理工具、一个或多个室、一个或多个处理用平台和/或特定的处理组件(晶片基座、气体流动系统等)。该系统与电子设备整合,以在半导体晶片或衬底之处理之前、期间、以及之后,控制其运作。电子设备被称为控制器,其可控制一个或者多个系统的各种组件或子部件。取决于处理需求和/或系统类型,将控制器编程设计成控制本文所公开的任何处理,包含处理气体的传送、温度设定(例如,加热和/或冷却)、压力设定、真空设定、功率设定、RF产生器设定、RF匹配电路设定、频率设定、流速设定、流体传送设定、位置和操作设定、进出与系统连接或接合的工具及其他转移工具和/或负载锁的晶片转移。

[0522] 广义而言,在许多实施方案中,将控制器定义为具有接收指令、发布指令、控制运作、启动清洗操作、启动终点测量等的许多集成电路、逻辑、存储器和/或软件的电子设备。集成电路包含:储存程序指令的硬件形式的芯片、数字信号处理器(DSP)、定义为专用集成电路(ASIC)的芯片、可编程逻辑装置(PLD)、一或更多微处理器、或执行程序指令(例如,软件)的微控制器。程序指令为以不同的单独设定(或程序档案)的形式而发送至控制器或系统的指令,该单独设定(或程序档案)为(在半导体晶片上,或针对半导体晶片)实行特定处理而定义操作参数。在一些实施方案中,操作参数由工艺工程师所定义的配方的一部分,以在一或多个(种)层、材料、金属、氧化物、硅、二氧化硅、表面、电路和/或晶片的管芯的制造期间实现一个或多个处理步骤。

[0523] 在一些实施方案中,控制器为计算机的一部分,或耦合至计算机,该计算机与系统整合、耦合至系统、或以网络连接至系统、或以其组合方式连接至系统。例如,控制器在容许远程访问晶片处理的“云端”或晶片厂(fab)主计算机系统的全部或部分中。控制器使系统能够远程访问,以监控制造运作的当前进度、检查过去制造运作的历史、由多个制造运作而检查趋势或效能指标,以改变当前处理的参数、设定当前处理之后的处理步骤、或开始新的处理。

[0524] 在一些实施方案中,远程计算机(例如,服务器)通过计算机网络提供处理配方至系统,该计算机网络包含局域网络或因特网。远程计算机包含用户接口,其可实现参数和/或设定的输入、或对参数和/或设定进行程序化,接着将该参数和/或该设定由远程计算机传达至系统。在一些示例中,控制器接收用于处理晶片的设置形式的指令。应理解,所述设

置特别针对待在晶片上执行的处理的类型以及控制器接合或控制的工具的类型。因此,如上所述,控制器为分布式,例如通过包含以网络的方式连接彼此且朝向共同目的(例如,本文所述的完成处理)而运作的一或更多分离的控制器。用于此目的的分布式控制器的示例包含在室上、与位于远程的一或更多集成电路(例如,在平台水平处、或作为远程计算机的一部分)进行通信的一或更多集成电路,两者结合以控制室中的处理。

[0525] 在多种实施方案中,系统包括但不限于,等离子体蚀刻室、沉积室、旋转冲洗室、金属镀室、清洁室、边缘蚀刻室、物理气相沉积(PVD)室、化学气相沉积(CVD)室、原子层沉积(ALD)室、原子层蚀刻(ALE)室、离子注入室、轨道室以及和半导体晶片的制造相关和/或用于制造的任何其他半导体处理室。

[0526] 还应注意,虽然上述操作是参照变压器耦合等离子体(TCP)反应器进行说明,但在一些实施方案中,上述操作也应用于其他类型的等离子体室,例如平行板等离子体室、例如电容耦合等离子体室等、介电工具、包含电子回旋共振(ECR)反应器的等离子体室等。TCP反应器的示例包含感应耦合等离子体(ICP)反应器。TCP反应器的另一示例包含导体工具。有时,术语“反应器”和“等离子体室”在此可互换使用。

[0527] 如上所述,取决于将通过工具执行的操作,控制器与半导体制造工厂中的一或更多的以下各项进行通信:其他工具电路或模块、其他工具组件、群集工具、其他工具接口、邻近的工具、相邻的工具、遍布工厂的工具、主计算机、另一控制器、或材料运输中所使用的工具,该材料运输中所使用的工具将晶片容器往返于工具位置和/或装载端口输送。

[0528] 考虑到上述实施方案,应理解,一些实施方案使用涉及储存在计算机系统中的数据的各种计算机实现的操作。这些计算机实现的操作是操控物理量的操作。

[0529] 实施方案中的一些还涉及硬件单元或执行这些操作的设备。该设备特别地针对专用计算机而构建。当被定义为专用计算机时,该计算机执行其他处理、程序执行或非特殊用途的部分且同时仍能操作用于特殊用途的例程。

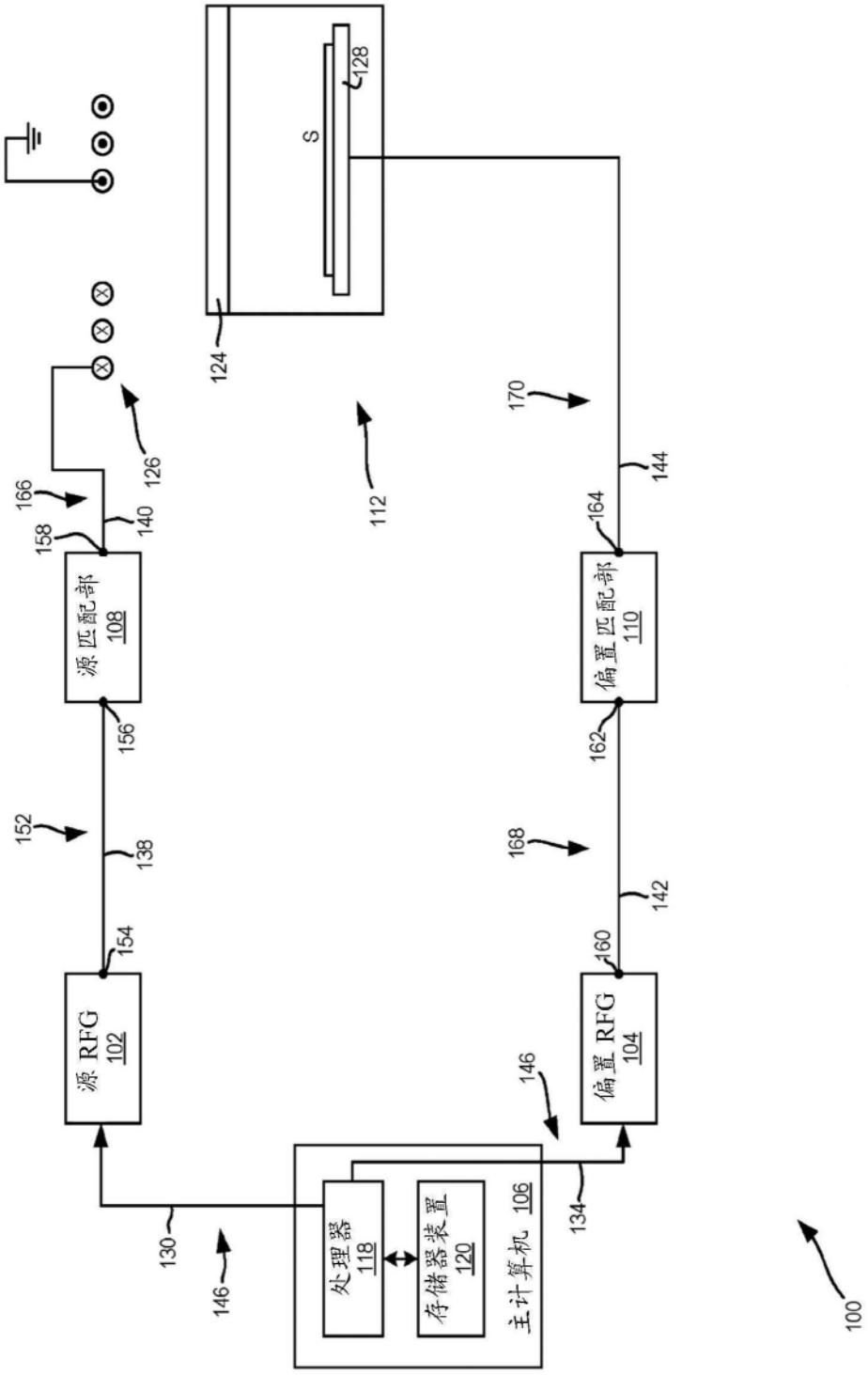
[0530] 在一些实施方案中,此处所述操作由选择性启动的计算机执行,或由存储在计算机存储器中的一个或多个计算机程序所配置,或通过计算机网络而获得。当数据通过计算机网络获取时,可通过计算机网络上的其他计算机(例如,计算资源的云端)以处理该数据。

[0531] 还可将本文所述的一或多个实施方案制造成非瞬时计算机可读介质上的计算机可读码。非瞬时计算机可读介质是储存数据的任何数据储存硬件单元(例如存储器装置等),所述数据之后通过计算机系统读取。非瞬时计算机可读介质的示例包含硬盘、网络附加存储(NAS)、ROM、RAM、只读光盘(CD-ROM)、可录式光盘(CD-R)、可重写光盘(CD-RW)、磁带以及其他光学式及非光学式数据储存硬件单元。在一些实施方案中,非瞬时计算机可读介质包含分布于网络耦合计算机系统范围内的计算机可读有形介质,使得计算机可读码以分散方式储存及执行。

[0532] 尽管上述的一些方法操作是以特定顺序呈现,但应理解,在许多实施方案中,在多个操作之间执行其他内务操作,或者,将方法操作调整成使得这些方法操作在稍微不同的时间发生,或者这些方法操作分布于容许多个方法操作以多种间隔发生的系统中,或者这些方法操作以不同于上述的顺序执行。

[0533] 应进一步注意,在一实施方案中,来自上述任何实施方案的一或更多特征与任何其他实施方案的一或更多特征结合,而不偏离本发明所述的各种实施方案所描述的范围。

[0534] 虽然前述的实施方案已针对清楚理解的目的而相当详细地加以描述,但应明白,一些改变与修改可在所附的权利要求的范围内实施。因此,本发明的实施方案应被视为说明性而非限制性的,且这些实施方案不应受限于本文中所提供的细节,而是可在所附权利要求的范围及等同范围内进行修改。



源 RFG 102
源匹配部 108
偏置 RFG 104
偏置匹配部 110
处理器 118
存储器装置 120
主计算机 106
S
100
112
124
126
128
130
134
138
140
142
144
146
152
154
156
158
160
162
164
166
168
170

图1

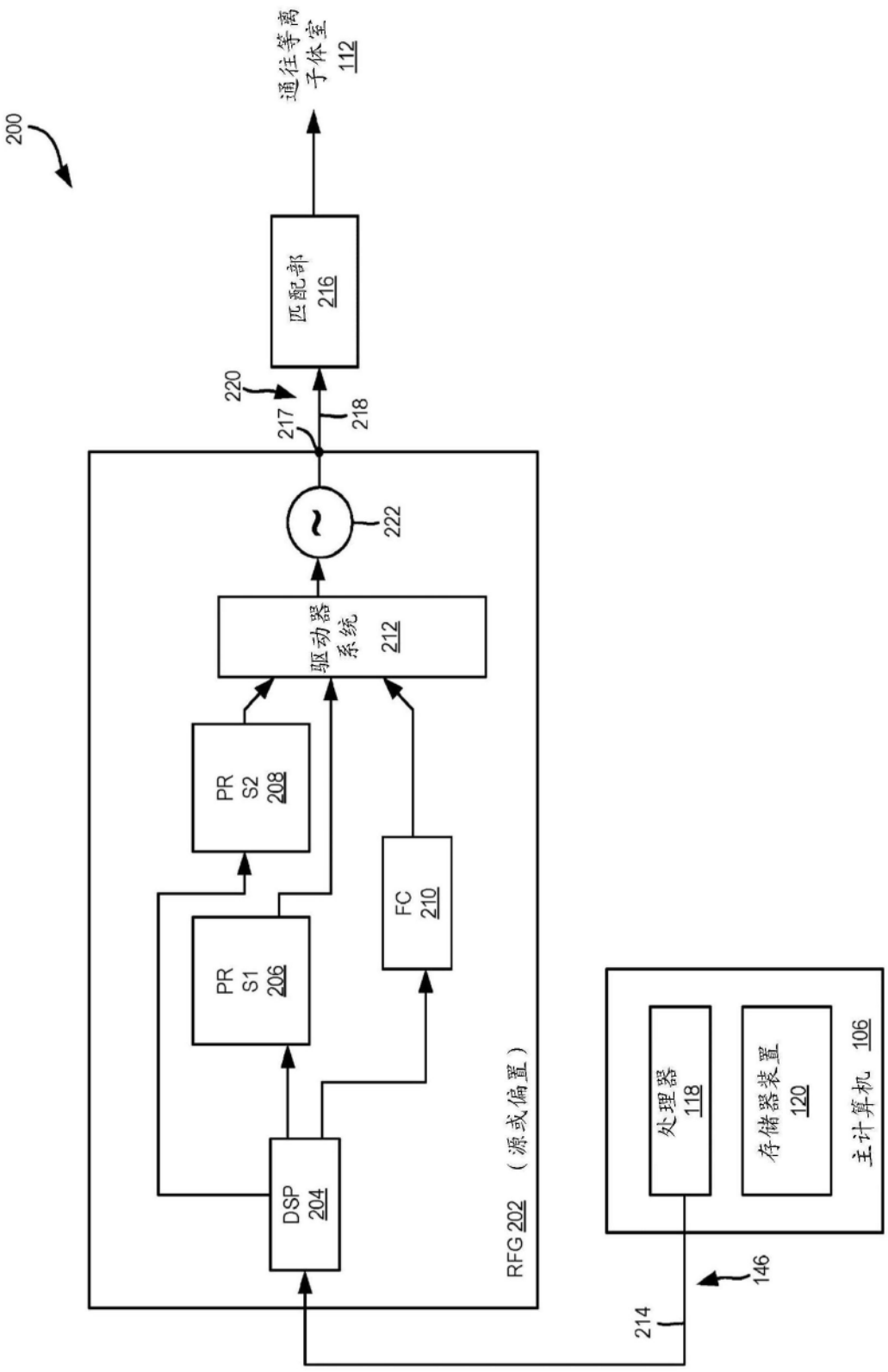

200
通往等离子体室 112
匹配部 216
220
217
218
222
驱动器系统 212
PR S2 208
PR S1 206
FC 210
DSP 204
RFG 202 （源或偏置）
处理器 118
存储器装置 120
主计算机 106
146
214

图2

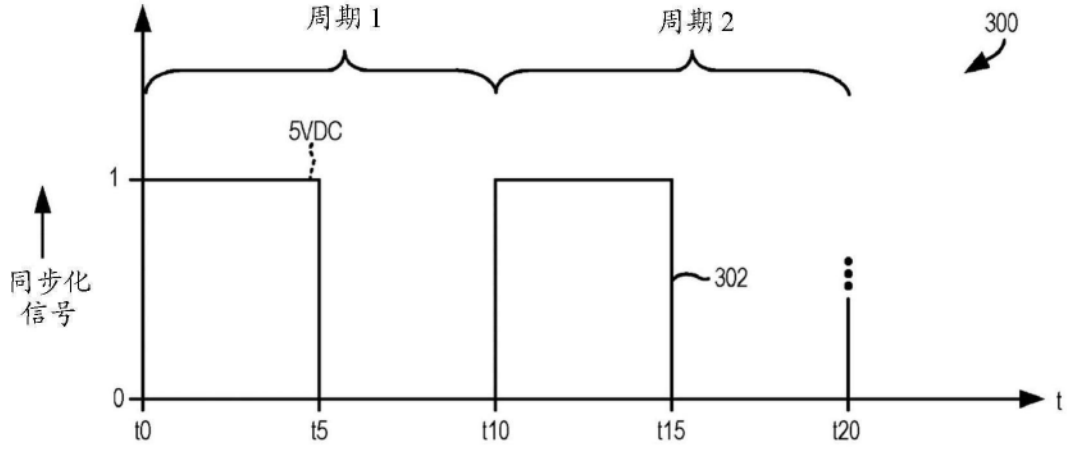

周期 1
周期 2
300
5VDC
1
同步化
信号
302
0
t
t0
t5
t10
t15
t20

图3A

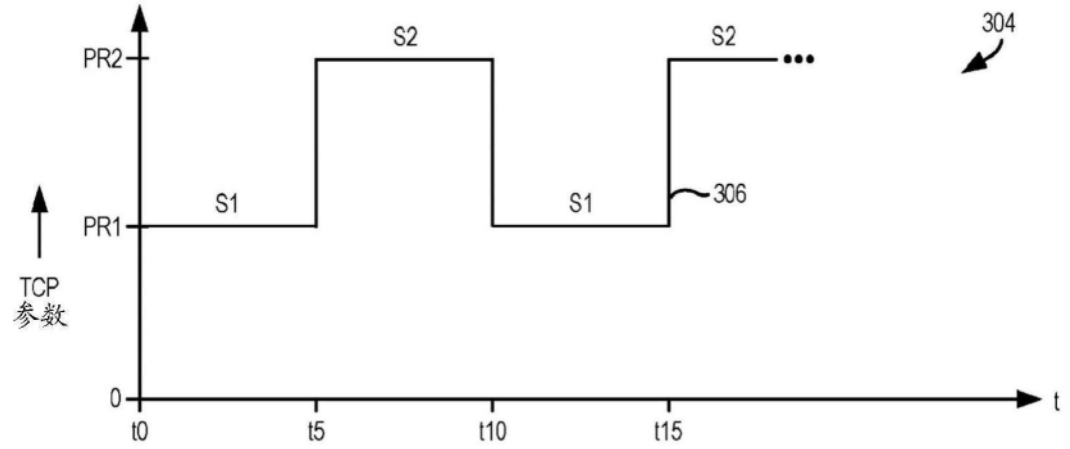

304
S2
S2
PR2
S1
S1
306
PR1
TCP
参数
0
t
t0
t5
t10
t15

图3B

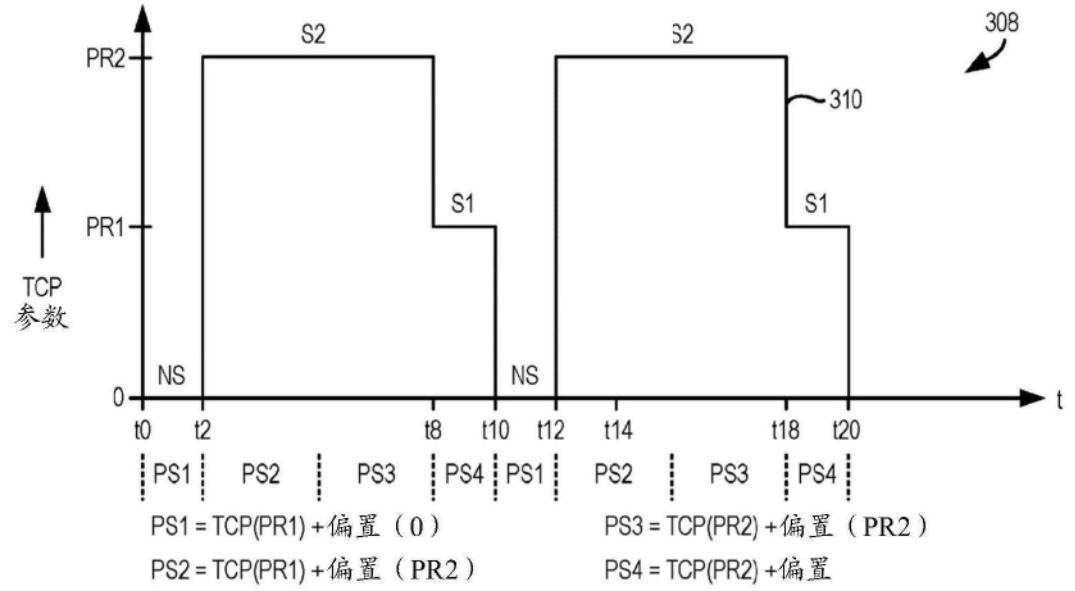

308
S2
S2
PR2
310
S1
S1
PR1
TCP
参数
NS
NS
0
t
t0
t2
t8
t10
t12
t14
t18
t20
PS1
PS2
PS3
PS4
PS1
PS2
PS3
PS4
PS1 = TCP(PR1) + 偏置（0）
PS2 = TCP(PR1) + 偏置（PR2）
PS3 = TCP(PR2) + 偏置（PR2）
PS4 = TCP(PR2) + 偏置

图3C

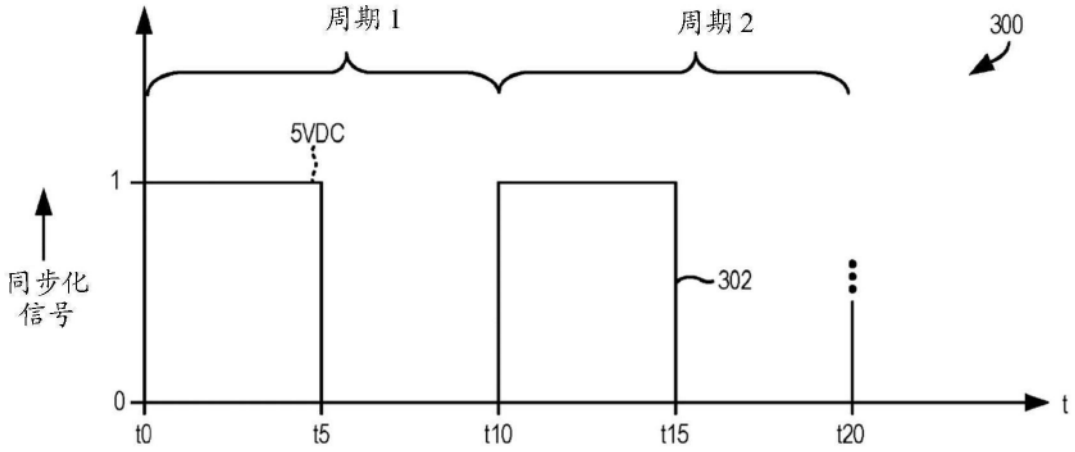

周期 1
周期 2
300
5VDC
1
同步化
信号
302
0
t
t0
t5
t10
t15
t20

图4A

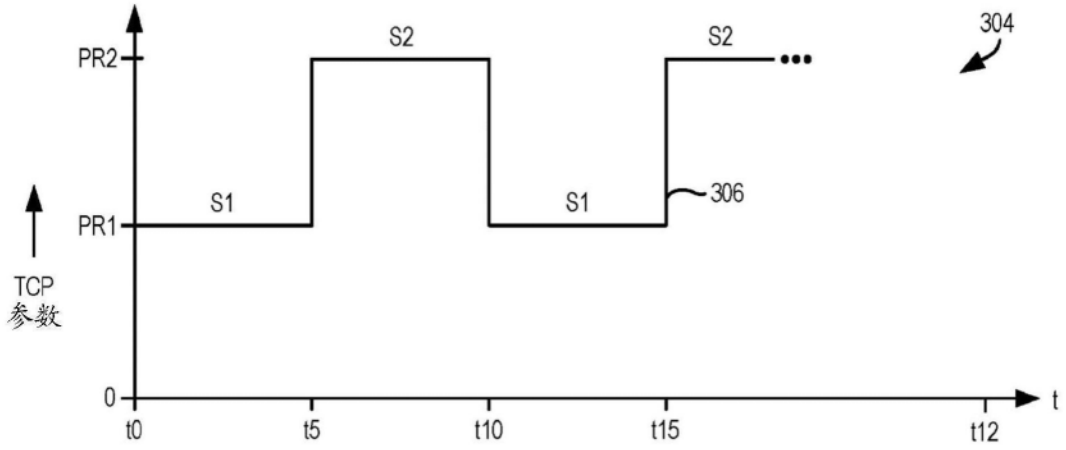

304
PR2
PR1
0
S1
S2
S1
S2
306
TCP
参数
t
t0
t5
t10
t15
t12

图4B

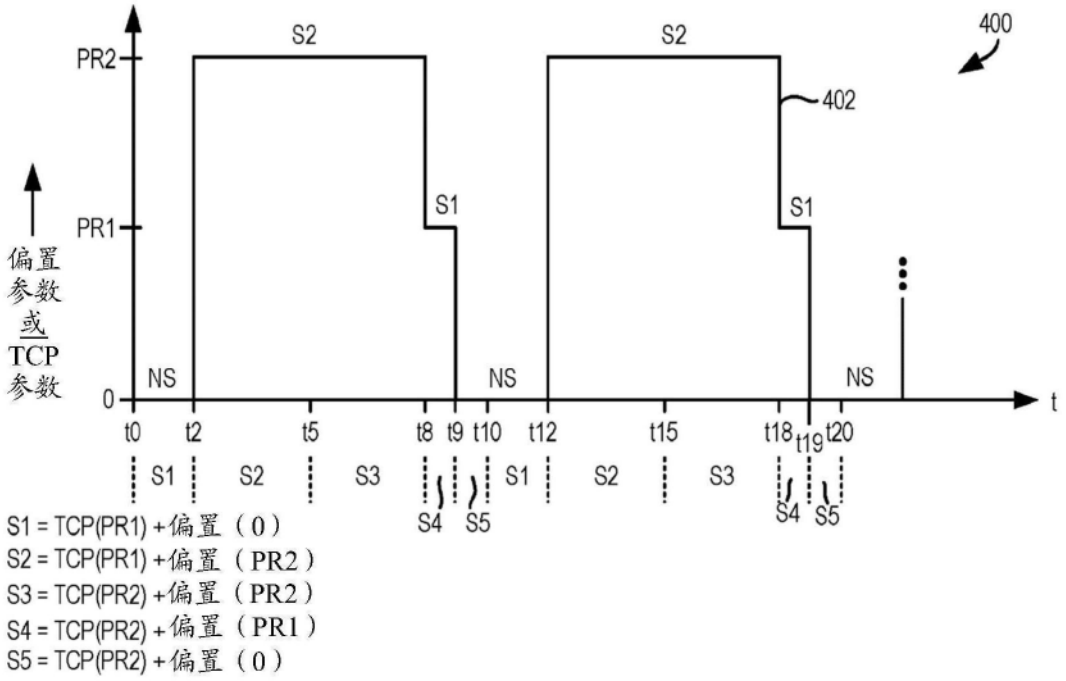

400
PR2
PR1
0
S2
S2
S1
S1
402
偏置
参数
或
TCP
参数
NS
NS
NS
t
t0
t2
t5
t8
t9
t10
t12
t15
t18
t19
t20
S1
S2
S3
S4
S5
S1
S2
S3
S4
S5
S1 = TCP(PR1) + 偏置（0）
S2 = TCP(PR1) + 偏置（PR2）
S3 = TCP(PR2) + 偏置（PR2）
S4 = TCP(PR2) + 偏置（PR1）
S5 = TCP(PR2) + 偏置（0）

