



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107706077 A

(43)申请公布日 2018.02.16

(21)申请号 201710864044.2

(51)Int.Cl.

(22)申请日 2012.11.12

H01J 37/32(2006.01)

H05H 1/46(2006.01)

(30)优先权数据

61/560,001 2011.11.15 US

13/550,546 2012.07.16 US

(62)分案原申请数据

201280056187.6 2012.11.12

(71)申请人 朗姆研究公司

地址 美国加利福尼亚州

(72)发明人 克伦·雅克布卡纳里克

乔迪普·古哈 李源哲 付奎因

亚伦·斯科特·埃普勒

(74)专利代理机构 上海胜康律师事务所 31263

代理人 李献忠 张华

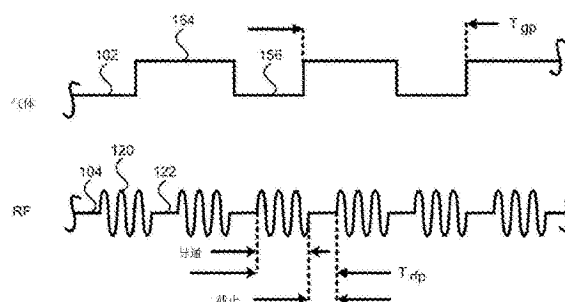
权利要求书2页 说明书8页 附图5页

(54)发明名称

一种用于提供在等离子体处理室中的原子层蚀刻层的方法

(57)摘要

本发明提供了一种用于在具有至少一个等离子体发生源和用于提供处理气体进入该室的气体源的处理室中处理衬底的方法。所述方法包括使用具有RF频率的RF信号激励所述等离子体发生源。所述方法还包括向所述RF信号施加脉冲,RF信号的振幅、相位和频率中的至少一种在RF脉冲周期的第一部分期间具有第一值并且在RF脉冲周期的第二部分期间具有第二值,其中RF脉冲周期与所述第一源脉冲频率相关。所述方法进一步包括向所述气体源施加脉冲,使得所述处理气体在气体脉冲周期的第一部分期间以第一速率流入该室并且所述处理气体在所述气体脉冲周期的与所述气体脉冲频率相关的第二部分期间以第二速率流入该室。



1. 一种用于提供在等离子体处理系统的等离子体处理室中的原子层蚀刻层的方法, 所述等离子体处理室具有至少一个等离子体发生源和用于提供处理气体进入所述等离子体处理室内部区域的至少气体源, 该方法包括:

使用具有RF频率的RF信号激励所述等离子体发生源;

使用至少第一源脉冲频率向所述RF信号施加脉冲, 使得所述RF信号的幅值、相位和频率中的至少一种在与所述第一源脉冲频率相关的RF脉冲周期的第一部分期间具有第一值并且在与所述第一源脉冲频率相关的所述RF脉冲周期的第二部分期间具有第二值;

使用气体脉冲频率向所述气体源施加脉冲, 使得所述处理气体在与所述气体脉冲频率相关的气体脉冲周期的第一部分期间以第一速率流入所述等离子体处理室并且所述处理气体在与所述气体脉冲频率相关的所述气体脉冲周期的第二部分期间以第二速率流入所述等离子体处理室;

在所述向所述RF信号施加脉冲和在所述向所述气体源施加脉冲期间, 向RF偏置施加脉冲,

其中, 在所述气体脉冲周期的所述第二部分期间, 流入所述等离子体处理室的所述处理气体减少, 以除去所述处理气体中的至少一些并用惰性气体代替所述处理气体, 以维持所述等离子体处理室的压力, 同时在所述气体脉冲周期的所述第二部分期间降低所述等离子体处理室内的离子通量。

2. 根据权利要求1所述的方法, 其中所述等离子体处理室代表电感耦合等离子体处理室并且所述至少一个等离子体发生源代表至少一个电感天线。

3. 根据权利要求1所述的方法, 其中所述第一源脉冲频率高于所述气体脉冲频率。

4. 根据权利要求1所述的方法, 其中所述RF信号也被用不同于所述第一源脉冲频率的第二源脉冲频率施加了脉冲。

5. 根据权利要求1所述的方法, 其中所述向所述气体源施加脉冲采用恒定的占空比。

6. 一种用于处理等离子体提供在系统的等离子体处理室中的原子层蚀刻层的方法, 所述等离子体处理室具有至少一个等离子体发生源和用于提供处理气体进入所述等离子体处理室内部区域的至少气体源, 该方法包括:

使用具有RF频率的RF信号激励所述等离子体发生源;

使用至少第一源脉冲频率向所述RF信号施加脉冲, 使得所述RF信号的幅值、相位和频率中的至少一种在与所述第一源脉冲频率相关的RF脉冲周期的第一部分期间具有第一值并且在与所述第一源脉冲频率相关的所述RF脉冲周期的第二部分期间具有第二值;

使用气体脉冲频率向所述气体源施加脉冲, 使得所述处理气体在与所述气体脉冲频率相关的气体脉冲周期的第一部分期间以组成气体的第一气体混合组成物, 包括反应气体, 流入所述等离子体处理室并且所述处理气体在与所述气体脉冲频率相关的所述气体脉冲周期的第二部分期间以第二气体混合组成物流入所述等离子体处理室, 从而在所述气体脉冲周期的所述第二部分期间, 所述反应气体被除去并且被惰性气体代替, 以维持所述等离子体处理室的压力, 并且其中, 在所述RF脉冲周期的所述第二部分期间, 在所述等离子体处理室内产生较低离子通量。

7. 根据权利要求6所述的方法, 其中所述第一混合组成物中的惰性气体与反应性气体的比率低于所述第二混合组成物中的惰性气体与反应性气体的比率。

8. 根据权利要求6所述的方法,其中所述向所述气体源施加脉冲采用变化的占空比。
9. 根据权利要求6所述的方法,其中所述向所述RF信号施加脉冲采用变化的占空比。
10. 根据权利要求6所述的方法,其中所述等离子体处理室代表电容耦合等离子体处理室并且所述至少一个等离子体发生源耦合到所述等离子体处理室的电极。

一种用于提供在等离子体处理室中的原子层蚀刻层的方法

本申请是申请号为201280056187.6、申请日为2012年11月12日、发明名称为“混合型脉冲等离子体处理系统”的申请的分案申请。

优先权声明

[0001] 本申请根据35USC.119 (e) 要求名称为“混合型脉冲等离子体处理系统”、美国申请号为61/560,001,由Keren Jacobs Kanarik于2011年11月15日递交的共同拥有的临时专利申请的优先权,该专利申请的全文通过参考并入此处。

