(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 117597767 A
(43)申请公布日 2024.02.23

(21)申请号 202280047344.0
(22)申请日 2022.07.08
(30)优先权数据
2021-116582 2021.07.14 JP
(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2024.01.02
(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2022/027139 2022.07.08
(87)PCT国际申请的公布数据
WO2023/286715 JA 2023.01.19
(71)申请人 东京毅力科创株式会社
地址 日本东京
(72)发明人 玉虫元
(74)专利代理机构 北京市铸成律师事务所 11313
专利代理师 卜晨 王艳波
(51)Int.Cl.
H01L 21/3065(2006.01)

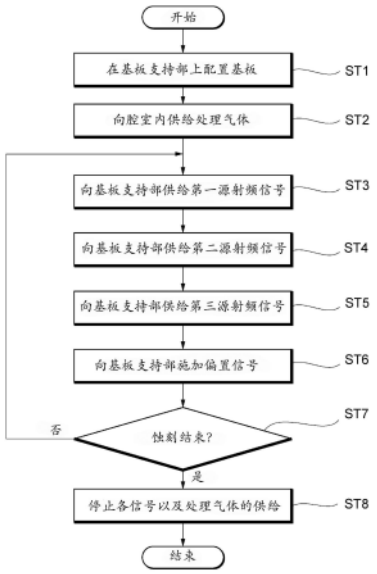
权利要求书3页 说明书20页 附图25页

(54)发明名称

等离子体处理方法以及等离子体处理装置

(57)摘要

本公开涉及的等离子体处理方法包含在基板支持部上配置基板的工序、向腔室内供给用于处理基板的处理气体的工序、通过第一高频信号以及第二高频信号在腔室内生成处理气体的等离子体的工序以及在基板支持部上施加偏置信号的工序,生成等离子体的工序包含基于偏置信号施加于基板支持部的时序使第二高频信号与第一高频信号叠加的工序。



CN 117597767 A

1.一种等离子体处理方法,在等离子体处理装置中对基板进行等离子体处理,

所述等离子体处理装置具备:

腔室;以及

基板支持部,设置于所述腔室内且构成为支持所述基板,

所述等离子体处理方法包含:

在所述基板支持部上配置基板的工序;

向所述腔室内供给用于处理所述基板的处理气体的工序;

通过第一高频信号以及第二高频信号在所述腔室内生成所述处理气体的等离子体的工序;以及

向所述基板支持部供给偏置信号的工序,

生成所述等离子体的工序包含基于所述偏置信号供给至所述基板支持部的时序使所述第二高频信号与所述第一高频信号叠加的工序。

2.根据权利要求1所述的等离子体处理方法,其中,

所述偏置信号为周期性地包含第一电脉冲而构成的脉冲波,

所述第一高频信号为具有第一频率的高频的连续波,

所述第二高频信号为周期性地包含第二电脉冲而构成的脉冲波,

所述第二电脉冲包含具有与所述第一频率不同的第二频率的高频的连续波而构成。

3.根据权利要求2所述的等离子体处理方法,其中,

所述第一电脉冲包含一种以上脉冲电压而构成。

4.根据权利要求2所述的等离子体处理方法,其中,

所述第一电脉冲包含高频的连续波而构成。

5.根据权利要求2所述的等离子体处理方法,其中,

在所述偏置信号中作为所述第一电脉冲重复出现的周期的第一周期与在所述第二高频信号中作为所述第二电脉冲重复出现的周期的第二周期相等。

6.根据权利要求1所述的等离子体处理方法,其中,

在生成所述等离子体的工序中,所述第一高频信号以及所述第二高频信号供给至所述基板支持部。

7.根据权利要求2所述的等离子体处理方法,其中,

所述第二电脉冲出现的时序与所述第一电脉冲停止的时序相等。

8.根据权利要求2所述的等离子体处理方法,其中,

所述第二电脉冲出现的时序比所述第一电脉冲停止的时序早。

9.根据权利要求2所述的等离子体处理方法,其中,

所述第二电脉冲出现的时序比所述第一电脉冲停止的时序迟。

10.根据权利要求7~9中任一项所述的等离子体处理方法,其中,

在所述第二周期中所述第二电脉冲停止的期间与在所述第一周期中所述第一电脉冲出现的期间相等。

11.根据权利要求5~7中任一项所述的等离子体处理方法,其中,

在所述第二周期中所述第二电脉冲停止的期间比在所述第一周期中所述第一电脉冲出现的期间长。

12.根据权利要求7～9中任一项所述的等离子体处理方法,其中,

在所述第二周期中所述第二电脉冲停止的期间比在所述第一周期中所述第一电脉冲出现的期间短。

13.根据权利要求6所述的等离子体处理方法,其中,

所述第二电脉冲出现的时序与所述第一电脉冲出现的时序相等。

14.根据权利要求6所述的等离子体处理方法,其中,

所述第二电脉冲出现的时序比所述第一电脉冲出现的时序早。

15.根据权利要求6所述的等离子体处理方法,其中,

所述第二电脉冲出现的时序比所述第一电脉冲出现的时序迟。

16.根据权利要求13～15中任一项所述的等离子体处理方法,其中,

在所述第二周期中所述第二电脉冲出现的期间与在所述第一周期中所述第一电脉冲出现的期间相等。

17.根据权利要求13～15中任一项所述的等离子体处理方法,其中,

在所述第二周期中所述第二电脉冲出现的期间比在所述第一周期中所述第一电脉冲出现的期间长。

18.根据权利要求13～15中任一项所述的等离子体处理方法,其中,

在所述第二周期中所述第二电脉冲出现的期间比在所述第一周期中所述第一电脉冲出现的期间短。

19.根据权利要求1～6中任一项所述的等离子体处理方法,其中,

生成所述等离子体的工序包含基于所述偏置信号供给至所述基板支持部的时序使第三高频信号与所述第一高频信号进一步叠加的工序。

20.根据权利要求19所述的等离子体处理方法,其中,

所述第三高频信号为周期性地包含第三电脉冲而构成的脉冲波,

所述第三电脉冲包含具有与所述第一频率以及所述第二频率不同的第三频率的高频而构成,

所述第三电脉冲的至少一部分与所述第二电脉冲在时间上叠加,并与所述第一高频信号叠加。

21.根据权利要求19所述的等离子体处理方法,其中,

所述第三高频信号为周期性地包含第三电脉冲而构成的脉冲波,

所述第三电脉冲包含具有与所述第一频率以及所述第二频率不同的第三频率的高频而构成,

所述第三电脉冲与所述第二电脉冲在时间上不叠加,而与所述第一高频信号叠加。

22.根据权利要求2所述的等离子体处理方法,其中,

所述第二频率为所述第一频率的整数倍。

23.根据权利要求2所述的等离子体处理方法,其中,

所述脉冲电压包含负电压。

24.一种等离子体处理装置,具备:

腔室;

基板支持部,设置于所述腔室内且构成为支持所述基板;以及

控制部，

所述控制部执行如下控制：

在所述基板支持部上配置基板；

向所述腔室内供给用于处理所述基板的处理气体；

通过第一高频信号以及第二高频信号在所述腔室内生成所述处理气体的等离子体；

向所述基板支持部施加偏置信号；和

基于向所述基板支持部施加所述偏置信号的时序，使所述第二高频信号与所述第一高频信号叠加。

等离子体处理方法以及等离子体处理装置

技术领域

[0001] 本公开的示例性实施方式涉及等离子体处理方法以及等离子体处理装置。

背景技术

[0002] 作为控制自由基和离子的量和质的技术,存在专利文献1中记载的等离子体处理装置。

[0003] 现有技术文献

[0004] 专利文献

[0005] 专利文献1:日本特开2020-4710号公报

发明内容

[0006] 本公开提供能够降低高频反射影响的技术。

[0007] 在本公开的一个示例性实施方式中,提供一种等离子体处理方法,在等离子体处理装置中对基板进行等离子体处理。所述等离子体处理装置具备:腔室;以及基板支持部,设置于所述腔室内且构成为支持所述基板,所述等离子体处理方法包含:在所述基板支持部上配置基板的工序;向所述腔室内供给用于处理所述基板的处理气体的工序;通过第一高频信号以及第二高频信号在所述腔室内生成所述处理气体的等离子体的工序;以及向所述基板支持部供给偏置信号的工序,生成所述等离子体的工序包含基于所述偏置信号供给至所述基板支持部的时序使所述第二高频信号与所述第一高频信号叠加的工序。

[0008] 在本公开的一个示例性实施方式中,提供一种等离子体处理装置。所述等离子体处理装置具备:腔室;基板支持部,设置于所述腔室内且构成为支持所述基板;以及控制部,所述控制部执行如下控制:在所述基板支持部上配置基板,向所述腔室内供给用于处理所述基板的处理气体,通过第一高频信号以及第二高频信号在所述腔室内生成所述处理气体的等离子体,向所述基板支持部供给偏置信号,基于所述偏置信号供给至所述基板支持部的时序使所述第二高频信号与所述第一高频信号叠加。

[0009] 发明效果

[0010] 根据本公开的一个示例性实施方式,能够提供能够降低高频反射影响的技术。

附图说明

[0011] 图1是概略性地示出一个示例性实施方式涉及的基板处理装置1的图。

[0012] 图2是表示基板处理装置1所包含的基板支持部11的一例的局部放大图。

[0013] 图3是表示一个示例性实施方式涉及的等离子体处理方法的一例的流程图。

[0014] 图4是表示本处理方法中的各源射频信号以及偏置信号的一例的时序图。

[0015] 图5A是表示偏置直流信号所包含的电脉冲P1的一例的图。

[0016] 图5B是表示偏置直流信号所包含的电脉冲P1的一例的图。

[0017] 图5C是表示偏置射频信号所包含的电脉冲P1的一例的图。

[0018] 图6是表示第二源射频信号所包含的电脉冲P2的一例的图。

[0019] 图7是表示第三源射频信号所包含的电脉冲P3的一例的图。

[0020] 图8是表示本处理方法的其他例的时序图。

[0021] 图9是表示本处理方法的其他例的时序图。

[0022] 图10是表示本处理方法的其他例的时序图。

[0023] 图11是表示本处理方法的其他例的时序图。

[0024] 图12是表示本处理方法的其他例的时序图。

[0025] 图13是表示本处理方法的其他例的时序图。

[0026] 图14是表示本处理方法的其他例的时序图。

[0027] 图15是表示本处理方法的其他例的时序图。

[0028] 图16是表示本处理方法的其他例的时序图。

[0029] 图17是表示本处理方法的其他例的时序图。

[0030] 图18是表示本处理方法的其他例的时序图。

[0031] 图19是表示本处理方法的其他例的时序图。

[0032] 图20是表示本处理方法的其他例的时序图。

[0033] 图21是表示本处理方法的其他例的时序图。

[0034] 图22是表示本处理方法的其他例的时序图。

[0035] 图23是表示本处理方法的其他例的时序图。

[0036] 图24是表示本处理方法的其他例的时序图。

[0037] 图25是表示本处理方法的其他例的时序图。

具体实施方式

[0038] 以下,关于本公开的各实施方式进行说明。

[0039] 在一个示例性实施方式中,提供一种等离子体处理方法,在等离子体处理装置中对基板进行等离子体处理。所述等离子体处理装置具备:腔室;以及基板支持部,设置于所述腔室内且构成为支持所述基板,所述等离子体处理方法包含:在所述基板支持部上配置基板的工序;向所述腔室内供给用于处理所述基板的处理气体的工序;通过第一高频信号以及第二高频信号在所述腔室内生成所述处理气体的等离子体的工序;以及向所述基板支持部供给偏置信号的工序,生成所述等离子体的工序包含基于所述偏置信号施加于所述基板支持部的时序使所述第二高频信号与所述第一高频信号叠加的工序。

[0040] 在一个示例性实施方式中,偏置信号为周期性地包含第一电脉冲而构成的脉冲波,第一高频信号为具有第一频率的高频的连续波,第二高频信号为周期性地包含第二电脉冲而构成的脉冲波,第二电脉冲包含具有与第一频率不同的第二频率的高频而构成。

[0041] 在一个示例性实施方式中,第一电脉冲包含一种以上脉冲电压而构成。

[0042] 在一个示例性实施方式中,第一电脉冲包含高频的连续波而构成。

[0043] 在一个示例性实施方式中,在偏置信号中作为第一电脉冲重复出现的周期的第一周期与在第二高频信号中作为第二电脉冲重复出现的周期的第二周期相等。

[0044] 在一个示例性实施方式中,在生成等离子体的工序中,第一高频信号以及第二高频信号供给至基板支持部。

[0045] 在一个示例性实施方式中,第二电脉冲出现的时序与第一电脉冲停止的时序相等。

[0046] 在一个示例性实施方式中,第二电脉冲出现的时序比第一电脉冲停止的时序早。

[0047] 在一个示例性实施方式中,第二电脉冲出现的时序比第一电脉冲停止的时序迟。

[0048] 在一个示例性实施方式中,在第二周期中第二电脉冲停止的期间与在第一周期中第一电脉冲出现的期间相等。

[0049] 在一个示例性实施方式中,在第二周期中第二电脉冲停止的期间比在第一周期中第一电脉冲出现的期间长。

[0050] 在一个示例性实施方式中,在第二周期中第二电脉冲停止的期间比在第一周期中第一电脉冲出现的期间短。

[0051] 在一个示例性实施方式中,第二电脉冲出现的时序与第一电脉冲开始的时序相等。

[0052] 在一个示例性实施方式中,第二电脉冲出现的时序比第一电脉冲开始的时序早。

[0053] 在一个示例性实施方式中,第二电脉冲出现的时序比第一电脉冲开始的时序晚。

[0054] 在一个示例性实施方式中,在第二周期中供给第二电脉冲的期间与在第一周期中第一电脉冲出现的期间相等。

[0055] 在一个示例性实施方式中,在第二周期中供给第二电脉冲的期间比在第一周期中第一电脉冲出现的期间长。

[0056] 在一个示例性实施方式中,在第二周期中供给第二电脉冲的期间比在第一周期中第一电脉冲出现的期间短。

[0057] 在一个示例性实施方式中,生成等离子体的工序包含基于偏置信号供给至基板支持部的时序使第三高频信号与第一高频信号进一步叠加的工序。

[0058] 在一个示例性实施方式中,第三高频信号为周期性地包含第三电脉冲而构成的脉冲波,第三电脉冲包含具有与第一频率以及第二频率不同的第三频率的高频而构成,第三电脉冲的至少一部分与第二电脉冲在时间上叠加,并与第一高频信号叠加。

[0059] 在一个示例性实施方式中,第三高频信号为周期性地包含第三电脉冲而构成的脉冲波,第三电脉冲包含具有与第一频率以及第二频率不同的第三频率的高频而构成,第三电脉冲与第二电脉冲在时间上不叠加,而与第一高频信号叠加。

[0060] 在一个示例性实施方式中,第二频率为第一频率的整数倍。

[0061] 在一个示例性实施方式中,脉冲电压包含负电压。

[0062] 在本公开的一个示例性实施方式中,提供一种等离子体处理装置。所述等离子体处理装置具备:腔室;基板支持部,设置于所述腔室内且构成为支持所述基板;以及控制部,所述控制部执行如下控制:在所述基板支持部上配置基板,向所述腔室内供给用于处理所述基板的处理气体,通过第一高频信号以及第二高频信号在所述腔室内生成所述处理气体的等离子体,向所述基板支持部施加偏置信号,基于向所述基板支持部施加所述偏置信号的时序,使所述第二高频信号与所述第一高频信号叠加。

[0063] 以下,参照附图,关于本公开的各实施方式详细地说明。此外,在各附图中对相同或者同样的要素标注相同的附图标记,省略重复的说明。只要没有特别说明,则根据附图所示的位置关系来说明上下左右等的位置关系。附图的尺寸比例不表示实际的比例,另外,实

际的比例不限于图示的比例。

[0064] 图1是概略性地示出一个示例性实施方式涉及的基板处理装置1的图。基板处理装置1为电容耦合等离子体处理装置。基板处理装置1包含等离子体处理腔室10、气体供给部20、电源30、排气系统40以及控制部50。此外，基板处理装置1包含基板支持部11以及气体导入部。气体导入部构成为向等离子体处理腔室10内导入至少一种处理气体。气体导入部包含喷头13。基板支持部11配置在等离子体处理腔室10内。喷头13配置在基板支持部11的上方。在一个示例性实施方式中，喷头13构成等离子体处理腔室10的顶部(ceiling)的至少一部分。等离子体处理腔室10具有由喷头13、等离子体处理腔室10的侧壁10a以及基板支持部11规定的等离子体处理空间10s。等离子体处理腔室10具有用于向等离子体处理空间10s供给至少一种处理气体的至少一个气体供给口和用于从等离子体处理空间排出气体的至少一个气体排出口。框体10a接地。喷头13以及基板支持部11与等离子体处理腔室10框体电绝缘。

[0065] 图2是表示基板处理装置1所包含的基板支持部11的一例的局部放大图。基板支持部11包含主体部111以及环组件112。主体部111包含基台113、静电吸盘114以及电极板117。此外，主体部111具有用于支持基板(晶圆)W的中央区域(基板支持面)111a和用于支持环组件112的环状区域(环支持面)111b。主体部111的环状区域111b在俯视下包围主体部111的中央区域111a。基板W配置在主体部111的中央区域111a上，环组件112以包围主体部111的中央区域111a上的基板W的方式配置在主体部111的环状区域111b上。基台113可以包含导电性部件。基台113的导电性部件能够作为下部电极发挥作用。静电吸盘114配置在基台上。静电吸盘114的上表面具有基板支持面111a。环组件112包含一个或者多个环状部件。一个或者多个环状部件之中的至少一个为边缘环。

[0066] 静电吸盘114在其内部包含吸盘电极115以及偏置电极116。吸盘电极115具有设置在基板支持面111a与基台113之间的电极115a。电极115a可以为与基板支持面111a的形状对应的平面状的电极。此外，吸盘电极15可以具有设置于环组件112与基台113之间的电极115b以及115c。电极115b以及c可以为与环组件112的形状对应的环状的电极。此外，电极115c设置于电极115b的外侧。偏置电极116具有设置在电极115a(或者基板支持面111a)与基台113之间的电极116a。电极116a可以为与基板支持面111a和/或电极115a的形状对应的平面状的电极。此外，偏置电极116可以具有设置在环组件与基台113之间的电极116b。

[0067] 此外，在基台113所包含的导电性部件作为下部电极发挥作用的情况下，静电吸盘114也可以不包含偏置电极116。此外，吸盘电极115也可以作为下部电极发挥作用。在吸盘电极115作为下部电极发挥作用的情况下，静电吸盘114也可以不包含偏置电极116。此外，静电吸盘114可以是包含电极115a以及电极116a的部分与包含电极115b以及115c和电极116b的部分作为单独的部件构成。

[0068] 此外，虽然省略图示，但基板支持部11可以包含构成为将静电吸盘114、环组件112以及基板之中的至少一个调节至目标温度的调温模块。调温模块可以包含加热器、传热介质、流路或者它们的组合。在流路中，流过盐水或气体那样的传热流体。此外，基板支持部11可以包含构成为向基板W的背面与基板支持面111a之间供给传热气体的传热气体供给部。

[0069] 返回至图1，喷头13构成为向等离子体处理空间10s内导入来自气体供给部20的至少一种处理气体。喷头13具有至少一个气体供给口13a、至少一个气体扩散室13b以及多个

气体导入口13c。供给至气体供给口13a的处理气体通过气体扩散室13b从多个气体导入口13c导入等离子体处理空间10s内。此外,喷头13包含导电性部件。喷头13的导电性部件作为上部电极发挥作用。此外,气体导入部除了喷头13以外,也可以包含安装于在框体10a上形成的一个或者多个开口部的一个或者多个侧面气体注入部(SGI:Side Gas Injector)。

[0070] 气体供给部20可以包含至少一个气体源21以及至少一个流量控制器22。在一个示例性实施方式中,气体供给部20构成为从分别对应的气体源21经由分别对应的流量控制器22向喷头13供给至少一种处理气体。各流量控制器22例如可以包含质量流量控制器或者压力控制式的流量控制器。而且,气体供给部20可以包含对至少一种处理气体的流量进行调制或者脉冲化的一个或者多个流量调制设备。

[0071] 电源30包含作为经由至少一个阻抗匹配电路与等离子体处理腔室10耦合的射频电源31。射频电源31构成为向基板支持部11的导电性部件和/或喷头13的导电性部件供给源射频信号和偏置射频信号那样的至少一种射频信号(射频功率)。由此,由供给至等离子体处理空间10s的至少一种处理气体形成等离子体。由此,射频电源31能够作为构成为在等离子体处理腔室10中由一种或多种处理气体生成等离子体的等离子体生成部的至少一部分发挥作用。此外,通过向基板支持部11的导电性部件供给偏置射频信号,能够在基板W上产生偏置电位,将形成的等离子体中的离子成分引入基板W。