图4C

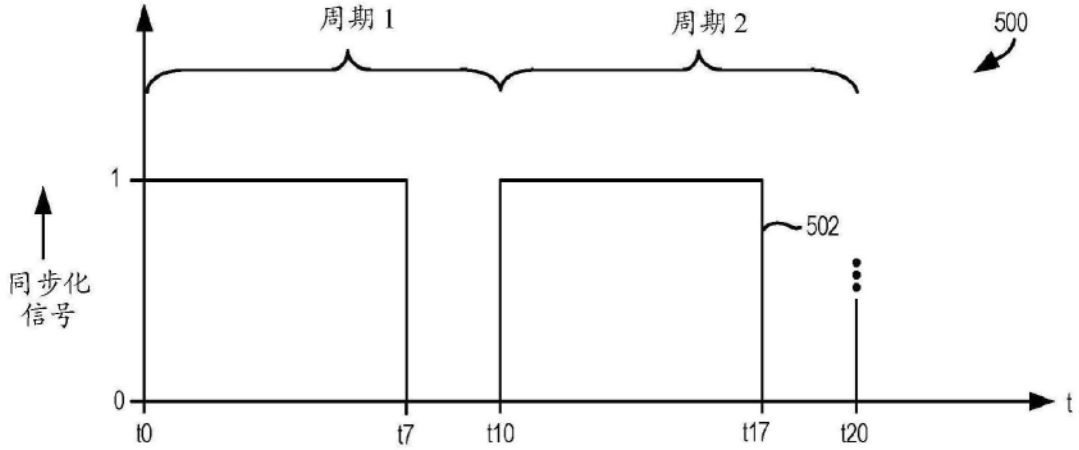

周期 1
周期 2
500
1
502
同步化
信号
0
t
t0
t7
t10
t17
t20

图5A

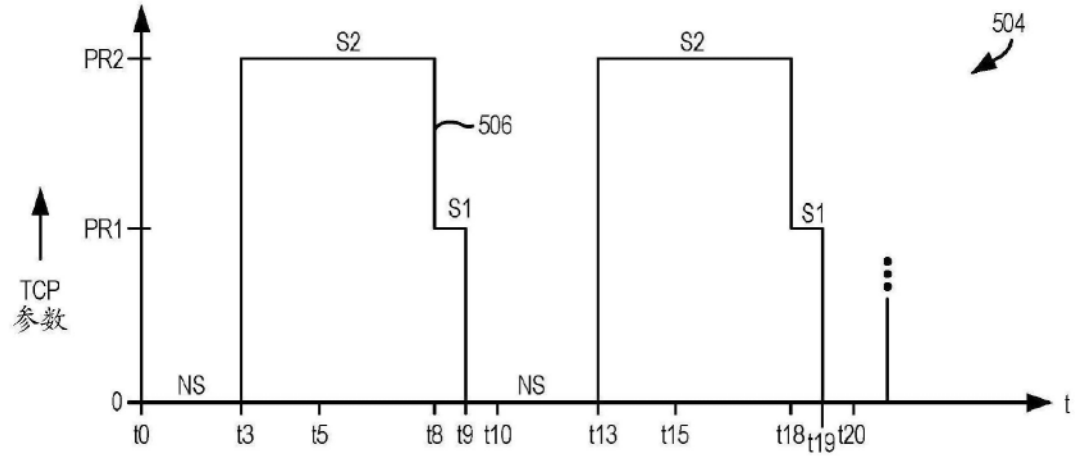

504
PR2
S2
S2
506
S1
S1
PR1
TCP
参数
NS
NS
0
t
t0
t3
t5
t8
t9
t10
t13
t15
t18
t19
t20

图5B

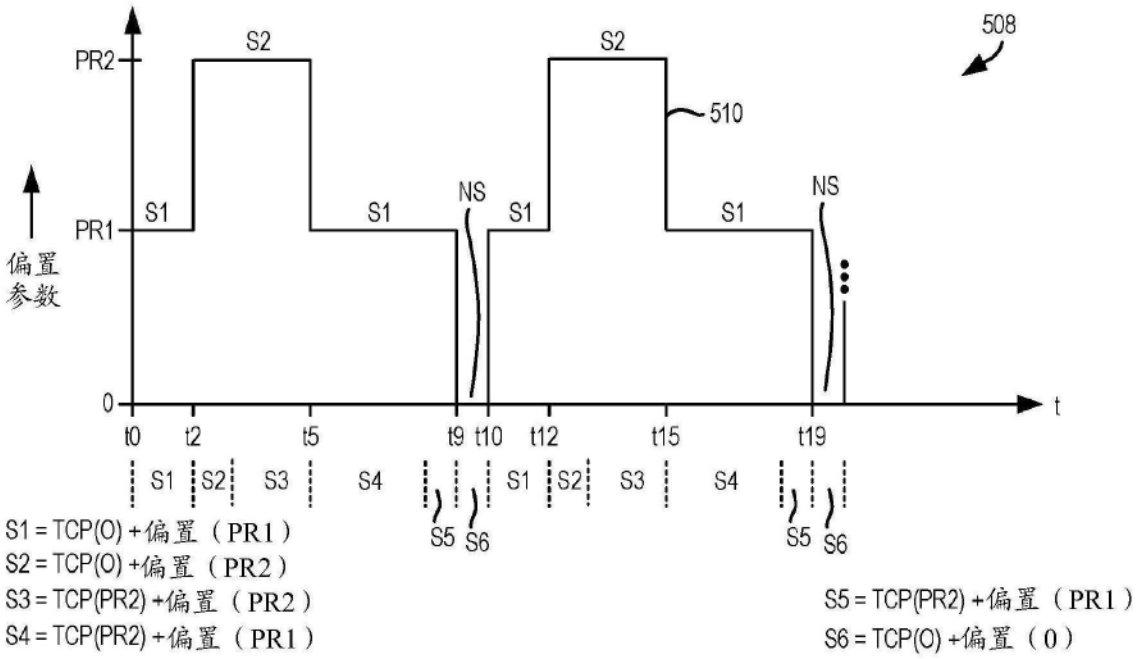

508
PR2
PR1
0
偏置参数
S1
S2
S3
S4
S5
S6
NS
510
t
t0
t2
t5
t9
t10
t12
t15
t19
S1 = TCP(O) +偏置（PR1）
S2 = TCP(O) +偏置（PR2）
S3 = TCP(PR2) +偏置（PR2）
S4 = TCP(PR2) +偏置（PR1）
S5 = TCP(PR2) +偏置（PR1）
S6 = TCP(O) +偏置（0）

图5C

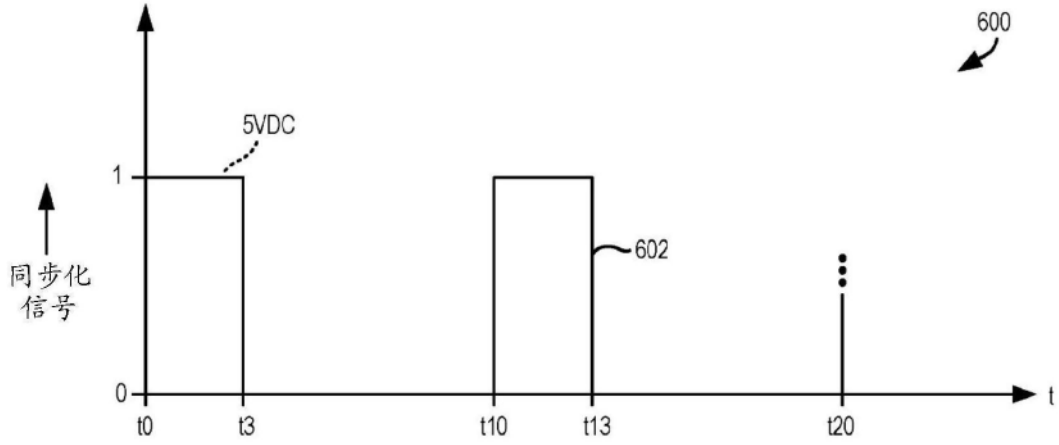

600
5VDC
1
0
同步化信号
602
t
t0
t3
t10
t13
t20

图6A

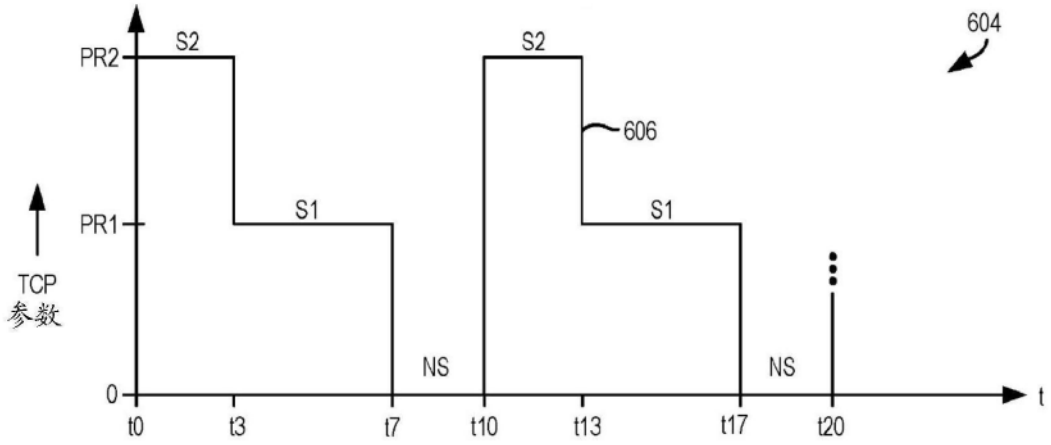

604
PR2
S2
S2
606
PR1
S1
S1
TCP
参数
NS
NS
0
t
t0
t3
t7
t10
t13
t17
t20

图6B

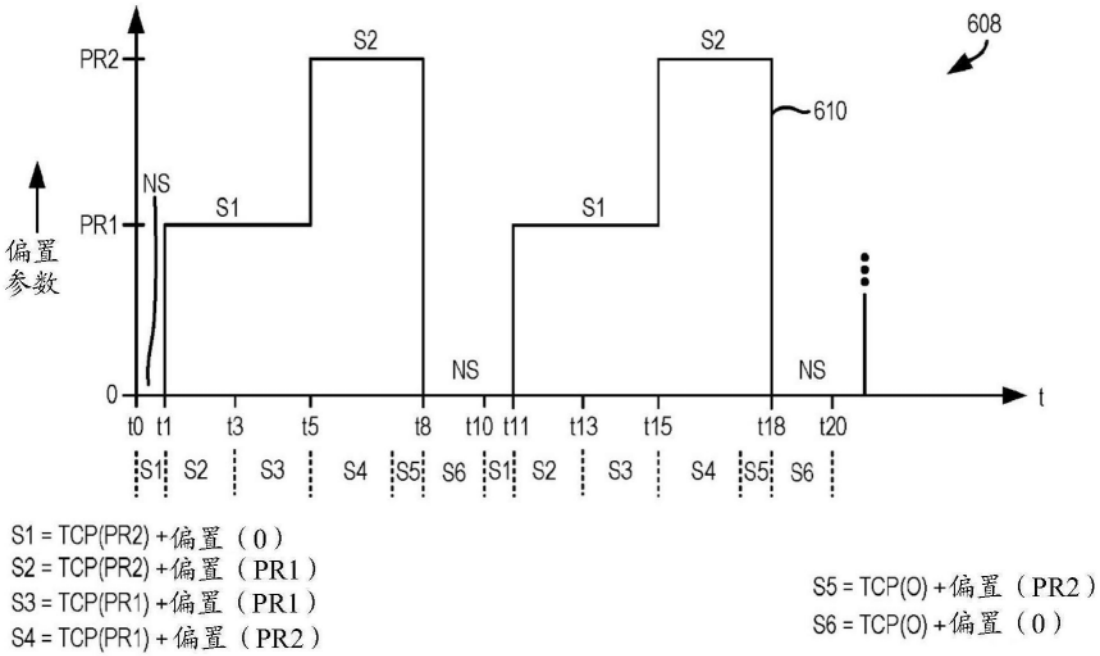

608
PR2
S2
S2
610
NS
S1
S1
PR1
偏置
参数
NS
NS
0
t
t0
t1
t3
t5
t8
t10
t11
t13
t15
t18
t20
S1
S2
S3
S4
S5
S6
S1
S2
S3
S4
S5
S6
S1 = TCP(PR2) +偏置（0）
S2 = TCP(PR2) +偏置（PR1）
S3 = TCP(PR1) +偏置（PR1）
S4 = TCP(PR1) + 偏置（PR2）
S5 = TCP(O) +偏置（PR2）
S6 = TCP(O) +偏置（0）

图6C

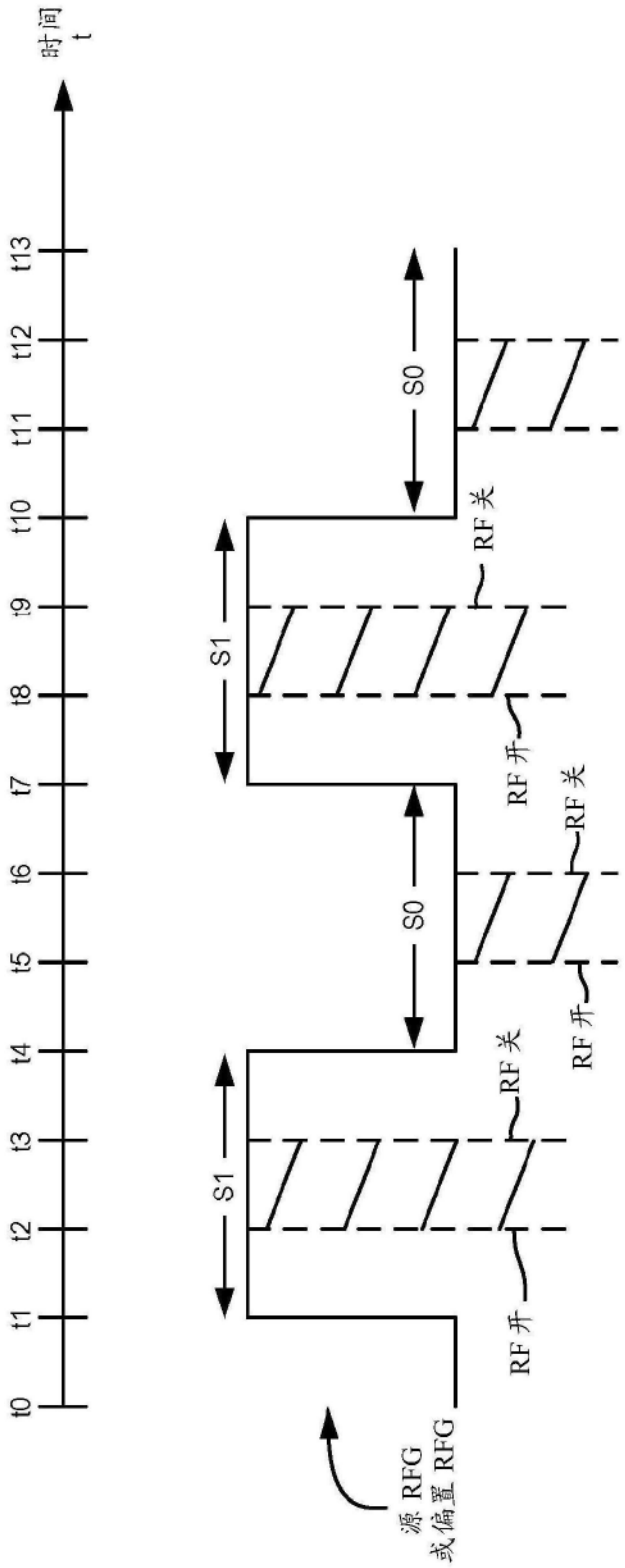

时间
t
t0
t1
t2
t3
t4
t5
t6
t7
t8
t9
t10
t11
t12
t13
S0
S1
S0
S1
RF 关
RF 开
RF 关
RF 开
RF 关
RF 开
源 RFG
或偏置 RFG

图6D

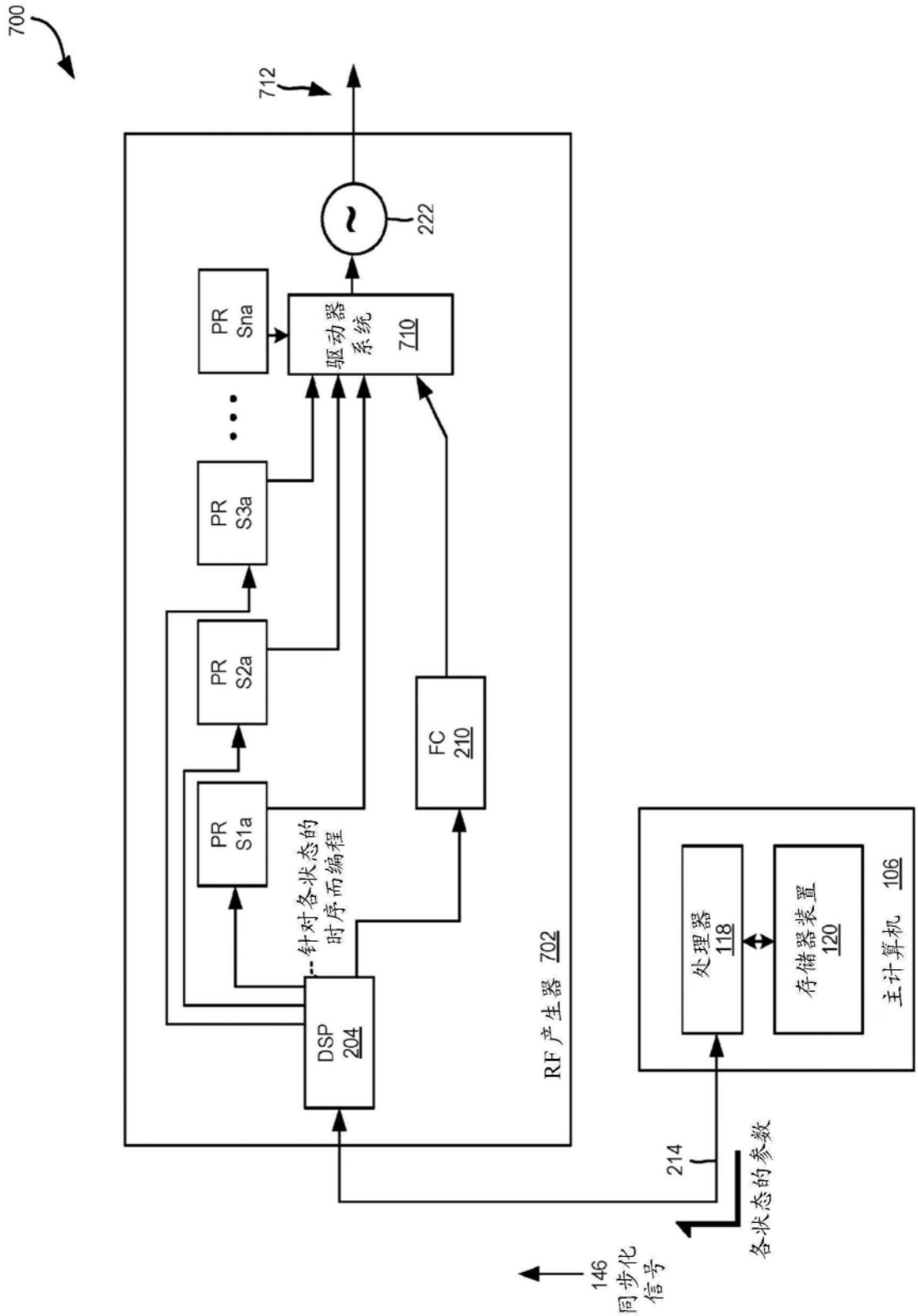

700
712
222
PR Sna
驱动器系统 710
PR S3a
PR S2a
PR S1a
FC 210
针对各状态的时序而编程
DSP 204
RF 产生器 702
处理器 118
存储器装置 120
主计算机 106
214
各状态的参数
146
同步化信号

图7

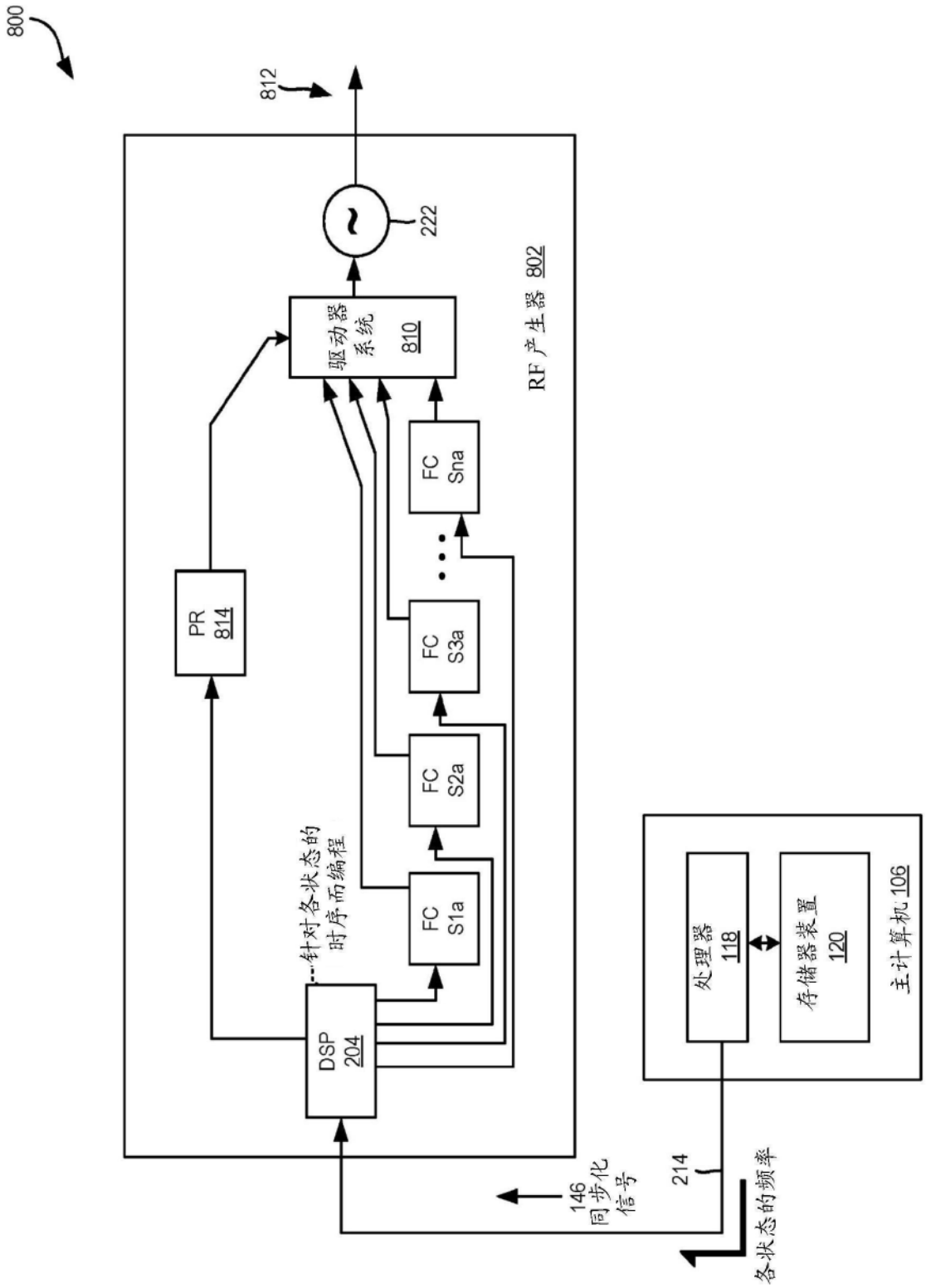

800
812
222
RF 产生器 802
驱动器系统 810
FC Sna
FC S3a
FC S2a
FC S1a
PR 814
DSP 204
针对各状态的时序而编程
处理器 118
存储器装置 120
主计算机 106
146 同步化信号
214
各状态的频率