技术领域

[0002] 本发明涉及一种用于提供在等离子体处理系统的等离子体处理室中的原子层蚀刻层的方法。

背景技术

[0003] 等离子体处理系统长期以来一直被用于处理衬底(例如:晶片或平板显示器或LCD显示器)以形成集成电路或其它电子产品。通用的等离子体处理系统可以包括电容耦合等离子体处理系统(CCP)或者电感耦合等离子体处理系统(ICP)等。

[0004] 一般而言,等离子体衬底处理涉及离子和自由基(也被称为中性粒子)的平衡。例如:用自由基多于离子的等离子体蚀刻往往有更强的化学性和各向同性。用离子多于自由基的等离子体蚀刻往往有更强的物理性并且往往遇到选择性的问题。在传统的等离子体室,离子和自由基往往紧密耦合。相应地,处理窗(相对于处理参数)往往是相当狭窄的,原因在于有有限控制的旋钮来独立地实现离子主导的等离子体或者自由基主导的等离子体这一事实。

[0005] 随着电子设备变得更小和/或更复杂,诸如选择性、均匀性、高深宽比、深宽依赖蚀刻(aspect dependent etching)等蚀刻要求都提高了。虽然已经可以通过改变诸如压力、RF偏置和功率等一些参数对当前一代产品进行蚀刻,但下一代更小和/或更复杂的产品需要不同的蚀刻能力。离子和自由基不能更有效地去耦并且不能更独立地受控的事实使在某些等离子体处理系统中执行某些蚀刻处理以制造这些更小和/或更复杂的电子设备受到限制并且在某些情况下使其变得不能实行。

[0006] 在现有技术中,为了获得使得离子量有时可以较低以调节在蚀刻过程中不同时间的离子-自由基比率的等离子体条件,已经作了尝试。在常规的方案中,RF信号源可以是脉冲的(例如:导通和截止),以便在脉冲周期的一个相(例如脉冲的导通相)期间获得具有正常离子通量的等离子体并且在该脉冲周期的另一个相期间(例如在脉冲的截止相期间)获得具有较低离子通量的等离子体。众所周知,源RF信号可以与偏置RF信号同步脉冲。

[0007] 然而,已注意到,尽管现有技术中的脉冲在一定程度上导致了在不同时间点正常离子通量等离子体和较低离子通量等离子体的交替相并且为一些处理开辟了工作窗,但更大的工作窗仍然是需要的。

发明内容

[0008] 具体而言,本发明的一些方面可以阐述如下:

1.一种用于提供在等离子体处理系统的等离子体处理室中的原子层蚀刻层的方法,所述等离子体处理室具有至少一个等离子体发生源和用于提供处理气体进入所述等离子体处理室内部区域的至少气体源,该方法包括:

使用具有RF频率的RF信号激励所述等离子体发生源;

使用至少第一源脉冲频率向所述RF信号施加脉冲,使得所述RF信号的幅值、相位和频率中的至少一种在与所述第一源脉冲频率相关的RF脉冲周期的第一部分期间具有第一值并且在与所述第一源脉冲频率相关的所述RF脉冲周期的第二部分期间具有第二值;

使用气体脉冲频率向所述气体源施加脉冲,使得所述处理气体在与所述气体脉冲频率相关的气体脉冲周期的第一部分期间以第一速率流入所述等离子体处理室并且所述处理气体在与所述气体脉冲频率相关的所述气体脉冲周期的第二部分期间以第二速率流入所述等离子体处理室;

在所述向所述RF信号施加脉冲和在所述向所述气体源施加脉冲期间,向RF偏置施加脉冲,

其中,在所述气体脉冲周期的所述第二部分期间,流入所述等离子体处理室的所述处理气体减少,以除去所述处理气体中的至少一些并用惰性气体代替所述处理气体,以维持所述等离子体处理室的压力,同时在所述气体脉冲周期的所述第二部分期间降低所述等离子体处理室内的离子通量。

2.根据条款1所述的方法,其中所述等离子体处理室代表电感耦合等离子体处理室并且所述至少一个等离子体发生源代表至少一个电感天线。

3.根据条款1所述的方法,其中所述第一源脉冲频率高于所述气体脉冲频率。

4.根据条款1所述的方法,其中所述RF信号也被用不同于所述第一源脉冲频率的第二源脉冲频率施加了脉冲。

5.根据条款1所述的方法,其中所述向所述气体源施加脉冲采用恒定的占空比。

6.根据条款1所述的方法,其中所述向所述气体源施加脉冲采用变化的占空比。

7.根据条款1所述的方法,其中所述向所述RF信号施加脉冲采用恒定的占空比。

8.根据条款1所述的方法,其中所述向所述RF信号施加脉冲采用变化的占空比。

9.根据条款1所述的方法,其中所述向所述气体源施加脉冲采用频率啁啾。

10.根据条款1所述的方法,其中所述向所述RF信号施加脉冲采用频率啁啾。

11.根据条款1所述的方法,其中所述处理气体在所述气体脉冲周期的所述第一部分期间具有组成气体的第一混合组成物并且在所述气体脉冲周期的所述第二部分期间具有组成气体的第二混合组成物,所述第一混合组成物不同于所述第二混合组成物。

12.根据条款11所述的方法,其中所述第一混合组成物中的惰性气体与反应性气体的比率低于所述第二混合组成物中的惰性气体与反应性气体的比率。

13.一种用于处理等离子体提供在系统的等离子体处理室中的原子层蚀刻层的方法,所述等离子体处理室具有至少一个等离子体发生源和用于提供处理气体进入所述等离子体处理室内部区域的至少气体源,该方法包括:

使用具有RF频率的RF信号激励所述等离子体发生源；

使用至少第一源脉冲频率向所述RF信号施加脉冲，使得所述RF信号的幅值、相位和频率中的至少一种在与所述第一源脉冲频率相关的RF脉冲周期的第一部分期间具有第一值并且在与所述第一源脉冲频率相关的所述RF脉冲周期的第二部分期间具有第二值；