[0072] 在一个示例性实施方式中,射频电源31包含第一射频生成部31a以及第二射频生成部31b。第一射频生成部31a构成为经由至少一个阻抗匹配电路与基板支持部11的导电性部件和/或喷头13的导电性部件耦合,生成等离子体生成用的源射频信号(源射频功率)。在一个示例性实施方式中,源射频信号为包含具有13MHz～150MHz的范围内的频率的高频而构成的连续波或者脉冲波。在一个示例性实施方式中,第一射频生成部31a可以构成为生成具有不同频率的多种源射频信号。生成的一种或者多种源射频信号供给至基板支持部11和/或喷头13的导电性部件。该一种或者多种源射频信号可以在基板支持部11中供给至基台113、吸盘电极115或者偏置电极116。第二射频生成部31b构成为经由至少一个阻抗匹配电路与基板支持部11的导电性部件耦合,生成偏置射频信号(偏置射频功率)。在一个示例性实施方式中,偏置射频信号具有比源射频信号低的频率。在一个示例性实施方式中,偏置射频信号为包含具有400kHz～13.56MHz的范围内的频率的高频而构成的连续波或者脉冲波。在一个示例性实施方式中,第二射频生成部31b可以构成为生成具有不同频率的多种偏置射频信号。生成的一种或者多种偏置射频信号供给至基板支持部11的基台113、吸盘电极115或者偏置电极116。此外,在各种实施方式中,可以是源射频信号以及偏置射频信号之中的至少一个被脉冲化。

[0073] 此外,电源30可以包含与等离子体处理腔室10耦合的直流电源32。直流电源32包含第一直流生成部32a以及第二直流生成部32b。在一个示例性实施方式中,第一直流生成部32a构成为与基板支持部11的导电性部件连接,生成第一直流信号。生成的第一偏置直流信号施加于基板支持部11的导电性部件。在一个示例性实施方式中,第一直流信号可以施加于基板支持部11的基台113、吸盘电极115或者偏置电极116所包含的电极116a和/或电极116b。在一个示例性实施方式中,第二直流生成部32b构成为与喷头13的导电性部件连接,生成第二直流信号。生成的第二直流信号施加于喷头13的导电性部件。在各种实施方式中,第一以及第二直流信号之中的至少一个可以被脉冲化。此外,第一以及第二直流生成部

32a、32b既可以除了射频电源31以外设置,也可以是第一直流生成部32a代替第二射频生成部31b设置。

[0074] 直流电源32生成施加于吸盘电极115(参照图2)所包含的电极115a、115b以及115c的直流电压。电极115b以及115c可以构成双极型的静电吸盘。此外,电极115a、115b以及115c也可以一体构成。直流电源32既可以构成为向电极115a、115b以及115c施加各自不同的直流电压,或者,可以构成为施加相同的直流电压。此外,电源30除了直流电源32以外,也可以具有生成施加于吸盘电极115的电压的电源。

[0075] 排气系统40能够与例如设置于等离子体处理腔室10的底部的气体排出口10e连接。排气系统40可以包含压力调节阀以及真空泵。通过压力调节阀调节等离子体处理空间10s内的压力。真空泵也可以包含涡轮分子泵、干燥泵或者它们的组合。

[0076] 控制部50处理使基板处理装置1执行本公开中描述的各种工序的计算机可执行指令。控制部50能够构成为以执行在此描述的各种工序的方式控制基板处理装置1的各要素。在一个示例性实施方式中,控制部50的一部分或者全部可以作为基板处理装置1的外部的装置的构成的一部分设置。控制部50可以例如包含计算机50a。计算机50a例如可以包含处理部(CPU:Central Processing Unit)50a1、存储部50a2以及通信接口50a3。处理部50a1能够构成为基于存储于存储部50a2的程序进行各种控制动作。存储部50a2可以包含RAM(Random Access Memory)、ROM(Read Only Memory)、HDD(Hard Disk Drive)、SSD(Solid State Drive)或者它们的组合。通信接口50a3可以经由LAN(Local Area Network)等的通信线路在基板处理装置1的其他构成之间通信。

[0077] 此外,在等离子体处理空间中形成的等离子体除了电容耦合等离子体(CCP;Capacitive Iycoupled Plasma)以外,也可以为电感耦合等离子体(ICP;Inductive Iycoupled Plasma)、ECR等离子体(Electron-Cyclotron-Resonance Plasma)、螺旋波激励等离子体(HWP:Helicon Wave Plasma)或者表面波等离子体(SWP:Surface Wave Plasma)等。此外,也可以使用包含交流(Alternating Current)等离子体生成部以及直流(Direct Current)等离子体生成部的、各种类型的等离子体生成部。在一个实施方式中,在交流等离子体生成部中使用的交流信号(交流功率)具有100kHz～10GHz的范围内的频率。因此,交流信号包含射频(Radio Frequency)信号以及微波信号。在一个实施方式中,射频信号具有200kHz～150MHz的范围内的频率。

[0078] 图3是表示一个示例性实施方式涉及的等离子体处理方法(以下,也称为“本处理方法”)的流程图。图4是在本处理方法中表示第一、第二和第三源射频信号以及偏置直流信号的时序图的一例。图5A至图5C是表示偏置信号所包含的电脉冲P1的一例的图。图6是表示第二源射频信号所包含的电脉冲P2的一例的图。图7是表示第三源射频信号所包含的电脉冲P3的一例的图。在图4至图7中,横轴表示时间。此外,在图4至图7中,纵轴表示各源射频信号的功率电平(作为一例,各源射频信号的功率的有效值)和/或偏置信号的电压、电压电平或者功率电平。

[0079] 在图4中,偏置直流信号为偏置信号的一例。偏置直流信号的“VL”以及“VH”表示偏置直流信号的电压电平(作为一例,偏置直流信号的电压的有效值)。在如图4所示的例子中,通过偏置直流信号施加于基板支持部11的偏置为与L期间相比H期间大。此外,如在图5C中后述的那样,偏置信号能够为偏置射频信号。

[0080] 此外,在图4中,第一源射频信号(为“第一高频信号”的一例)的“L1”表示构成第一源射频信号的高频的功率电平为零或者比由“H1”表示的功率电平低。此外,在图4中,第二源射频信号(为“第二高频信号”的一例)的“L2”表示构成第二源射频信号的高频的功率电平为零或者比由“H2”表示的功率电平低。第三源射频信号(为“第三高频信号”的一例)的“L3”表示构成第三源射频信号的高频的功率电平为零或者比由“H3”表示的功率电平低。

[0081] 如图3所示,本处理方法具有在基板支持部11上配置基板W的工序(ST1)、向等离子体处理腔室10内供给处理气体的工序(ST2)、向基板支持部11周期性地供给第一源射频信号(作为第一高频信号的一例)的工序(ST3)、向基板支持部11周期性地供给第二源射频信号(作为第二高频信号的一例)的工序(ST4)、向基板支持部11供给第三源射频信号(作为第三高频的一例)的工序(ST5)、供给偏置信号的工序(ST6)、判断蚀刻结束的工序(ST7)和停止各信号(第一、第二以及第三源射频信号和偏置信号)以及处理气体的供给的工序(ST8)。

[0082] 在工序ST1中,在基板支持部11上配置基板W。基板W可以为例如在硅晶圆上层积了底膜、通过本处理方法蚀刻的被蚀刻膜、具有规定图案的掩模膜等的基板。被蚀刻膜例如可以是介电膜、半导体膜、金属膜等。

[0083] 在工序ST2中,处理气体供给至等离子体处理腔室10内。处理气体为为了蚀刻在基板W上形成的被蚀刻膜而使用的气体。处理气体的种类可以基于被蚀刻膜的材料、掩模膜的材料、底膜的材料、掩模膜所具有的图案、蚀刻的深度等适当选择。

[0084] 在从工序ST3至工序ST5中,向基板支持部11供给第一、第二以及第三源射频信号。第一射频生成部31a既可以将各源射频信号分别作为单独的信号生成而供给至基板支持部11,也可以将由合成了各源射频信号的波形的合成波构成的一个信号供给至基板支持部11。

[0085] 第一源射频信号作为一例,为其功率电平为H1的高频的连续波。第二源射频信号如图6所示那样,作为一例,为交替地重复作为构成第二源射频信号的高频的功率电平低的期间的L期间和作为该功率电平高的期间的H期间的信号。此外,第三源射频信号如图7所示那样,作为一例,为交替地重复作为构成第三源射频信号的高频的功率电平低的期间的L期间与作为该功率电平高的期间的H期间的信号。即,第二源射频信号以及第三源射频信号为在H期间包含由高频构成的电脉冲的脉冲波。

[0086] 构成第一、第二以及第三源射频信号的各高频可以具有分别不同的频率。作为一例,构成第一、第二以及第三源射频信号的各高频的频率可以为1～200MHz的范围。此外,各高频的频率能够为13.56MHz、40.68MHz、60MHz以及100MHz的任一个。构成第一、第二以及第三源射频信号的各高频的频率例如分别为40.68MHz、60MHz、100MHz。构成第一、第二以及第三源射频信号的各高频可以分别为某个频率的整数倍。在本处理方法中,第二和/或第三源射频信号相对于第一源射频信号叠加而形成合成波。在如图4所示的例子中,在第一源射频信号中叠加两个源射频信号(第二以及第三源射频信号)而形成合成波。与第一源射频信号叠加的射频信号的数量既可以为1以上,或者也可以为3以上。此外,与第一源射频信号叠加的源射频信号(例如、第二以及第三源射频信号)的频率可以根据在偏置直流信号中脉冲电压P重复出现的频率或者偏置射频信号所包含的高频的频率调制。例如,与第一源射频信号叠加的源射频信号(例如、第二以及第三源射频信号)的频率的调制量可以为在偏置直流信号中脉冲电压P重复出现的频率或者将偏置射频信号所包含的高频的频率设为上限以及下

限的范围。例如,在第二源射频信号的频率为40.68MHz,在偏置直流信号中脉冲电压P重复出现的频率为400kHz的情况下,第二源射频信号的频率可以在40.68MHz±400kHz的范围内调制。

[0087] 当第一、第二和/或第三源射频信号供给至基板支持部11时,由供给至等离子体处理腔室10内的处理气体形成等离子体。在其他实施方式中,各源射频信号可以供给至喷头13所包含的上部电极。此外,本处理方法除了电容耦合型的基板处理装置1以外,可以使用使用了电感耦合型等离子体或微波等离子体等任意的等离子体源的基板处理装置执行。在该情况下,第一、第二和/或第三源射频信号可以供给至各基板处理装置所包含的任意的电极或者线圈。

[0088] 在工序ST6中,向基板支持部11施加偏置信号。作为一例,在偏置信号为偏置直流信号的情况下,如图4所示,偏置直流信号能够为交替地重复其电压的有效值为VL的H期间和其电压的有效值为比VL高的VH的L期间的脉冲波。例如,偏置直流信号包含在H期间其电压的有效值成为负电压的电脉冲P1。在偏置信号中,电脉冲P1周期性地出现。在偏置直流信号中电脉冲P1重复出现的频率能够为10Hz～2MHz。此外,该频率能够为10Hz～100kHz。该频率在一例中,为图4中的期间PDa的倒数。如图4所示,在偏置直流信号中,电脉冲P1能够以期间PDa为一个周期周期性地出现。电脉冲P1如图5A以及图5B所示,能够包含一个以上脉冲电压P。图5A表示电脉冲P1包含两个以上脉冲电压P的例子。此外,图5B表示电脉冲P1包含一个脉冲电压P的例子。

[0089] 如图5A以及图5B所示那样,作为一例,偏置直流信号可以在L期间为一定的电压V1(=VH)。V1可以为0V、正电压或者负电压。此外,作为一例,如图5A所示,在偏置直流信号的H期间,偏置直流信号的电脉冲P1可以为包含周期性地重复的脉冲电压P而构成。在如图5A所示的例子中,在偏置直流信号中脉冲电压P重复出现的频率能够为50kHz～2MHz。此外,该频率能够为100kHz～800kHz。该频率在一例中,为在图5A中一个脉冲电压P出现的期间与脉冲电压P停止的一个期间之和的倒数。此外,如图5B所示,在偏置直流信号的L期间,偏置直流信号的电脉冲P1可以包含一个脉冲电压P而构成。在如图5B所示的例子中,在偏置直流信号中脉冲电压P或者电脉冲P1重复出现的频率能够为50kHz～2MHz。此外,该频率能够为100kHz～800kHz。该频率在一例中,为在图5B中的、期间Ta1与期间Ta2之和的倒数。在如图5A以及图5B所示的例子中,脉冲电压P包含为比V1低的电压的V2。V2能够为负电压。此外,电脉冲P1所包含的一个以上脉冲电压P所示的波形除了如图5所示的矩形波以外,也可以为三角波、梯形波、脉冲等,电压能够以一定的周期变化、相对于上部电极或者基板支持部11施加规定的偏置电压的波形。

[0090] 如图5C所示,偏置信号也可以为偏置射频信号。在如图5C所示的例子中,偏置射频信号能够为在H期间包含电脉冲P1的脉冲波。电脉冲P1可以包含高频的连续波而构成。即,在如图5C所示的例子中,偏置射频信号能够为交替地重复作为构成偏置射频信号的高频的功率电平高的期间的H期间和作为该功率电平低的期间的L期间的信号。偏置射频信号的功率电平可以在L期间为零。此外,电脉冲P1所包含的高频的频率例如能够为50kHz～15MHz。此外,该频率能够为200kHz～15MHz。此外,在偏置射频信号中电脉冲P1重复出现的频率能够为10Hz～2MHz。此外,该频率能够为10Hz～100kHz。

[0091] 此外,工序ST3至工序ST6既可以同时开始,或者也可以在不同的时序开始。在工序

ST3至工序ST6在不同的时序开始的情况下,其顺序可以是任意的。

[0092] 在工序ST7中,决定是否结束被蚀刻膜的蚀刻处理。在继续蚀刻处理的情况下,返回工序ST3,继续工序ST3至工序ST7。另一方面,在结束蚀刻处理的情况下,在工序ST8中,停止各信号以及处理气体的供给,结束蚀刻处理。

[0093] 图4以及从图8至图25表示在从工序ST3至工序ST6中,作为偏置信号的一例的偏置直流信号以及第一、第二以及第三源射频信号的时序图的例子。图4以及从图8至图25表示执行从工序ST3至工序ST6的期间的一部分。以下,参照图4以及从图8至图25,关于工序ST3至工序6中的、各信号的关系进行说明。此外,在如图4以及从图8至图25所示的例子中,偏置射频信号可以代替偏置直流信号供给至基板支持部11。

[0094] 图4是表示本处理方法的一例的时序图。在本例中,当第一、第二和/或第三源射频信号供给至基板支持部11时,在等离子体处理腔室10中生成处理气体的等离子体。另一方面,偏置直流信号包含含有包含脉冲电压P(参照图5A以及图5B)而构成的电脉冲P1的H期间和其电压电平成为一定的L期间。然后,在H期间,当偏置直流信号的电脉冲P1(即,脉冲电压P)施加于基板支持部11时,在通过第一、第二和/或第三源射频信号生成的等离子体中存在的活性种引入配置于基板支持部11的基板W。由此,正离子碰撞形成于基板W的被蚀刻膜,蚀刻该被蚀刻膜。

[0095] 具体来说,偏置直流信号在时刻t1,其电压电平成为VL。由此,在偏置直流信号中出现电脉冲P1,电脉冲P1施加于基板支持部11(以下,也将在偏置信号中出现电脉冲P1称为“电脉冲P1打开”)。然后,电脉冲P1在从时刻t1至时刻t2之间(期间Ta1)施加于基板支持部11。当向基板支持部11施加电脉冲P1时,在等离子体中存在的活性种引入配置于基板支持部11的基板W。由此,正离子碰撞形成于基板W的被蚀刻膜,蚀刻该被蚀刻膜。

[0096] 在时刻t2,当偏置直流信号的电压电平成为VH时,在偏置直流信号中电脉冲P1停止,电脉冲P1向基板支持部11的施加停止(以下,也将在偏置信号中电脉冲P1停止称为“电脉冲P1关闭”)。然后,在从时刻T2经过期间Ta2后的时刻t3中,作为偏置直流信号的一个周期的期间PDa结束。此外,在时刻t3,偏置直流信号的电压电平再次成为VL,偏置直流信号的下一周期开始。

[0097] 第二源射频信号与偏置直流信号的相位同步,其功率电平周期性地变化。在如图4所示的例子中,首先,从时刻0至时刻t1,第二源射频信号的电压电平成为H2。由此,在第二源射频信号中,出现包含高频而构成的电脉冲P2(参照图6),供给至基板支持部11(以下,也将在第二源射频信号中出现电脉冲P2称为“电脉冲P2打开”)。然后,在时刻t1,当偏置直流信号的电脉冲P1打开,第二源射频信号的电压电平成为L2。由此,第二源射频信号的电脉冲P2停止,电脉冲P2向基板支持部11的供给停止(以下,也将在第二源射频信号中电脉冲P2停止称为“电脉冲P2关闭”)。

[0098] 在从时刻t1经过了期间Tb1的时刻t2中,当电脉冲P1关闭时,第二源射频信号的电脉冲P2打开。然后,在从时刻t2经过了期间Tb2的时刻t3中,作为第二源射频信号的一个周期的PDb结束。此外,在时刻t3,第二源射频信号的电脉冲P2再次打开,第二源射频信号的下一周期开始。

[0099] 第三源射频信号与偏置直流信号的相位同步,其功率电平周期性地变化。在如图4所示的例子中,首先,从时刻0至时刻t1,第三源射频信号的电压电平成为H3。由此,在第三

源射频信号中,出现包含高频而构成的电脉冲P3(参照图6),电脉冲P3供给至基板支持部11(以下,也将在第三源射频信号中电脉冲P3出现称为“电脉冲P3打开”)。然后,在时刻t1,当偏置直流信号的脉冲打开时,第三源射频信号的电压电平成为L3。由此,第三源射频信号的电脉冲P3停止,电脉冲P3向基板支持部11的供给停止(以下,也将在第二源射频信号中电脉冲P3停止称为“电脉冲P3关闭”)。

[0100] 在从时刻t1经过了期间Tc1的时刻t2,当偏置电压的电脉冲P1关闭时,第三源射频信号的电脉冲P3打开。然后,在从时刻t2经过了期间Tc2的时刻t3,作为第三源射频信号的一个周期的PDc结束。此外,在时刻t3,第三源射频信号的电脉冲P3再次打开,第三源射频信号的下一周期开始。

[0101] 如此,在如图4所示的例子中,在期间Ta1,向基板支持部11供给第一源射频信号所包含的高频以及电脉冲P1(即、脉冲电压P)。另一方面,在偏置直流信号的电脉冲P1关闭的期间Ta2,向基板支持部11供给第一、第二以及第三源射频信号各自所包含的高频的合成波。由此,在电脉冲P1没有施加于基板支持部11的期间Ta2,能够降低第一源射频信号的反射等对等离子体密度造成的影响。因此,能够提高基于源射频信号的等离子体的生成效率。此外,在电脉冲P1没有施加于基板支持部11的期间Ta2,能够提高等离子体密度并且降低等离子体中的电子温度。进而,能够根据向基板支持部11施加电脉冲P1的时序控制等离子体密度和/或等离子体中的电子温度。

[0102] 图8是表示本处理方法的其他例的时序图。图8的例子与在图4中说明的例子在第二以及第三源射频信号的电脉冲P2以及P3打开或者关闭的时序上不同。即,在图8的例子中,第二以及第三源射频信号的电脉冲P2以及P3在比偏置直流信号的电脉冲P1打开的时刻t1仅早Δt的时刻关闭。即,第二以及第三源射频信号的电脉冲P2以及P3关闭的期间Tb1以及Tc1与偏置直流信号的脉冲电压P1打开期间Ta1相比在时间上仅前进Δt。同样地,第二以及第三源射频信号的电脉冲P2以及P3在与偏置直流信号的电脉冲P1关闭的时刻t2相比仅早Δt的时刻打开。即,第二以及第三源射频信号的电脉冲P2以及P3打开的期间Tb2以及Tc2与偏置直流信号的电脉冲P1关闭的期间Ta2相比在时间上仅前进Δt。

[0103] 如此,如图8所示的例子在期间PDb以及期间PDc的长度与期间PDa相等的点上,与图4的例子一致。此外,如图8所示的例子是第二以及第三源射频信号的占空比与偏置直流信号的占空比一致。另一方面,如图8所示的例子在期间Tb1以及Tb2和期间Tc1以及Tc2分别与期间Ta1以及Ta2相比仅前进Δt的点上与图4的例子不同。

[0104] 图9是表示本处理方法的其他例的时序图。图9的例子与在图4中说明的例子在第二以及第三源射频信号的电脉冲P2以及P3打开或者关闭的时序上不同。即,在如图9所示的例子中,第二以及第三源射频信号的电脉冲P2以及P3在与偏置直流信号的电脉冲P1打开的时刻t1相比仅迟Δt的时刻关闭。即,第二以及第三源射频信号的电脉冲P2以及P3关闭的期间Tb1以及Tc1与偏置直流信号的电脉冲P1打开的期间Ta1相比在时间上仅迟Δt。同样地,第二以及第三源射频信号的电脉冲P2以及P3在与偏置直流信号的电脉冲P1关闭的时刻t2相比仅迟Δt的时刻打开。即,第二以及第三源射频信号的电脉冲P2以及P3打开的期间Tb2以及Tc2与偏置直流信号的电脉冲P1关闭的期间Ta2相比在时间上仅迟Δt。