图8

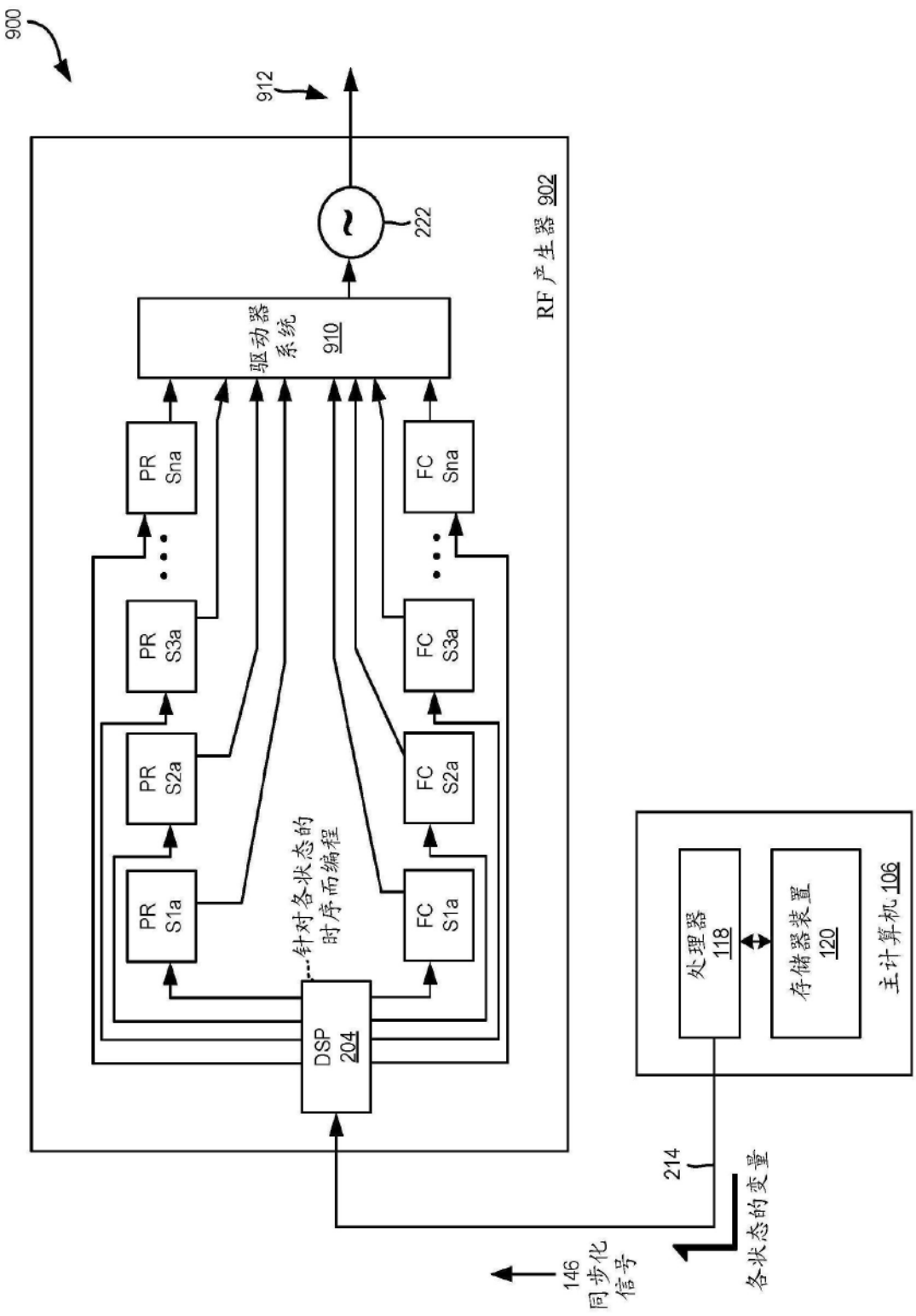

900
912
222
RF 产生器 902
驱动器系统 910
PR Sna
PR S3a
PR S2a
PR S1a
FC Sna
FC S3a
FC S2a
FC S1a
针对各状态的时序而编程
DSP 204
处理器 118
存储器装置 120
主计算机 106
214
各状态的变量
146
同步化信号

图9

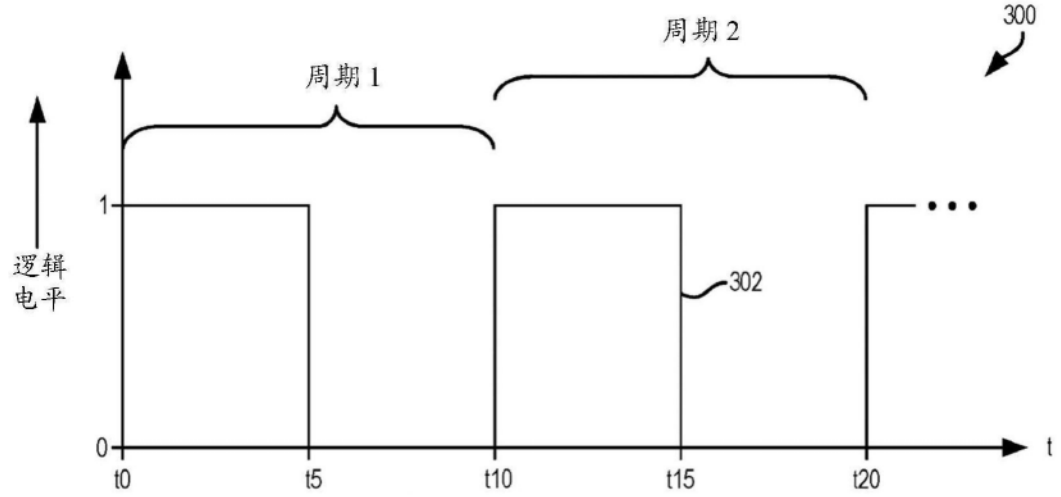

300
周期 2
周期 1
1
逻辑
电平
302
0
t
t0
t5
t10
t15
t20

图10A

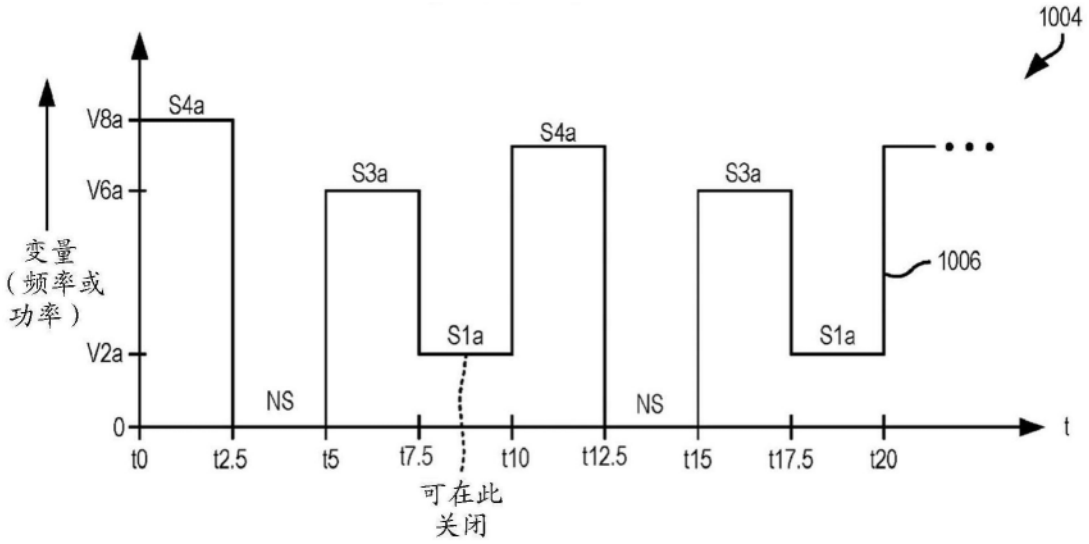

1004
V8a
S4a
V6a
S3a
S4a
S3a
变量
（频率或
功率）
1006
S1a
S1a
V2a
NS
NS
0
t
t0
t2.5
t5
t7.5
t10
t12.5
t15
t17.5
t20
可在此
关闭

图10B

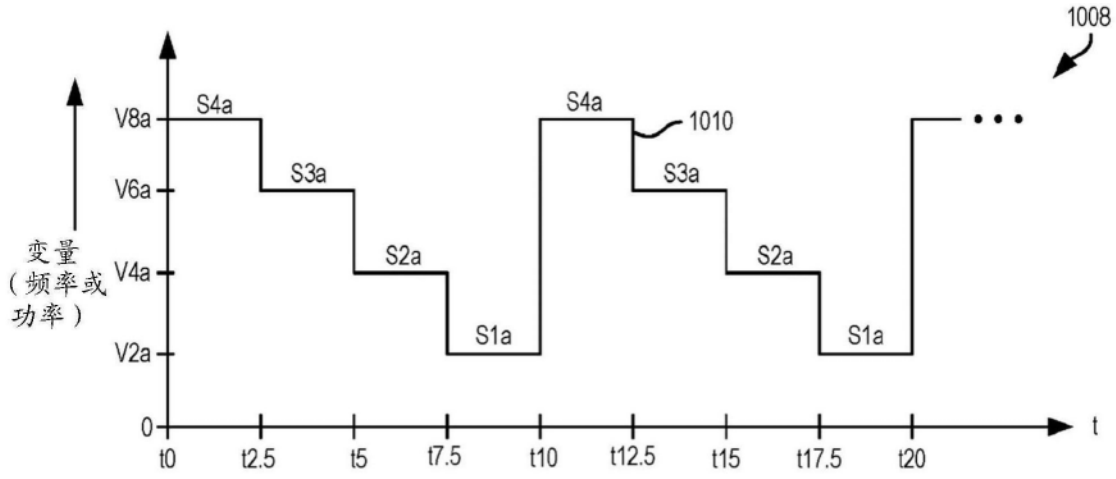


图10C

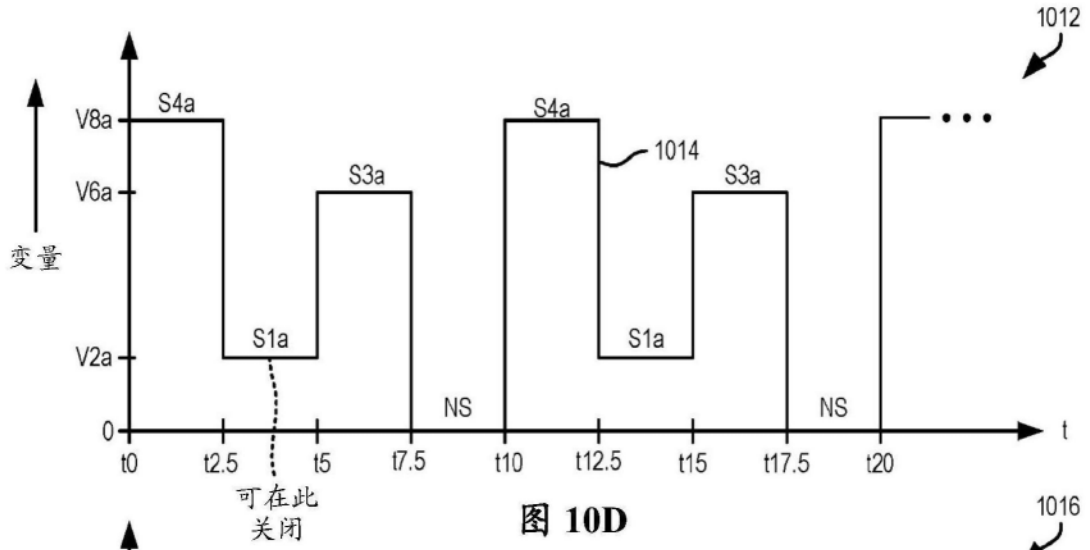


图 10D

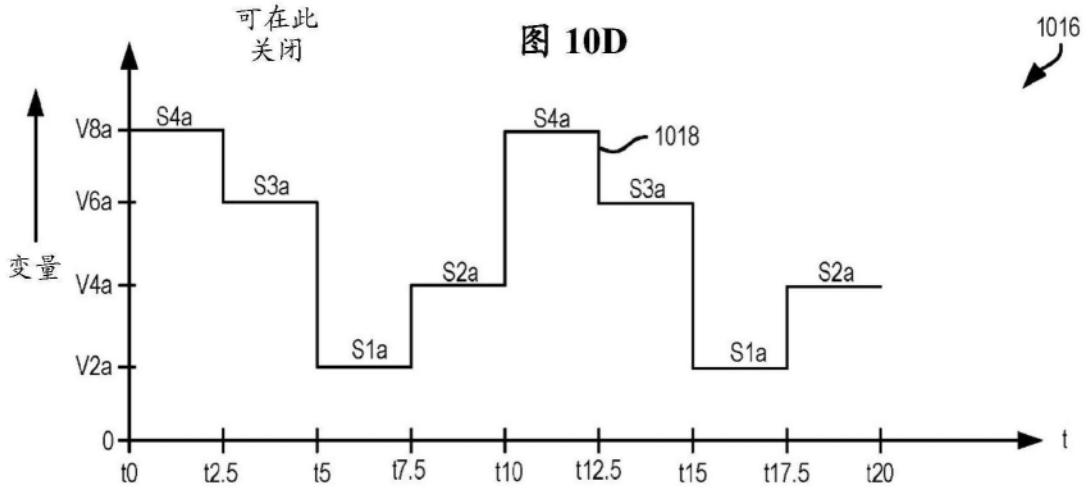


图 10E

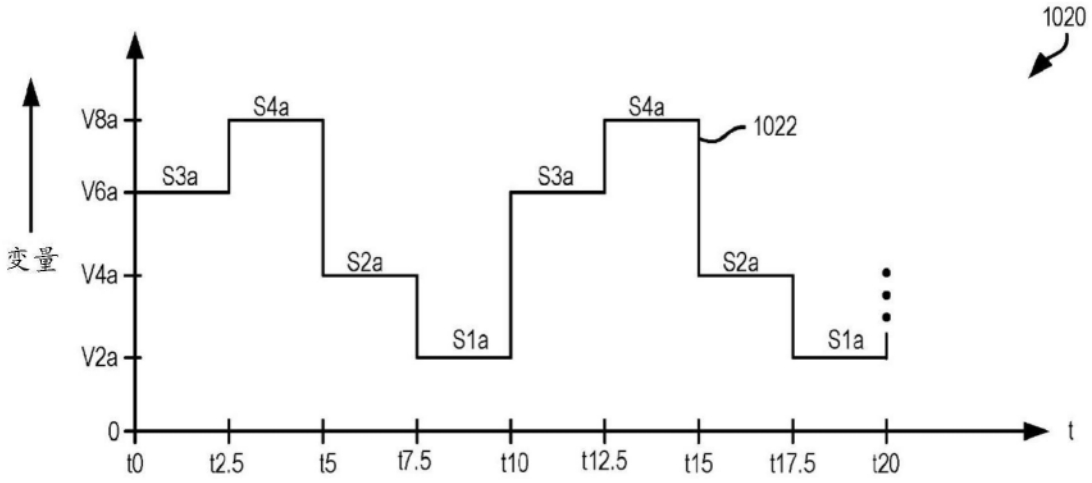


图10F

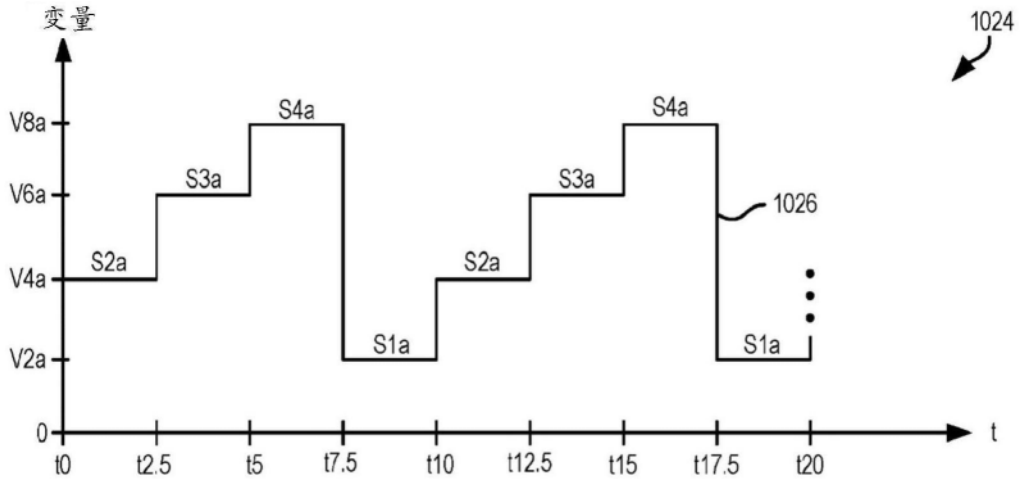


图10G

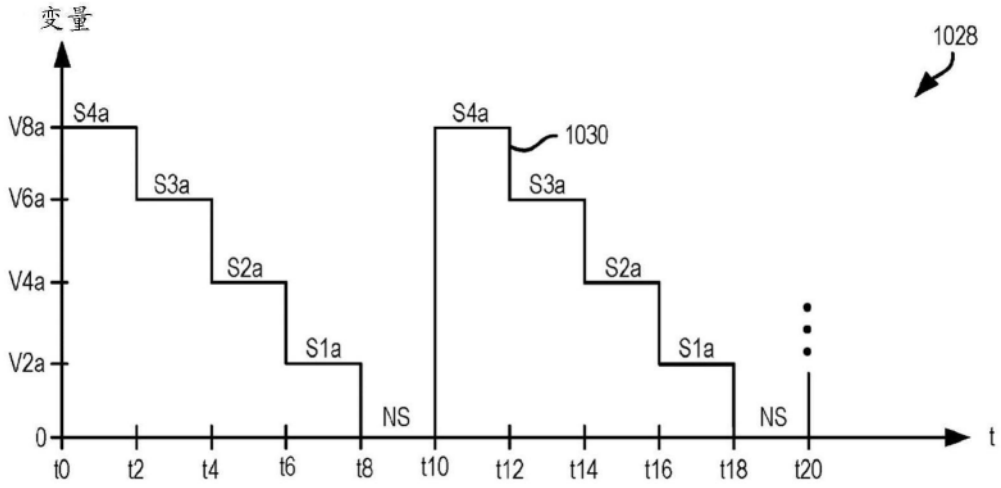


图10H

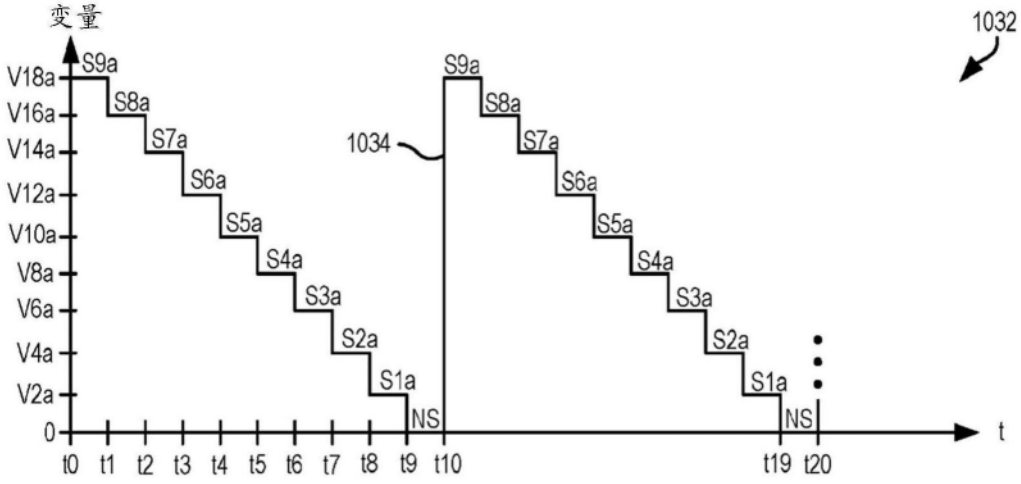

变量
1032
V18a
V16a
V14a
V12a
V10a
V8a
V6a
V4a
V2a
0
S9a
S8a
S7a
S6a
S5a
S4a
S3a
S2a
S1a
NS
1034
t
t0 t1 t2 t3 t4 t5 t6 t7 t8 t9 t10 t19 t20

图10I

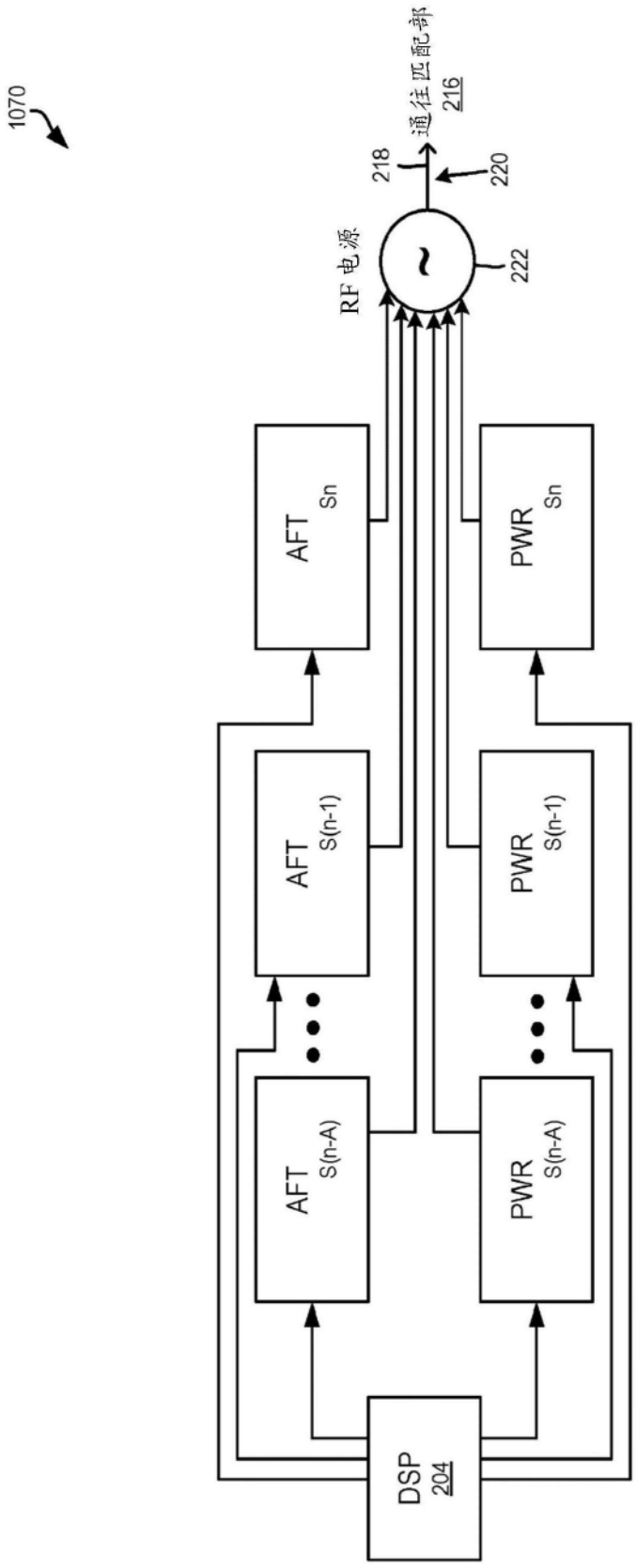

1070
通往匹配部
216
218
220
RF 电源
222
AFT Sn
PWR Sn
AFT S(n-1)
PWR S(n-1)
AFT S(n-A)
PWR S(n-A)
DSP
204

图10J

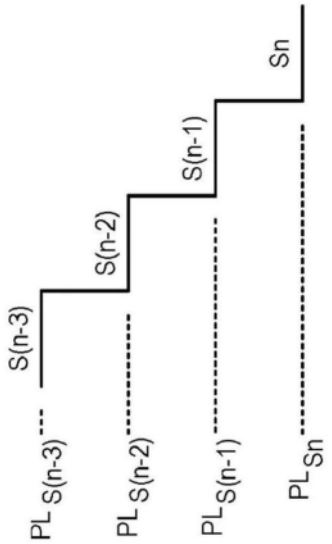

S(n-3)
S(n-2)
S(n-1)
Sn
PL S(n-3)
PL S(n-2)
PL S(n-1)
PL Sn

图10K

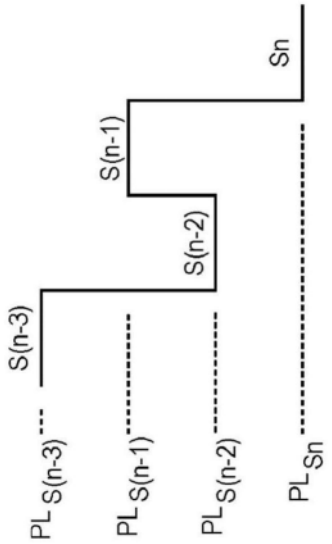

S(n-3)
S(n-2)
S(n-1)
Sn
PL S(n-3)
PL S(n-1)
PL S(n-2)
PL Sn

图10L

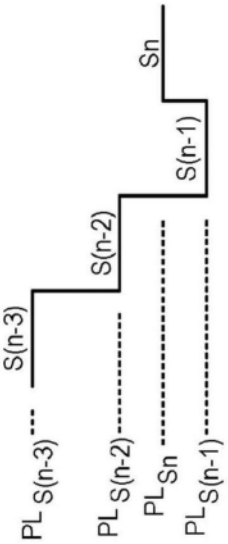

Sn
S(n-1)
S(n-2)
S(n-3)
PL S(n-3)
PL S(n-2)
PL Sn
PL S(n-1)

图10M

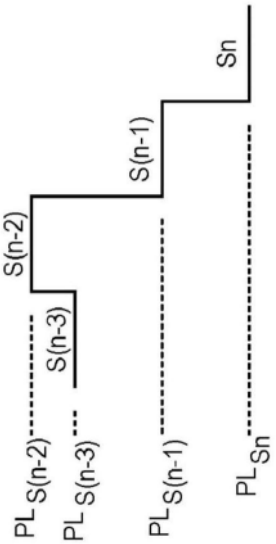

Sn
S(n-1)
S(n-2)
S(n-3)
PL S(n-2)
PL S(n-3)
PL S(n-1)
PL Sn

图10N

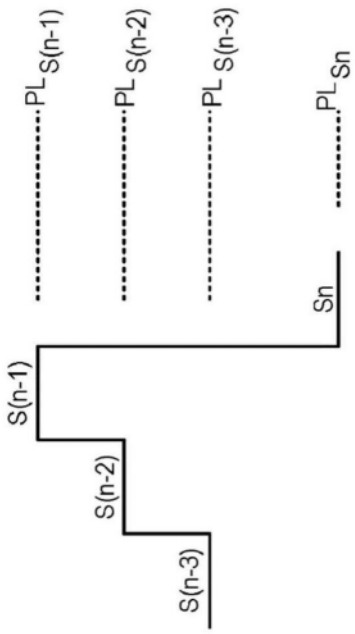

PL S(n-1)
PL S(n-2)
PL S(n-3)
PL Sn
Sn
S(n-1)
S(n-2)
S(n-3)