使用气体脉冲频率向所述气体源施加脉冲，使得所述处理气体在与所述气体脉冲频率相关的气体脉冲周期的第一部分期间以组成气体的第一气体混合组成物，包括反应气体，流入所述等离子体处理室并且所述处理气体在与所述气体脉冲频率相关的所述气体脉冲周期的第二部分期间以第二气体混合组成物流入所述等离子体处理室，从而在所述气体脉冲周期的所述第二部分期间，所述反应气体被除去并且被惰性气体代替，以维持所述等离子体处理室的压力，并且其中，在所述RF脉冲周期的所述第二部分期间，在所述等离子体处理室内产生较低离子通量。

14. 根据条款13所述的方法，其中所述第一混合组成物中的惰性气体与反应性气体的比率低于所述第二混合组成物中的惰性气体与反应性气体的比率。

15. 根据条款13所述的方法，其中所述向所述气体源施加脉冲采用变化的占空比。

16. 根据条款13所述的方法，其中所述向所述RF信号施加脉冲采用变化的占空比。

17. 根据条款13所述的方法，其中所述等离子体处理室代表电容耦合等离子体处理室并且所述至少一个等离子体发生源耦合到所述等离子体处理室的电极。

18. 根据条款1所述的方法，其中在所述气体脉冲周期的第二部分期间，所述惰性气体从约X%到约100%变化，其中X是所述惰性气体占在所述气体脉冲周期的第一部分期间所用的总气体流的百分数。

19. 根据条款18所述的方法，其中所述百分比从约1.1X到约100%变化。

20. 根据条款18所述的方法，其中所述百分比从约1.5X到约100%变化。

21. 根据条款13所述的方法，其中在所述气体脉冲周期的第二部分期间，所述惰性气体从约X%到约100%变化，其中X是所述惰性气体占在所述气体脉冲周期的第一部分期间所用的总气体流的百分数。

22. 根据条款21所述的方法，其中所述百分比从约1.1X到约100%变化。

23. 根据条款21所述的方法，其中所述百分比从约1.5X到约100%变化。

24. 根据条款18所述的方法，其中，在所述气体脉冲周期的第二部分期间所述惰性气体的变化提供了控制旋钮，用于为了所述原子层蚀刻的选择性而改变离子-自由基流量比率。

25. 根据条款18所述的方法，其中，在所述气体脉冲周期的第二部分期间所述惰性气体的变化提供了控制旋钮，用于为了所述原子层蚀刻的选择性而改变离子-自由基流量比率。

26. 根据权利要求21所述的方法，其中，在所述气体脉冲周期的第二部分期间所述惰性气体的变化提供了控制旋钮，用于为了所述原子层蚀刻的选择性而改变离子-自由基流量比率。

附图说明

[0009] 本发明通过附图图形以实施例的方式说明，而不是以限制的方式说明，并且附图中类似的附图标记指代类似的元件，并且其中：

[0010] 图1根据本发明的一个或者更多的实施方式，示出了输入气体（诸如反应性气体

和/或惰性气体)和RF信号源都被施加脉冲(虽然在不同的脉冲频率)的组合脉冲方案的实施例。

[0011] 图2根据本发明的一个或者更多的实施方式示出了组合脉冲方案的另一种实施例。

[0012] 图3根据本发明的一个或者更多的实施方式示出了组合脉冲方案的又一种实施例。

[0013] 图4根据本发明的一个或者更多的实施方式示出了组合脉冲方案的其它可能的组合。

[0014] 图5根据本发明的一个或者更多的实施方式示出了执行组合脉冲的步骤。

具体实施方式

[0015] 现在将参照如附图中所示的本发明的一些实施方式对本发明进行详细说明。在下面的说明中,为了使本发明的实施方式能被全面理解,阐述了若干具体的细节。然而,显而易见的是,本领域技术人员可以在没有这些具体细节中的一些或全部的情况下实施本发明。在其他情形下,为了避免不必要地使本发明难以理解,未对公知的处理步骤和/或结构进行详细说明。

[0016] 下文中描述了各种实施方式,包括方法和技术。应当牢记的是,本发明还可能包括存储有用于执行本发明的技术的实施方式的计算机可读指令的计算机可读介质的制品。所述计算机可读介质可以包括,例如:用于存储计算机可读代码的半导体、磁、光磁、光学或其它形式的计算机可读介质。进一步地,本发明还包括用于执行本发明实施方式的装置。这种装置可以包括用来执行有关本发明的实施方式的任务的专用的和/或可编程的电路。这种的装置的实施例包括通用计算机和/或适当编程的专用的计算装置,并且可以包括计算机/计算装置与适用于有关本发明的实施方式的各种任务的专用的/可编程的电路。

[0017] 本发明的实施方式涉及使用第一脉冲频率向输入气体(例如:反应性气体和/或惰性气体)施加脉冲并使用不同的第二脉冲频率向该源RF信号施加脉冲的组合脉冲方案。尽管在本文的实施例中采用电感耦合等离子体处理系统和电感RF电源进行讨论,但应该理解的是,本发明的实施方式同样适用于电容耦合等离子体处理系统和电容RF电源。

[0018] 在一个或更多的实施方式中,在电感耦合等离子体处理系统中,以较慢的脉冲频率对输入气体施加脉冲,且以不同的、较快的脉冲频率对电感源RF信号施加脉冲。例如:若该电感源RF信号是在13.56MHz,则可以对该电感源RF信号以例如100Hz的脉冲频率施加脉冲,而对该气体以诸如1Hz的不同的脉冲频率施加脉冲。

[0019] 因此,在本实施例中完整的气体脉冲周期是1s。如果气体脉冲占空比是70%,则该气体可以在所述1s的气体脉冲周期中的70%是导通的,并在所述1s的气体脉冲周期的30%是截止的。由于所述源RF信号脉冲频率是100Hz,所以完整的RF脉冲周期是10ms。若RF脉冲占空比是40%,RF导通相(当所述13.56MHz信号是导通的时)是所述10ms RF脉冲周期的40%并且RF截止相(当所述13.56MHz信号是截止的时)是所述10ms RF脉冲周期的60%。

[0020] 在一个或更多的实施方式中,可以以两个不同频率对电感源RF信号施加脉冲而所述气体被以它自己的脉冲频率施加脉冲。例如:上述的13.56MHz RF信号不仅可以被以100Hz的频率f1施加脉冲,而且可在频率f1的导通相期间被以不同的、更高频率施加脉冲。

例如：若该RF脉冲占空比是所述f1脉冲的40%，则所述f1脉冲的导通相是10ms的40%或4ms。然而，在f1的4ms导通相期间，该RF信号也可被以不同的、更高的频率f2（比如以400Hz）施加脉冲。