[0105] 如此,如图9所示的例子在期间PDb以及期间PDc的长度与期间PDa相等的点上,与如图4所示的例子一致。此外,如图9所示的例子在第二以及第三源射频信号的占空比与偏

置直流信号的占空比相等的点上与如图4所示的例子一致。另一方面,如图9所示的例子在期间Tb1以及Tb2和期间Tc1以及Tc2分别比期间Ta1以及Ta2仅迟Δt的点上与如图4所示的例子不同。

[0106] 图10是表示本处理方法的其他例的时序图。如图10所示的例子与在图4中说明的例子在第二以及第三源射频信号的电脉冲P2以及P3打开的时序上不同。即,在如图10所示的例子中,第二以及第三源射频信号的电脉冲P2以及P3在比偏置直流信号的电脉冲P1关闭的时刻t2仅早Δt的时刻打开。

[0107] 如此,如图10所示的例子在期间PDb以及期间PDc的长度和开始以及结束的时序与期间PDa相等的点上与如图4所示的例子一致。另一方面,如图10所示的例子在第二以及第三源射频信号的占空比与偏置直流信号的占空比不同的点上,与如图4所示的例子不同。

[0108] 图11是表示本处理方法的其他例的时序图。如图11所示的例子与在图4中说明的例子在第二以及第三源射频信号的电脉冲P2以及P3关闭的时序上不同。即,在如图11所示的例子中,第二以及第三源射频信号的电脉冲P2以及P3在比偏置直流信号的电脉冲P1打开的时刻t1仅迟Δt的时刻关闭。此外,第二以及第三源射频信号的电脉冲P2以及P3在偏置直流信号的电脉冲P1关闭的时刻t2打开。

[0109] 如此,如图11所示的例子在第二以及第三源射频信号的电脉冲P2以及P3打开的时序上,与如图4所示的例子一致。此外,如图11所示的例子在期间PDb以及期间PDc的长度与期间PDa相等的点上,与如图4所示的例子一致。另一方面,如图11所示的例子在期间Tb1以及期间Tc1开始的时序比期间Ta1开始的时序仅迟Δt的点上与如图4所示的例子不同。此外,如图11所示的例子在期间Tb2以及期间Tc2结束的时序比期间Ta2结束的时序仅迟Δt的点上,与如图4所示的例子不同。此外,如图11所示的例子在第二以及第三源射频信号的占空比与偏置直流信号的占空比不同的点上,与如图4所示的例子不同。

[0110] 图12是表示本处理方法的其他例的时序图。如图12所示的例子与在图4中说明的例子在第二以及第三源射频信号的电脉冲P2以及P3关闭的时序上不同。即,在如图12所示的例子中,第二以及第三源射频信号的电脉冲P2以及P3在与偏置直流信号的电脉冲P1打开的时刻t1相比仅早Δt的时刻关闭。此外,第二以及第三源射频信号的电脉冲P2以及P3在偏置直流信号的电脉冲P1关闭的时刻t2打开。即,第二以及第三源射频信号的电脉冲P2以及P3关闭的期间Tb1以及Tc1在与偏置直流信号打开的期间Ta1相比在时间上仅前进Δt开始,与期间Ta1同时结束。此外,第二以及第三源射频信号的电脉冲P2以及P3在比偏置直流信号的电脉冲P1打开的时刻t3仅早Δt的时刻关闭。

[0111] 如此,如图12所示的例子在第二以及第三源射频信号的电脉冲P2以及P3打开的时序上与如图4所示的例子一致。此外,如图12所示的例子在期间PDb以及期间PDc的长度与期间PDa相等的点上,与如图4所示的例子一致。另一方面,如图12所示的例子在期间Tb1以及期间Tc1开始的时序比期间Ta1仅在时间上早Δt的点与如图4所示的例子不同。此外,如图12所示的例子在期间Tb2以及期间Tc2结束的时序比期间Ta2结束的时序仅早Δt的点上与如图4所示的例子不同。此外,如图12所示的例子在第二以及第三源射频信号的占空比与偏置直流信号的占空比不同的点上与如图4所示的例子不同。

[0112] 图13是表示本处理方法的其他例的时序图。如图13所示的例子与在图4中说明的例子在第二以及第三源射频信号的电脉冲P2以及P3打开的时序上不同。即,在如图13所示

的例子中,第二以及第三源射频信号的电脉冲P2以及P3在比偏置直流信号的电脉冲P1关闭时刻T2仅迟Δt的时刻打开。即,第二以及第三源射频信号的电脉冲P2以及P3关闭的期间Tb1以及Tc1与期间Ta1同时开始,此外,比偏置直流信号的电脉冲P1打开的期间Ta1在时间上仅迟Δt而结束。此外,第二以及第三源射频信号的电脉冲P2以及P3在偏置直流信号的电脉冲P1打开的时刻t3关闭。

[0113] 如此,如图13所示的例子在第二以及第三源射频信号的电脉冲P2以及P3关闭的时序上与如图4所示的例子一致。此外,如图13所示的例子在期间PDb以及期间PDc的长度和开始以及结束的时序与期间PDa相等的点上,与如图4所示的例子一致。另一方面,如图13所示的例子在第二以及第三源射频信号的占空比与偏置直流信号的占空比不同的点上与如图4所示的例子不同。

[0114] 图14是表示本处理方法的其他例的时序图。如图14所示的例子与在图4中说明的例子在第二以及第三源射频信号的电脉冲P2以及P3打开以及关闭的时序上不同。即,在如图14所示的例子中,第二以及第三源射频信号的电脉冲P2以及P3在与偏置直流信号的电脉冲P1打开的时刻t1相比仅迟Δt的时刻关闭,此外,在与偏置直流信号的电脉冲P1关闭的时刻t2相比仅早Δt的时刻打开。即,第二以及第三源射频信号的电脉冲P2以及P3关闭的期间Tb1以及Tc1与期间Ta1相比仅迟Δt开始,此外,仅早Δt结束。此外,第二以及第三源射频信号的电脉冲P2以及P3在比偏置直流信号的电脉冲P1打开的时刻t3仅迟Δt的时刻关闭。

[0115] 如此,如图14所示的例子在期间PDb以及期间PDc的长度与期间PDa相等的点上与如图4所示的例子一致。另一方面,如图14所示的例子在第二以及第三源射频信号的电脉冲P2以及P3打开以及关闭的时序不同的点上,与如图4所示的例子不同。此外,如图14所示的例子在第二以及第三源射频信号的占空比与偏置直流信号的占空比不同的点上与如图4所示的例子不同。

[0116] 图15是表示本处理方法的其他例的时序图。如图15所示的例子与在图4中说明的例子在第二以及第三源射频信号的电脉冲P2以及P3打开以及关闭的时序上不同。即,在如图15所示的例子中,第二以及第三源射频信号的电脉冲P2以及P3在比偏置直流信号的电脉冲P1打开的时刻t1仅早Δt的时刻关闭,此外,在比偏置直流信号的电脉冲P1关闭的时刻t2仅迟Δt的时刻打开。即,第二以及第三源射频信号的电脉冲P2以及P3关闭的期间Tb1以及Tc1比期间Ta1仅早Δt开始,此外,仅迟Δt结束。此外,第二以及第三源射频信号的电脉冲P2以及P3在比偏置直流信号的电脉冲P1打开的时刻t3仅早Δt的时刻关闭。

[0117] 如此,如图15所示的例子在期间PDb以及期间PDc的长度与期间PDa相等的点上,与如图4所示的例子一致。另一方面,如图15所示的例子在第二以及第三源射频信号的电脉冲P2以及P3打开以及关闭的时序不同的点上与如图4所示的例子不同。此外,如图15所示的例子在第二以及第三源射频信号的占空比与偏置直流信号的占空比不同的点上与如图4所示的例子不同。

[0118] 在从图8至图15所示的例子中,除了基于如图4所示的例子的效果以外,能够基于偏置直流信号的电脉冲P1打开或者关闭的时序控制第二以及第三源射频信号的电脉冲P2以及P3打开或者关闭的时序。即,能够根据第一源射频信号的反射以及偏置直流信号的电脉冲P1的打开或者关闭等对等离子体密度造成影响的时序适当控制第二以及第三源射频信号的电脉冲P2以及P3关闭或者成为关闭的时序。因此,能够使基于源射频信号的等离子

体的生成效率提高。由此,能够控制等离子体密度和/或电子温度。

[0119] 图16是表示本处理方法的其他例的时序图。如图16所示的例子与在图4中说明的例子比较,第二以及第三源射频信号的相位为反相位。即,在如图16所示的例子中,在偏置直流信号的电脉冲P1打开或者关闭的时序,第二以及第三源射频信号的电脉冲P2以及P3也打开或者关闭。

[0120] 在时刻t1,偏置直流信号的电脉冲P1打开并且第二以及第三源射频信号的电脉冲P2以及P3打开。然后,在从时刻t1经过了期间Ta1(Tb1、Tc1)的时刻t2,当偏置直流信号的电脉冲P1关闭时,第二以及第三源射频信号的电脉冲P2以及P3关闭。然后,在从时刻t2经过了期间Ta2(Tb2、Tc2)的时刻t3,作为偏置直流信号和第二以及第三源射频信号的一个周期的周期PDa(PDb、PDc)结束。此外,在时刻t3,偏置直流信号和第二以及第三源射频信号的下一周期开始。

[0121] 如此,在如图16所示的例子中,在偏置直流信号的电脉冲P1打开的期间Ta1,向基板支持部11供给电脉冲P1,并且供给第一、第二和/或第三源射频信号的合成波。即,在偏置直流信号的电脉冲P1打开的期间Ta1,即等离子体中的活性种通过电脉冲P1引入基板W的时序,与第一源射频信号叠加而向基板支持部11供给第二以及第三源射频信号。由此,能够在等离子体中的活性种引入基板W的时序使等离子体的密度上升。此外,能够提高等离子体中的电子温度。此外,在如图16所示的例子中,在偏置直流信号的电脉冲P1打开的时序,供给第一、第二和/或第三源射频信号的合成波。在此,第一、第二和/或第三源射频信号能够各自具有不同的频率。即,在偏置直流信号的电脉冲P1打开的时序,能够向基板支持部11供给包含多个频率的源射频信号。由此,在偏置直流信号的电脉冲P1打开的时序,能够抑制源射频信号的合成波的反射。因此,等离子体的形成变得容易。此外,在如图16所示的例子中,即使相对于第一、第二以及第三源射频信号的合成波阻抗发生变化,也能够通过第一、第二以及第三源射频信号的任一个取得阻抗整合。因此,在例如偏置直流信号的电脉冲P1打开的时序,相对于该合成波的阻抗发生变化,即使该合成波的反射量发生变化,也能够抑制该变化量。

[0122] 此外,在如图16(以及图17至图24)所示的例子中,作为一例,在偏置直流信号的电脉冲P1关闭的期间(即,期间Ta2)的一部分中,第一、第二以及第三源射频信号的功率电平也可以同时地成为L1、L2以及L3。在这种情况下,功率电平L1、L2以及L3均可以为零。此外,作为一例,在偏置直流信号的电脉冲P1关闭的期间(即,期间Ta2)的一部分中,也可以通过第二和/或第三源射频信号生成与第一源射频信号的相位反相位的合成波,与第一源射频信号叠加。即,也可以通过第二以及第三源射频信号生成第一、第二以及第三源射频信号的合成波的功率电平成为零的合成波。

[0123] 图17是表示本处理方法的其他例的时序图。如图17所示的例子与在图8中说明的例子比较,第二以及第三源射频信号的相位成为反相位。

[0124] 在如图17所示的例子中,第二以及第三源射频信号的电脉冲P2以及P3在与偏置直流信号的电脉冲P1打开的时刻t1相比仅早Δt的时刻打开。即,第二以及第三源射频信号的电脉冲P2以及P3打开的期间Tb1以及Tc1与偏置直流信号的电脉冲P1打开的期间Ta1相比在时间上仅前进Δt。同样地,第二以及第三源射频信号的电脉冲P2以及P3在与偏置直流信号的电脉冲P1关闭的时刻t2相比仅早Δt的时刻关闭。即,第二以及第三源射频信号的电脉冲

P2以及P3打开的期间Tb2以及Tc2与偏置直流信号的电脉冲P1关闭的期间Ta2相比在时间上仅前进Δt。

[0125] 如此,如图17所示的例子在期间PDb以及期间PDc的长度与期间PDa相等的点上,与如图16所示的例子一致。此外,如图17所示的例子为第二以及第三源射频信号的占空比与偏置直流信号的占空比一致。另一方面,如图8所示的例子在期间Tb1以及Tb2和期间Tc1以及Tc2分别比期间Ta1以及Ta2仅前进Δt的点上,与如图16所示的例子不同。

[0126] 图18是表示本处理方法的其他例的时序图。如图18所示的例子与在图9中说明的例子比较,第二以及第三源射频信号的相位成为反相位。

[0127] 在如图18所示的例子中,第二以及第三源射频信号的电脉冲P2以及P3在与偏置直流信号的电脉冲P1打开的时刻t1相比仅迟Δt的时刻关闭。即,第二以及第三源射频信号的电脉冲P2以及P3打开的期间Tb1以及Tc1与偏置直流信号的电脉冲P1打开的期间Ta1相比在时间上仅迟Δt。同样地,第二以及第三源射频信号的电脉冲P2以及P3在比偏置直流信号的电脉冲P1关闭的时刻t2仅迟Δt的时刻关闭。即,第二以及第三源射频信号的电脉冲P2以及P3打开的期间Tb2以及Tc2比偏置直流信号的电脉冲P1打开的期间Ta2在时间上仅迟Δt。

[0128] 如此,如图18所示的例子在期间PDb以及期间PDc的长度与期间PDa相等的点上,与如图16所示的例子一致。此外,如图18所示的例子在第二以及第三源射频信号的占空比与偏置直流信号的占空比相等的点上与如图16所示的例子一致。另一方面,如图18所示的例子在期间Tb1以及Tb2和期间Tc1以及Tc2分别比期间Ta1以及Ta2仅迟Δt的点上与如图16所示的例子不同。

[0129] 图19是表示本处理方法的其他例的时序图。如图19所示的例子与在图10中说明的例子比较,第二以及第三源射频信号的相位成为反相位。

[0130] 在如图19所示的例子中,第二以及第三源射频信号的电脉冲P2以及P3在偏置直流信号的电脉冲P1打开的时刻t1打开。此外,第二以及第三源射频信号的电脉冲P2以及P3在与偏置直流信号的电脉冲P1关闭的时刻t2相比仅早Δt的时刻关闭。

[0131] 如此,如图19所示的例子在期间PDb以及期间PDc的长度和开始以及结束的时序与期间PDa相等的点上,与如图16所示的例子一致。另一方面,如图19所示的例子在第二以及第三源射频信号的占空比与偏置直流信号的占空比不同的点上,与如图16所示的例子不同。

[0132] 图20是表示本处理方法的其他例的时序图。如图20所示的例子与在图11中说明的例子比较,第二以及第三源射频信号的相位成为反相位。

[0133] 在如图20所示的例子中,第二以及第三源射频信号的电脉冲P2以及P3在比偏置直流信号的电脉冲P1打开的时刻t1仅迟Δt的时刻打开。此外,第二以及第三源射频信号的电脉冲P2以及P3在偏置直流信号的电脉冲P1关闭的时刻t2关闭。此外,第二以及第三源射频信号的电脉冲P2以及P3在比偏置直流信号的电脉冲P1打开的时刻t3仅迟Δt的时刻打开。

[0134] 如此,如图20所示的例子在第二以及第三源射频信号的脉冲关闭的时序上与如图16所示的例子一致。此外,如图20所示的例子在期间PDb以及期间PDc的长度与期间PDa相等的点上与如图16所示的例子一致。另一方面,如图20所示的例子在期间Tb1以及期间Tc1开始的时序比期间Ta1开始的时序仅迟Δt的点上与如图16所示的例子不同。此外,如图20所示的例子在期间Tb2以及期间Tc2结束的时序比期间Ta2结束的时序仅迟Δt的点上,与如图

16所示的例子不同。此外,如图20所示的例子在第二以及第三源射频信号的占空比与偏置直流信号的占空比不同的点上,与如图16所示的例子不同。

[0135] 图21是表示本处理方法的其他例的时序图。如图21所示的例子与在图12中说明的例子比较,第二以及第三源射频信号的相位成为反相位。

[0136] 在如图21所示的例子中,第二以及第三源射频信号的电脉冲P2以及P3在比偏置直流信号的电脉冲P1打开的时刻t1仅早Δt的时刻打开。此外,第二以及第三源射频信号的电脉冲P2以及P3在偏置直流信号的电脉冲P1关闭的时刻t2关闭。此外,第二以及第三源射频信号的电脉冲P2以及P3在比偏置直流信号的电脉冲P1打开的时刻t3仅早Δt的时刻打开。

[0137] 如此,如图21所示的例子在第二以及第三源射频信号的电脉冲P2以及P3关闭的时序上与如图16所示的例子一致。此外,如图21所示的例子在期间PDb以及期间PDc的长度与期间PDa相等的点上与如图16所示的例子一致。另一方面,如图21所示的例子在期间Tb1以及期间Tc1开始的时序在比期间Ta1仅早Δt的点上与如图16所示的例子不同。此外,如图21所示的例子在期间Tb2以及期间Tc2结束的时序比期间Ta2结束的时序仅早Δt的点上与如图16所示的例子不同。此外,如图21所示的例子在第二以及第三源射频信号的占空比与偏置直流信号的占空比不同的点上与如图16所示的例子不同。

[0138] 图22是表示本处理方法的其他例的时序图。如图22所示的例子与在图13中说明的例子比较,第二以及第三源射频信号的相位成为反相位。

[0139] 在如图22所示的例子中,第二以及第三源射频信号的电脉冲P2以及P3在比偏置直流信号的电脉冲P1关闭的时刻t2仅迟Δt的时刻关闭。此外,第二以及第三源射频信号的电脉冲P2以及P3在偏置直流信号的电脉冲P1打开的时刻t3打开。

[0140] 如此,如图22所示的例子在第二以及第三源射频信号的电脉冲P2以及P3关闭的时序上与如图16所示的例子一致。此外,如图22所示的例子在期间PDb以及期间PDc的长度和开始以及结束的时序与期间PDa相等的点上与如图16所示的例子一致。另一方面,如图22所示的例子在期间Tb1以及期间Tc1结束的时序比期间Ta1结束的时序仅迟Δt的点上与如图16所示的例子不同。此外,如图21所示的例子在第二以及第三源射频信号的占空比与偏置直流信号的占空比不同的点上与如图16所示的例子不同。

[0141] 图23是表示本处理方法的其他例的时序图。如图23所示的例子与在图16中说明的例子比较,第二以及第三源射频信号的相位成为反相位。

[0142] 在如图23所示的例子中,第二以及第三源射频信号的电脉冲P2以及P3在比偏置直流信号的脉冲打开的时刻t1仅迟Δt的时刻打开,此外,在比偏置直流信号的电脉冲P1关闭的时刻t2仅早Δt的时刻打开。即,第二以及第三源射频信号的电脉冲P2以及P3打开的期间Tb1以及Tc1比期间Ta1仅迟Δt开始,此外,仅早Δt结束。此外,第二以及第三源射频信号的电脉冲P2以及P3在比偏置直流信号的电脉冲P1打开的时刻t3仅迟Δt的时刻关闭。

[0143] 如此,如图23所示的例子在期间PDb以及期间PDc的长度与期间PDa相等的点上,与如图16所示的例子一致。另一方面,如图23所示的例子在第二以及第三源射频信号的电脉冲P2以及P3打开以及关闭的时序不同的点上与如图16所示的例子不同。此外,如图23所示的例子在第二以及第三源射频信号的占空比与偏置直流信号的占空比不同的点上与如图16所示的例子不同。

[0144] 图24是表示本处理方法的其他例的时序图。如图24所示的例子与在图15中说明的

例子比较,第二以及第三源射频信号的相位成为反相位。即,在如图24所示的例子中,第二以及第三源射频信号的电脉冲P2以及P3在比偏置直流信号的电脉冲P1打开的时刻t1仅早Δt的时刻打开,此外,在比偏置直流信号的电脉冲P1关闭的时刻t2仅迟Δt的时刻关闭。即,第二以及第三源射频信号的电脉冲P2以及P3打开的期间Tb1以及Tc1比期间Ta1仅早Δt开始,此外,仅迟Δt结束。此外,第二以及第三源射频信号的电脉冲P2以及P3在比偏置直流信号的电脉冲P1打开的时刻t3仅早Δt的时刻打开。

[0145] 如此,如图24所示的例子在期间PDb以及期间PDc的长度与期间PDa相等的点上,与如图16所示的例子一致。另一方面,如图24所示的例子在第二以及第三源射频信号的电脉冲P2以及P3打开以及关闭的时序不同的点上与如图16所示的例子不同。此外,如图24所示的例子在第二以及第三源射频信号的占空比与偏置直流信号的占空比不同的点上与如图16所示的例子不同。