图100

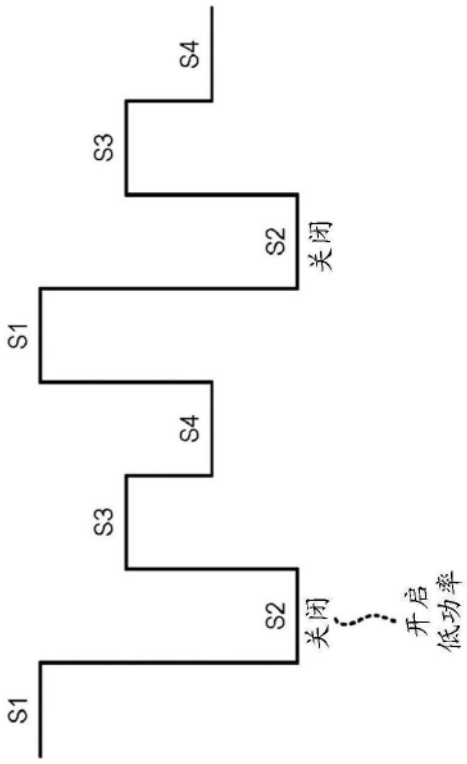

S4
S3
S2
关闭
S1
S4
S3
S2
关闭
开启
低功率
S1

图10P

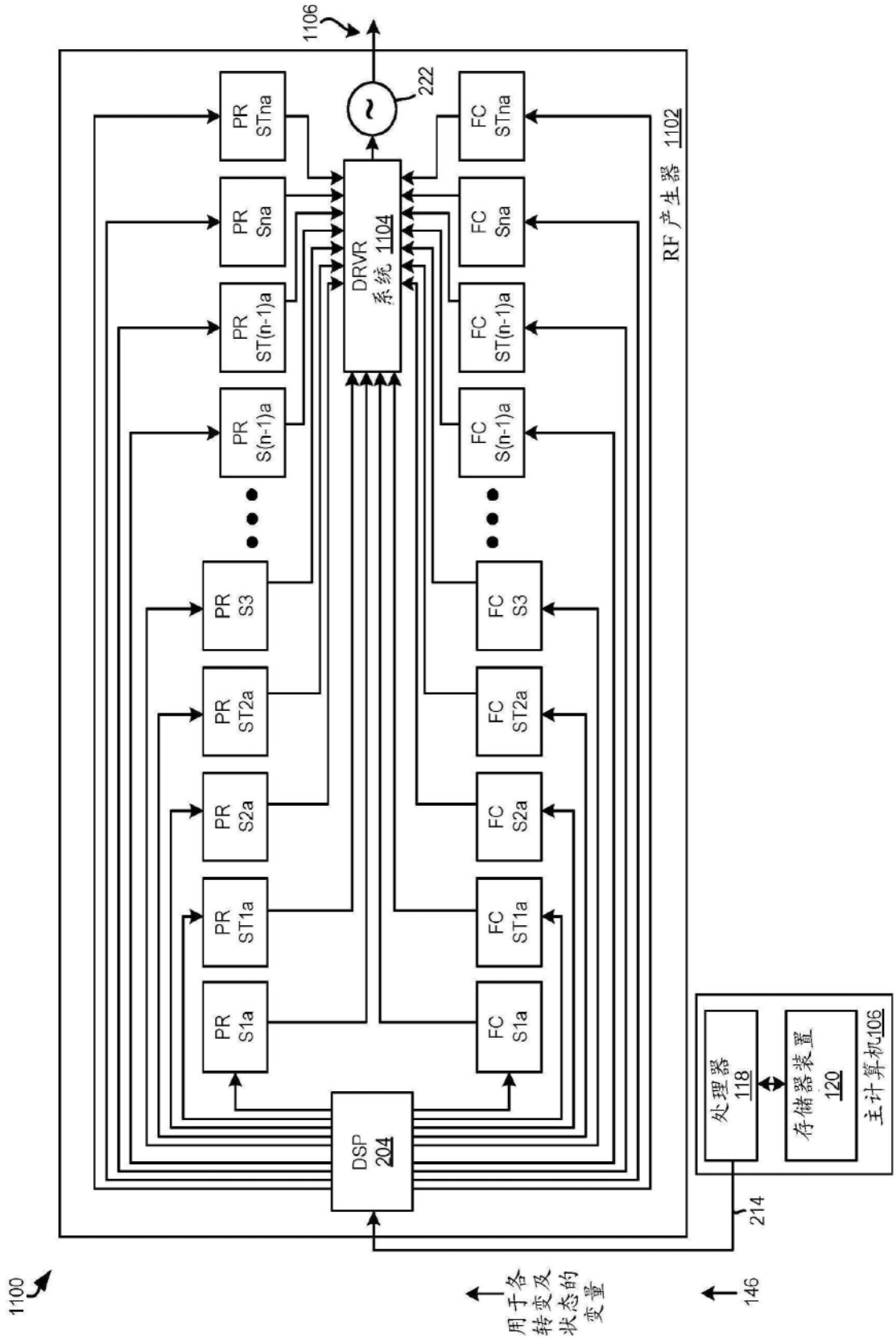

1106
222
RF 产生器 1102
DRVR 系统 1104
PR STna
PR Sna
PR ST(n-1)a
PR S(n-1)a
PR S3
PR ST2a
PR S2a
PR ST1a
PR S1a
FC STna
FC Sna
FC ST(n-1)a
FC S(n-1)a
FC S3
FC ST2a
FC S2a
FC ST1a
FC S1a
DSP 204
处理器 118
存储器装置 120
主计算机106
214
146
用于各转变及状态的变量
1100

图11A

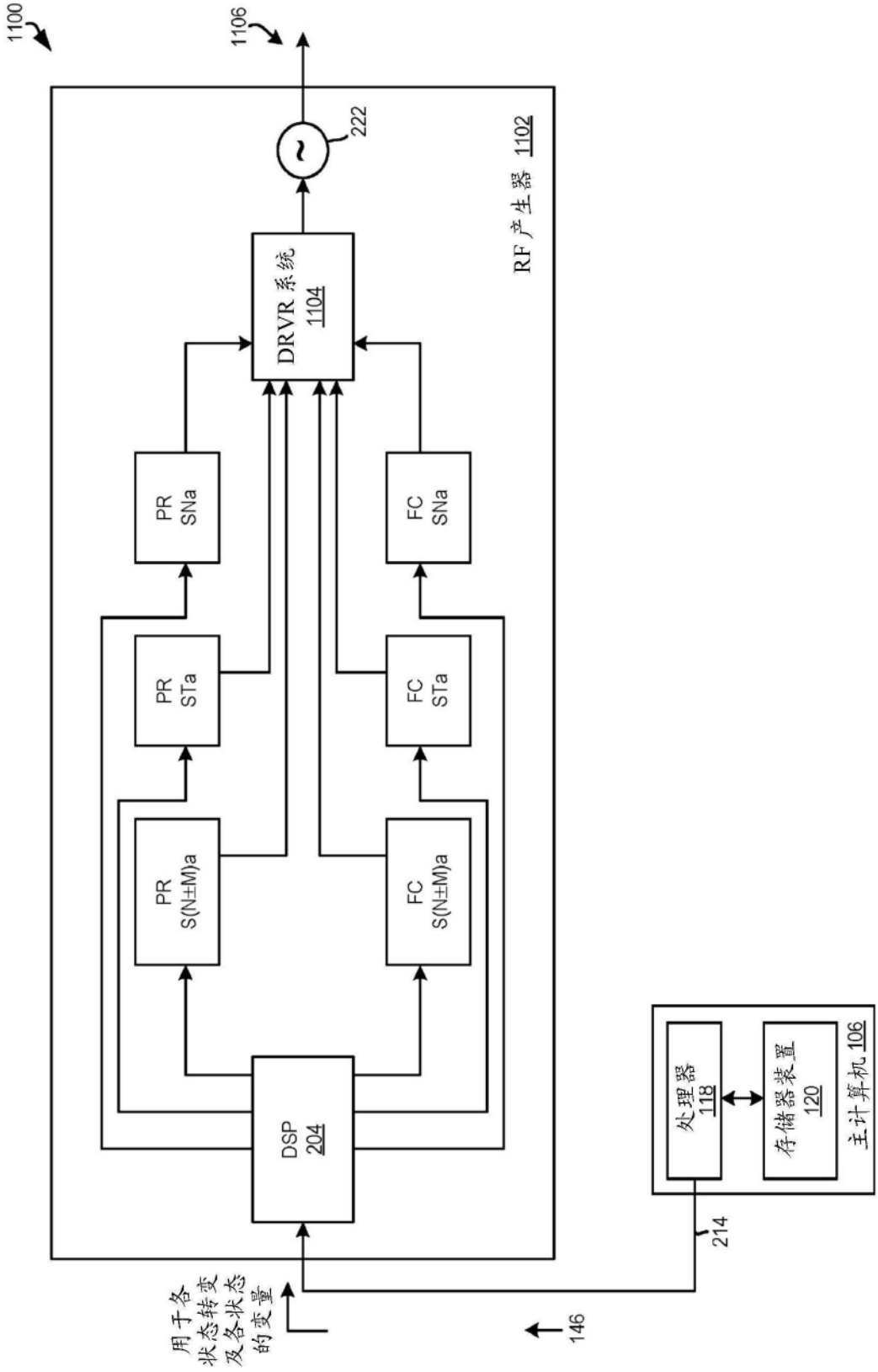

1100
1106
222
RF 产生器 1102
DRVR 系统 1104
PR SNa
FC SNa
PR STa
FC STa
PR S(N±M)a
FC S(N±M)a
DSP 204
处理器 118
存储器装置 120
主计算机 106
214
146
用于各状态转变及各状态的变量

图11B

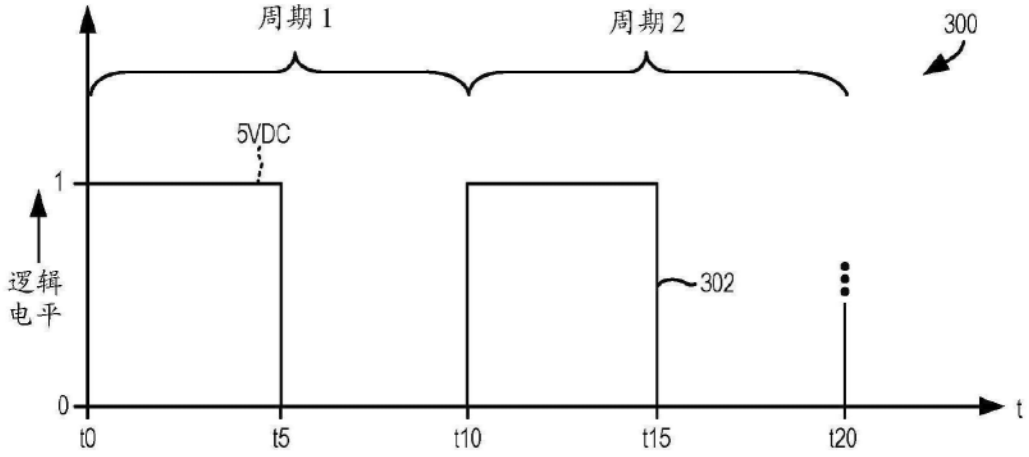

周期 1
周期 2
300
5VDC
1
逻辑
电平
302
0
t
t0
t5
t10
t15
t20

图12A

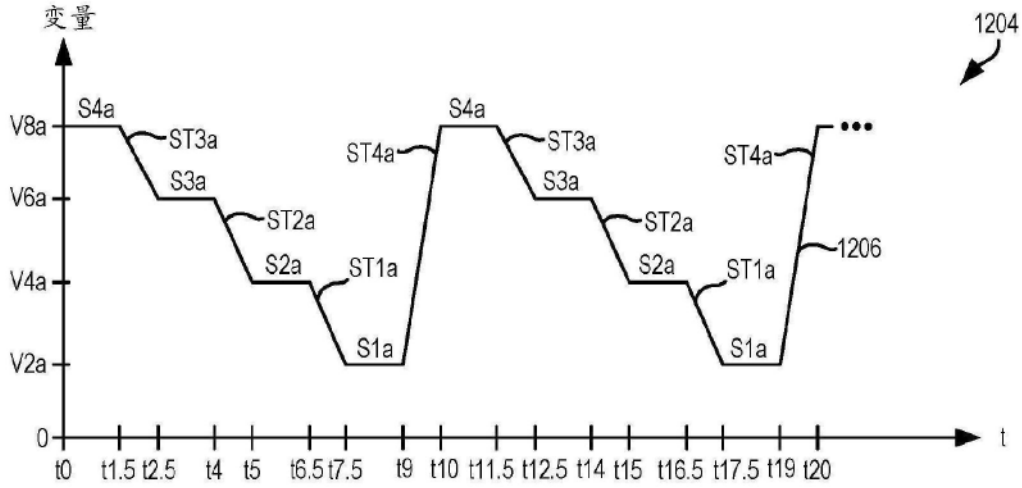

变量
1204
V8a
V6a
V4a
V2a
0
S4a
ST3a
S3a
ST2a
S2a
ST1a
S1a
ST4a
1206
t
t0
t1.5
t2.5
t4
t5
t6.5
t7.5
t9
t10
t11.5
t12.5
t14
t15
t16.5
t17.5
t19
t20

图12B

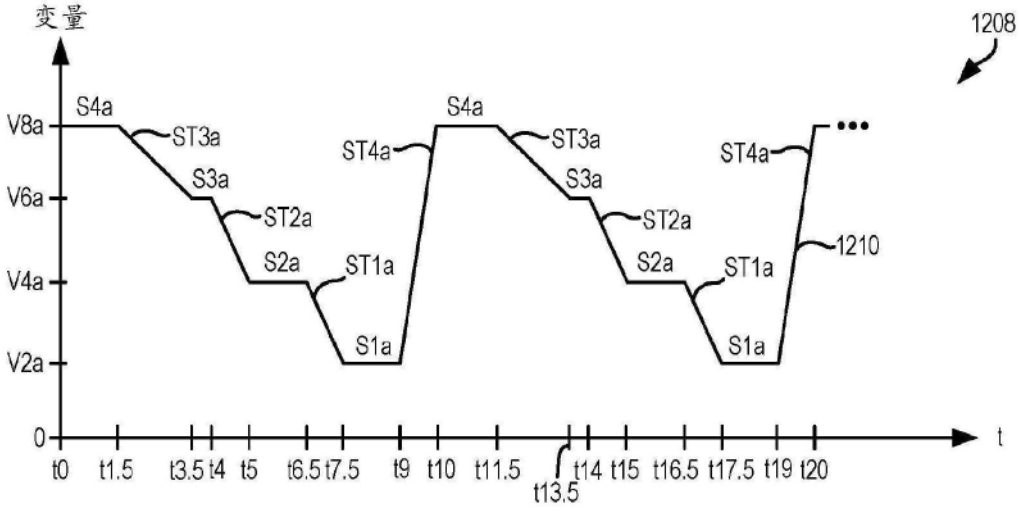

变量
1208
V8a
V6a
V4a
V2a
0
S4a
ST3a
S3a
ST2a
S2a
ST1a
S1a
ST4a
1210
t
t0
t1.5
t3.5
t4
t5
t6.5
t7.5
t9
t10
t11.5
t13.5
t14
t15
t16.5
t17.5
t19
t20

图12C

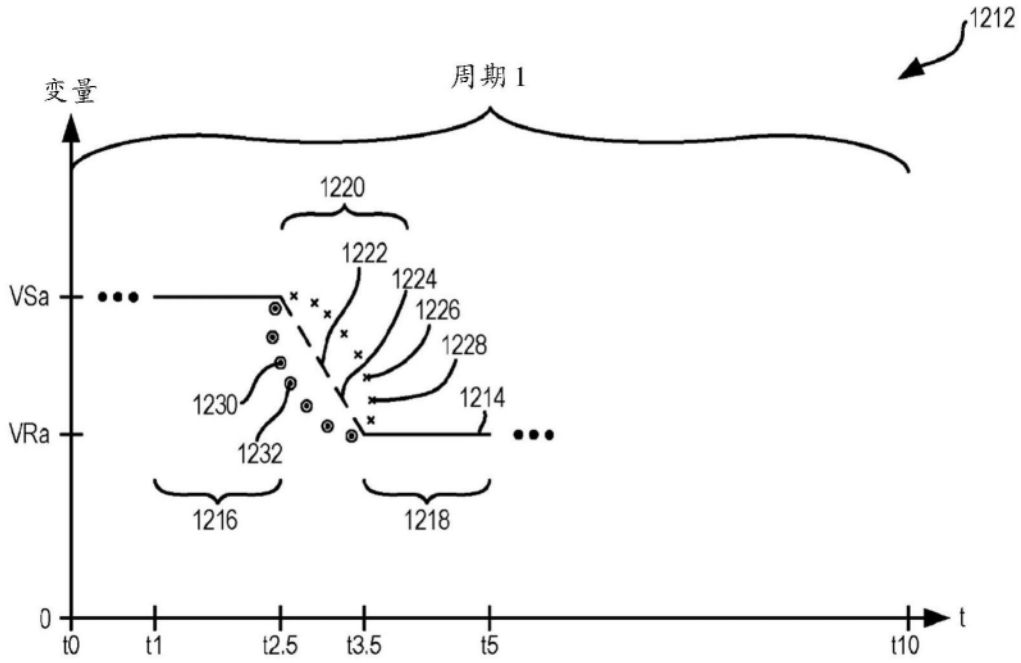

1212
变量
周期1
1220
1222
1224
1226
1228
1214
VSa
VRa
1230
1232
1216
1218
0
t
t0
t1
t2.5
t3.5
t5
t10

图12D

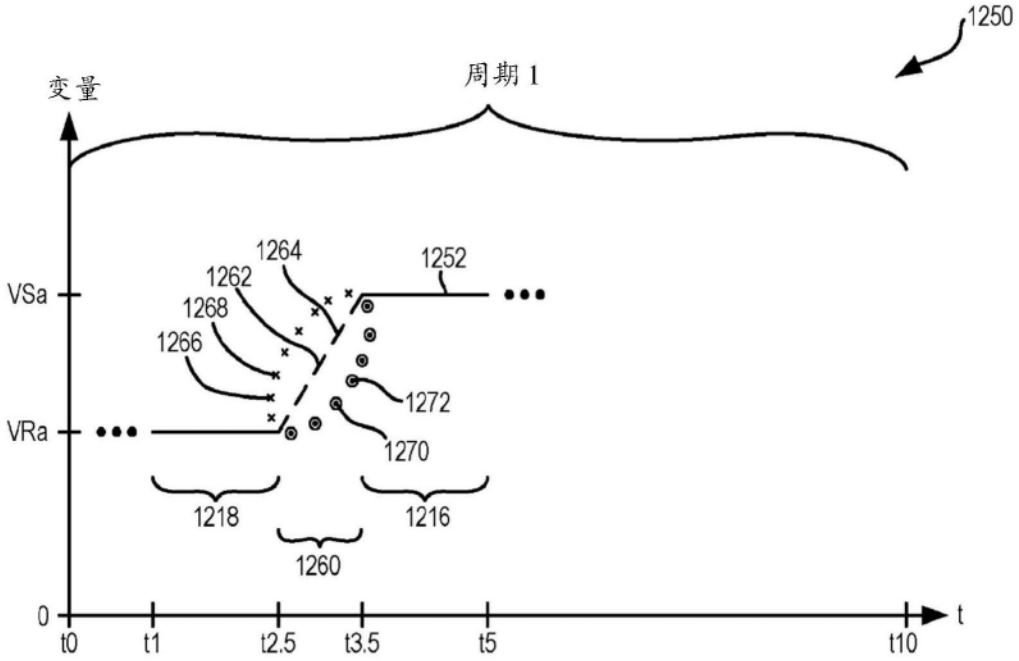

1250
变量
周期 1
VSa
VRa
0
1264
1262
1268
1266
1252
1272
1270
1218
1216
1260
t0
t1
t2.5
t3.5
t5
t10
t