[0021] 本发明的实施方式预计气体脉冲和RF脉冲可以是同步的（即所述脉冲信号的上升沿和/或下降沿相匹配）或者可以是异步的。所述占空比可以是恒定的，或者可以以独立于其它脉冲频率的方式或者依赖于其它脉冲频率的方式变化。

[0022] 在一个或更多的实施方式中，可以采用频率啁啾。例如：RF信号可以以周期性或非周期性的方式改变它的基本频率，以便可以在任何所述脉冲周期（例如：任何RF信号脉冲周期或者气体脉冲周期）的相或者任何所述脉冲周期的相的部分采用不同的频率（例如：60MHz与13.56MHz）。同样地，若需要，该气体脉冲频率可以随时间推移以周期性或非周期性的方式改变。

[0023] 在一个或更多的实施方式中，上述的气体脉冲和源RF脉冲可以与一个或更多个脉冲或者另一参数的变量（诸如偏置RF信号的脉冲、DC偏置到电极的脉冲、多RF频率在不同脉冲频率下的脉冲、任何参数的相的改变，等等）组合。

[0024] 参考下面的图形和讨论能够更好地理解本发明的实施方式的特征和优点。

[0025] 图1根据本发明的一个的实施方式示出了输入气体（诸如反应性气体和/或惰性气体）和源RF信号都被施加脉冲（但在不同的脉冲频率下）的组合脉冲方案的实施例。在图1的实施例中，所述输入气体102被以约为2s/脉冲或者2MHz的气体脉冲频率（定义为 $1/T_{gp}$ ，其中 T_{gp} 是所述气体脉冲的周期）施加脉冲。

[0026] 13.56MHz的TCP源RF信号104被以RF脉冲频率（定义为 $1/T_{rfp}$ ，其中 T_{rfp} 是所述RF脉冲的周期）施加脉冲。在此为了说明RF脉冲的构思，所述RF信号在时期120期间是导通的（例如13.56MHz RF信号）并且在时期122期间是截止的。每个气体脉冲频率和每个RF脉冲频率都可以有自己的占空比（定义为脉冲导通时间除以脉冲总周期）。没有任何脉冲信号的占空比必须是50%的要求，并且占空比可以为特殊处理的需要而有所不同。

[0027] 在一个实施方式中，所述气体脉冲和所述RF信号脉冲是用相同的占空比。在另一个实施方式中，所述气体脉冲和所述RF信号脉冲是用独立可控的（以及可以是不同的）占空比以最大化粒度控制。在一个或更多的实施方式中，所述气体脉冲信号和所述RF脉冲信号的上升沿和/或下降沿可以是同步的。在一个或更多的实施方式中，所述气体脉冲信号和所述RF脉冲信号的上升沿和/或下降沿可以是异步的。

[0028] 在图2中，所述输入气体202被以它自己的气体脉冲频率施加脉冲。然而，所述源RF信号204可被以两种不同的频率施加脉冲，而所述气体被以它自己的气体脉冲频率（定义为 $1/T_{gp}$ ，其中 T_{gp} 是所述气体脉冲的周期）施加脉冲。例如：所述RF信号不仅可以被以频率f1（从图中定义为 $1/T_{f1}$ ）施加脉冲，而且还可以在f1脉冲的导通相期间被以不同的、更高频率施加脉冲。例如：在这个f1脉冲的导通相期间，所述RF信号可以被以不同的脉冲频率f2（从图中定义为 $1/T_{f2}$ ）施加脉冲。

[0029] 在图3中，输入气体302被以它自己的气体脉冲频率施加脉冲。然而，RF信号304可被以三种不同的频率施加脉冲，而所述气体被以它自己的气体脉冲频率施加脉冲。例如：所述RF信号不仅可以被以频率f1（从图中定义为 $1/T_{f1}$ ）施加脉冲，而且还可以在f1脉冲的导通相期间被以不同的、更高频率施加脉冲。因此，在这个f1脉冲的导通相期间，所述RF信号可

以被以不同的脉冲频率 f_2 (从图中定义为 $1/T_{f2}$) 施加脉冲。在所述 f_1 脉冲的截止相期间, 所述RF信号可以被以不同的脉冲频率 f_3 (从图中定义为 $1/T_{f3}$) 施加脉冲。

[0030] 此外或替代地, 尽管在图1-3的实施例中示出的占空比是恒定的, 但占空比可以以周期性或非周期性的方式以及独立于或依赖于所述脉冲信号 (气体脉冲信号、或者RF脉冲信号、或者其他信号) 之一的相的方式变化。进一步地, 占空比的变化相对于任何脉冲信号 (气体脉冲信号、或者RF脉冲信号、或者其他信号) 之一的相而言可以是同步的或异步的。

[0031] 在一个实施方式中, 所述RF脉冲的占空比有利地在所述气体脉冲的导通相期间被设置为一个值 (例如如图1中的154), 并且所述RF脉冲的占空比在所述气体脉冲的截止相期间被设置为另一个不同的值 (例如如图1中的156)。在优选的实施方式中, 所述RF脉冲的占空比有利地在所述气体脉冲的导通相期间被设置为一个值 (例如如图1中的154) 并且所述RF脉冲的占空比在所述气体脉冲的截止相期间被设置为一个较低的值 (例如如图1中的156)。可以预期, 在这种RF脉冲占空比的实施例中, 所述占空比在所述气体脉冲的导通相较高并且在所述气体脉冲的截止相较低, 这对某些蚀刻有利的。可以预期, 这种RF脉冲占空比的不一致, 即所述占空比在所述气体脉冲的导通相较低并且在所述气体脉冲的截止相较高, 对某些蚀刻有利的。作为本文所使用的术语, 当信号被施加脉冲时, 在该信号被施加脉冲期间该占空比不同于100% (即: 脉冲和“一直导通”是两个不同的概念)。

[0032] 此外或替代地, 频率啁啾可以用于任何脉冲信号 (气体脉冲信号、或者RF脉冲信号、或者其他信号)。在下面的图4中更详细地描述了与RF脉冲信号有关的频率啁啾。