[0146] 在从图17至图24所示的例子中,除了基于如图16所示的例子的效果以外,能够基于偏置直流信号的电脉冲P1打开或者关闭的时序控制第二以及第三源射频信号的电脉冲P2以及P3打开或者关闭的时序。由此,能够根据等离子体中的离子引入基板W的时序以合适的时序使等离子体的密度上升。此外,能够提高等离子体中的电子温度。此外,在如从图17至图24所示的例子中,能够在偏置直流信号的电脉冲P1打开的时序,在合适的时序将源射频信号的合成波供给至基板支持部11。由此,能够在偏置直流信号的电脉冲P1打开的时序,抑制源射频信号的合成波的反射。此外,在如从图17至图24所示的例子中,即使阻抗相对于第一、第二以及第三源射频信号的合成波变化,也能够通过第一、第二以及第三源射频信号的任一个取得阻抗整合。因此,即使在例如偏置直流信号的电脉冲P1打开的时序,相对于该合成波的阻抗变化,该合成波的反射量变化,也能够在合适的时序抑制其变化量。

[0147] 图25是表示本处理方法的其他例的时序图。在如图25所示的例子中,第二源射频信号的电脉冲P2在与偏置直流信号的电脉冲P1关闭的期间Ta2对应的期间Tb2,与第一源射频信号叠加而供给至基板支持部11。此外,第三源射频信号的电脉冲P3在与偏置直流信号的电脉冲P1关闭的期间Ta1对应的期间Tc1,与第一源射频信号叠加而供给至基板支持部11。

[0148] 在如图25所示的例子中,第二源射频信号的电脉冲P2可以在如从图4至图15所示的例子所示那样的各种时序与第一源射频信号叠加。此外,可以在第二源射频信号的电脉冲P2打开的期间Tb1,进一步将其他射频信号的电脉冲与第一源射频信号叠加。包含第二源射频信号的各射频信号的频率或功率可以根据其目的任意地设定或者调整。

[0149] 在如图25所示的例子中,第三源射频信号的电脉冲P3可以在如从图16至图24所示的例子所示那样的各种时序与第一源射频信号叠加。此外,可以在第三源射频信号的电脉冲P3打开的期间Tc1,进一步将其他射频信号的电脉冲与第一源射频信号叠加。包含第三源射频信号的各射频信号的频率或功率可以根据其目的任意地设定或者调整。

[0150] 此外,在以上的各图中说明的例子可以适当组合而执行。此外,在各图中说明的例子中,也可以基于本处理方法的等离子体处理的经过变更与第一源射频信号叠加的各射频信号的数量或频率。即,也可以根据基于本处理方法的等离子体处理的经过,变更供给至基板支持部11的合成波。

[0151] 例如,在通过本处理方法蚀刻的蚀刻膜为多层膜的情况下,在该多层膜之中的规

定膜的蚀刻中使用的合成波可以与在该多层膜之中的其他膜的蚀刻中使用的合成波不同。例如,基板处理装置1具有辨别蚀刻的膜的种类的构成,也可以基于该辨别,在蚀刻处理的中途,变更在蚀刻处理中使用的合成波。由此,能够根据蚀刻膜的种类控制蚀刻条件,改善蚀刻形状等。作为一例,辨别蚀刻的膜的种类的构成能够为发光光谱分析仪(Optical Emission Spectroscopy)。此外,作为一例,多层膜能够为硅氧化膜和硅氮化膜的层积膜。

[0152] 此外,例如,在通过本处理方法在蚀刻膜中蚀刻纵横比高的孔的情况下,在本处理方法中使用的合成波可以根据该蚀刻的进行(深度或时间等)适当变更。由此,能够根据蚀刻的进行控制蚀刻条件,改善蚀刻形状等。此外,例如也可以根据基于本处理方法的蚀刻的进行,通过改变在本处理方法中使用的合成波,控制通过该蚀刻生成的聚合物等的副产物的量。

[0153] 此外,在各图中说明的例中,偏置信号不限定于矩形波。偏置信号可以为例如梯形波、三角波、锯齿波、正弦波等,电压以一定的周期变化,能够相对于上部电极或者基板支持部11施加规定的偏置电压的信号。此外,偏置直流信号也可以为对射频信号进行脉冲化后的信号。

[0154] 以上的各实施方式以说明的目的说明,能够不脱离本公开的范围以及主旨进行各种变形。例如,本处理方法除了电容耦合型基板处理装置1以外,能够使用使用了电感耦合型等离子体或微波等离子体等、任意的等离子体源的基板处理装置执行。此外,本公开例如能够包含以下的构成。

[0155] (附记1)

[0156] 一种等离子体处理方法,在等离子体处理装置中对基板进行等离子体处理,

[0157] 所述等离子体处理装置具备:

[0158] 腔室;以及

[0159] 基板支持部,设置于所述腔室内且构成为支持所述基板,

[0160] 所述等离子体处理方法包含:

[0161] 在所述基板支持部上配置基板的工序;

[0162] 向所述腔室内供给用于处理所述基板的处理气体的工序;

[0163] 通过第一高频信号以及第二高频信号在所述腔室内生成所述处理气体的等离子体的工序;以及

[0164] 向所述基板支持部供给偏置信号的工序,

[0165] 生成所述等离子体的工序包含基于所述偏置信号供给至所述基板支持部的时序使所述第二高频信号与所述第一高频信号叠加的工序。

[0166] (附记2)

[0167] 附记1中记载的等离子体处理方法,其中,

[0168] 所述偏置信号为周期性地包含第一电脉冲而构成的脉冲波,

[0169] 所述第一高频信号为具有第一频率的高频的连续波,

[0170] 所述第二高频信号为周期性地包含第二电脉冲而构成的脉冲波,

[0171] 所述第二电脉冲包含具有与所述第一频率不同的第二频率的高频的连续波而构成。

[0172] (附记3)

[0173] 附记2中记载的等离子体处理方法,其中,

[0174] 所述第一电脉冲包含一种以上脉冲电压而构成。

[0175] (附记4)

[0176] 附记2中记载的等离子体处理方法,其中,

[0177] 所述第一电脉冲包含高频的连续波而构成。

[0178] (附记5)

[0179] 附记2中记载的等离子体处理方法,其中,

[0180] 在所述偏置信号中作为所述第一电脉冲重复出现的周期的第一周期与在所述第二高频信号中作为所述第二电脉冲重复出现的周期的第二周期相等。

[0181] (附记6)

[0182] 附记1~5的任一项中记载的等离子体处理方法,其中,

[0183] 在生成所述等离子体的工序中,所述第一高频信号以及所述第二高频信号供给至所述基板支持部。

[0184] (附记7)

[0185] 附记2中记载的等离子体处理方法,其中,

[0186] 所述第二电脉冲出现的时序与所述第一电脉冲停止的时序相等。

[0187] (附记8)

[0188] 附记2中记载的等离子体处理方法,其中,

[0189] 所述第二电脉冲出现的时序比所述第一电脉冲停止的时序早。

[0190] (附记9)

[0191] 附记2中记载的等离子体处理方法,其中,

[0192] 所述第二电脉冲出现的时序比所述第一电脉冲停止的时序迟。

[0193] (附记10)

[0194] 附记7~9的任一项中记载的等离子体处理方法,其中,

[0195] 在所述第二周期中所述第二电脉冲停止的期间与在所述第一周期中所述第一电脉冲出现的期间相等。

[0196] (附记11)

[0197] 附记5~7的任一项中记载的等离子体处理方法,其中,

[0198] 在所述第二周期中所述第二电脉冲停止的期间比在所述第一周期中所述第一电脉冲出现的期间长。

[0199] (附记12)

[0200] 附记7~9的任一项中记载的等离子体处理方法,其中,

[0201] 在所述第二周期中所述第二电脉冲停止的期间比在所述第一周期中所述第一电脉冲出现的期间短。

[0202] (附记13)

[0203] 附记6中记载的等离子体处理方法,其中,

[0204] 所述第二电脉冲出现的时序与所述第一电脉冲出现的时序相等。

[0205] (附记14)

[0206] 附记6中记载的等离子体处理方法,其中,

[0207] 所述第二电脉冲出现的时序比所述第一电脉冲出现的时序早。

[0208] (附记15)

[0209] 附记6中记载的等离子体处理方法,其中,

[0210] 所述第二电脉冲出现的时序比所述第一电脉冲出现的时序迟。

[0211] (附记16)

[0212] 附记13～15的任一项中记载的等离子体处理方法,其中,

[0213] 在所述第二周期中所述第二电脉冲出现的期间与在所述第一周期中所述第一电脉冲出现的期间相等。

[0214] (附记17)

[0215] 附记13～15的任一项中记载的等离子体处理方法,其中,

[0216] 在所述第二周期中所述第二电脉冲出现的期间比在所述第一周期中所述第一电脉冲出现的期间长。

[0217] (附记18)

[0218] 附记13～15的任一项中记载的等离子体处理方法,其中,

[0219] 在所述第二周期中所述第二电脉冲出现的期间比在所述第一周期中所述第一电脉冲出现的期间短。

[0220] (附记19)

[0221] 附记1～6的任一项中记载的等离子体处理方法,其中,

[0222] 生成所述等离子体的工序包含基于所述偏置信号供给至所述基板支持部的时序使第三高频信号与所述第一高频信号进一步叠加的工序。

[0223] (附记20)

[0224] 附记19中记载的等离子体处理方法,其中,

[0225] 所述第三高频信号为周期性地包含第三电脉冲而构成的脉冲波,

[0226] 所述第三电脉冲包含具有与所述第一频率以及所述第二频率不同的第三频率的高频而构成,

[0227] 所述第三电脉冲的至少一部分与所述第二电脉冲在时间上叠加,并与所述第一高频信号叠加。

[0228] (附记21)

[0229] 附记19中记载的等离子体处理方法,其中,

[0230] 所述第三高频信号为周期性地包含第三电脉冲而构成的脉冲波,

[0231] 所述第三电脉冲包含具有与所述第一频率以及所述第二频率不同的第三频率的高频而构成,

[0232] 所述第三电脉冲与所述第二电脉冲在时间上不叠加,而与所述第一高频信号叠加。

[0233] (附记22)

[0234] 附记2～22的任一项中记载的等离子体处理方法,其中,

[0235] 所述第二频率为所述第一频率的整数倍。

[0236] (附记23)

[0237] 附记2～22的任一项中记载的等离子体处理方法,其中,

[0238] 所述脉冲电压包含负电压。

[0239] (附记24)

[0240] 一种等离子体处理装置,具备:

[0241] 腔室;

[0242] 基板支持部,设置于所述腔室内且构成为支持所述基板;以及

[0243] 控制部,

[0244] 所述控制部执行如下控制:

[0245] 在所述基板支持部上配置基板;

[0246] 向所述腔室内供给用于处理所述基板的处理气体;

[0247] 通过第一高频信号以及第二高频信号在所述腔室内生成所述处理气体的等离子体;

[0248] 向所述基板支持部施加偏置信号;和

[0249] 基于向所述基板支持部施加所述偏置信号的时序,使所述第二高频信号与所述第一高频信号叠加。

[0250] 附图标记说明

[0251] 1…基板处理装置、10…等离子体处理腔室、11…基板支持部、13…喷头、20…气体供给部、21…气体源、22…流量控制器、30…电源、31…射频电源、32…直流电源、40…排气系统、50…控制部、111…主体部、112…环组件、W…基板。

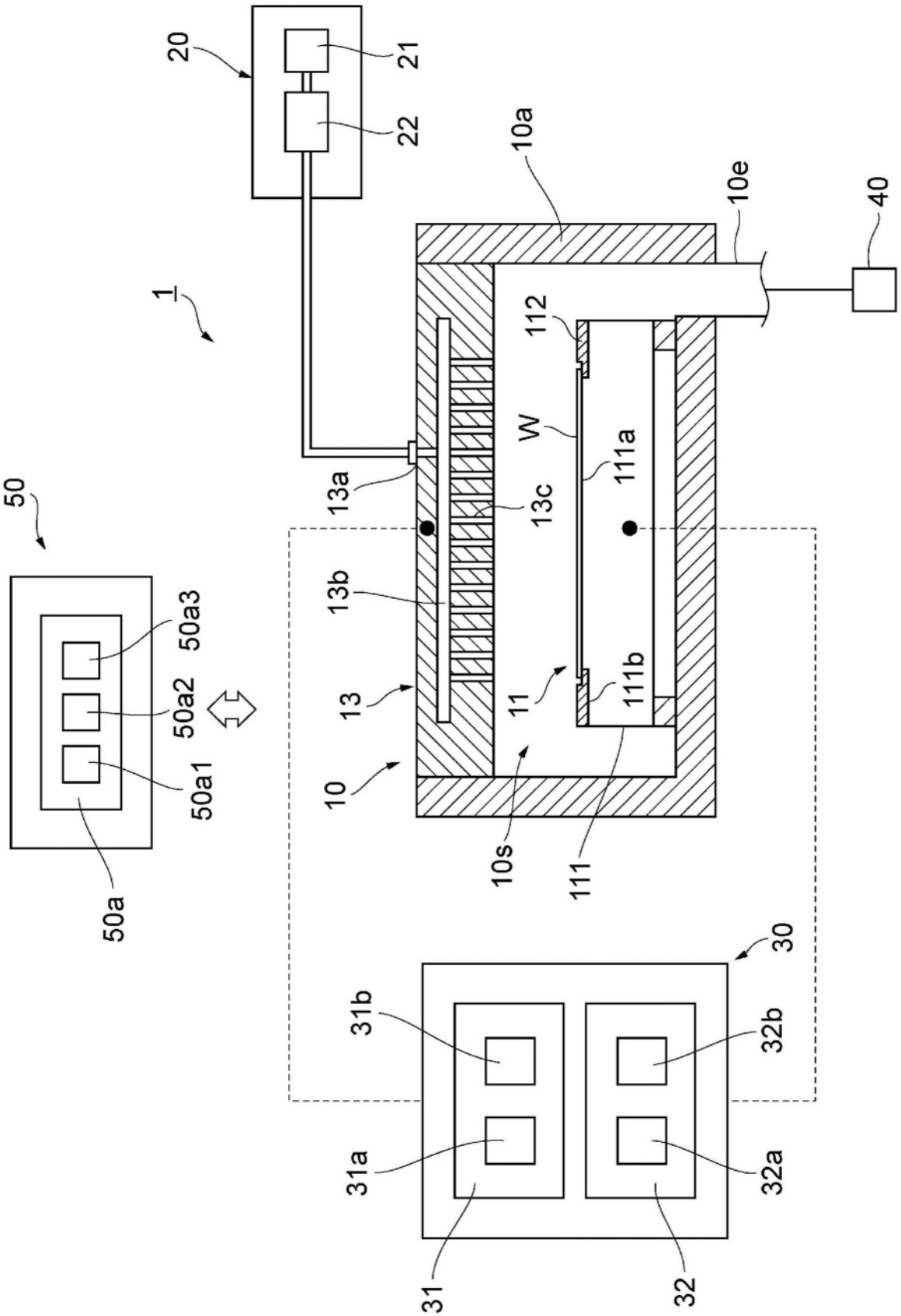

20
21
22
10a
10e
40
1
112
W
111a
13a
13c
50
13b
50a3
50a2
13
11
111b
50a1
10
10s
111
50a
30
31b
32b
31a
32a
31
32

图1

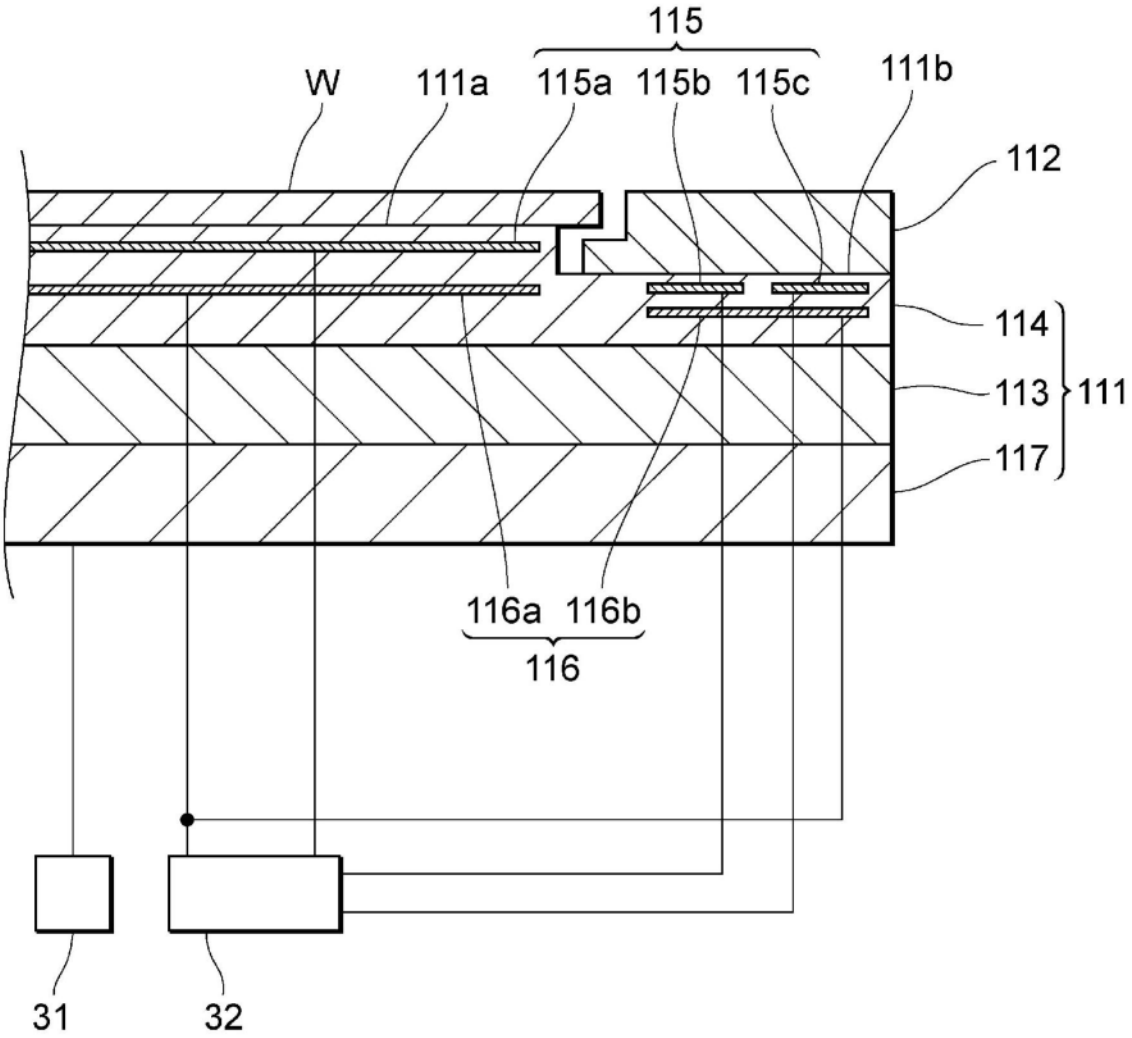

115
W
111a
115a
115b
115c
111b
112
114
113
111
117
116a
116b
116
31
32

图2

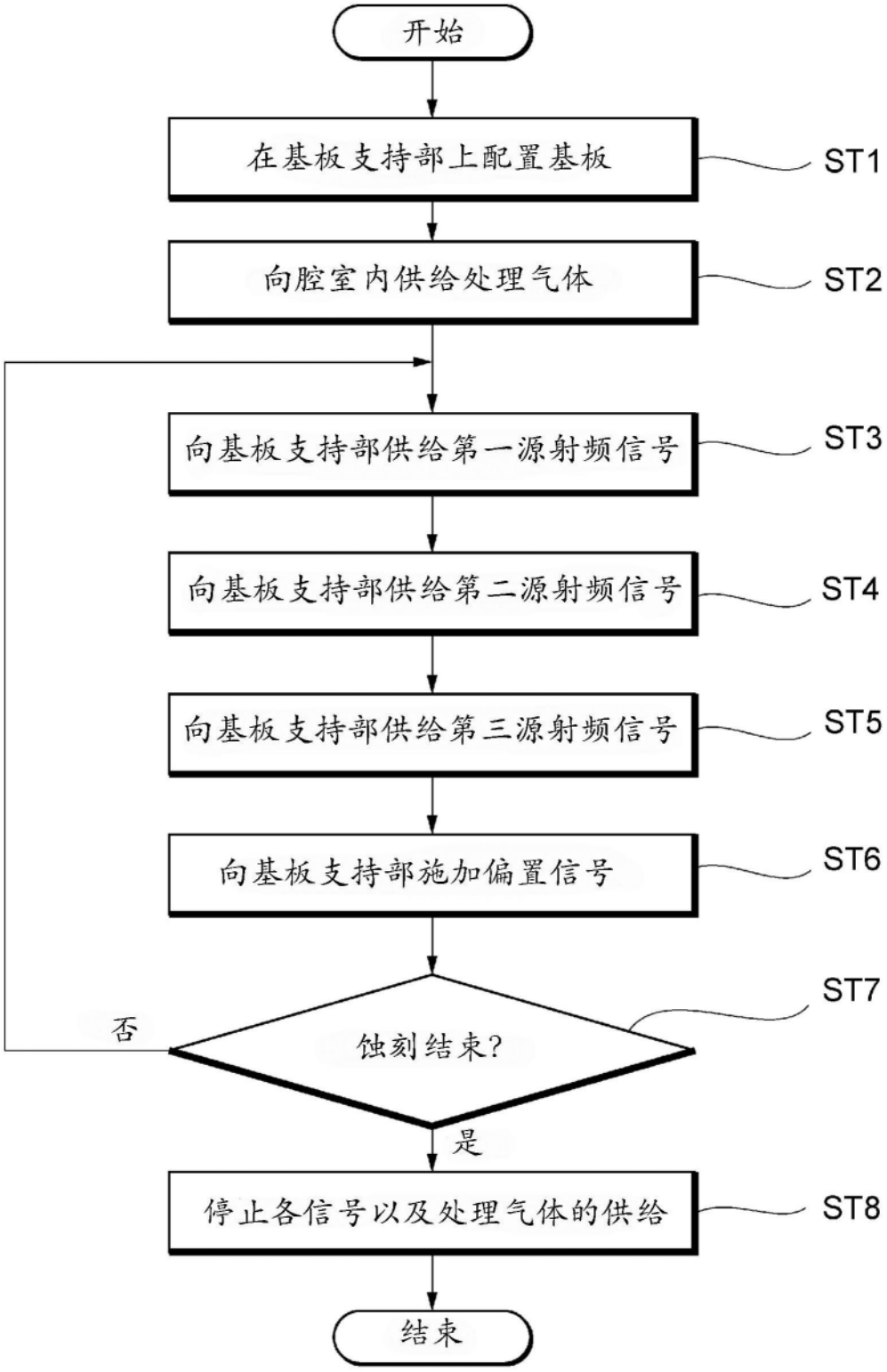

开始
在基板支持部上配置基板
ST1
向腔室内供给处理气体
ST2
向基板支持部供给第一源射频信号
ST3
向基板支持部供给第二源射频信号
ST4
向基板支持部供给第三源射频信号
ST5
向基板支持部施加偏置信号
ST6
蚀刻结束?
ST7
否
是
停止各信号以及处理气体的供给
ST8
结束