图12E

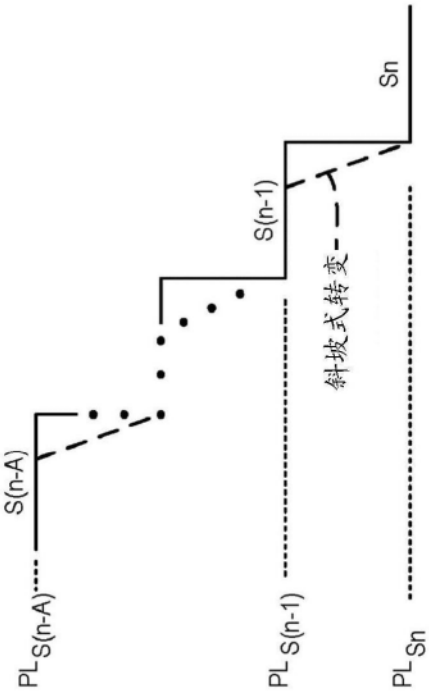

Sn
S(n-1)
斜坡式转变
S(n-A)
PL S(n-A)
PL S(n-1)
PL Sn

图12F

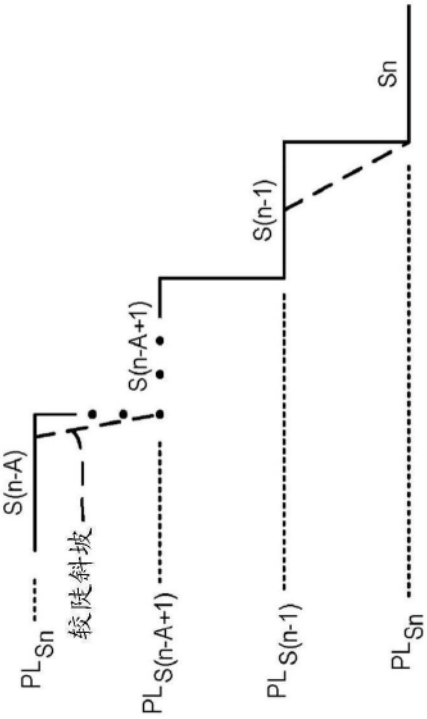

Sn
S(n-1)
S(n-A+1)
S(n-A)
较陡斜坡
PLSn
PLS(n-A+1)
PLS(n-1)
PLSn

图12G

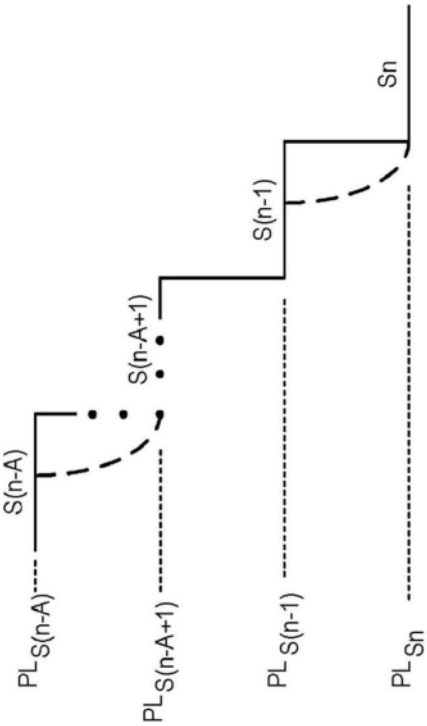

Sn
S(n-1)
S(n-A+1)
S(n-A)
PLS(n-A)
PLS(n-A+1)
PLS(n-1)
PLSn

图12H

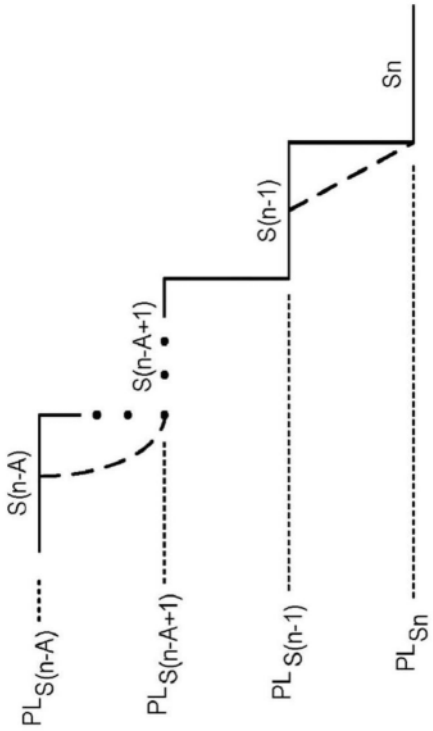


图12I

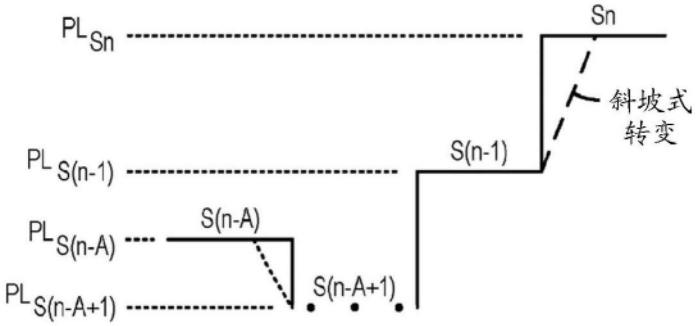


图12J

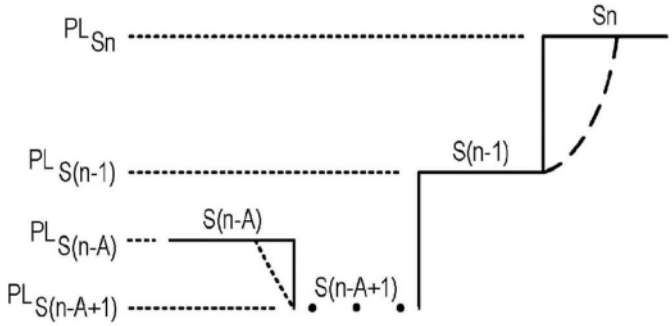


图12K

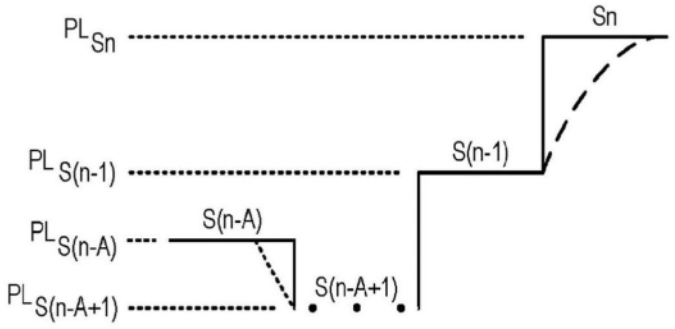


图12L

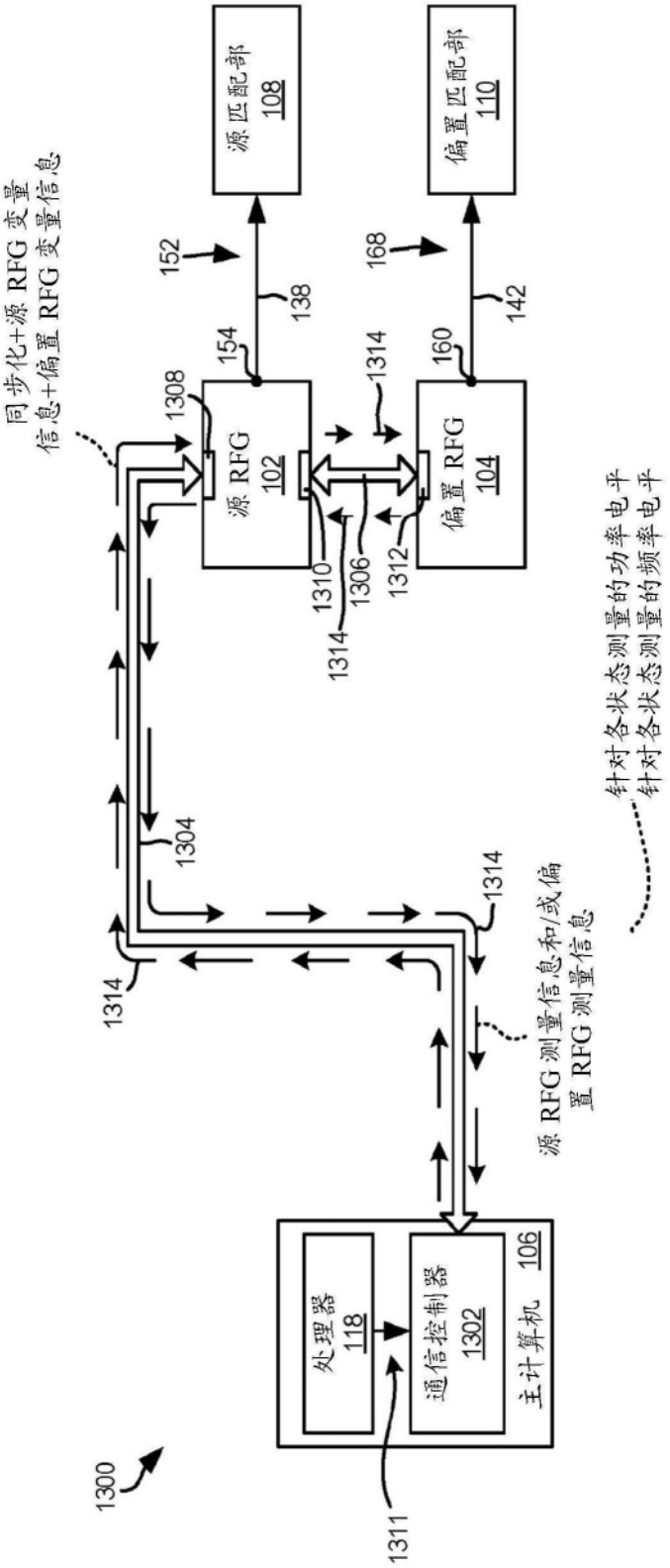

源匹配部 108
偏置匹配部 110
同步化+源 RFG 变量信息+偏置 RFG 变量信息
152
138
168
142
154
1314
160
1308
源 RFG 102
偏置 RFG 104
1310
1306
1312
1314
1304
1314
1314
针对各状态测量的功率电平
针对各状态测量的频率电平
源 RFG 测量信息和/或偏置 RFG 测量信息
处理器 118
通信控制器 1302
主计算机 106
1300
1311

图13A

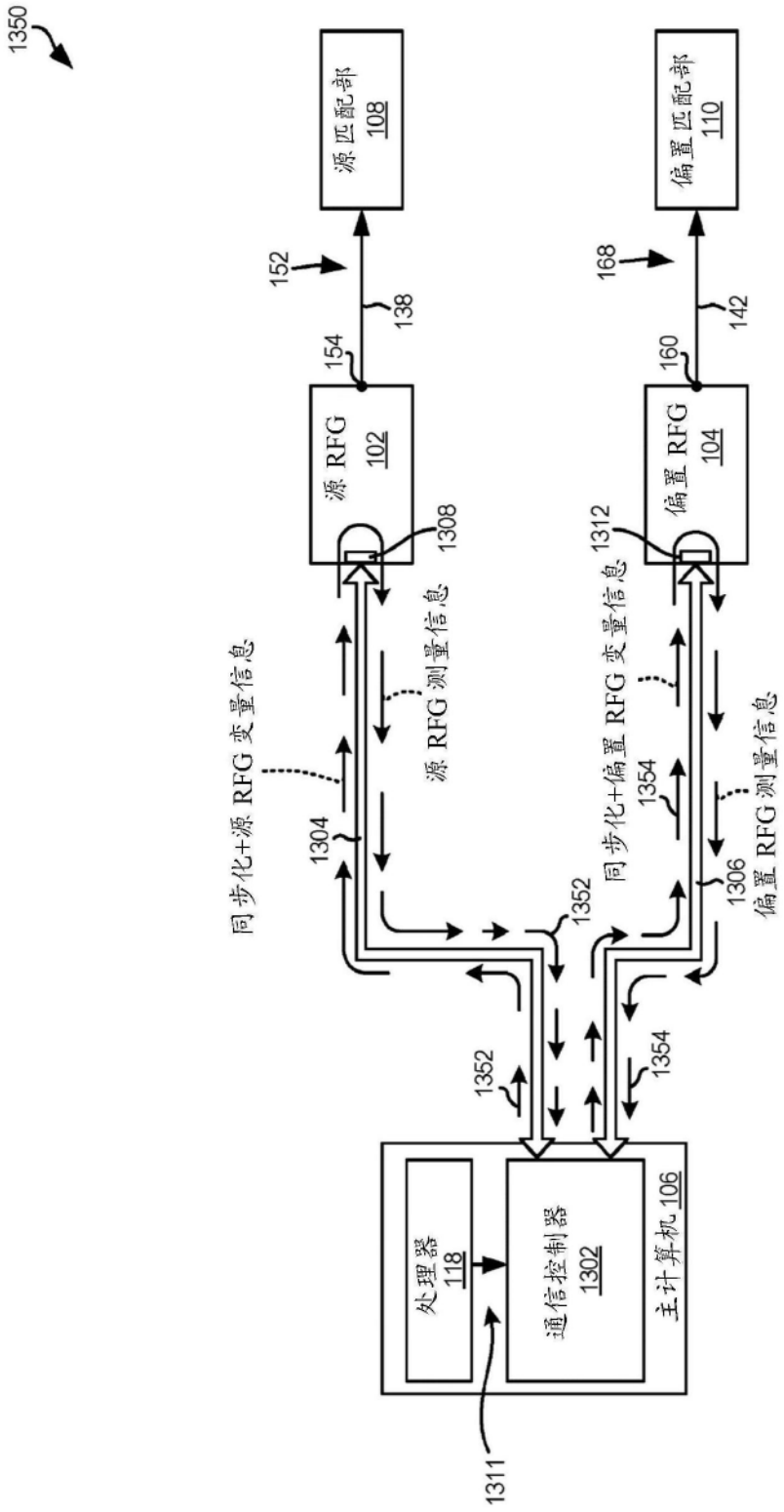

1350
源匹配部 108
偏置匹配部 110
152
168
138
142
154
160
源 RFG 102
偏置 RFG 104
1308
1312
同步化+源 RFG 变量信息
源 RFG 测量信息
同步化+偏置 RFG 变量信息
偏置 RFG 测量信息
1304
1354
1306
1352
1352
1354
处理器 118
通信控制器 1302
主计算机 106
1311

图13B

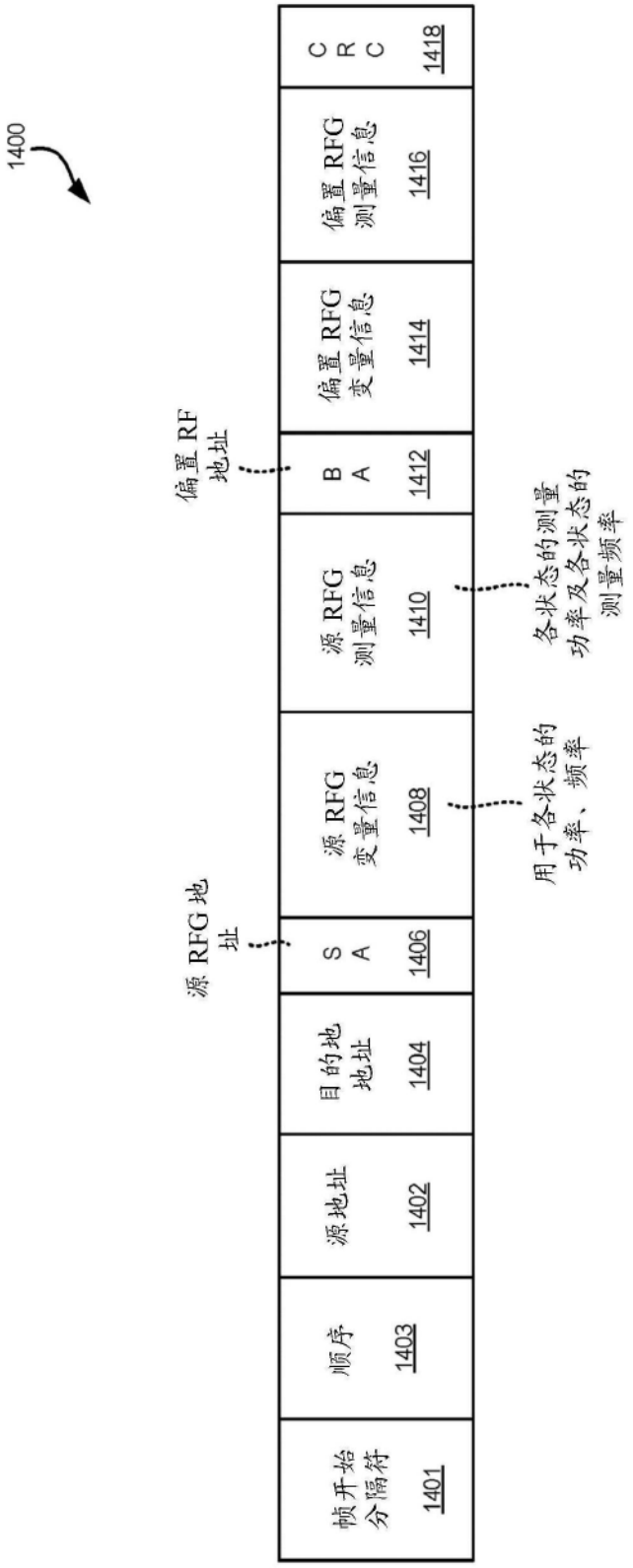

1400
帧开始分隔符 1401
顺序 1403
源地址 1402
目的地地址 1404
S A 1406
源 RFG 变量信息 1408
源 RFG 测量信息 1410
B A 1412
偏置 RFG 变量信息 1414
偏置 RFG 测量信息 1416
C R C 1418
源 RFG 地址
偏置 RF 地址
用于各状态的功率、频率
各状态的测量功率及各状态的测量频率

图14

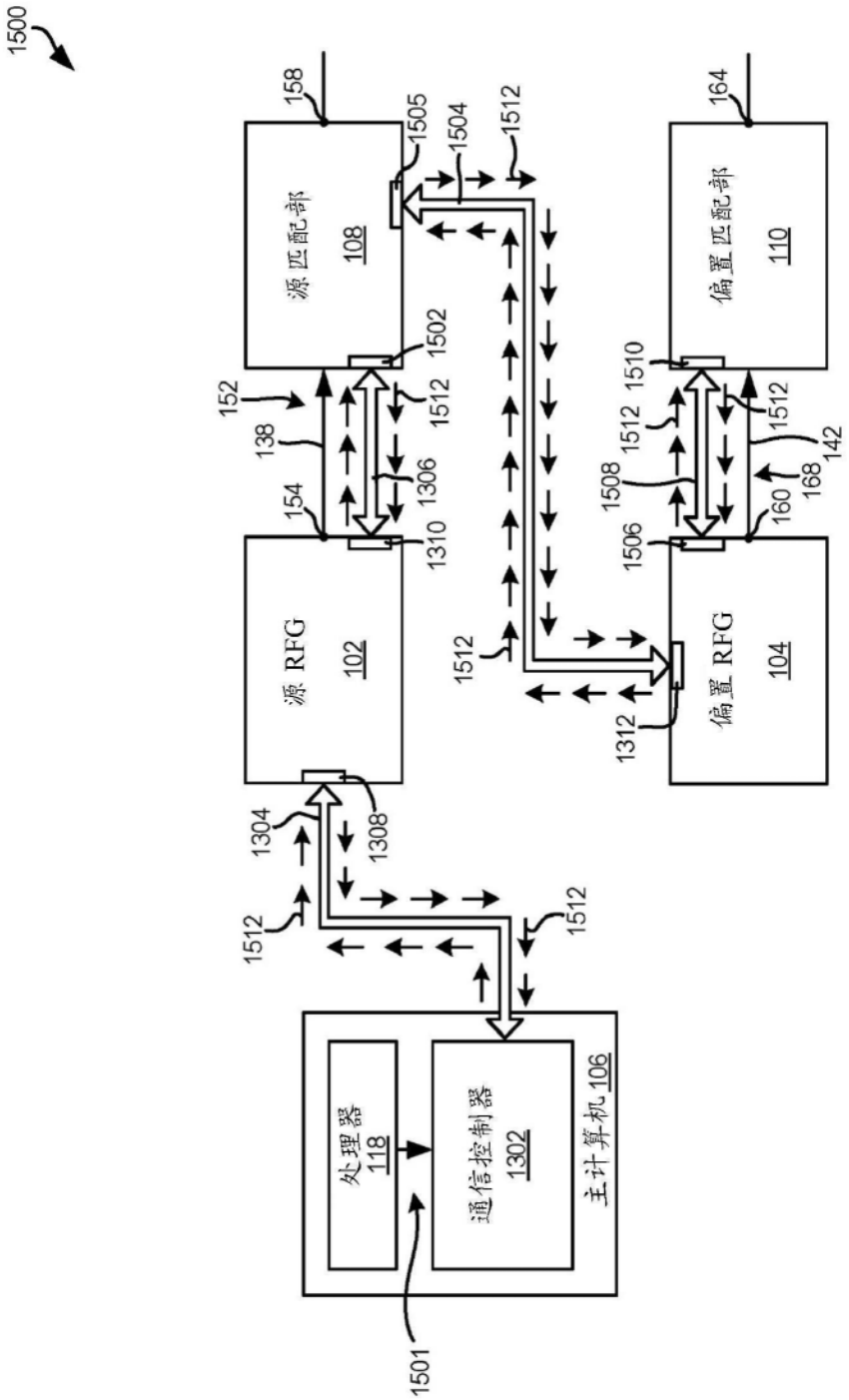

1500
158
1505
1504
1512
164
源匹配部
108
偏置匹配部
110
1502
1510
152
1512
1512
1512
138
1306
1508
142
168
154
1310
1506
160
源 RFG
102
偏置 RFG
104
1512
1312
1304
1308
1512
1512
处理器
118
通信控制器
1302
主计算机 106
1501

图15A

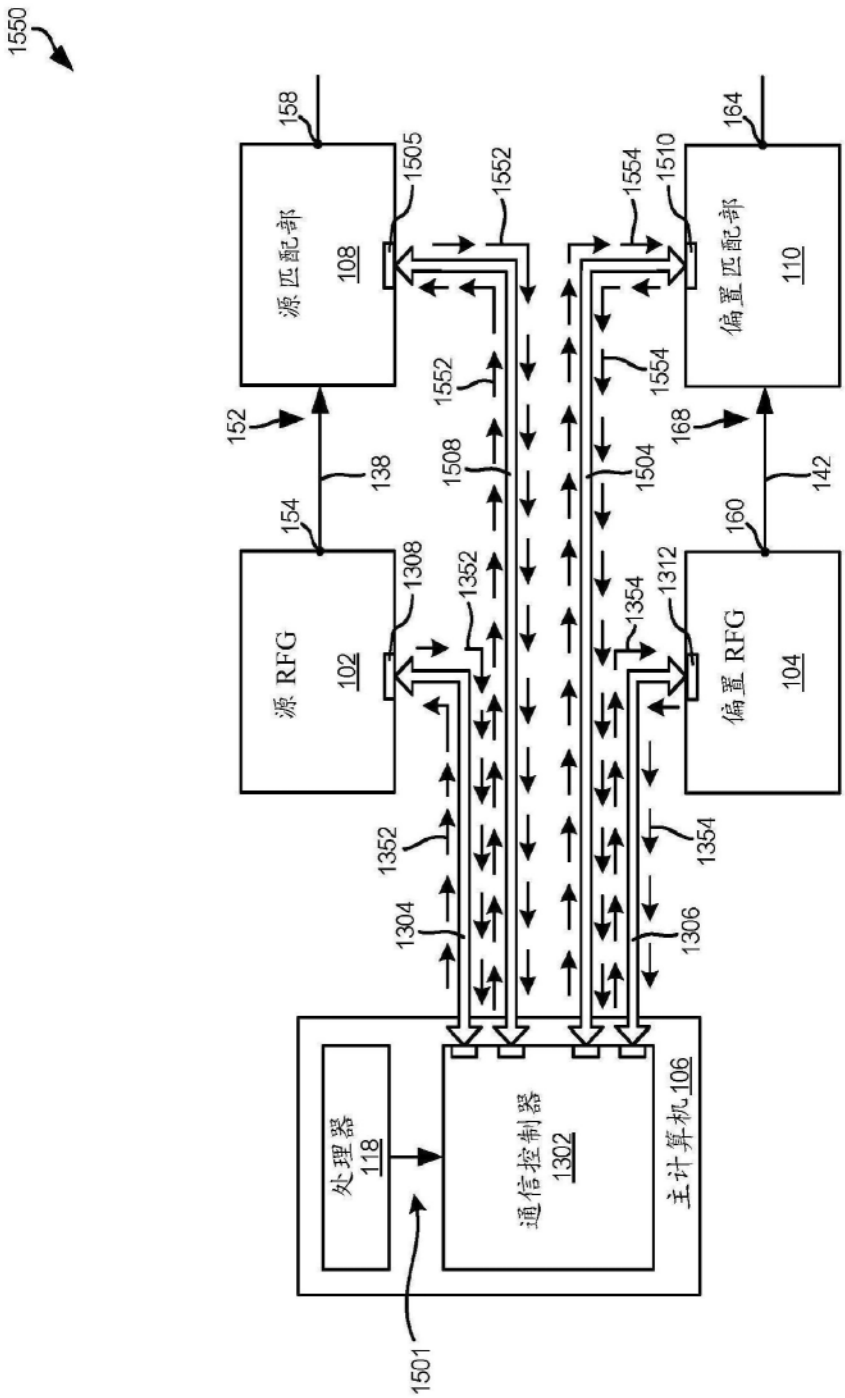

1550
158
源匹配部
108
1505
1552
1554
1510
164
偏置匹配部
110
152
138
1508
1504
168
142
154
源 RFG
102
1308
1352
1354
1312
160
偏置 RFG
104
1304
1306
处理器
118
通信控制器
1302
主计算机 106
1501

图15B

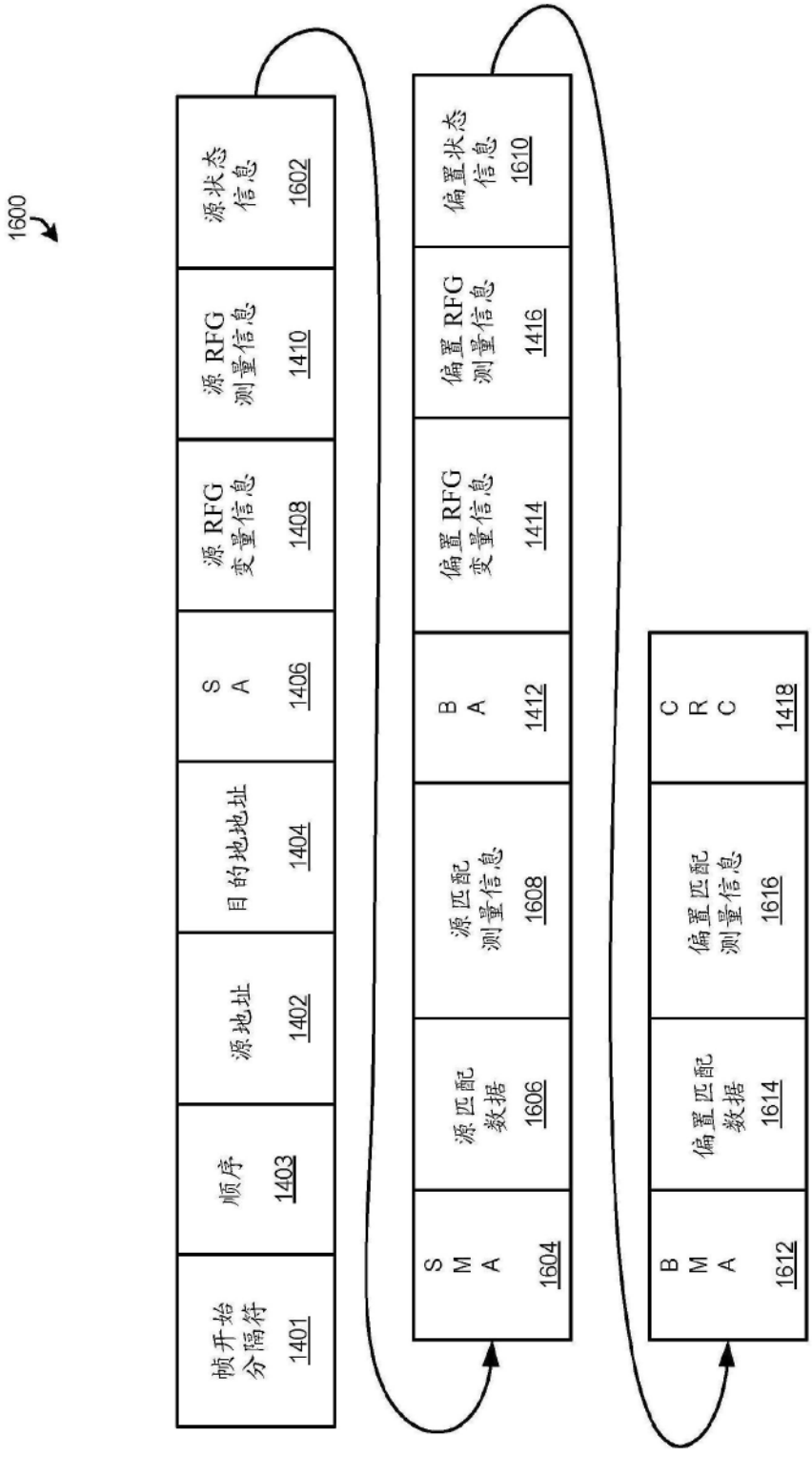

1600
帧开始分隔符 1401
顺序 1403
源地址 1402
目的地址 1404
SA 1406
源 RFG 变量信息 1408
源 RFG 测量信息 1410
源状态信息 1602
SMA 1604
源匹配数据 1606
源匹配测量信息 1608
BA 1412
偏置 RFG 变量信息 1414
偏置 RFG 测量信息 1416
偏置状态信息 1610
BMA 1612
偏置匹配数据 1614
偏置匹配测量信息 1616
CRC 1418

图16

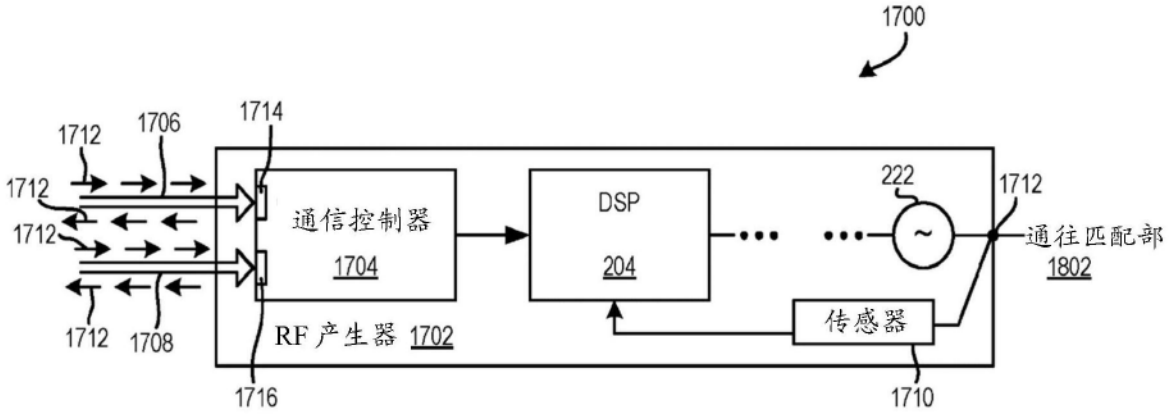

1700
1712
1706
1714
1712
1712
1712
1708
通信控制器
1704
DSP
204
222
1712
通往匹配部
1802
传感器
RF 产生器 1702
1716
1710