[0033] 在一个或更多的实施方式中, 所述气体被施加脉冲使得在所述气体的导通相期间, 反应性气体和惰性气体 (诸如氩气、氦气、氙气、氮气、氟气等) 是通过配方指定的。在所述气体脉冲的截止相期间, 所述反应性气体和惰性气体两者中的至少一些可以被除去。在另一实施方式中, 在所述气体脉冲的截止相期间, 至少一些所述反应性气体被除去并且被惰性气体代替。在一个有利的实施方式中, 在所述气体脉冲的截止相期间, 至少一些所述反应性气体被除去并且被惰性气体代替以保持室压基本上相同。

[0034] 在一个或更多的实施方式中, 在所述气体脉冲的截止相期间, 惰性气体占流入该室的总气体量的百分比可以从约X%到约100%变化, 其中X是惰性气体占在所述气体脉冲的导通相期间所用的总气体流的百分数。在一个更优选的实施方式中, 惰性气体占流入该室的总气体量的百分比可以从约1.1X到约100%变化, 其中X是惰性气体占在所述气体脉冲的导通相期间所用的总气体流的百分数。在一个优选的实施方式中, 惰性气体占流入该室的总气体量的百分比可以从约1.5X到约100%变化, 其中X是惰性气体占在所述气体脉冲的导通相所用的总气体流的百分比。

[0035] 所述气体脉冲频率在高端 (上限频率) 受所述气体在该室的停留时间的限制。这种停留时间的构思是本领域技术人员所公知的并且随室设计的不同而变化。例如: 电容耦合室的停留时间范围通常在几十毫秒。在另一个例子中, 电感耦合室的停留时间范围通常在几十毫秒到几百毫秒。

[0036] 在一个或更多的实施方式中, 气体脉冲周期的范围可以从10毫秒到50毫秒, 更优选地从50毫秒到约10秒以及优选地从约500毫秒到约5秒。

[0037] 根据本发明的实施方式, 所述源RF脉冲周期低于所述气体脉冲周期。所述RF脉冲频率在高端受所述RF信号的频率的限制 (例如: 若RF频率是13.56MHz, 所述RF脉冲频率的上

限将被确立为13.56MHz)。

[0038] 图4根据本发明的一个或更多的实施方式示出了其它可能的组合方式。在图4中,另一个信号406(诸如偏置RF或者任何其它周期性的参数)可以连同气体脉冲信号402和RF源脉冲信号404一起被施加脉冲(如以430和432所示的施加脉冲)。向信号406所施加的脉冲可以与系统中任何其它信号同步或异步。

[0039] 替代地或此外,另一种信号408(诸如DC偏置或者温度或者压力或者任何其它非周期性的参数)可以连同气体脉冲信号402和RF源脉冲信号404一起被施加脉冲。向信号408所施加的脉冲可以与系统中任何其它信号同步或异步。

[0040] 替代地或此外,另一种信号410(诸如RF源或者RF偏置或者任何其它非周期性的参数)可以是啁啾的并且连同气体脉冲信号402一起被施加脉冲。例如:当对信号410施加脉冲时,信号410的频率可以根据信号410的相或者另一种信号(诸如气体脉冲信号)的相或者响应于来自工具控制计算机的控制信号的不同而变化。在图1的实施例中,附图标记422所指区域相对于与附图标记420有关的频率具有较高的频率。较低频率422的实施例可以是27MHz以及较高频率的实施例可以是60MHz。向信号410施加的脉冲和/或啁啾可以与系统中任何其它信号同步或异步。

[0041] 图5根据本发明的一个或更多的实施方式示出了执行组合施加脉冲的步骤。例如:图5的步骤可以通过受控于一个或更多计算机的软件执行。所述软件可以存储在计算机可读介质中,该计算机可读介质在一个或更多的实施方式中包括非瞬态的计算机可读介质。

[0042] 在步骤502中,在等离子体处理室中提供衬底。在步骤504中,在向RF源和输入气体两者都施加脉冲的同时,处理所述衬底。步骤506示出了可选地向一个或多个其它信号(诸如RF偏置或另一种信号)施加脉冲。在步骤508中,在向所述RF源和所述输入气体施加脉冲时,所述频率、占空比、气体百分比等等可以可选地变化。

[0043] 本发明的实施方式也可以使用一个或更多的在同日申请的共同拥有的共同待审的名称为“在等离子体处理系统中惰性主导的脉冲”,律师案号为P2337P/LMRX-P226P1的专利申请中公开的气体脉冲技术,该专利申请通过参考并入此处。

[0044] 如从上述可以理解,本发明的实施方式提供一种可以拓宽用于蚀刻处理的处理窗的控制旋钮。由于许多当前的等离子体室已经提供了脉冲阀或脉冲质量流量控制器以及可脉冲的RF电源,因而无需昂贵的硬件改造就可实现更宽的处理窗。当前工具的拥有者可以通过现有的蚀刻处理系统来利用较小的软件升级和/或较小的硬件升级获得改进的蚀刻。进一步地,通过对离子-自由基流量比率进行改进的和/或更精细的控制,可以使选择性和均匀性以及反向RIE滞后效应得到改进。例如,在某些情况下,通过相对于自由基通量增加离子通量可以提高衬底上一层对另一层的选择性。使用这种改进的对离子-自由基的控制,可以更有效地实现原子层蚀刻(ALE)。

[0045] 虽然本发明已根据几个优选实施例进行了描述,但是存在落入本发明的范围之内的改变、置换和等同方案。例如,在图中讨论的脉冲技术可以按任何组合方式以适应特殊处理的要求。例如,所述占空比的变化可以通过附图中的任一个(或者任何一个的部分或者多个的组合)中所讨论的任何技术来实践。同样地,所述频率啁啾可以通过附图中的任一个(或者任何一个的部分或者多个的组合)中所讨论的任何技术和/或通过占空比的变化来实践。同样地,惰性气体替代可以通过附图中的任一个(或者任何一个的部分或者多个的组

合)中所讨论的任何技术和/或通过占空比的变化和/或通过频率啁啾来实践。要点是尽管技术被单独地和/或与具体的图形结合来讨论,但是为了执行特殊的处理,各种技术可以按任何组合方式组合。

[0046] 尽管本文提供了各种实施例,但这些实施例意在说明本发明而不是限制本发明。而且,本文提供的名称和摘要是为了方便而不应该被用于限制权利要求的范围。若本文使用术语“组”,这种术语意在具有其通常理解的数学含义,涵盖零个,一个或多于一个构件。还应当注意有许多实施本发明的方法和装置的替代方式。