图3

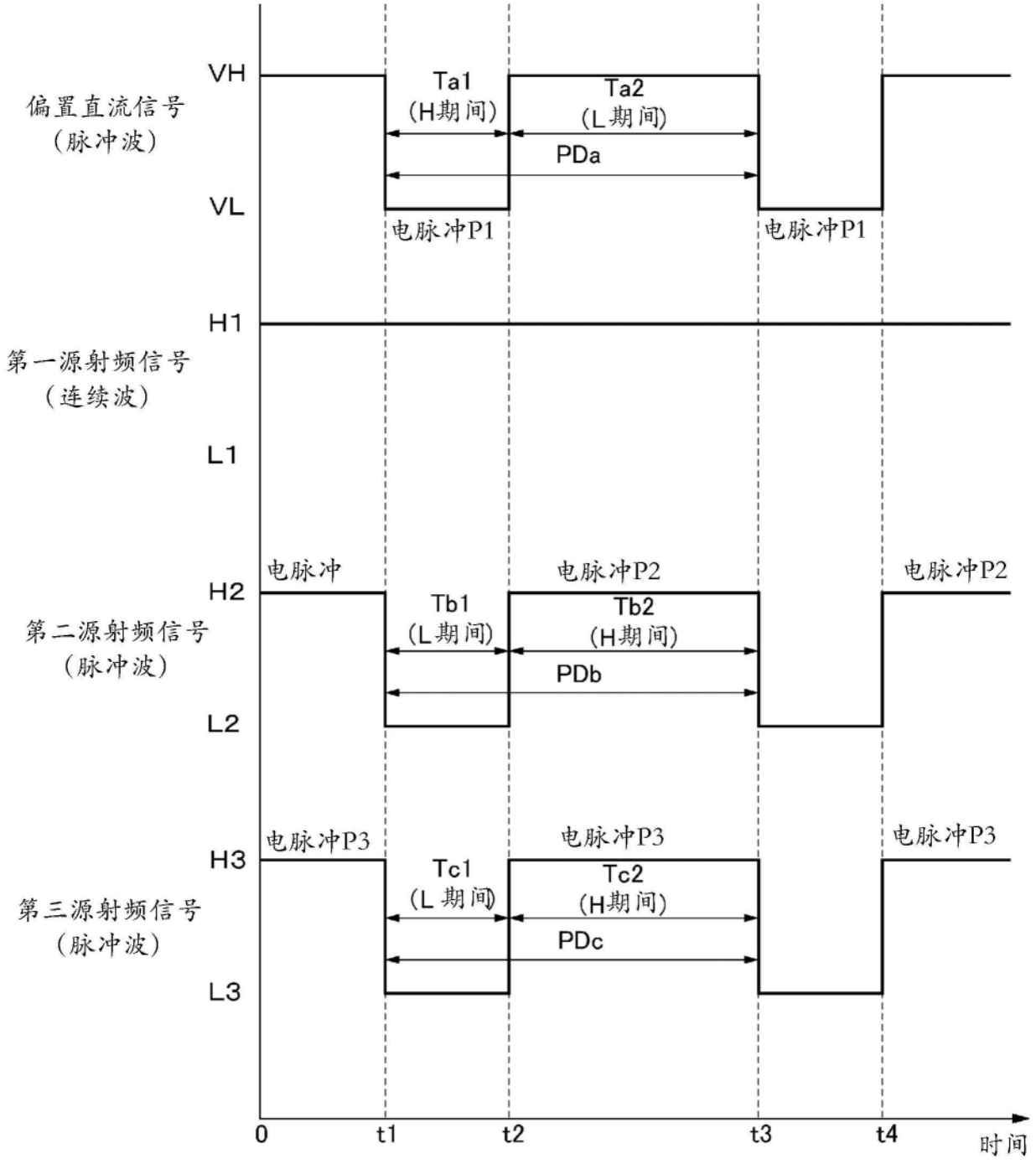

偏置直流信号
(脉冲波)
VH
VL
Ta1
(H期间)
Ta2
(L期间)
PDa
电脉冲P1
电脉冲P1
第一源射频信号
(连续波)
H1
L1
第二源射频信号
(脉冲波)
H2
L2
电脉冲
电脉冲P2
电脉冲P2
Tb1
(L期间)
Tb2
(H期间)
PDb
第三源射频信号
(脉冲波)
H3
L3
电脉冲P3
电脉冲P3
电脉冲P3
Tc1
(L期间)
Tc2
(H期间)
PDc
0
t1
t2
t3
t4
时间

图4

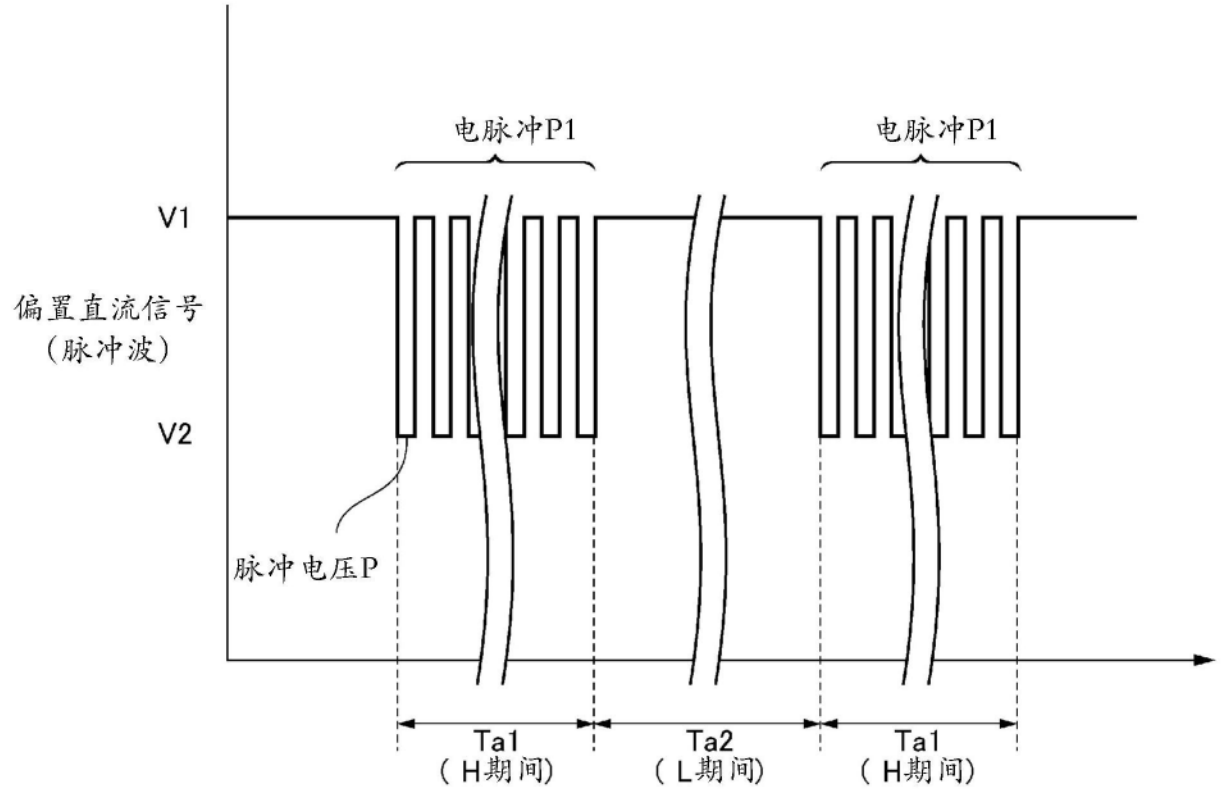

电脉冲P1
电脉冲P1
V1
偏置直流信号
（脉冲波）
V2
脉冲电压P
Ta1
（H期间）
Ta2
（L期间）
Ta1
（H期间）

图5A

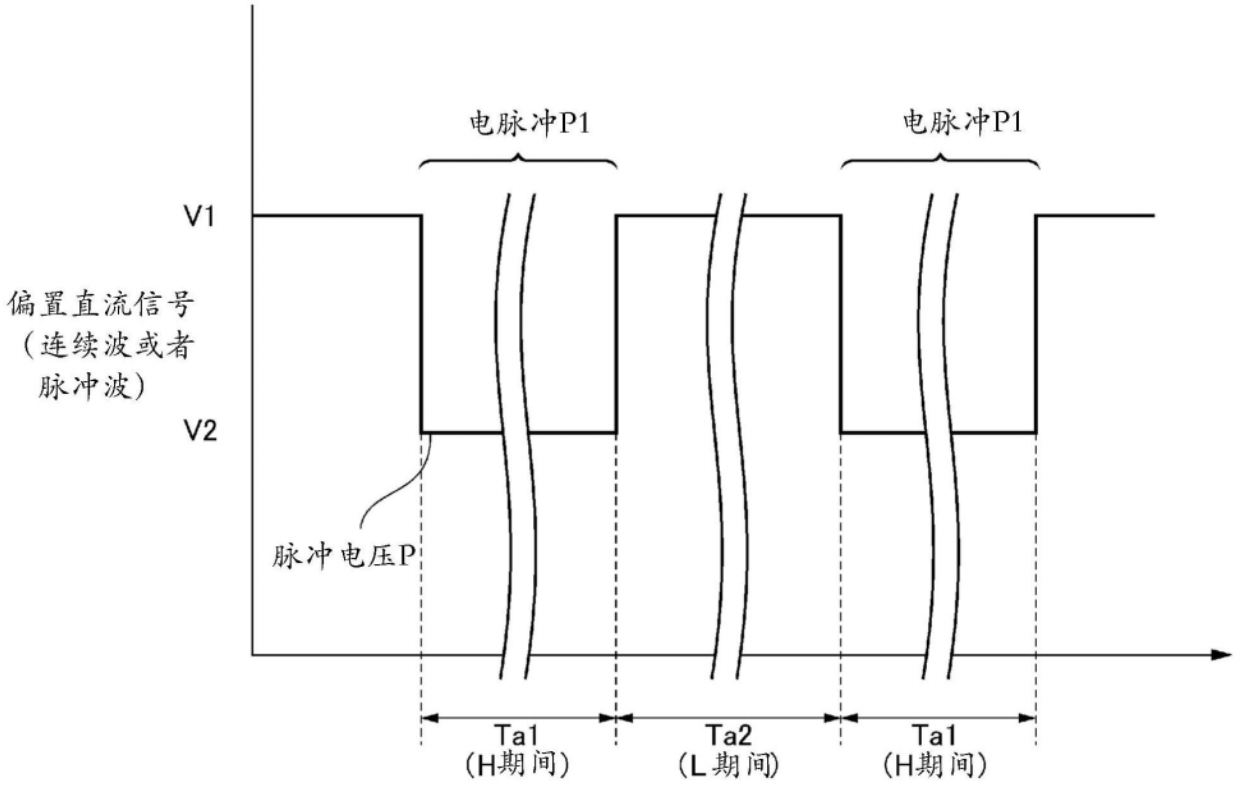

电脉冲P1
电脉冲P1
V1
偏置直流信号
（连续波或者
脉冲波）
V2
脉冲电压P
Ta1
(H期间)
Ta2
(L期间)
Ta1
(H期间)

图5B

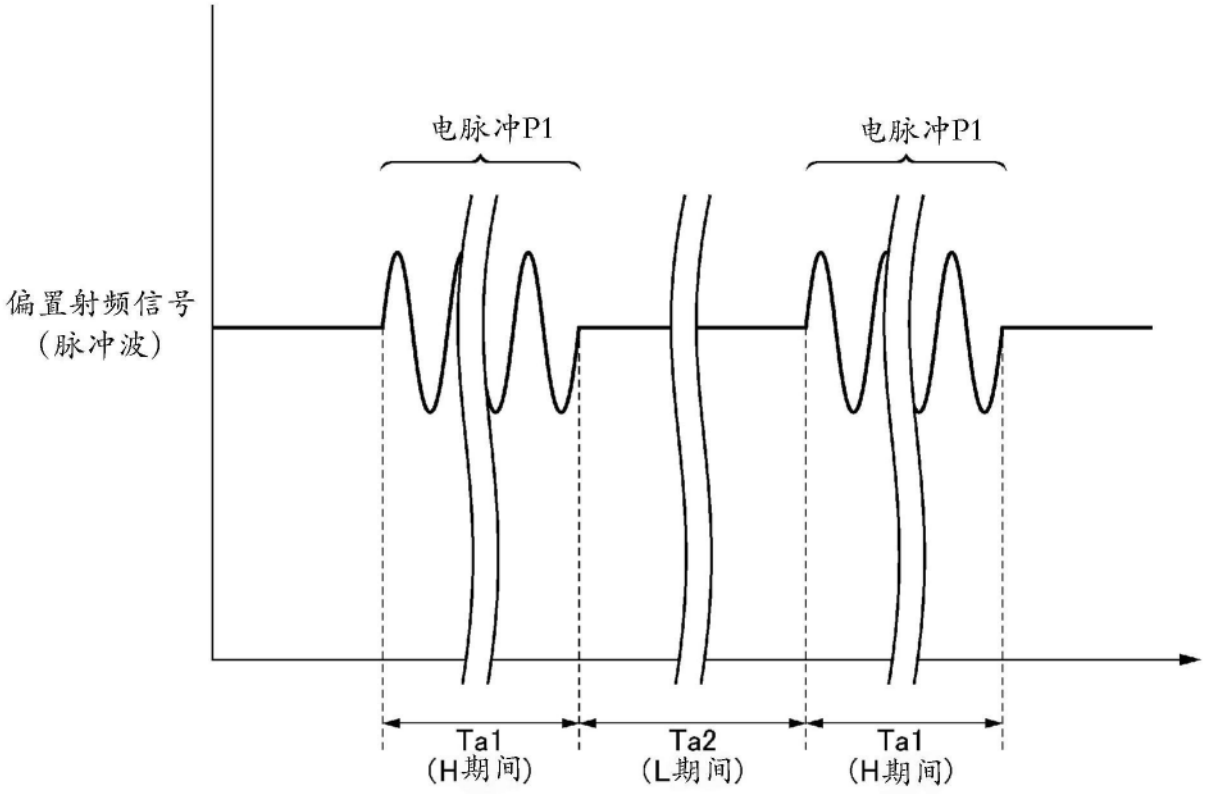

电脉冲P1
电脉冲P1
偏置射频信号
(脉冲波)
Ta1
(H期间)
Ta2
(L期间)
Ta1
(H期间)

图5C

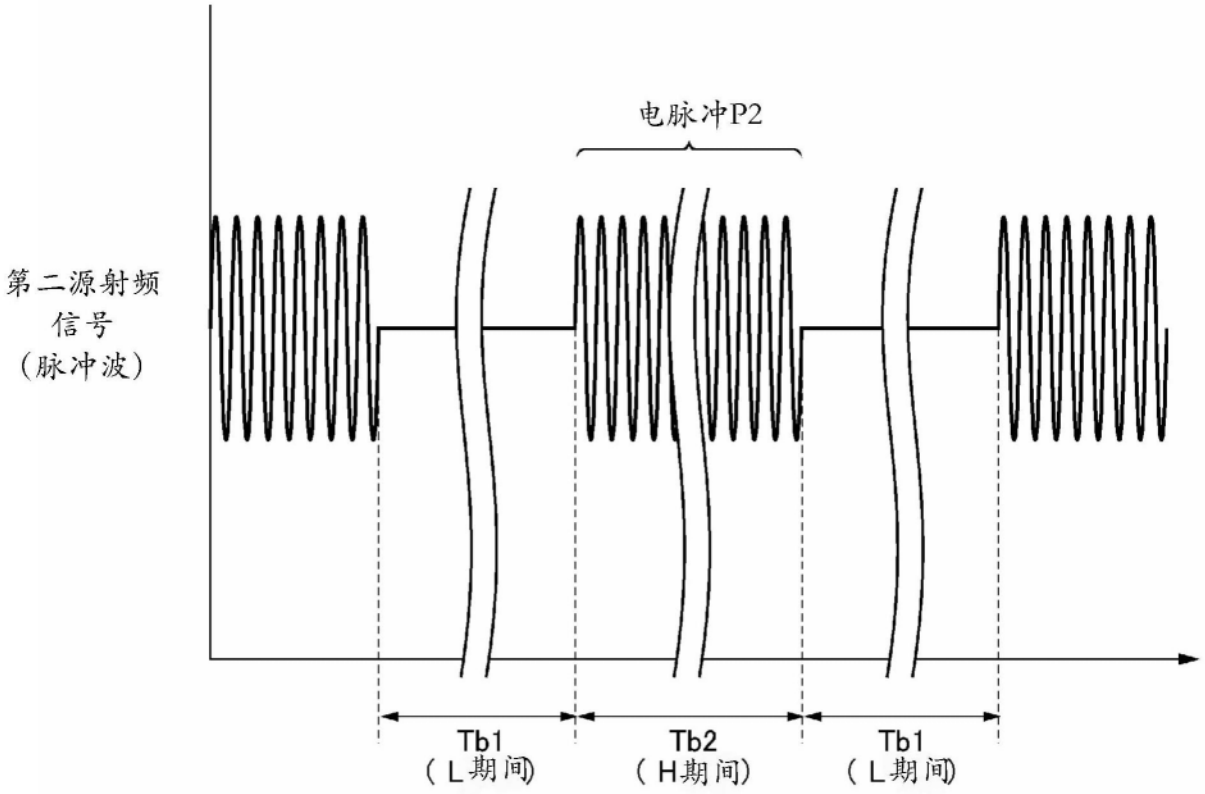

电脉冲P2
第二源射频
信号
(脉冲波)
Tb1
(L期间)
Tb2
(H期间)
Tb1
(L期间)