图17

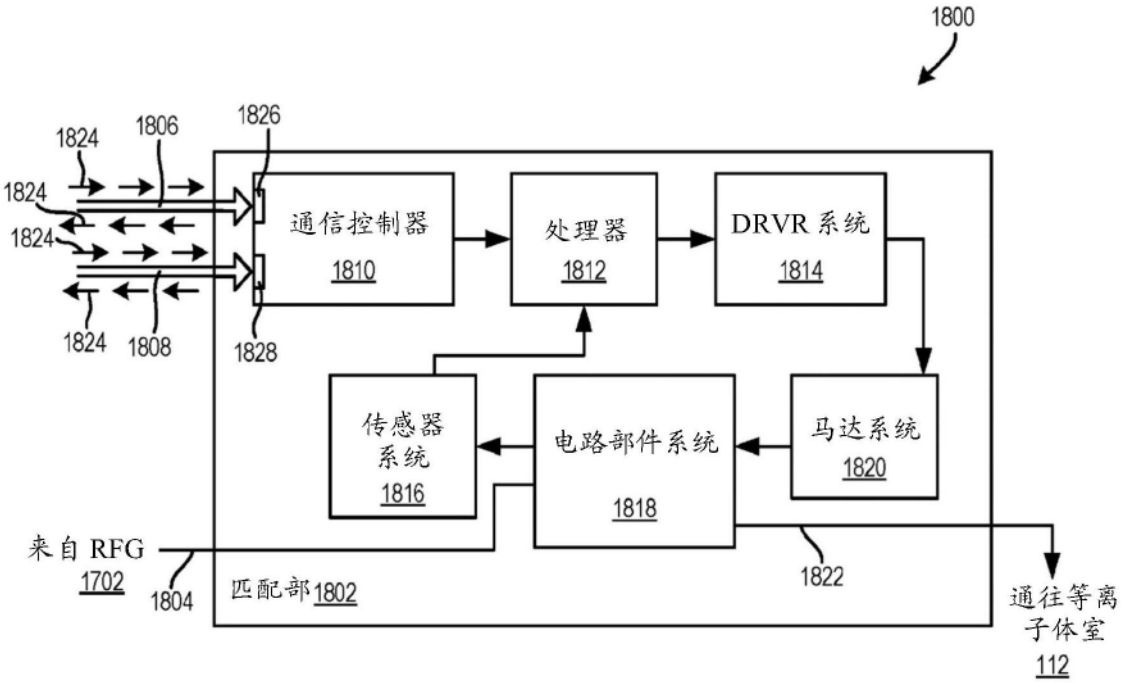

1800
1824
1806
1826
1824
1824
1824
1808
1828
通信控制器
1810
处理器
1812
DRVR 系统
1814
传感器
系统
1816
电路部件系统
1818
马达系统
1820
来自 RFG
1702
1804
匹配部1802
1822
通往等离
子体室
112

图18

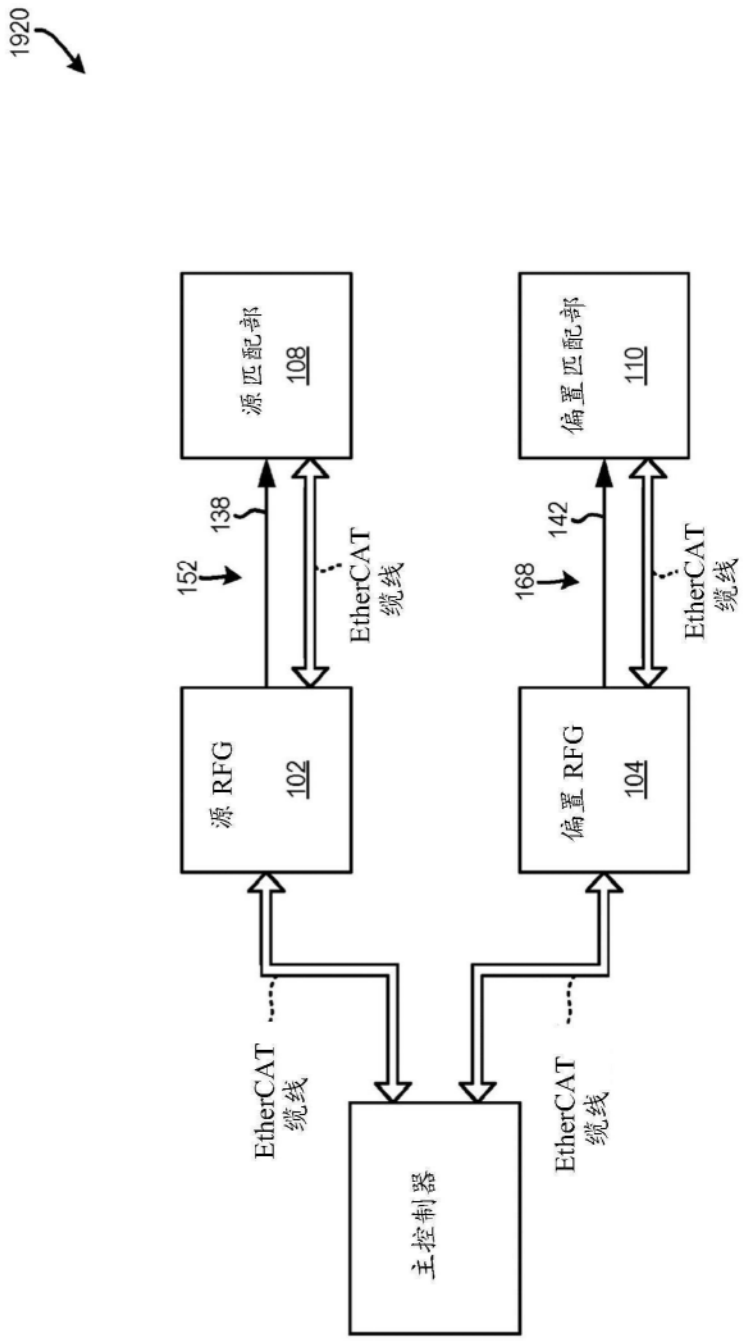

1920
源 匹配部
108
偏置 匹配部
110
138
142
152
168
EtherCAT
缆线
源 RFG
102
偏置 RFG
104
主控制器

图19A

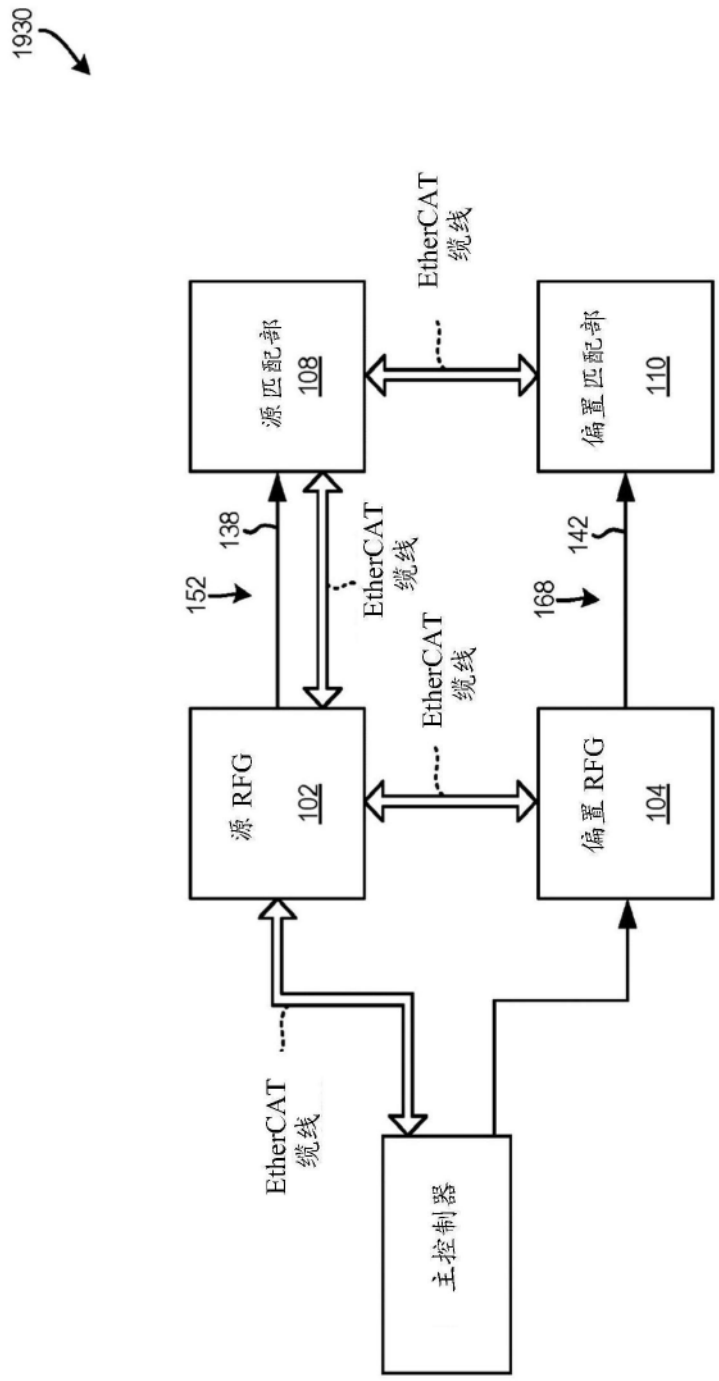

1930
EtherCAT 缆线
源 匹配部 108
偏置 匹配部 110
138
142
152
168
EtherCAT 缆线
EtherCAT 缆线
源 RFG 102
偏置 RFG 104
EtherCAT 缆线
主控制器

图19B

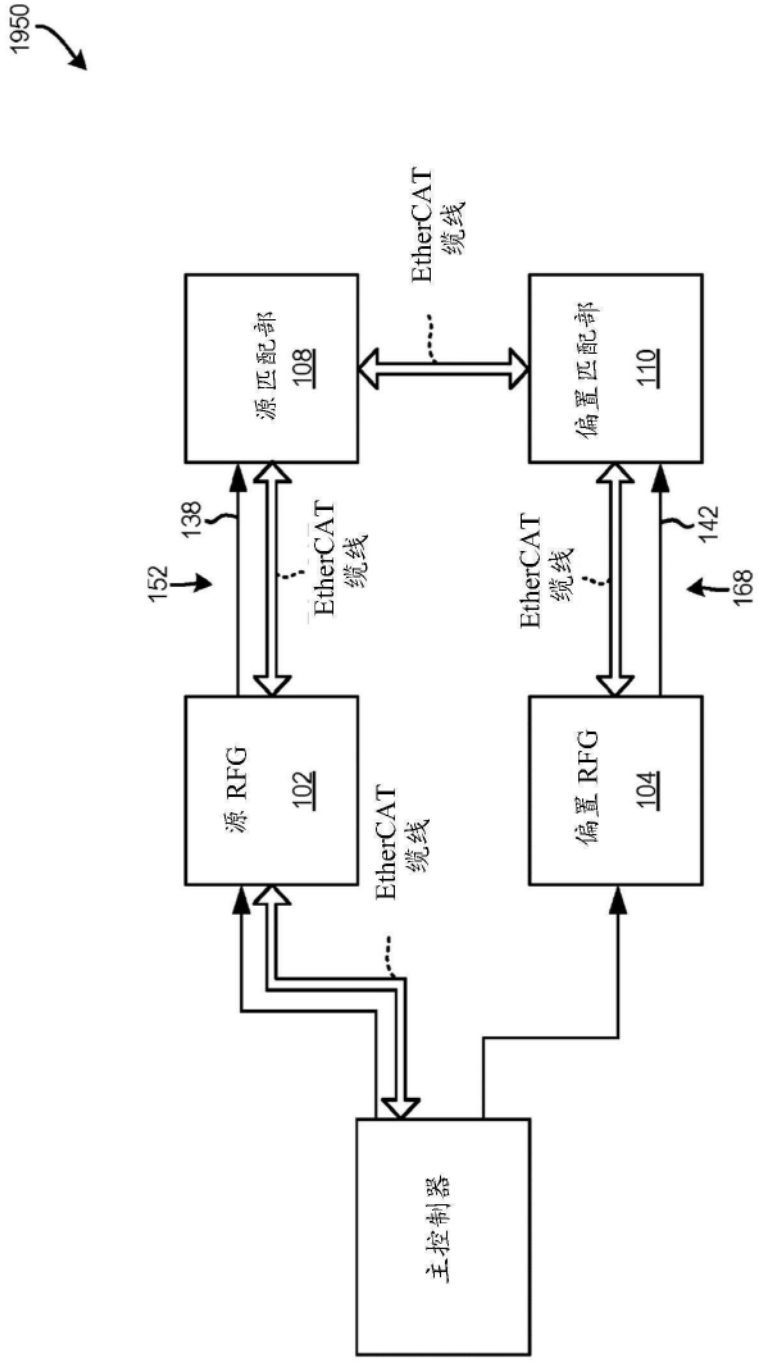

1950
EtherCAT
缆线
源匹配部
108
偏置匹配部
110
138
152
EtherCAT
缆线
EtherCAT
缆线
142
168
源 RFG
102
偏置 RFG
104
EtherCAT
缆线
主控制器

图19C

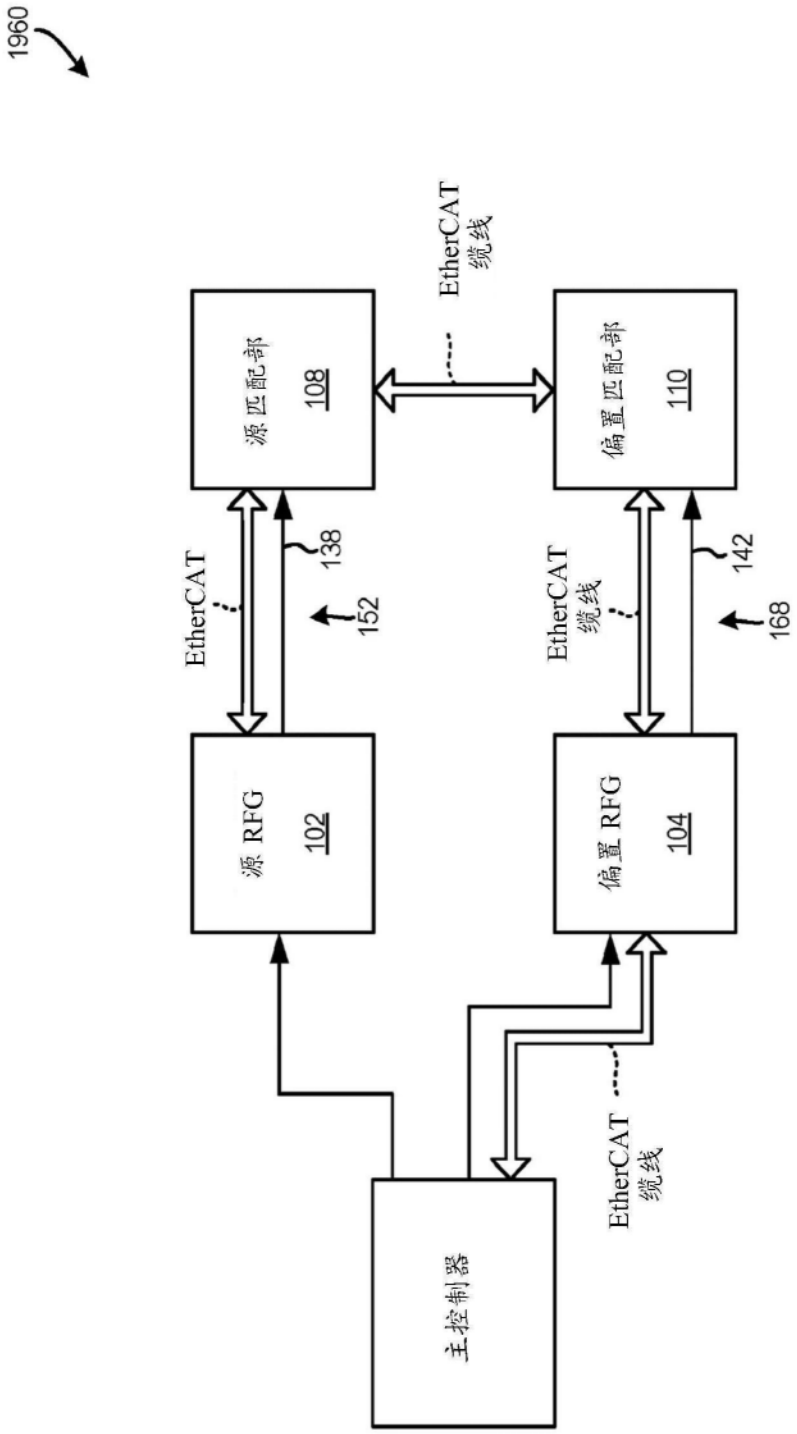

1960
EtherCAT
缆线
源匹配部
108
偏置匹配部
110
EtherCAT
138
152
EtherCAT
缆线
142
168
源 RFG
102
偏置 RFG
104
EtherCAT
缆线
主控制器

图19D

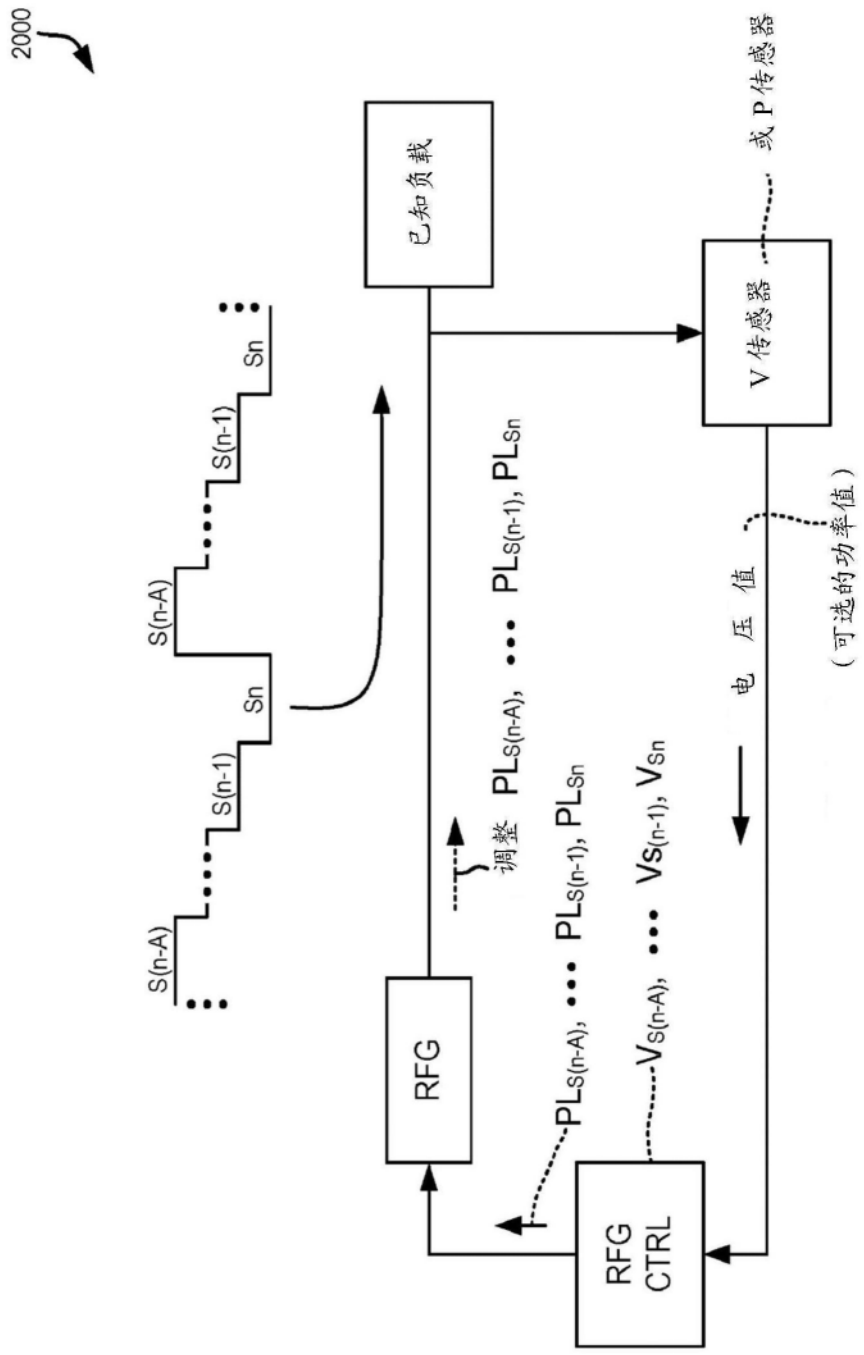

2000
已知负载
或 P 传感器
V 传感器
S(n-A)
S(n-1)
Sn
RFG
RFG CTRL
调整 PLS(n-A), ... PLS(n-1), PLSn
PLS(n-A), ... PLS(n-1), PLSn
VS(n-A), ... VS(n-1), VSn
电 压 值
（可选的功率值）

图20

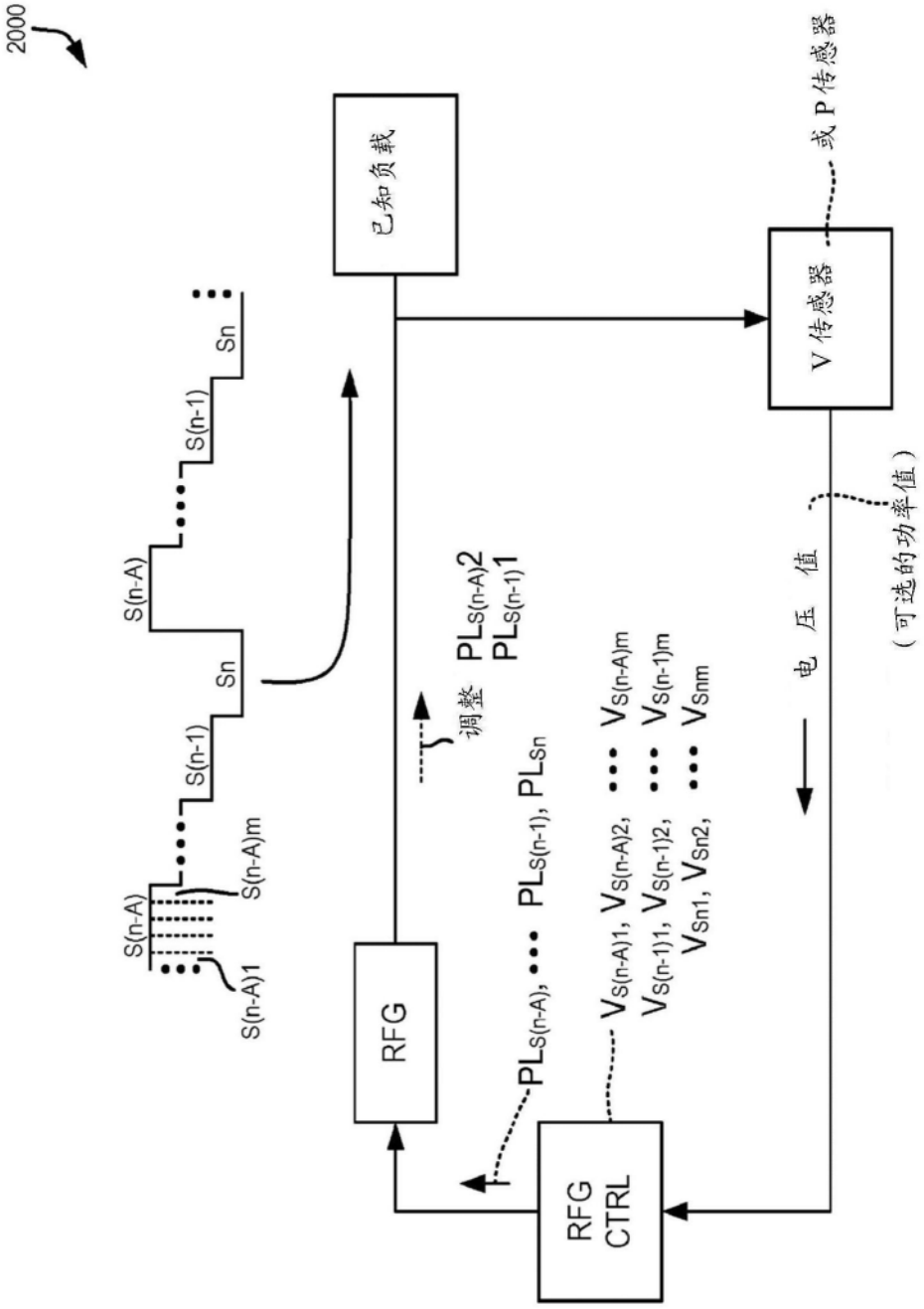

2000
已知负载
或 P 传感器
V 传感器
S(n-A)
S(n-1)
Sn
S(n-A)m
S(n-A)1
RFG
调整
PLS(n-A)2
PLS(n-1)1
PLS(n-A), ... PLS(n-1), PLSn
VS(n-A)1, VS(n-A)2, ... VS(n-A)m
VS(n-1)1, VS(n-1)2, ... VS(n-1)m
Vsn1, Vsn2, ... Vsnm
电 压 值
（可选的功率值）
RFG CTRL