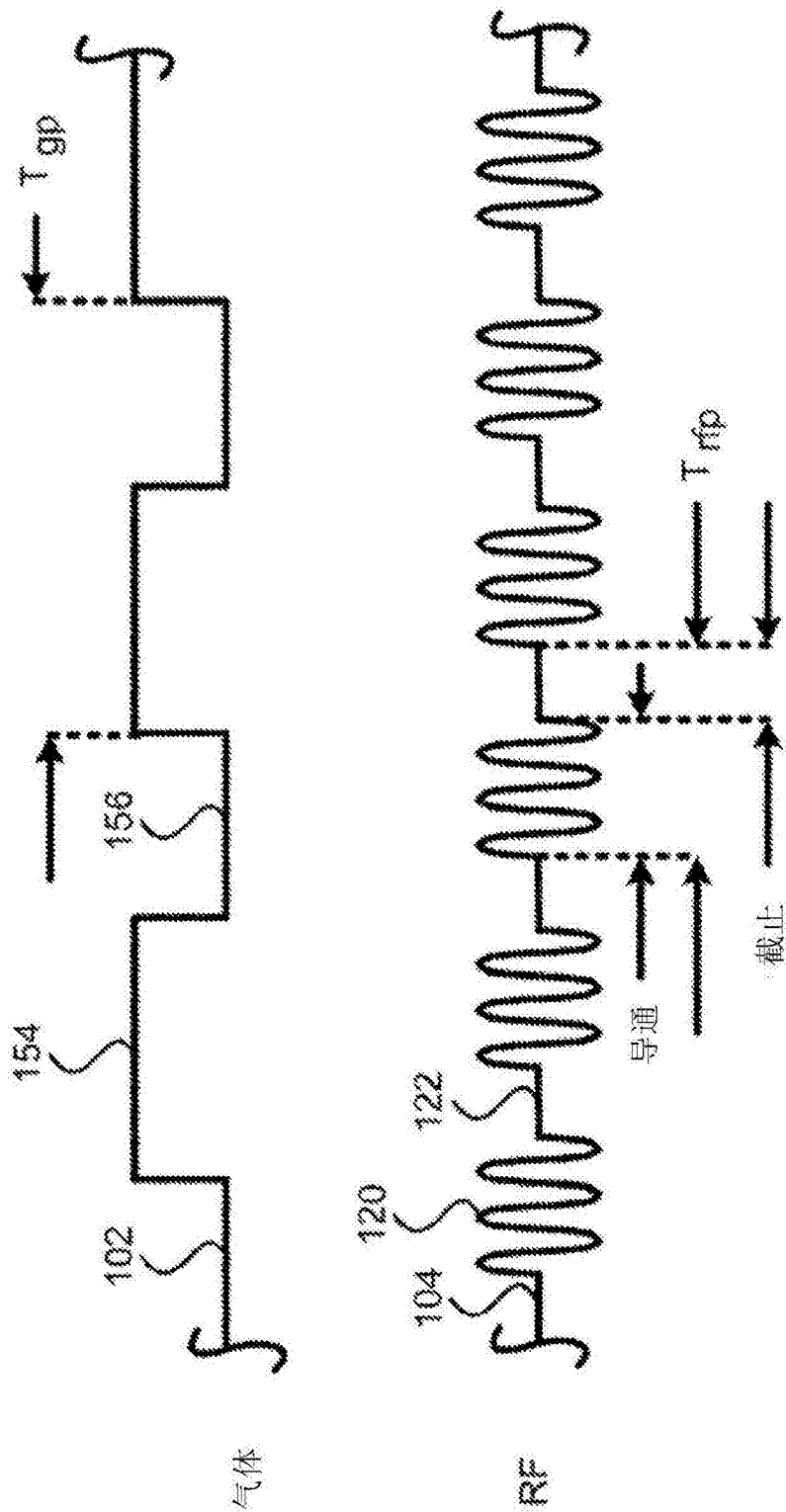


图1

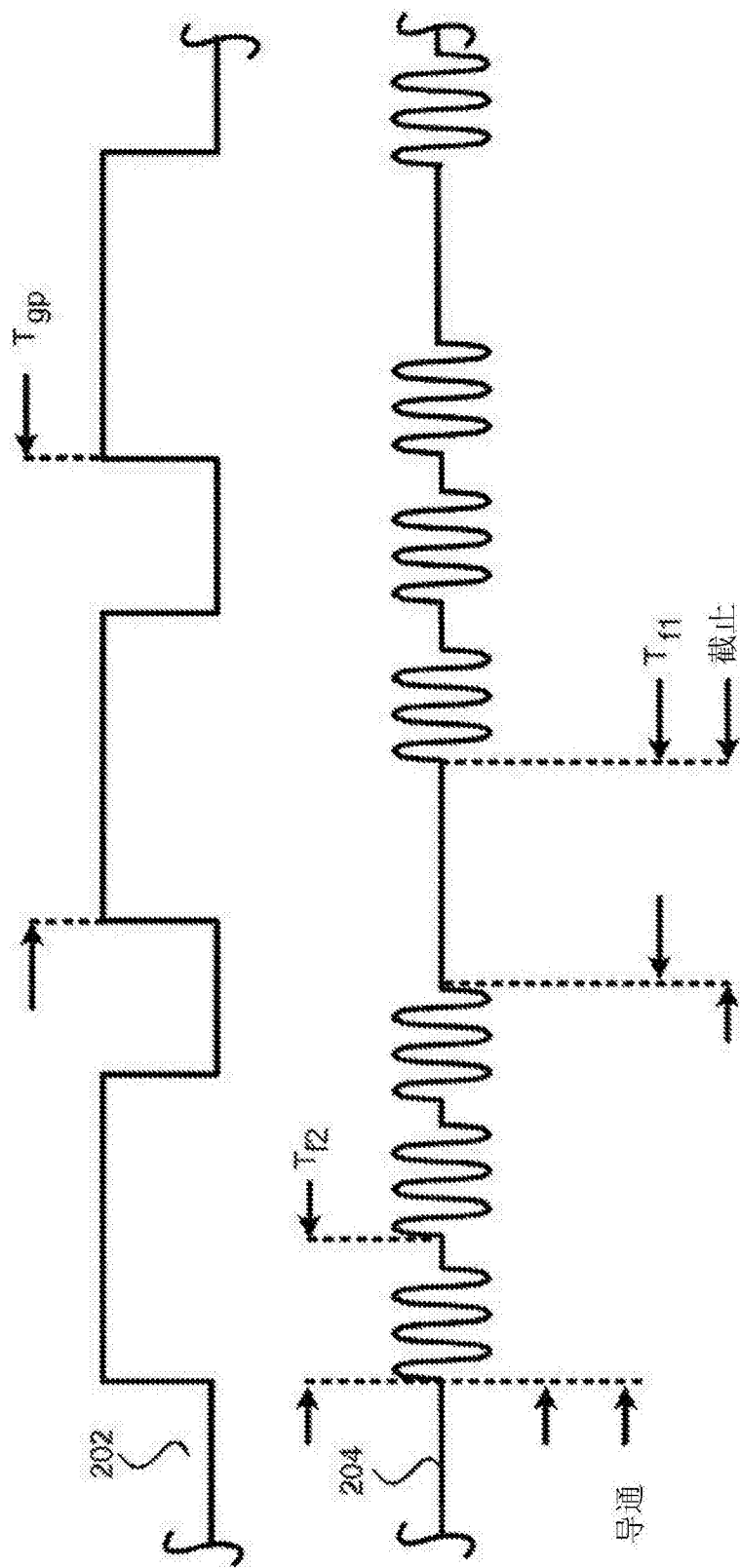