图6

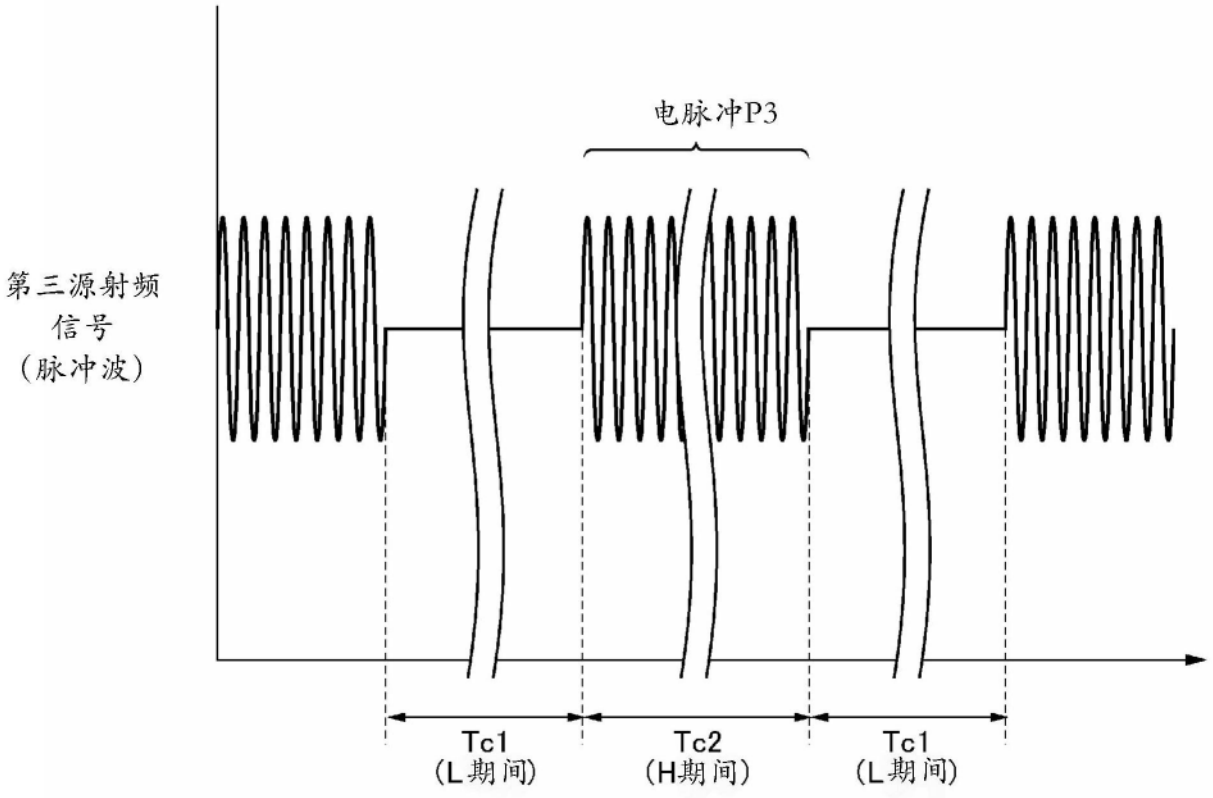


图7

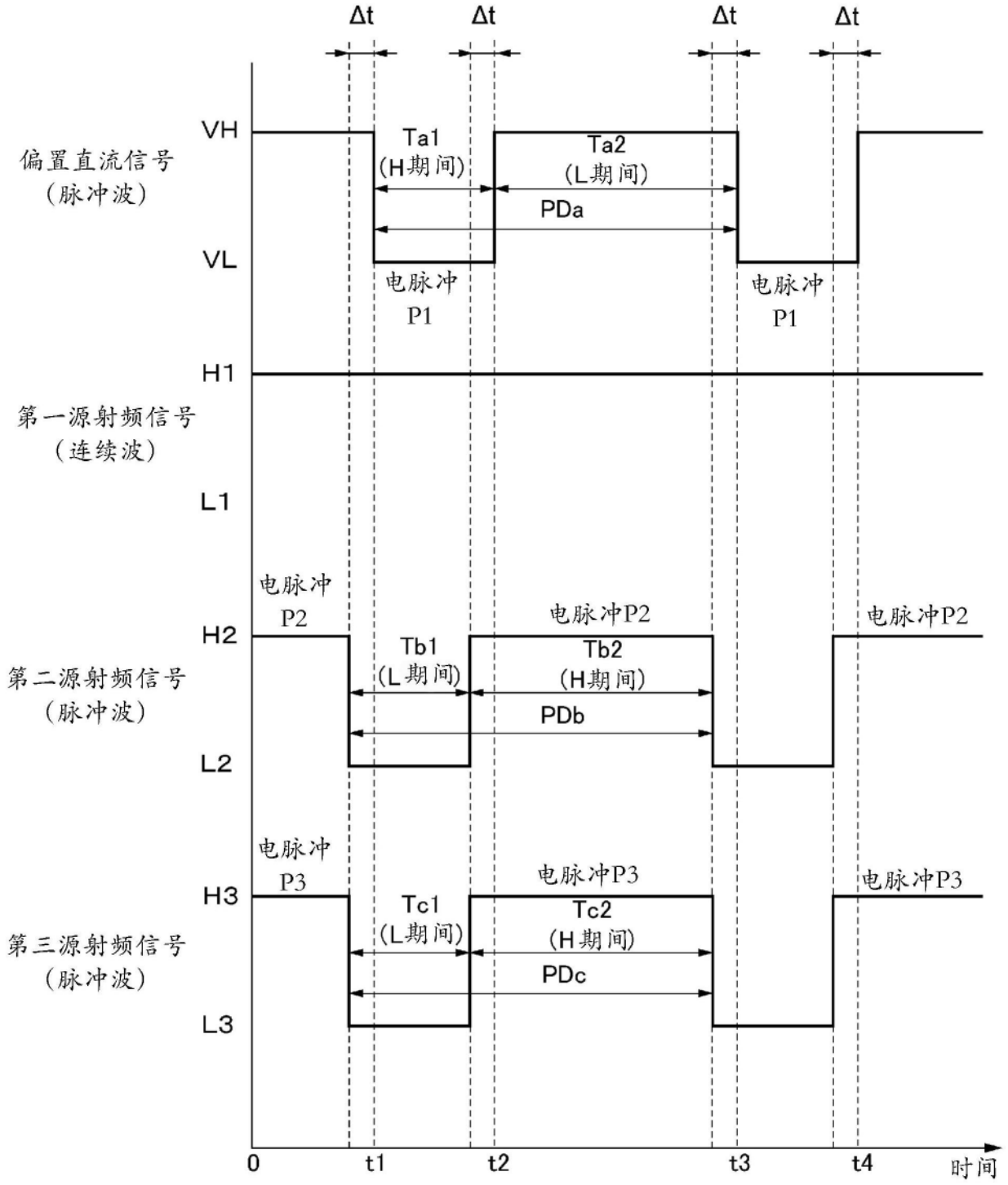

Δt
Δt
Δt
Δt
偏置直流信号
（脉冲波）
VH
VL
Ta1
(H期间)
Ta2
(L期间)
PDa
电脉冲
P1
电脉冲
P1
H1
第一源射频信号
（连续波）
L1
电脉冲
P2
电脉冲P2
电脉冲P2
H2
第二源射频信号
（脉冲波）
L2
Tb1
(L期间)
Tb2
(H期间)
PDb
电脉冲
P3
电脉冲P3
电脉冲P3
H3
第三源射频信号
（脉冲波）
L3
Tc1
(L期间)
Tc2
(H期间)
PDc
0
t1
t2
t3
t4
时间

图8

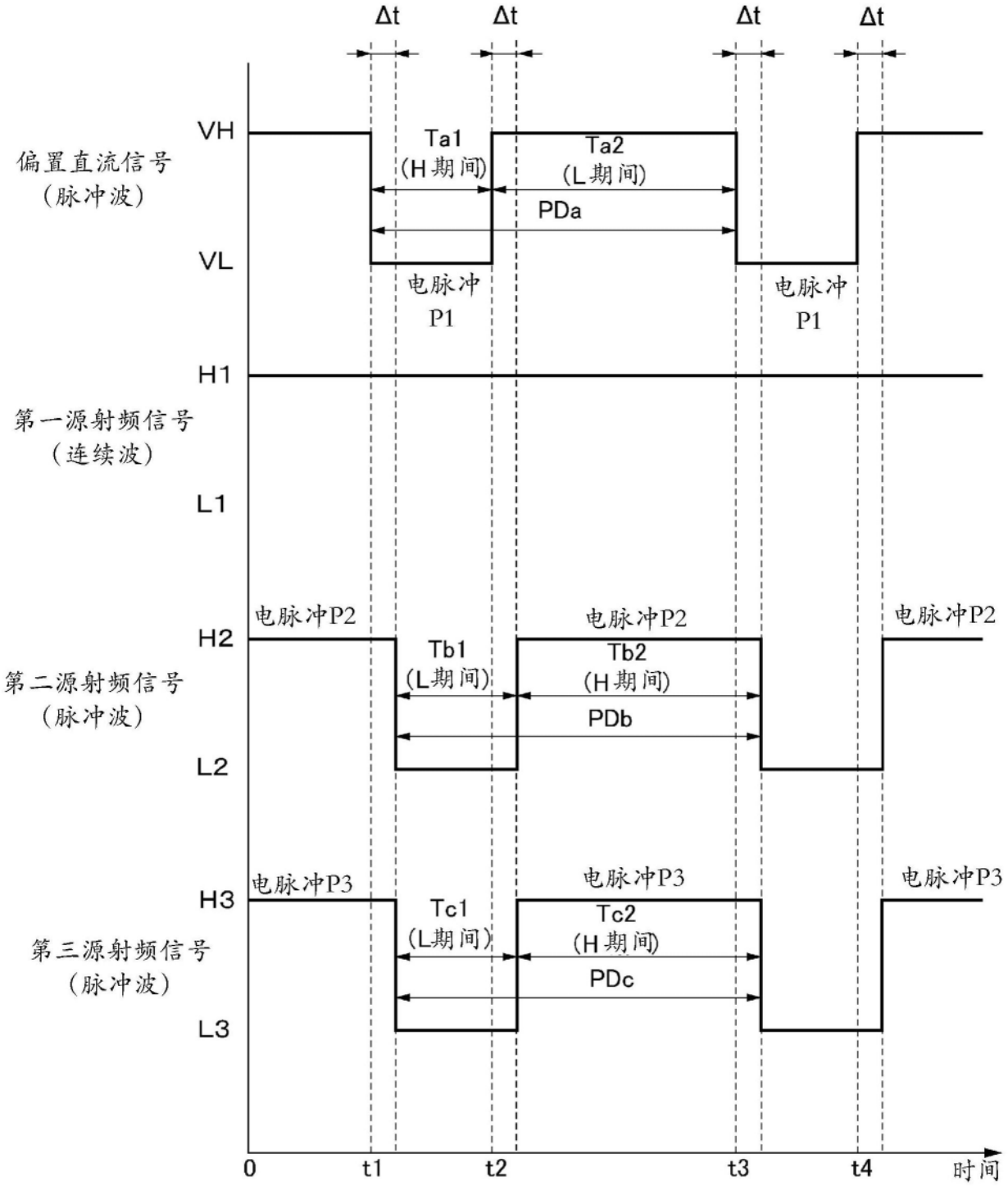

Δt
Δt
Δt
Δt
偏置直流信号
（脉冲波）
VH
VL
Ta1
（H期间）
Ta2
（L期间）
PDa
电脉冲
P1
电脉冲
P1
H1
第一源射频信号
（连续波）
L1
电脉冲P2
电脉冲P2
电脉冲P2
H2
Tb1
（L期间）
Tb2
（H期间）
PDb
第二源射频信号
（脉冲波）
L2
电脉冲P3
电脉冲P3
电脉冲P3
H3
Tc1
（L期间）
Tc2
（H期间）
PDc
第三源射频信号
（脉冲波）
L3
0
t1
t2
t3
t4
时间

图9

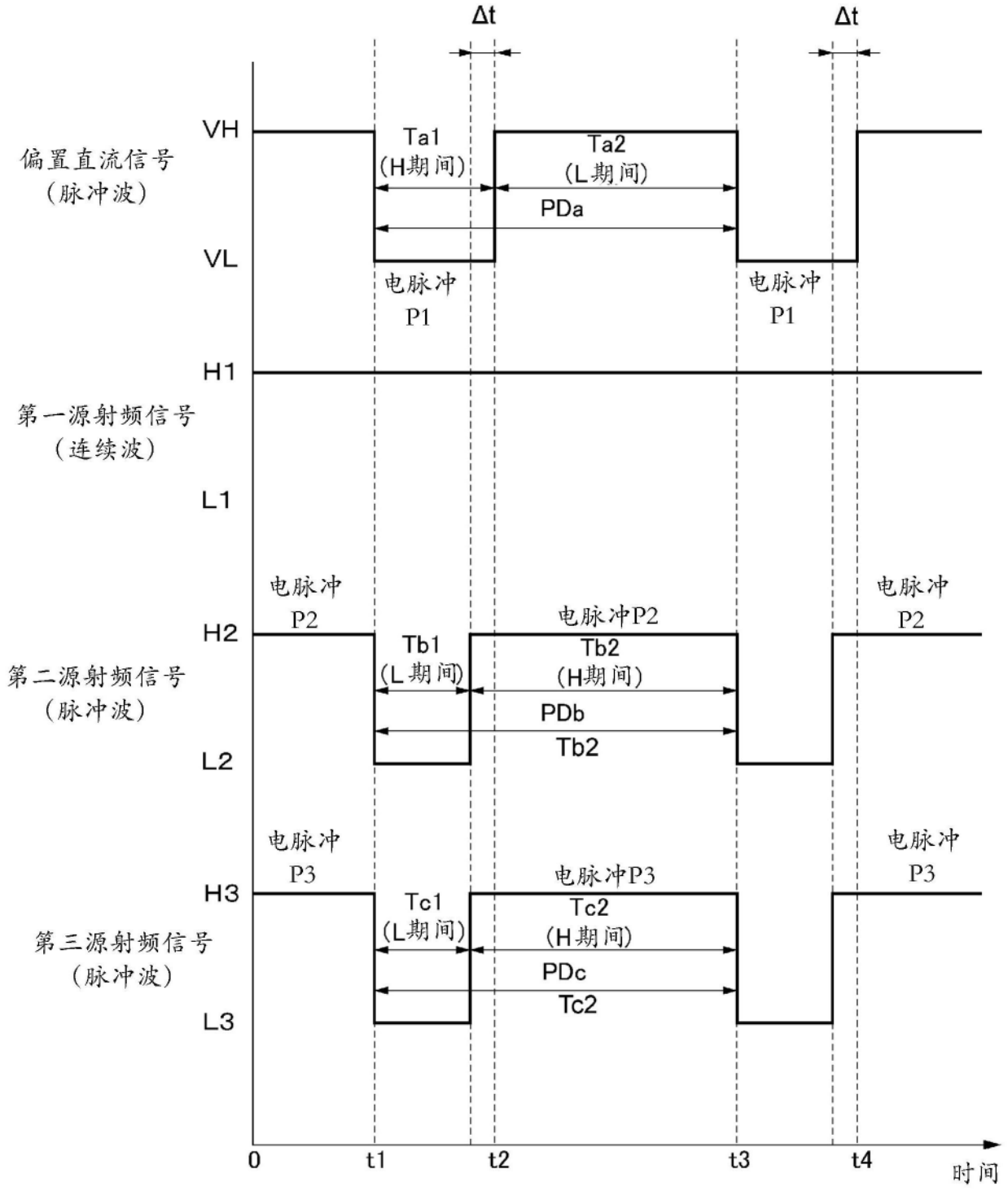

Δt
Δt
偏置直流信号
（脉冲波）
VH
VL
Ta1
（H期间）
Ta2
（L期间）
PDa
电脉冲
P1
电脉冲
P1
H1
第一源射频信号
（连续波）
L1
电脉冲
P2
电脉冲P2
电脉冲
P2
H2
Tb1
（L期间）
Tb2
（H期间）
PDb
Tb2
第二源射频信号
（脉冲波）
L2
电脉冲
P3
电脉冲P3
电脉冲
P3
H3
Tc1
（L期间）
Tc2
（H期间）
PDc
Tc2
第三源射频信号
（脉冲波）
L3
0
t1
t2
t3
t4
时间

图10

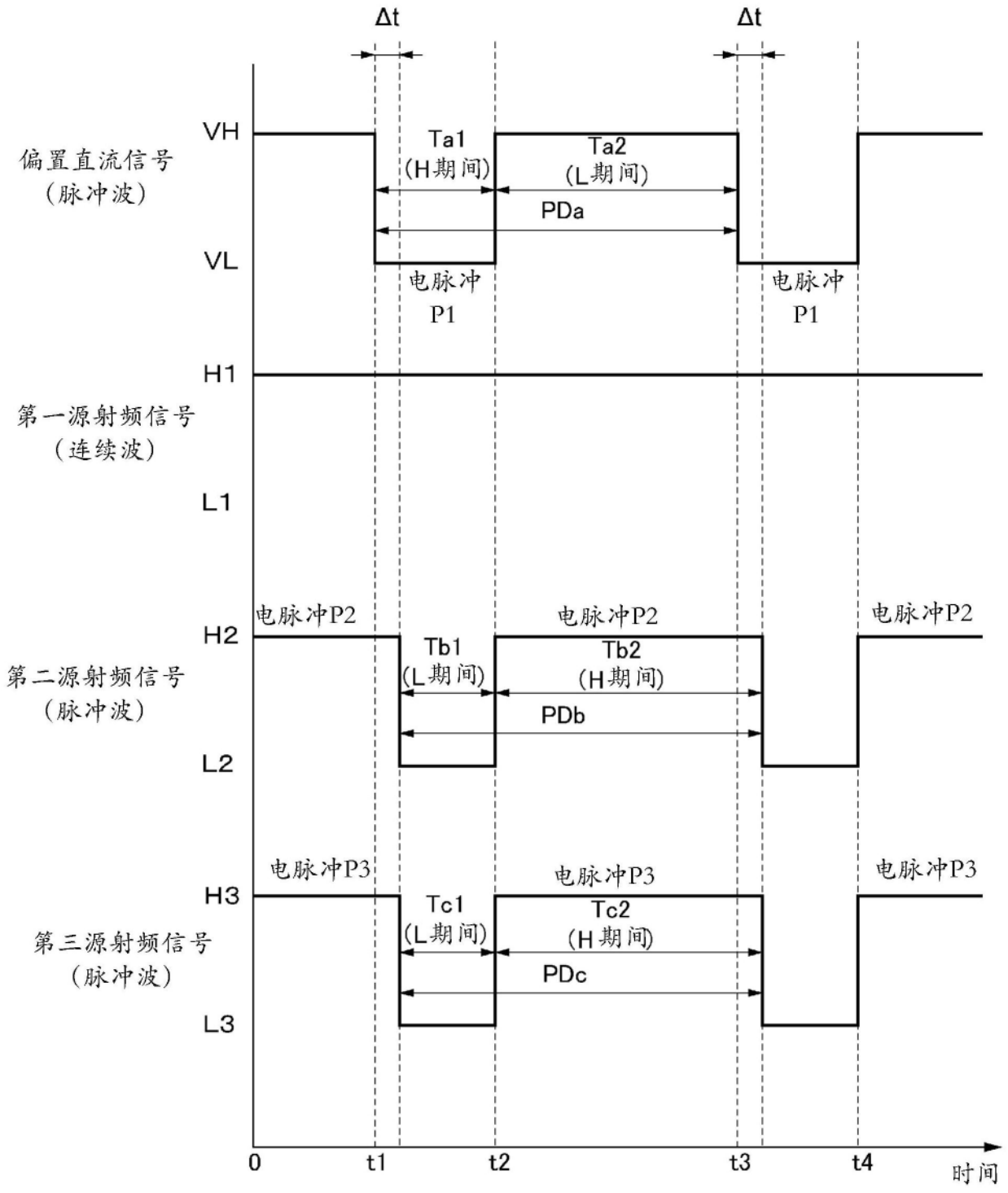

Δt
Δt
偏置直流信号
（脉冲波）
VH
VL
Ta1
(H期间)
Ta2
(L期间)
PDa
电脉冲
P1
电脉冲
P1
H1
第一源射频信号
（连续波）
L1
电脉冲P2
电脉冲P2
电脉冲P2
H2
Tb1
(L期间)
Tb2
(H期间)
PDb
第二源射频信号
（脉冲波）
L2
电脉冲P3
电脉冲P3
电脉冲P3
H3
Tc1
(L期间)
Tc2
(H期间)
PDc
第三源射频信号
（脉冲波）
L3
0
t1
t2
t3
t4
时间