图21

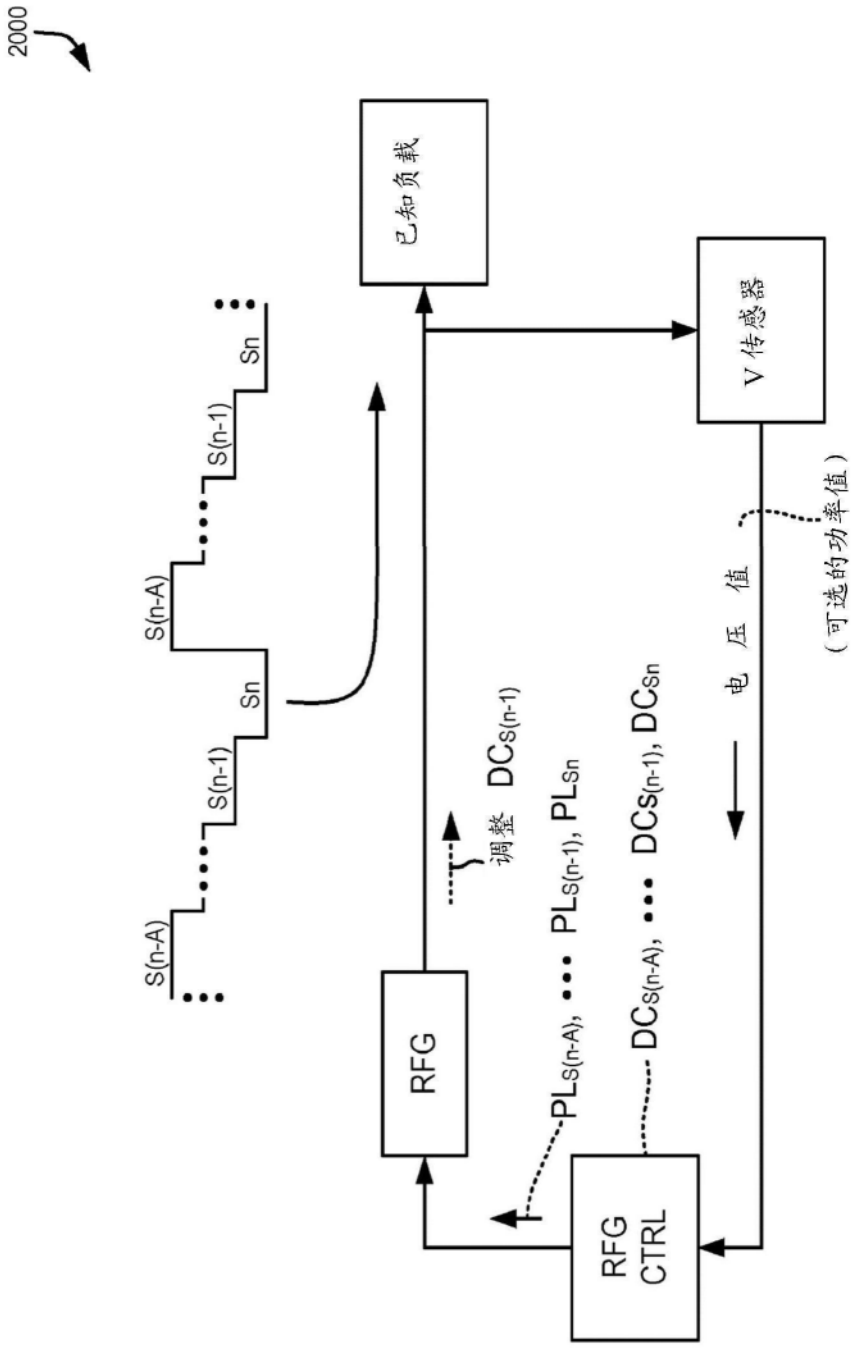

2000
已知负载
V 传感器
电 压 值
（可选的功率值）
S(n-A)
S(n-1)
Sn
调整 $DC_{S(n-1)}$
$PL_{S(n-A)}$, ... $PL_{S(n-1)}$, PL_{Sn}
$DC_{S(n-A)}$, ... $DC_{S(n-1)}$, DC_{Sn}
RFG
RFG CTRL

图22

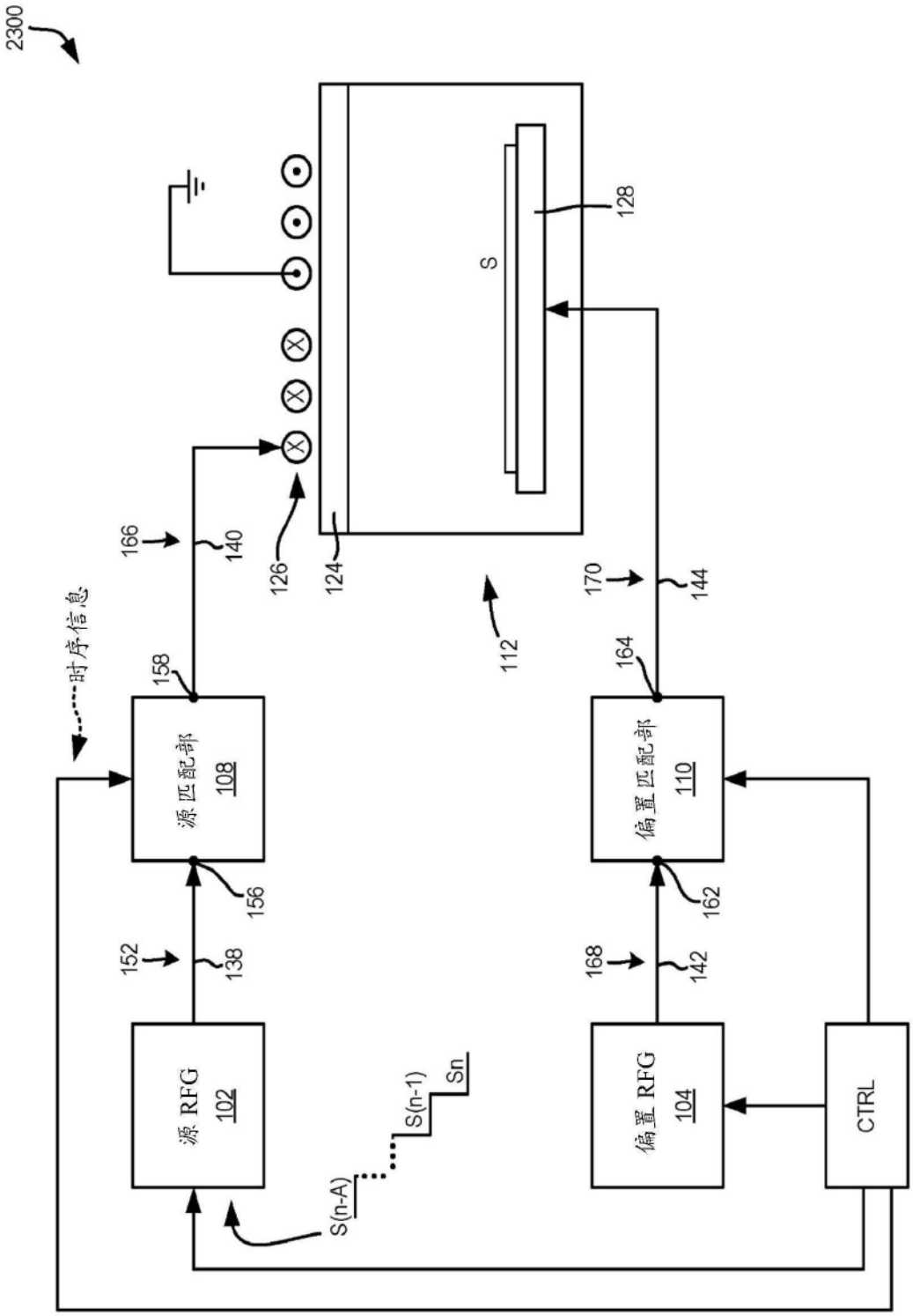

2300
128
S
166
140
126
124
170
144
112
164
158
时序信息
源 匹配部
108
偏置 匹配部
110
156
162
152
138
168
142
源 RFG
102
偏置 RFG
104
CTRL
S(n-A)
S(n-1)
Sn

图23

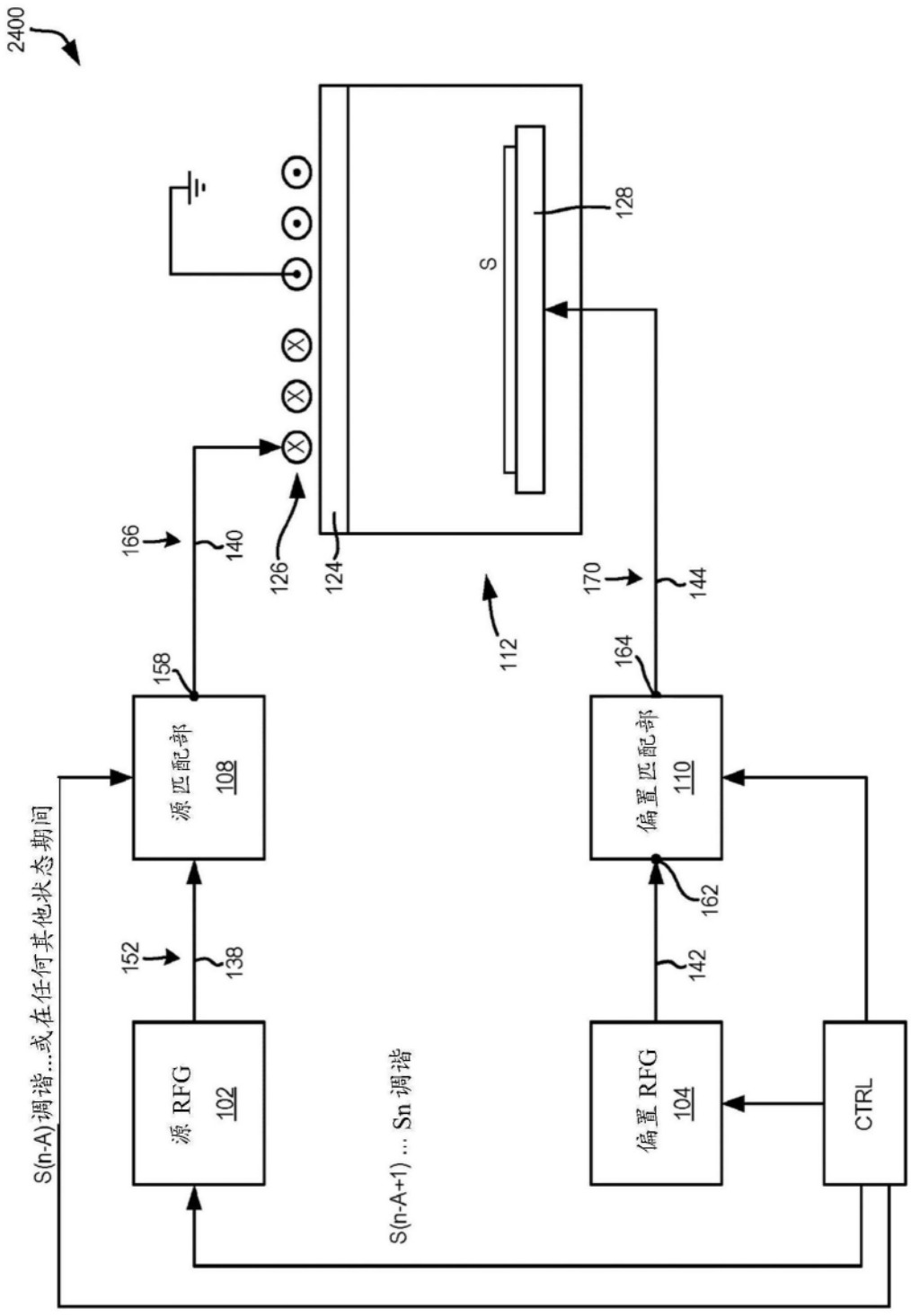

2400
S
128
166
140
126
124
112
170
144
158
164
源匹配部
108
偏置匹配部
110
152
138
162
142
源 RFG
102
偏置 RFG
104
CTRL
S(n-A)调谐...或在任何其他状态期间
S(n-A+1) ... Sn 调谐

图24A

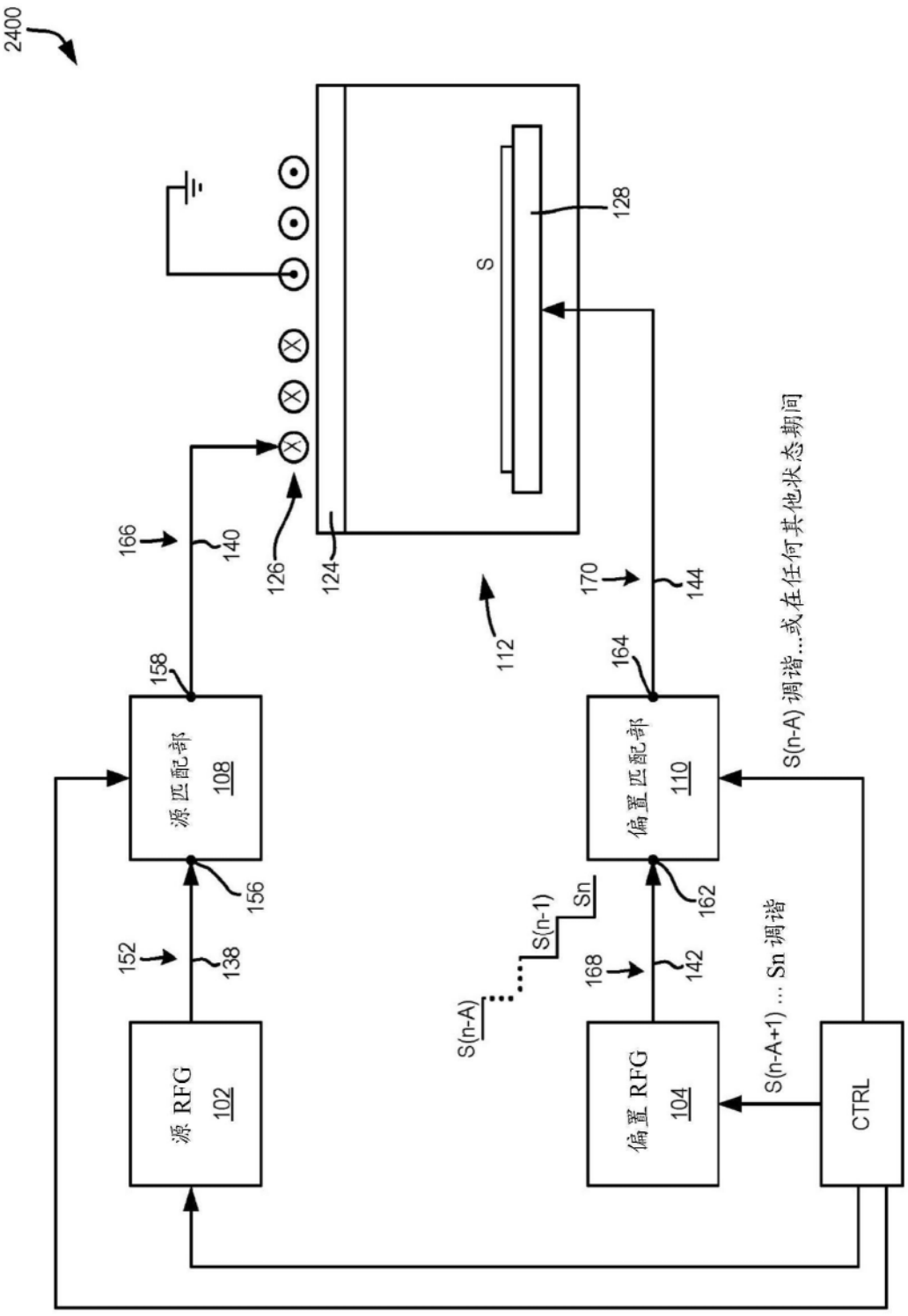

2400
S
128
166
140
126
124
112
170
144
158
164
源匹配部
108
偏置匹配部
110
S(n-A) 调谐...或在任何其他状态期间
156
162
152
138
S(n-1)
Sn
168
142
S(n-A)
S(n-A+1) ... Sn 调谐
源 RFG
102
偏置 RFG
104
CTRL

图24B

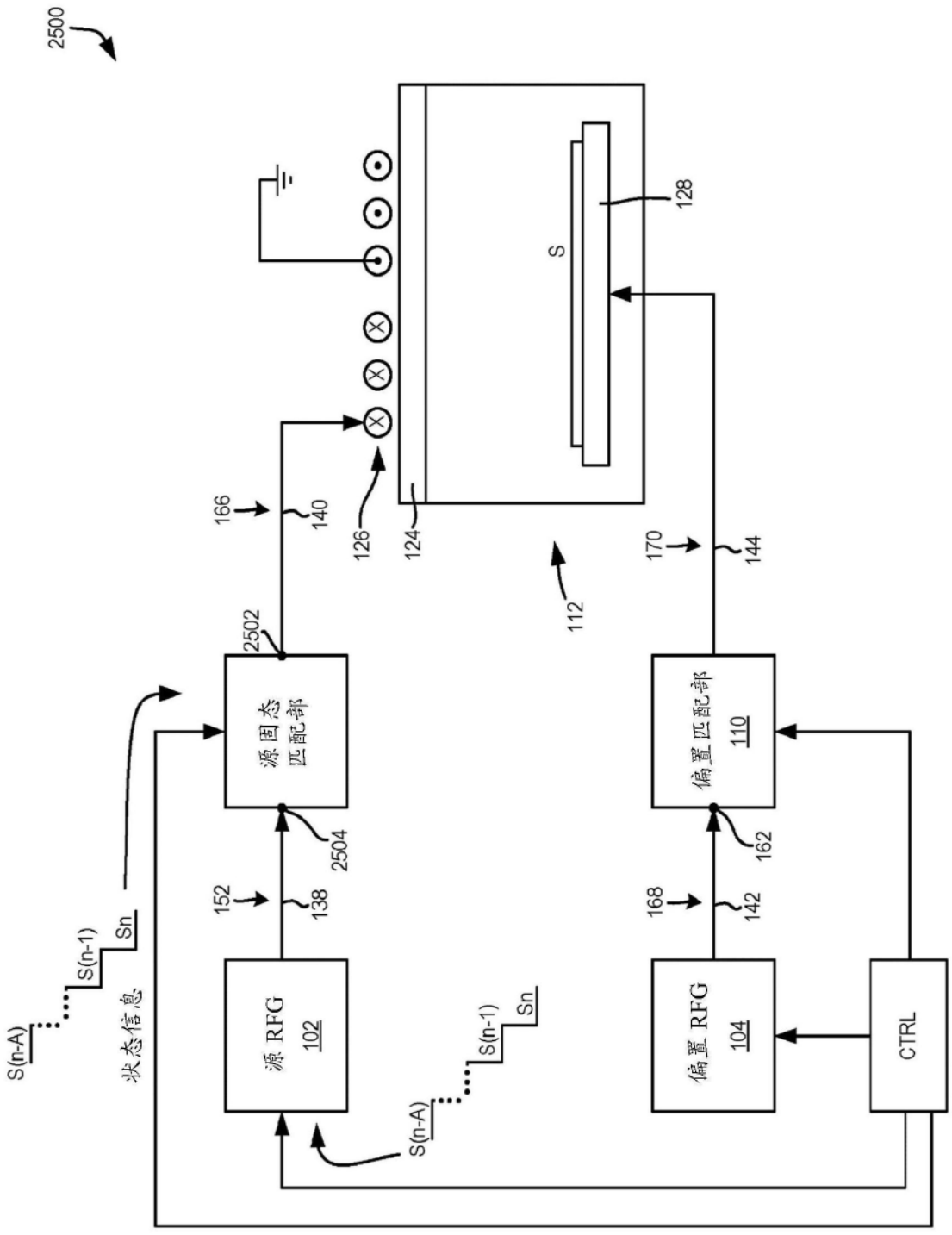

2500
S
128
166
140
126
124
112
170
144
2502
源固态匹配部
偏置匹配部
110
2504
162
152
138
168
142
S(n-A)
S(n-1)
Sn
状态信息
源 RFG
102
偏置 RFG
104
CTRL

图25A

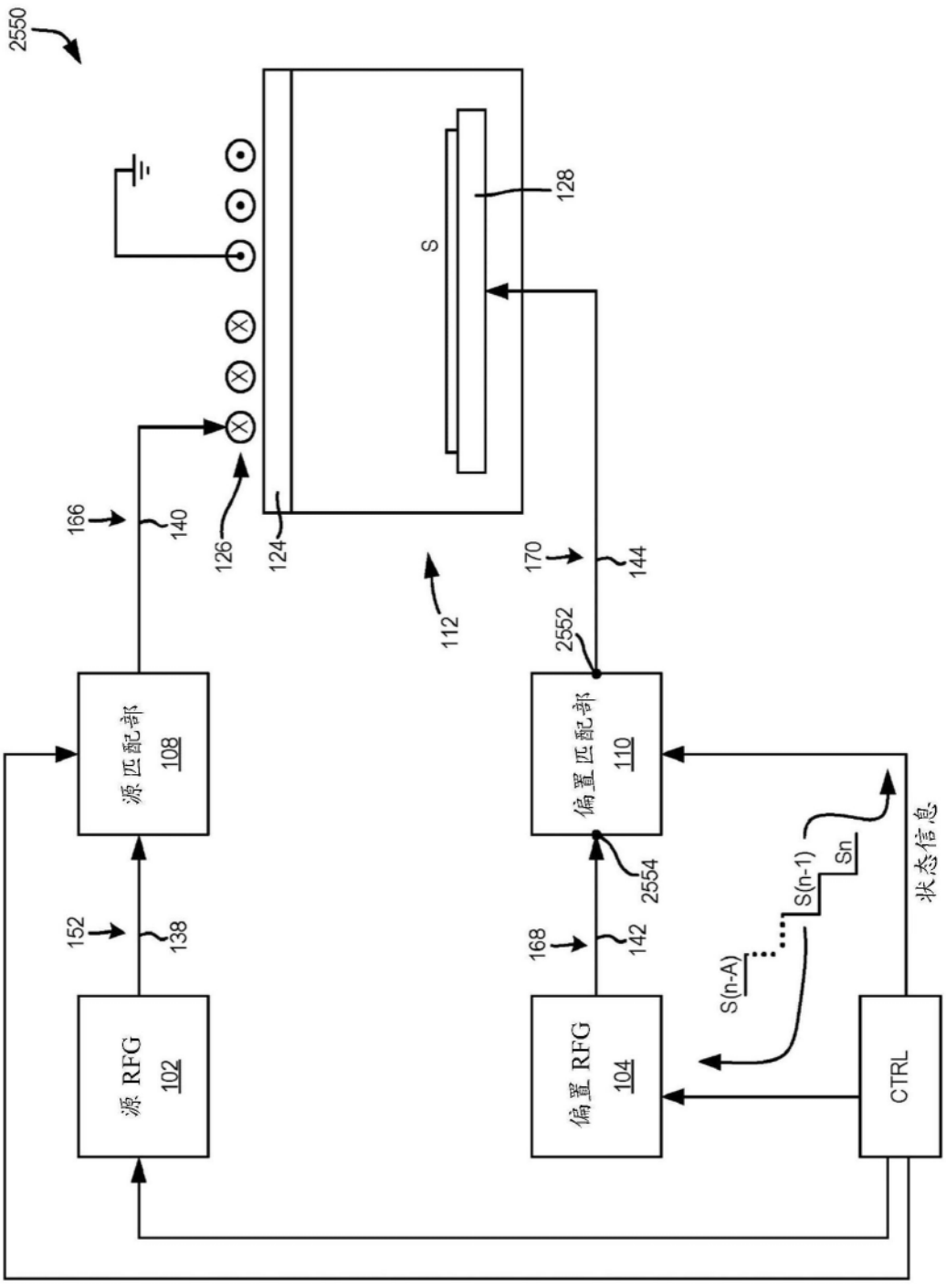

2550
128
S
166
140
126
124
112
170
144
2552
源 匹配部
108
偏置 匹配部
110
2554
152
138
168
142
S(n-A)
S(n-1)
Sn
状态信息
源 RFG
102
偏置 RFG
104
CTRL

图25B

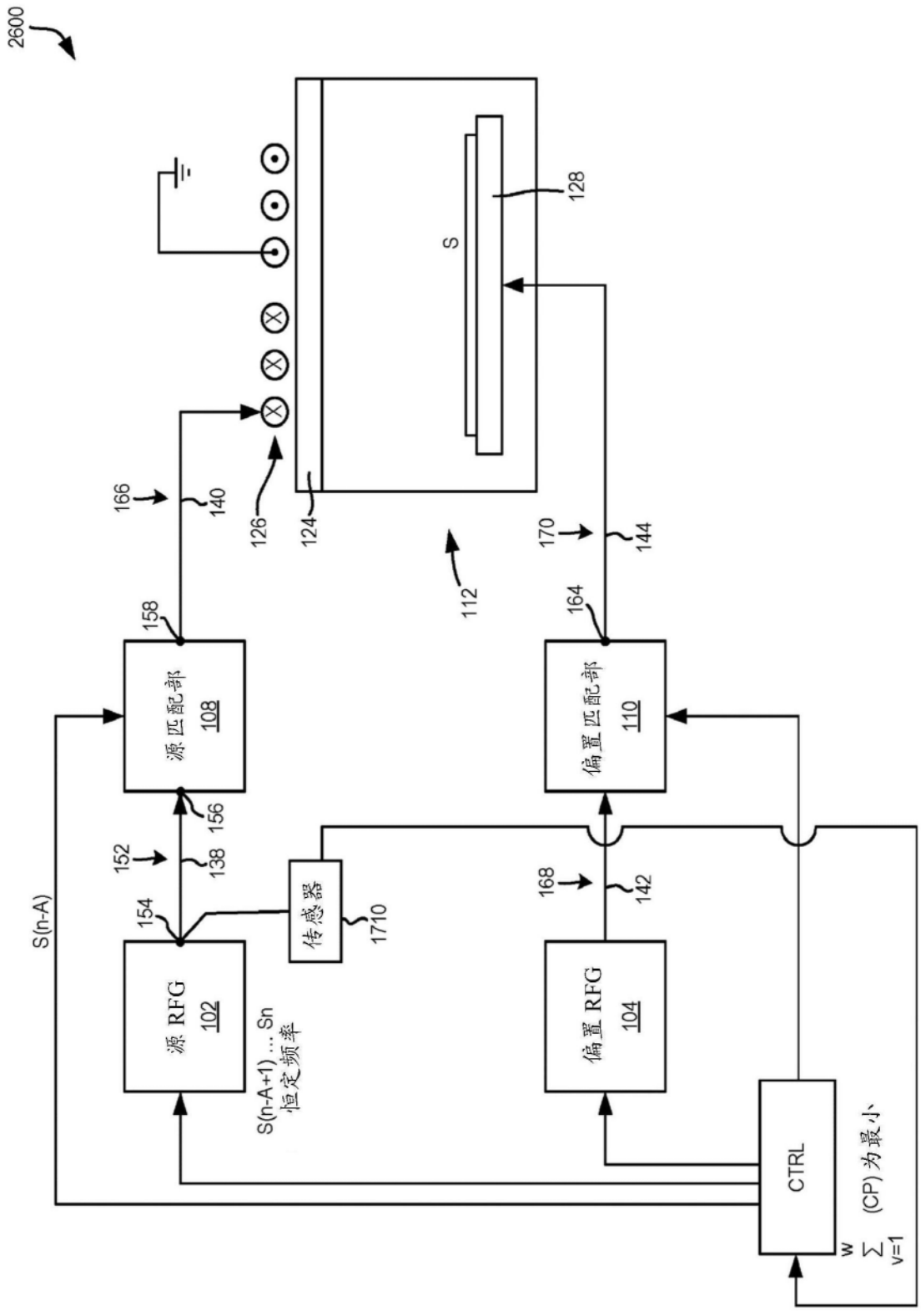

2600
S
128
166
140
126
124
112
170
144
158
164
源匹配部
108
偏置匹配部
110
156
152
138
S(n-A)
154
传感器
1710
168
142
源 RFG
102
偏置 RFG
104
S(n-A+1) ... Sn
恒定频率
CTRL
w
∑
v=1
(CP) 为最小