图2

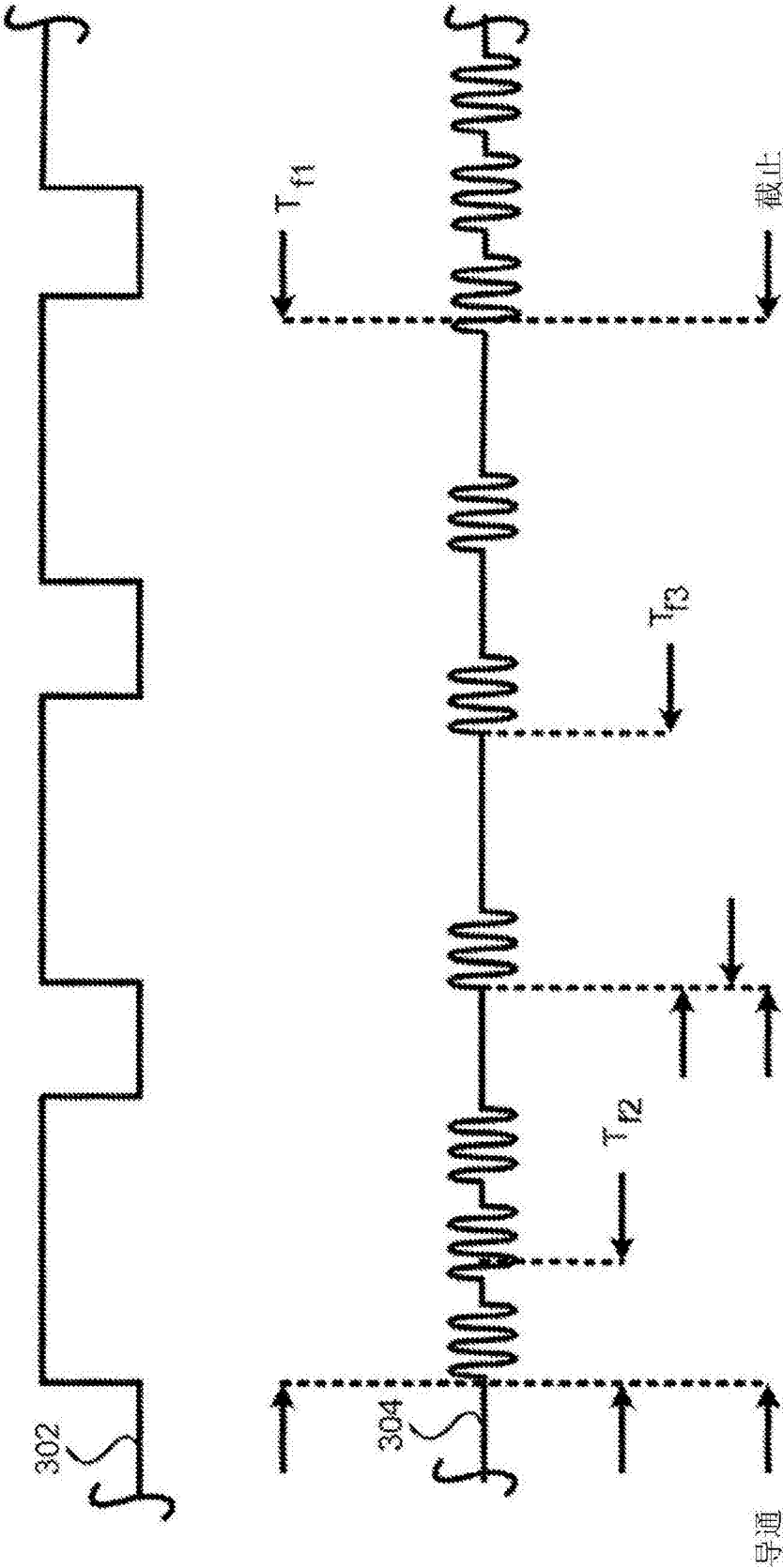


图3