图11

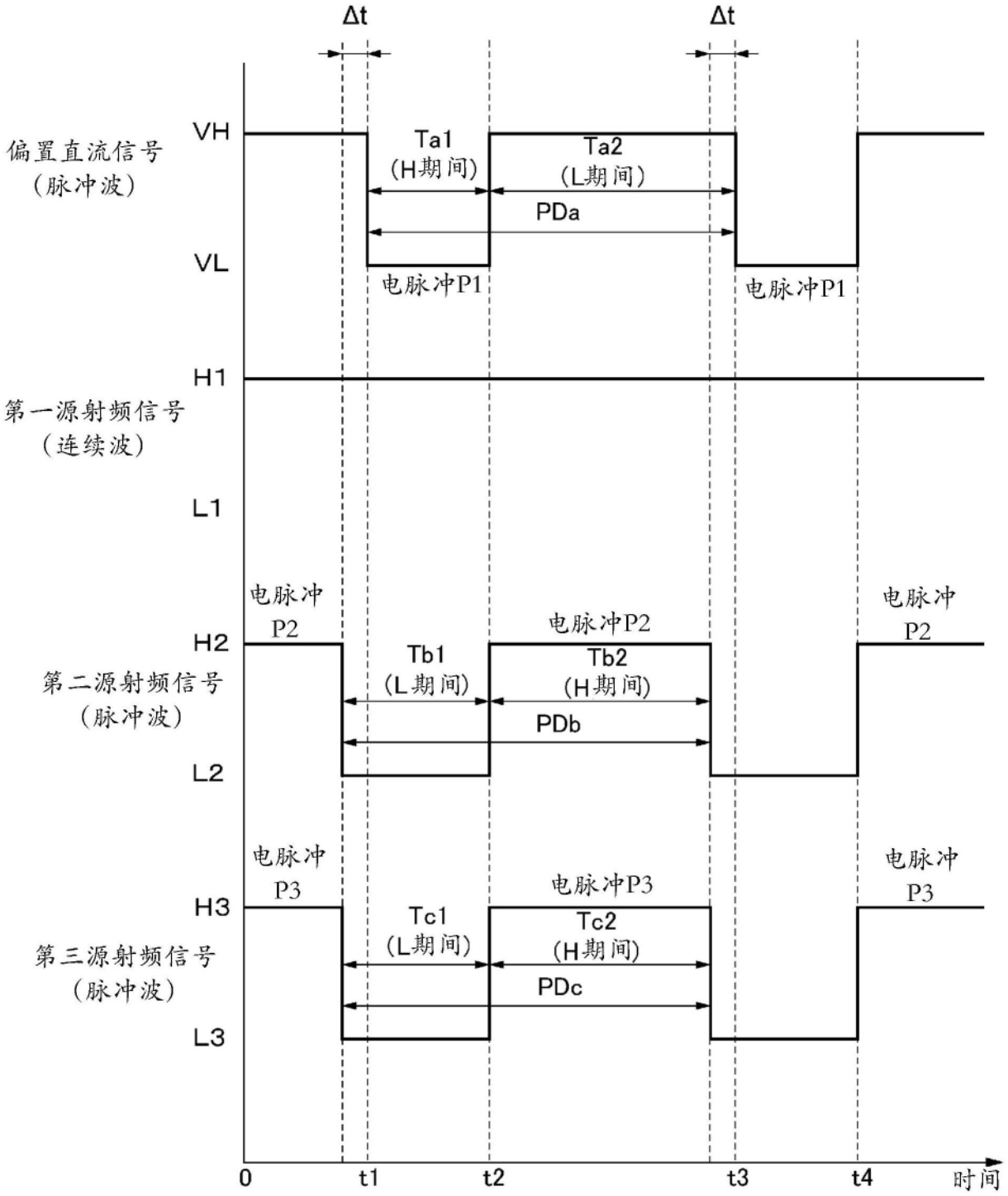

Δt
Δt
偏置直流信号
（脉冲波）
VH
VL
Ta1
（H期间）
Ta2
（L期间）
PDa
电脉冲P1
电脉冲P1
H1
第一源射频信号
（连续波）
L1
电脉冲
P2
电脉冲P2
电脉冲
P2
H2
Tb1
（L期间）
Tb2
（H期间）
PDb
第二源射频信号
（脉冲波）
L2
电脉冲
P3
电脉冲P3
电脉冲
P3
H3
Tc1
（L期间）
Tc2
（H期间）
PDc
第三源射频信号
（脉冲波）
L3
0
t1
t2
t3
t4
时间

图12

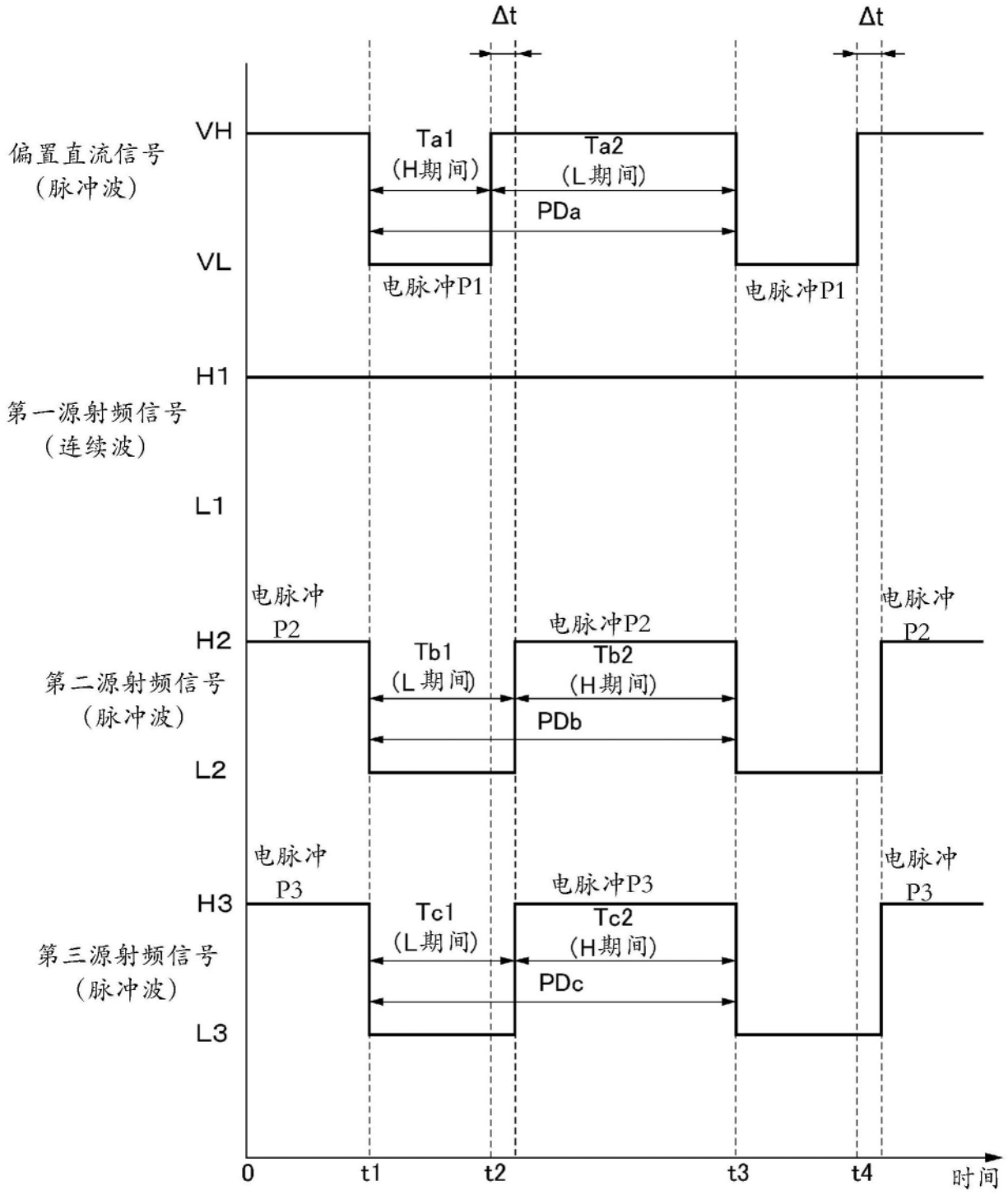

Δt
Δt
偏置直流信号
（脉冲波）
VH
VL
Ta1
（H期间）
Ta2
（L期间）
PDa
电脉冲P1
电脉冲P1
H1
第一源射频信号
（连续波）
L1
电脉冲
P2
电脉冲P2
电脉冲
P2
H2
第二源射频信号
（脉冲波）
L2
Tb1
（L期间）
Tb2
（H期间）
PDb
电脉冲
P3
电脉冲P3
电脉冲
P3
H3
第三源射频信号
（脉冲波）
L3
Tc1
（L期间）
Tc2
（H期间）
PDc
0
t1
t2
t3
t4
时间

图13

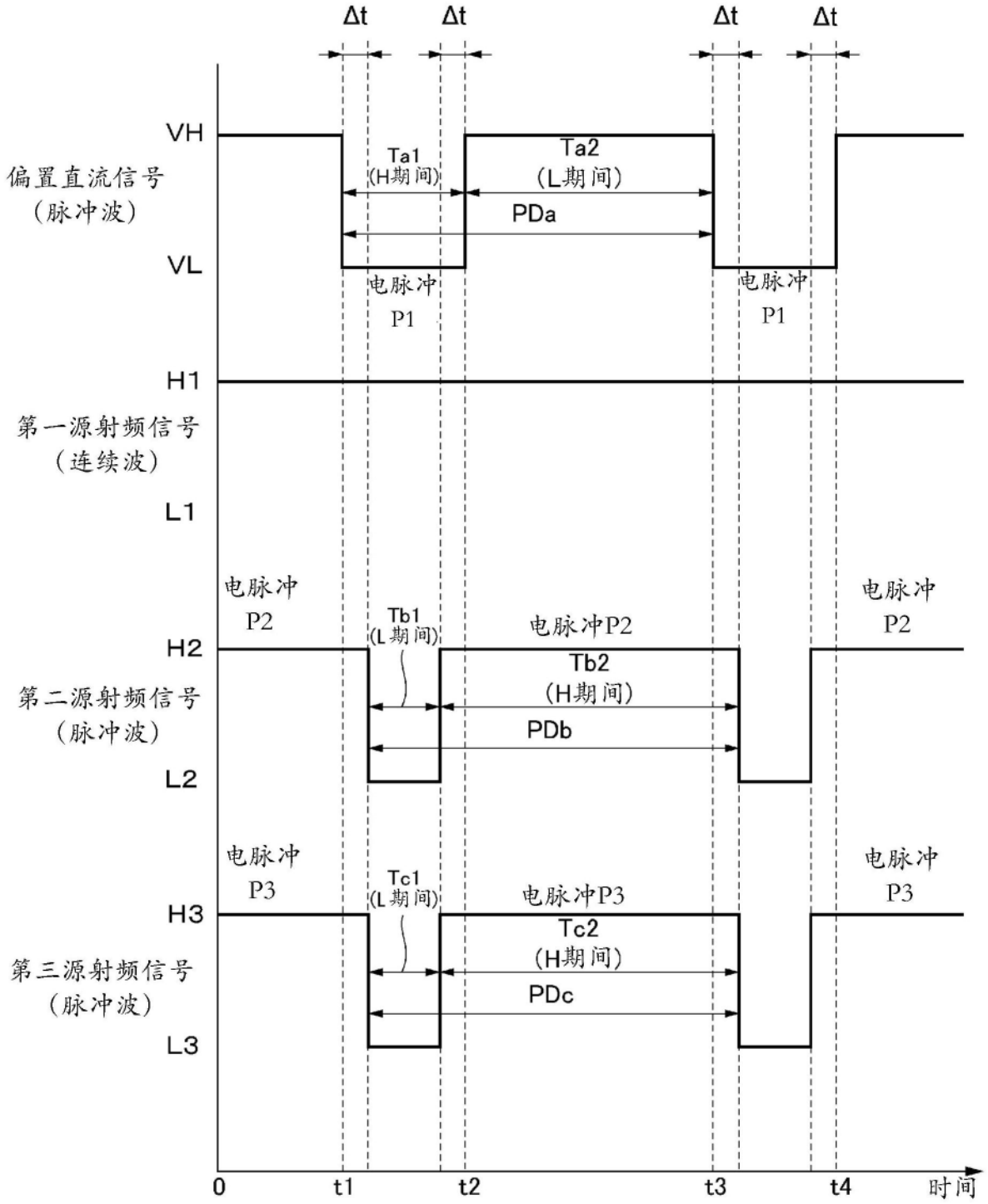

Δt
Δt
Δt
Δt
VH
偏置直流信号
（脉冲波）
VL
Ta1
(H期间)
Ta2
（L期间）
PDa
电脉冲
P1
电脉冲
P1
H1
第一源射频信号
（连续波）
L1
电脉冲
P2
Tb1
(L期间)
电脉冲P2
电脉冲
P2
H2
Tb2
（H期间）
PDb
第二源射频信号
（脉冲波）
L2
电脉冲
P3
Tc1
(L期间)
电脉冲P3
电脉冲
P3
H3
Tc2
（H期间）
PDc
第三源射频信号
（脉冲波）
L3
0
t1
t2
t3
t4
时间

图14

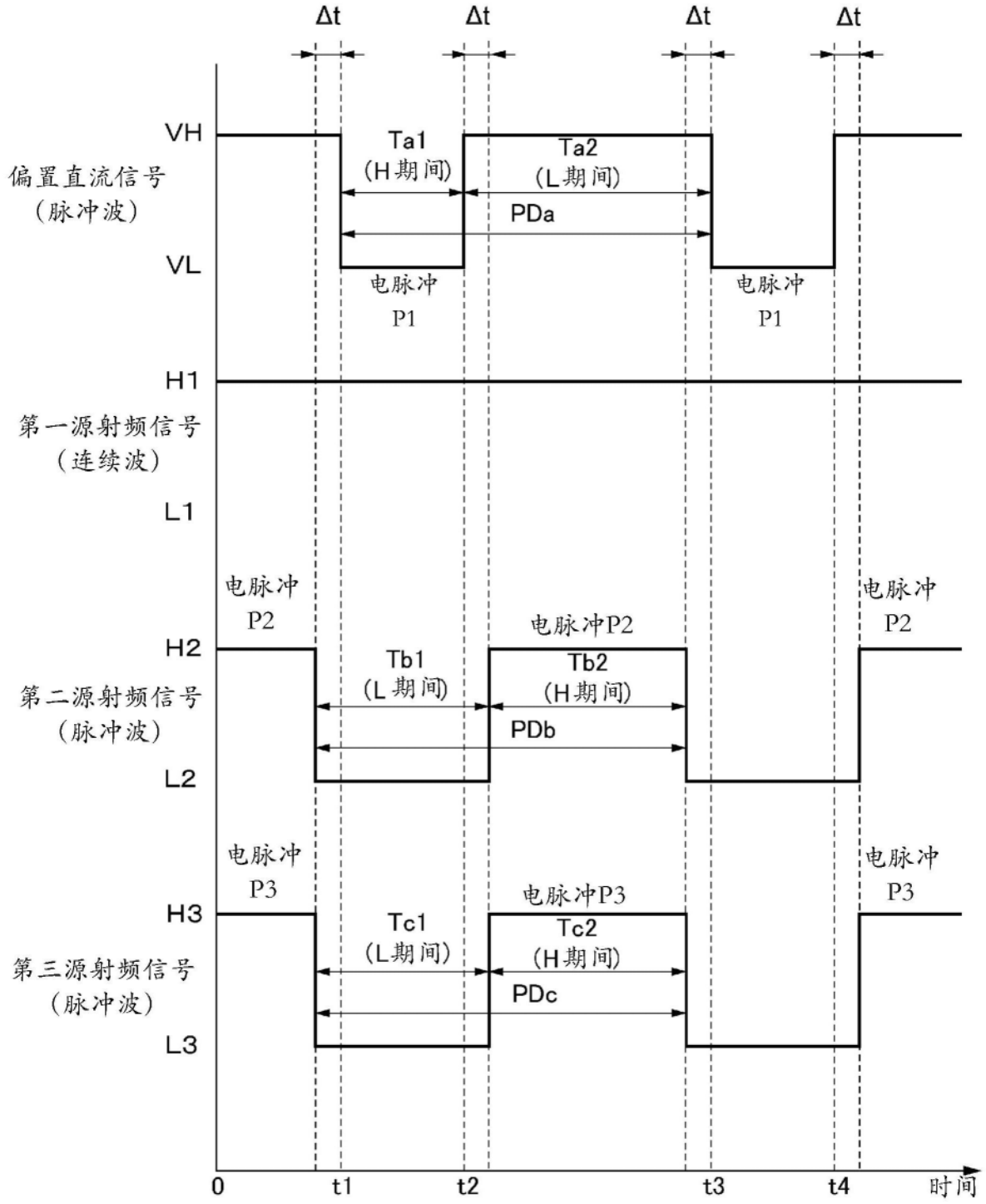

Δt
Δt
Δt
Δt
VH
偏置直流信号
(脉冲波)
VL
Ta1
(H期间)
Ta2
(L期间)
PDa
电脉冲
P1
电脉冲
P1
H1
第一源射频信号
(连续波)
L1
电脉冲
P2
电脉冲P2
电脉冲
P2
H2
第二源射频信号
(脉冲波)
L2
Tb1
(L期间)
Tb2
(H期间)
PDb
电脉冲
P3
电脉冲P3
电脉冲
P3
H3
第三源射频信号
(脉冲波)
L3
Tc1
(L期间)
Tc2
(H期间)
PDc
0
t1
t2
t3
t4
时间

图15

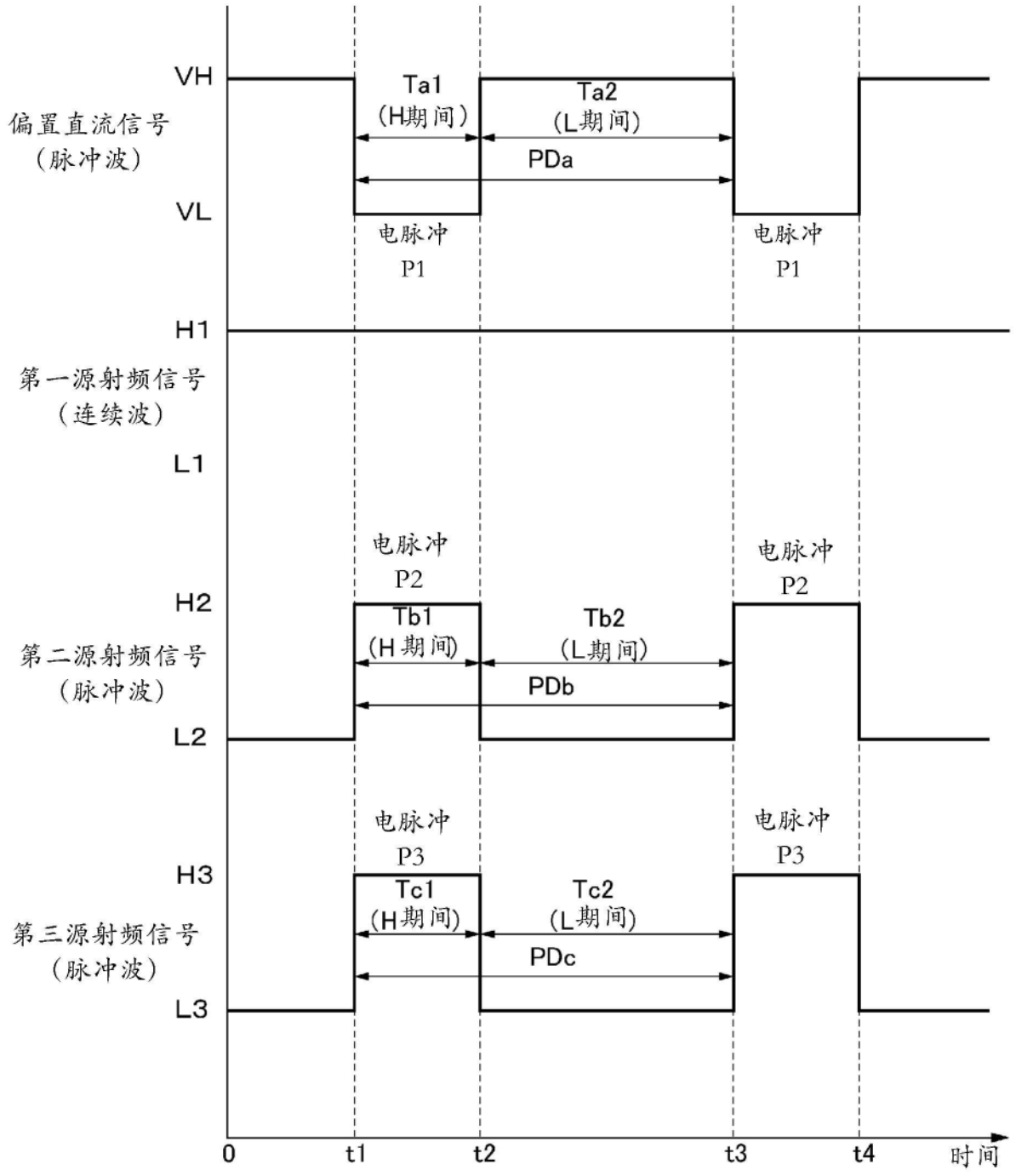

VH
偏置直流信号
（脉冲波）
VL
Ta1
（H期间）
Ta2
（L期间）
PDa
电脉冲
P1
电脉冲
P1
H1
第一源射频信号
（连续波）
L1
电脉冲
P2
电脉冲
P2
H2
Tb1
（H 期间）
Tb2
（L期间）
PDb
第二源射频信号
（脉冲波）
L2
电脉冲
P3
电脉冲
P3
H3
Tc1
（H期间）
Tc2
（L期间）
PDc
第三源射频信号
（脉冲波）
L3
0
t1
t2
t3
t4
时间