图26A

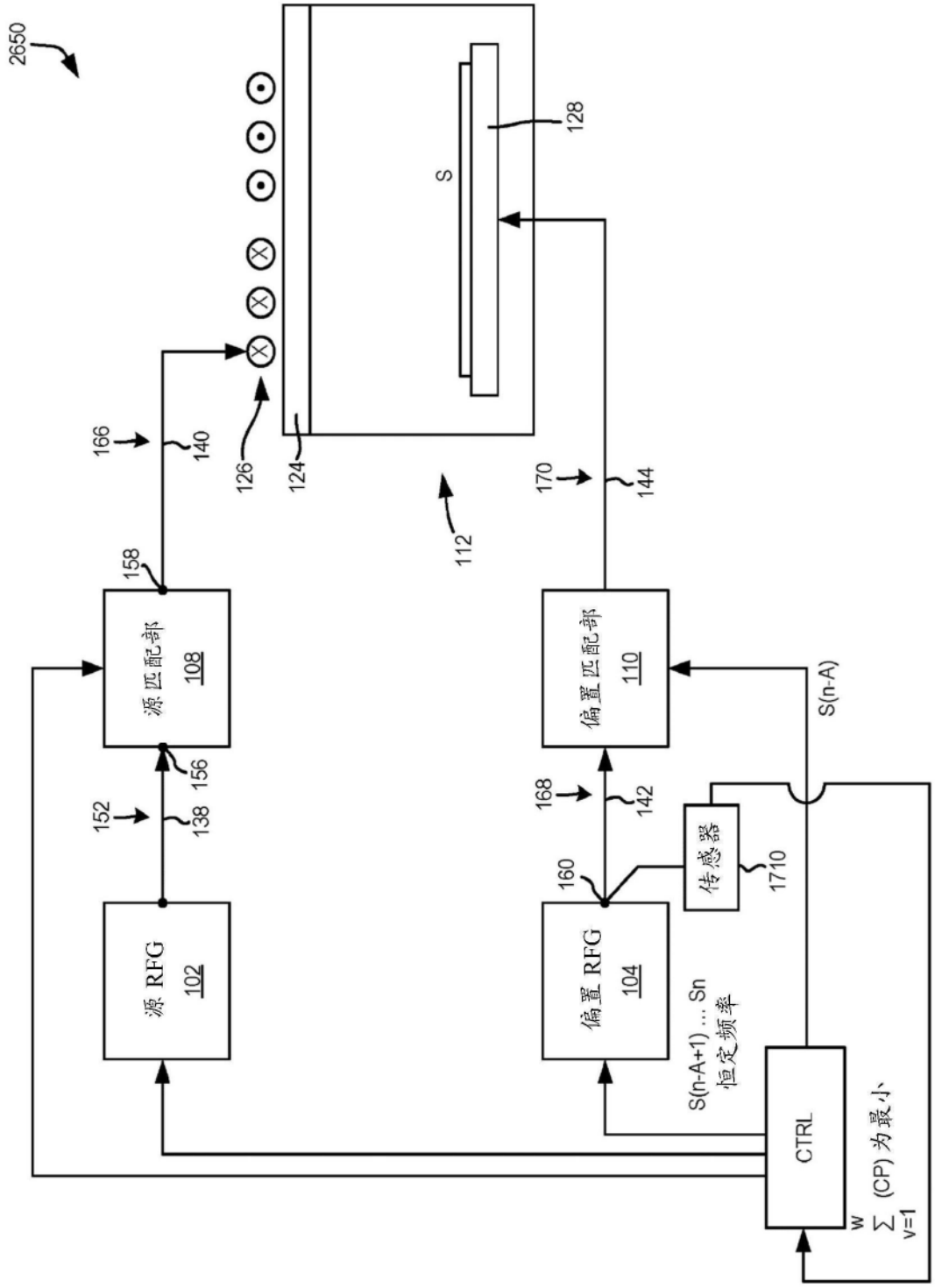

2650
S
128
166
140
126
124
112
170
144
158
源匹配部
108
偏置匹配部
110
S(n-A)
156
152
138
168
142
160
传感器
1710
源 RFG
102
偏置 RFG
104
S(n-A+1) ... Sn
恒定频率
CTRL
w
∑ (CP) 为最小
v=1

图26B

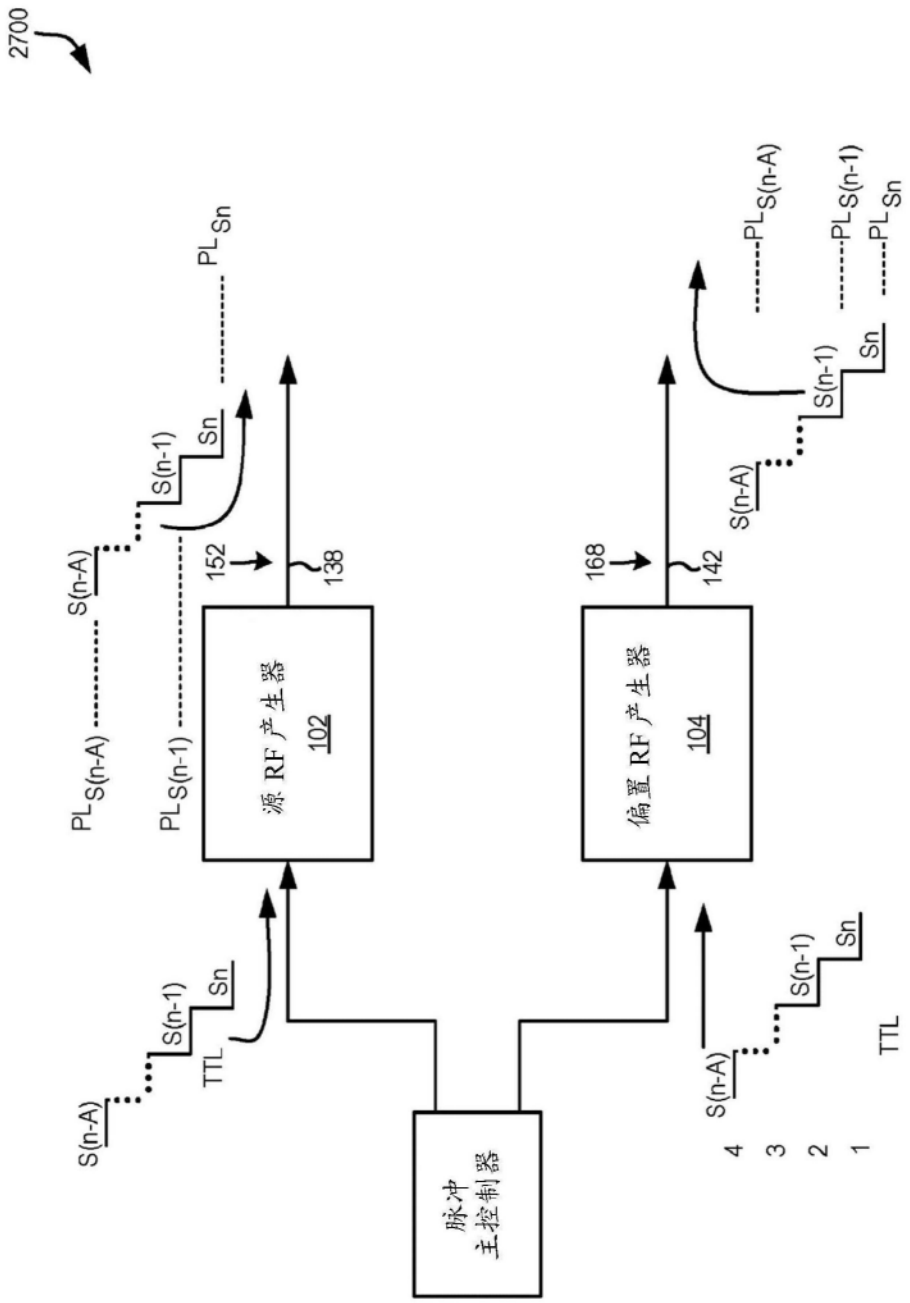

2700
源 RF 产生器
102
偏置 RF 产生器
104
脉冲
主控制器
152
138
168
142
S(n-A)
S(n-1)
Sn
TTL
PL S(n-A)
PL S(n-1)
PL Sn
4
3
2
1

图27

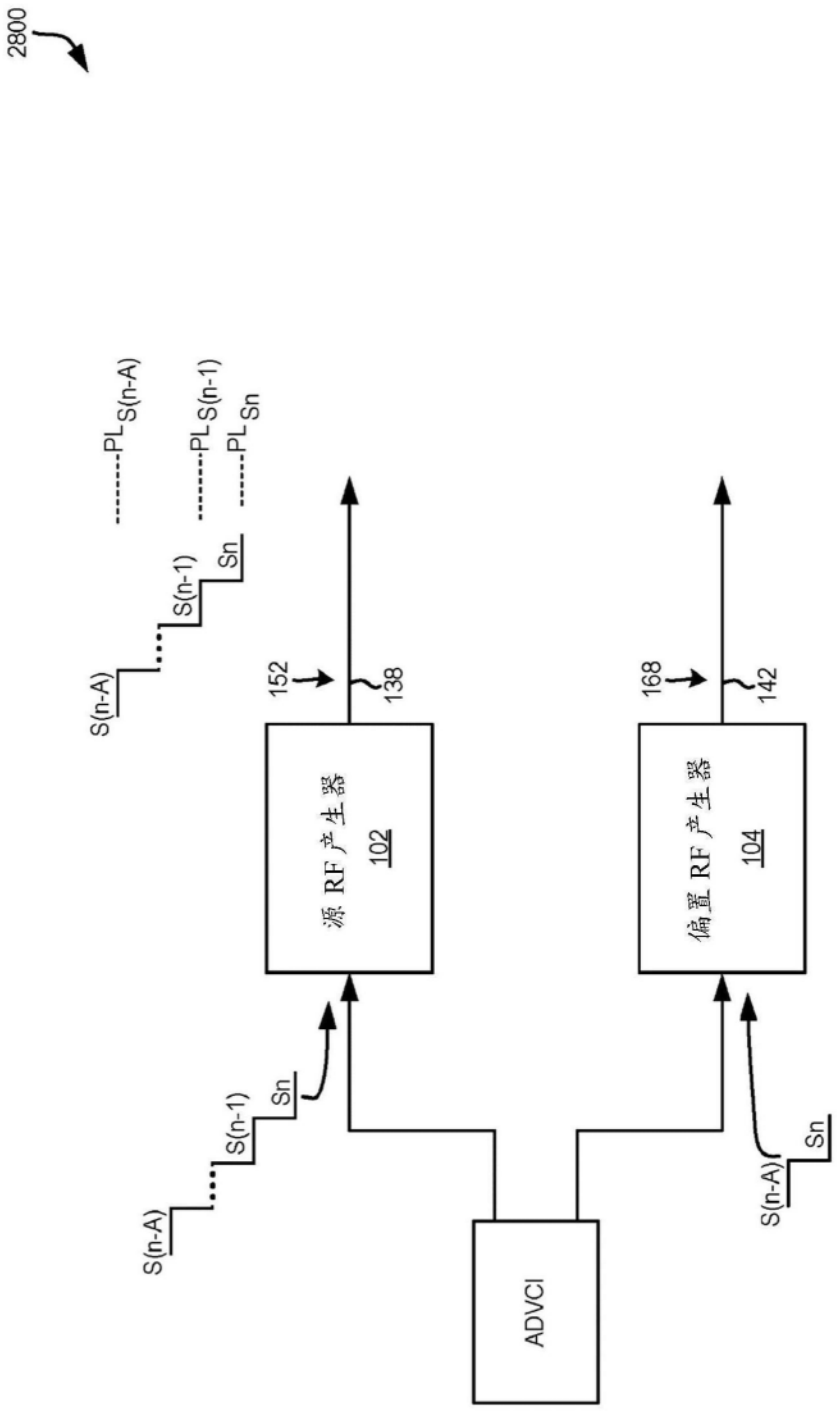

2800
PL S(n-A)
PL S(n-1)
PL Sn
S(n-A)
S(n-1)
Sn
152
138
168
142
源 RF 产生器
102
偏置 RF 产生器
104
S(n-A)
S(n-1)
Sn
ADVCI
S(n-A)
Sn

图28A

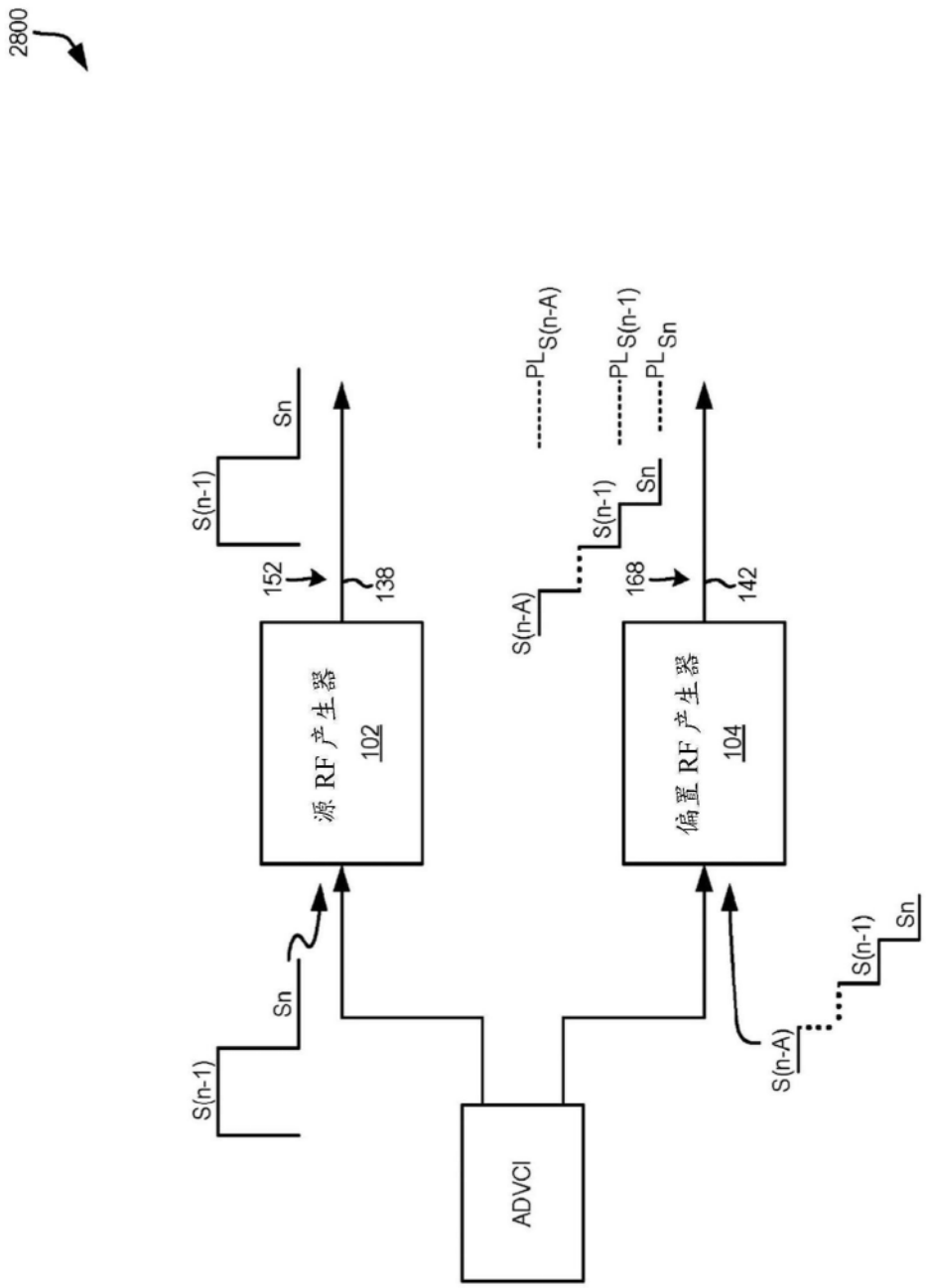

2800
S(n-1)
Sn
152
138
源 RF 产生器
102
PL S(n-A)
PL S(n-1)
PL Sn
S(n-A)
S(n-1)
Sn
168
142
偏置 RF 产生器
104
ADVCI

图28B

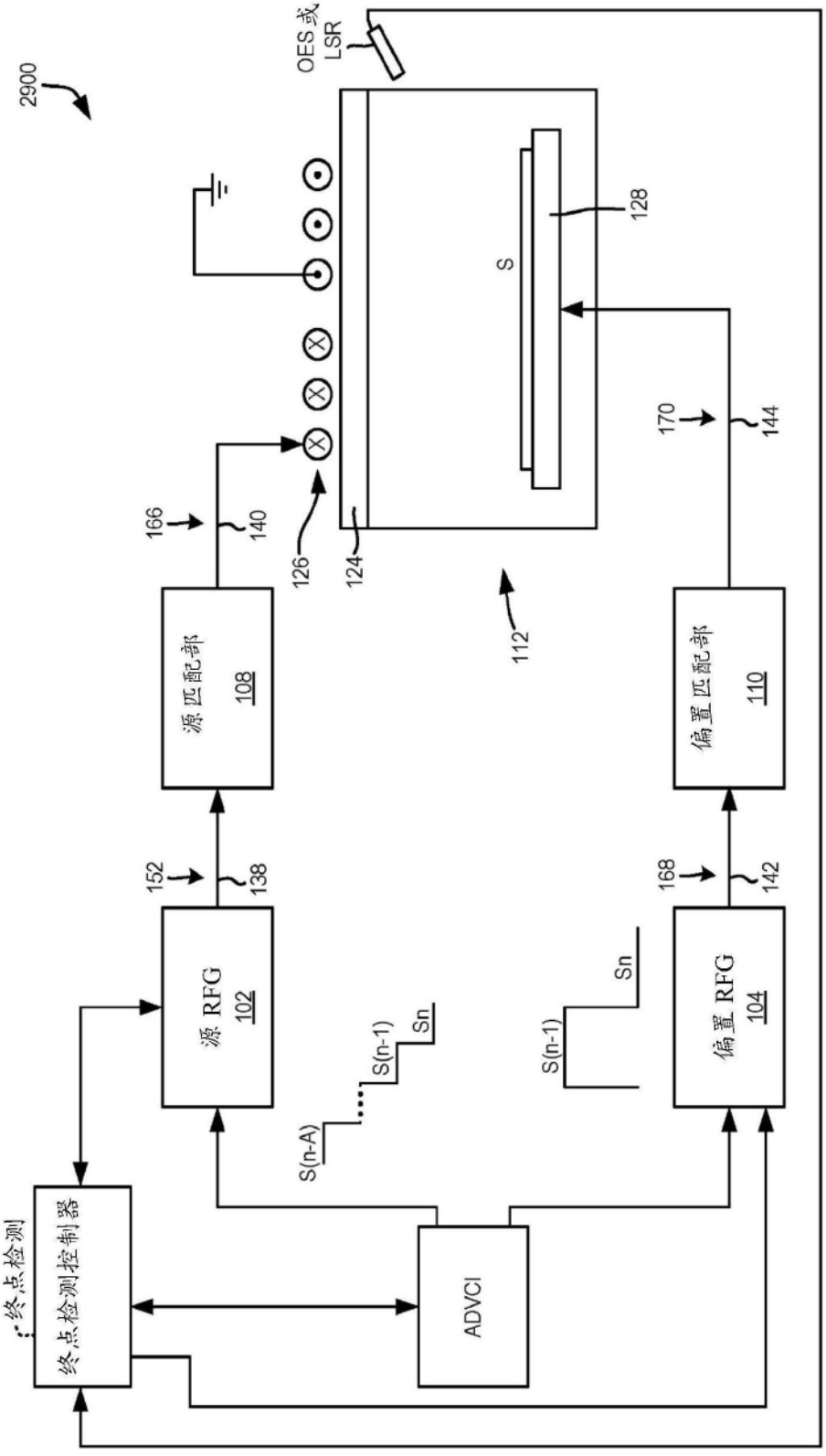

2900
OES 或 LSR
128
S
170
144
166
140
126
124
112
源匹配部 108
偏置匹配部 110
152
138
168
142
源 RFG 102
偏置 RFG 104
S(n-A)
S(n-1)
Sn
S(n-1)
Sn
终点检测
终点检测控制器
ADVCI

图29

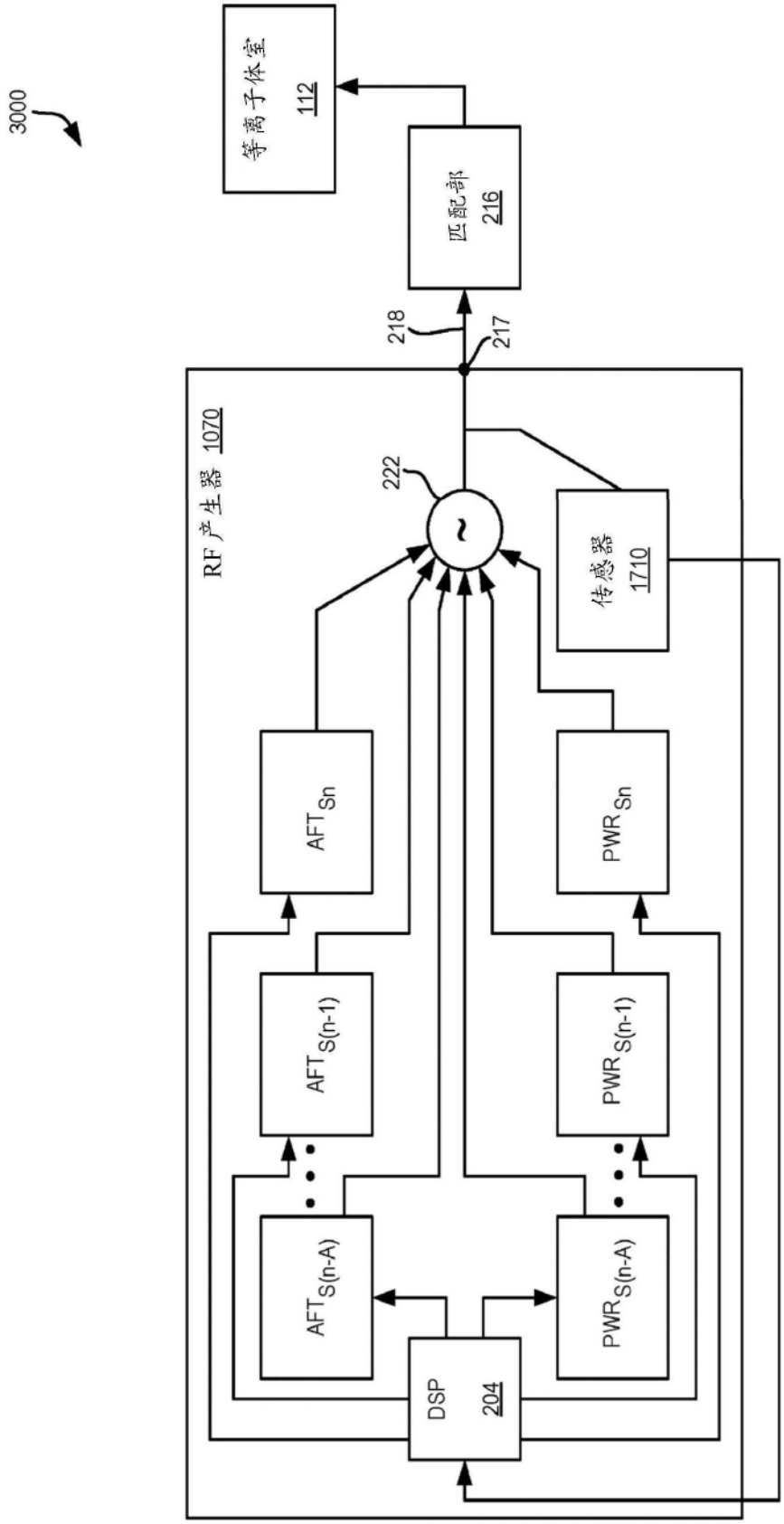

3000
等离子体室 112
匹配部 216
218
217
RF 产生器 1070
222
传感器 1710
AFT Sn
PWR Sn
AFT S(n-1)
PWR S(n-1)
AFT S(n-A)
PWR S(n-A)
DSP 204

图30