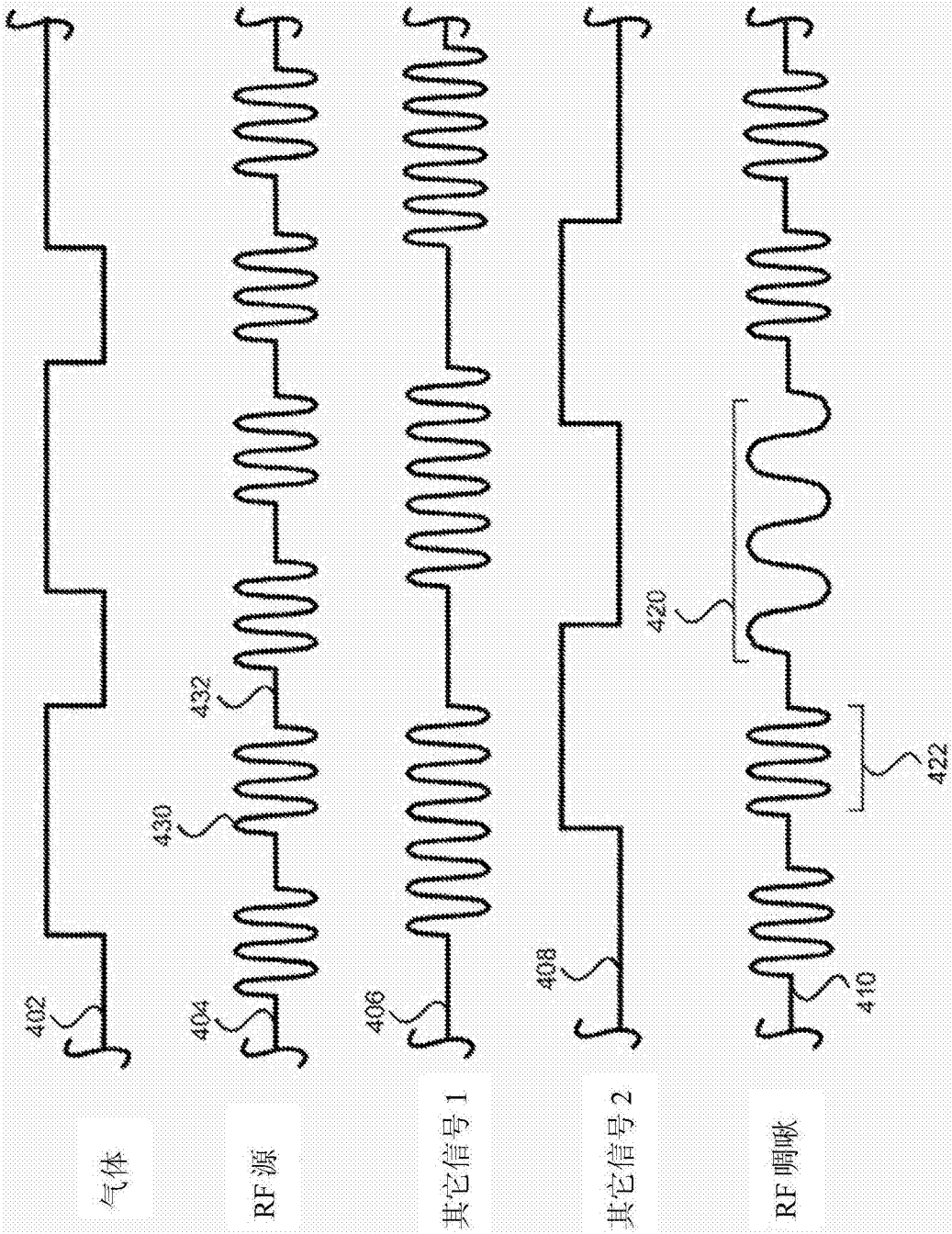


图4

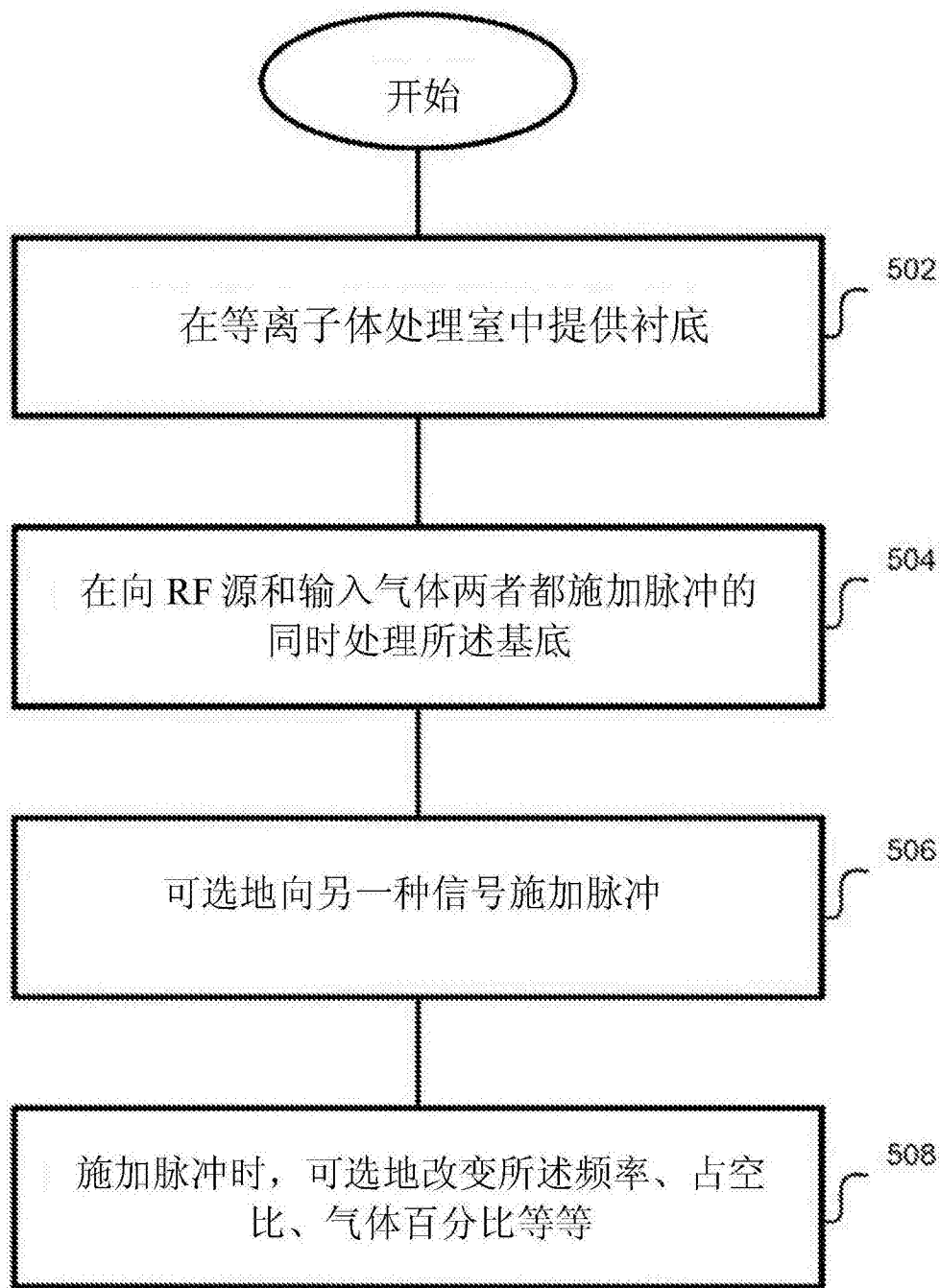


图5