图16

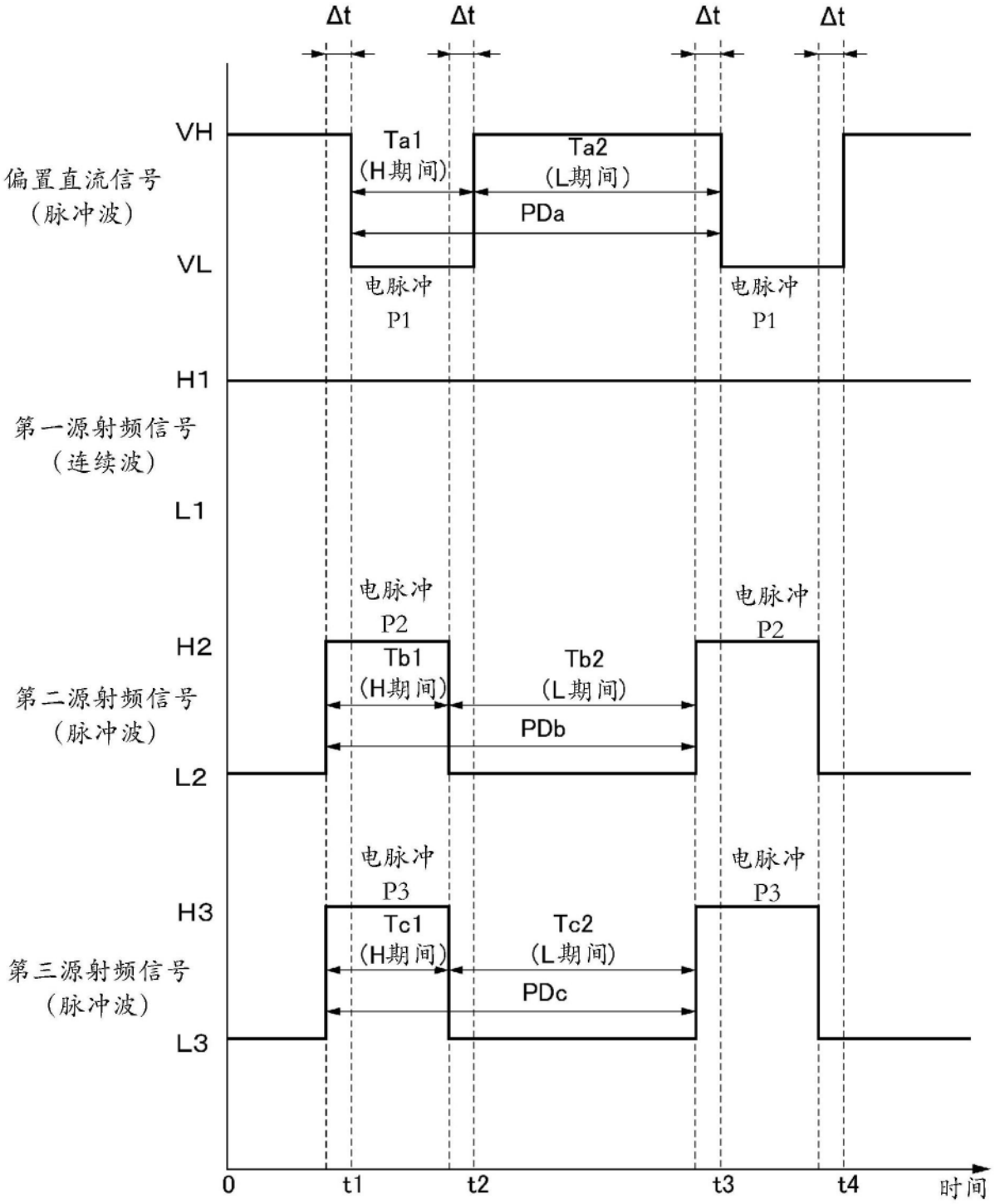

Δt
Δt
Δt
Δt
VH
偏置直流信号
（脉冲波）
VL
Ta1
（H期间）
Ta2
（L期间）
PDa
电脉冲
P1
电脉冲
P1
H1
第一源射频信号
（连续波）
L1
电脉冲
P2
电脉冲
P2
H2
Tb1
（H期间）
Tb2
（L期间）
PDb
第二源射频信号
（脉冲波）
L2
电脉冲
P3
电脉冲
P3
H3
Tc1
（H期间）
Tc2
（L期间）
PDc
第三源射频信号
（脉冲波）
L3
0
t1
t2
t3
t4
时间

图17

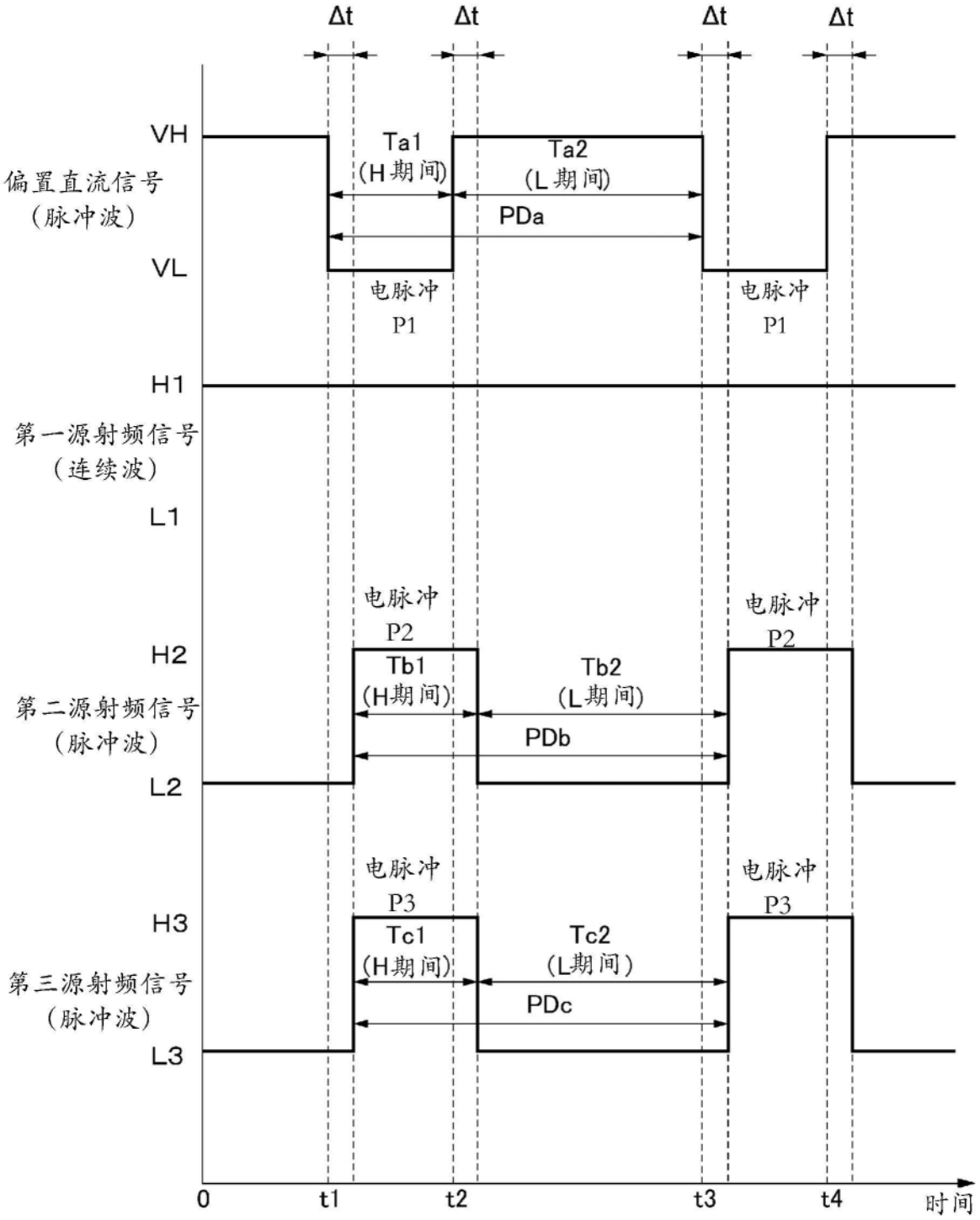

Δt
Δt
Δt
Δt
VH
偏置直流信号
（脉冲波）
VL
Ta1
(H期间)
Ta2
(L期间)
PDa
电脉冲
P1
电脉冲
P1
H1
第一源射频信号
（连续波）
L1
电脉冲
P2
电脉冲
P2
H2
Tb1
(H期间)
Tb2
(L期间)
第二源射频信号
（脉冲波）
PDb
L2
电脉冲
P3
电脉冲
P3
H3
Tc1
(H期间)
Tc2
(L期间)
第三源射频信号
（脉冲波）
PDc
L3
0
t1
t2
t3
t4
时间

图18

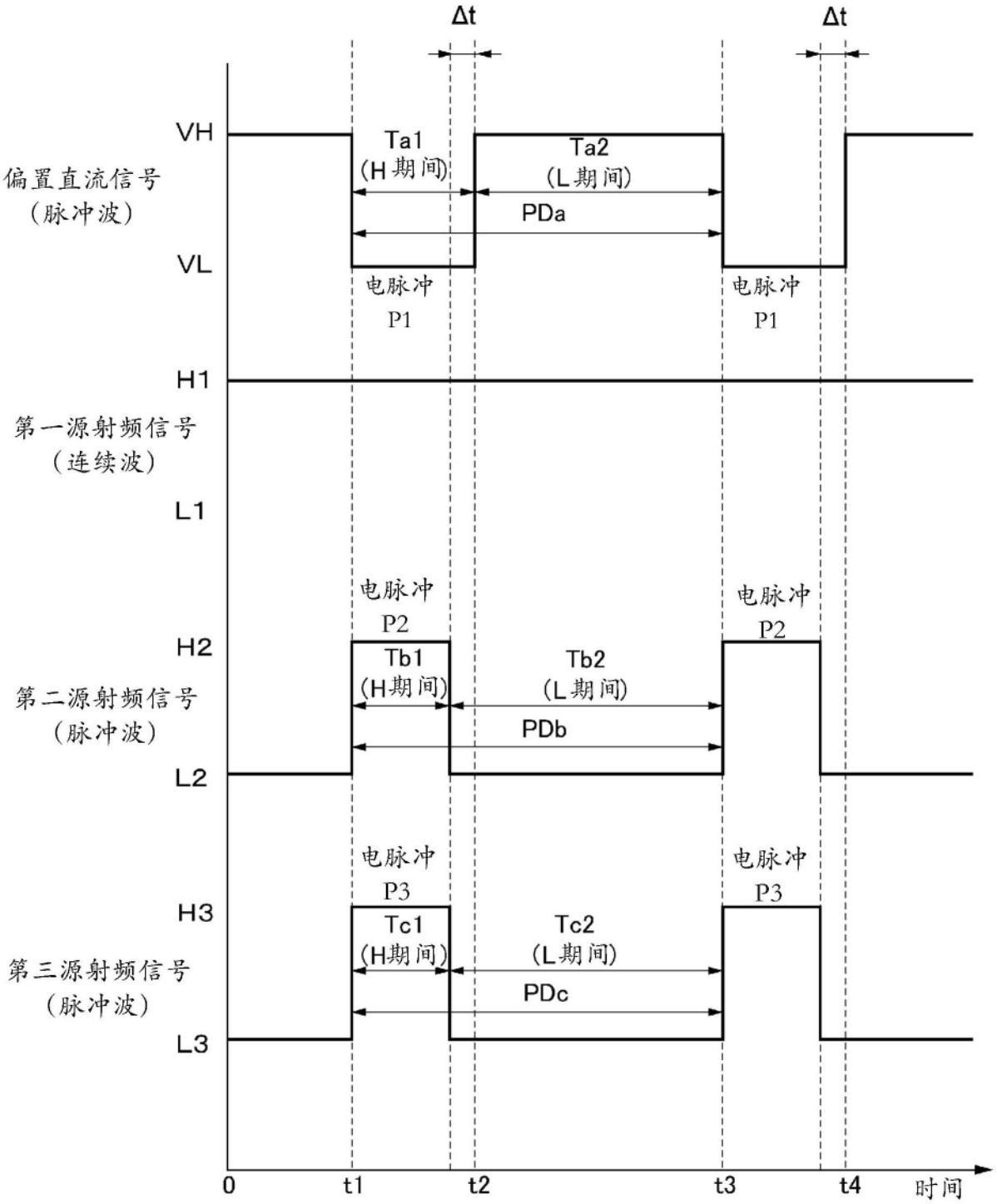

Δt
Δt
VH
偏置直流信号
（脉冲波）
VL
Ta1
（H期间）
Ta2
（L期间）
PDa
电脉冲
P1
电脉冲
P1
H1
第一源射频信号
（连续波）
L1
电脉冲
P2
电脉冲
P2
H2
Tb1
（H期间）
Tb2
（L期间）
PDb
第二源射频信号
（脉冲波）
L2
电脉冲
P3
电脉冲
P3
H3
Tc1
（H期间）
Tc2
（L期间）
PDc
第三源射频信号
（脉冲波）
L3
0
t1
t2
t3
t4
时间

图19

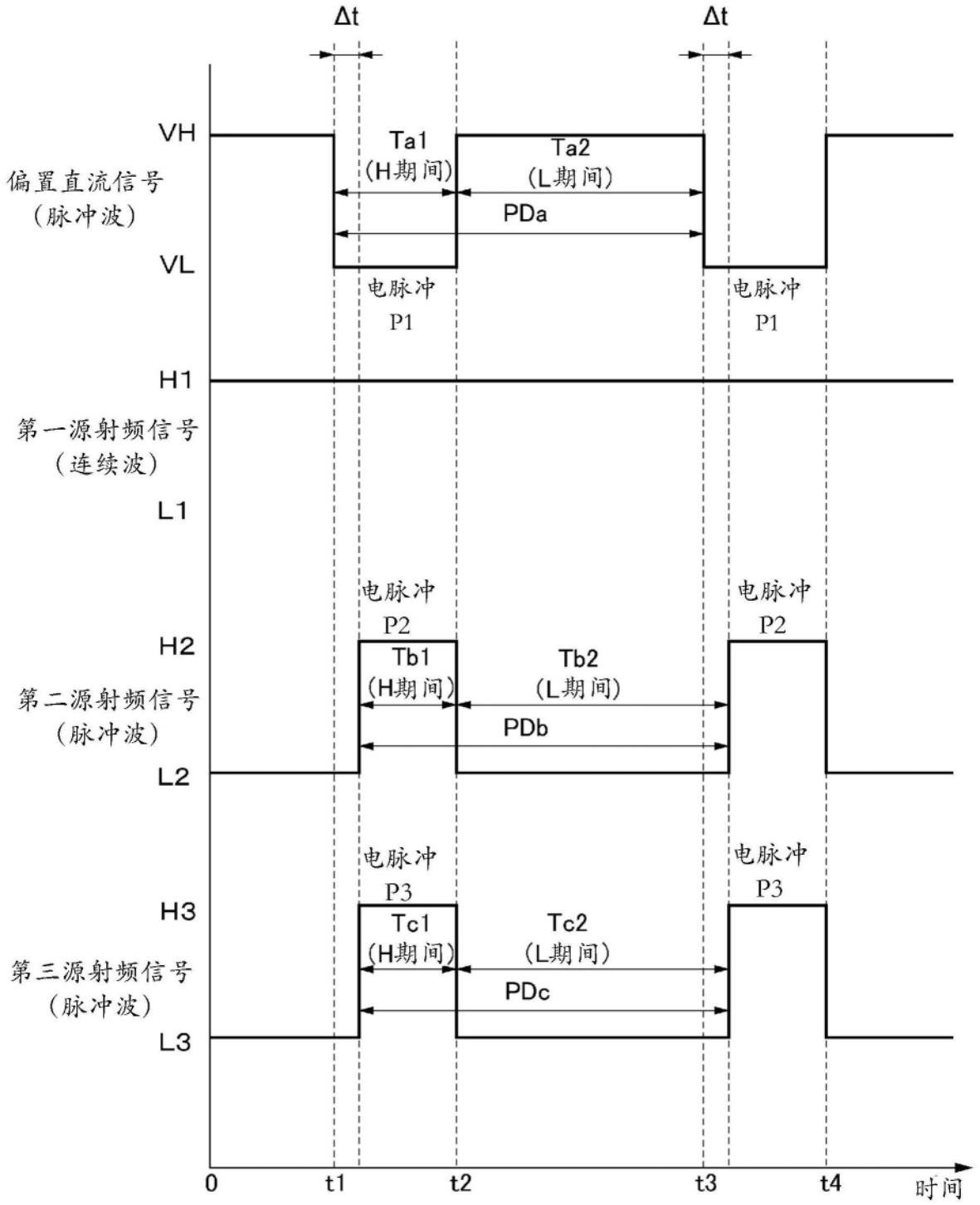

Δt
Δt
VH
偏置直流信号
（脉冲波）
VL
Ta1
（H期间）
Ta2
（L期间）
PDa
电脉冲
P1
电脉冲
P1
H1
第一源射频信号
（连续波）
L1
电脉冲
P2
电脉冲
P2
H2
Tb1
（H期间）
Tb2
（L期间）
PDb
第二源射频信号
（脉冲波）
L2
电脉冲
P3
电脉冲
P3
H3
Tc1
（H期间）
Tc2
（L期间）
PDc
第三源射频信号
（脉冲波）
L3
0
t1
t2
t3
t4
时间

图20

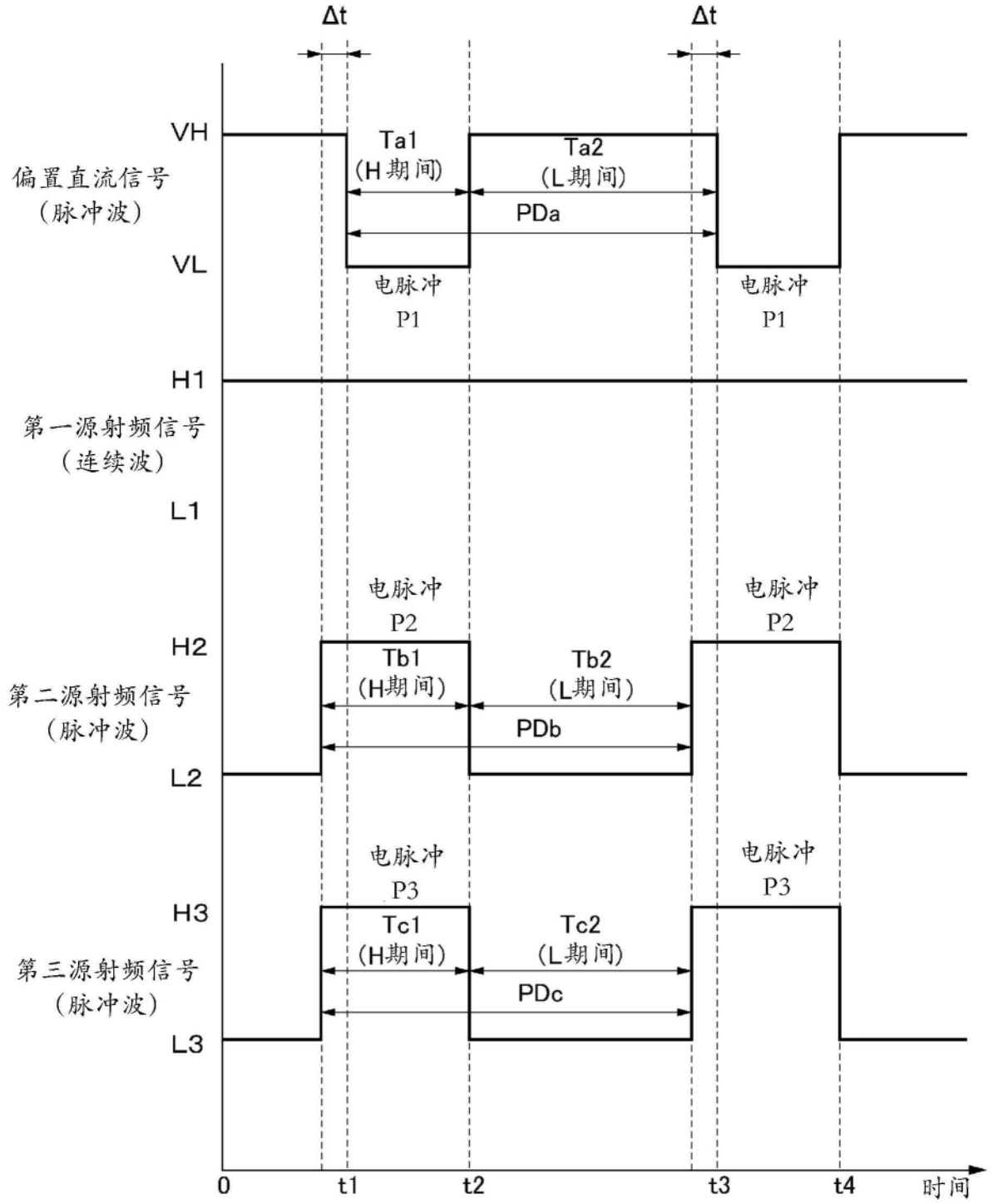

Δt
Δt
VH
偏置直流信号
(脉冲波)
VL
Ta1
(H期间)
Ta2
(L期间)
PDa
电脉冲
P1
电脉冲
P1
H1
第一源射频信号
(连续波)
L1
电脉冲
P2
电脉冲
P2
H2
第二源射频信号
(脉冲波)
L2
Tb1
(H期间)
Tb2
(L期间)
PDb
电脉冲
P3
电脉冲
P3
H3
第三源射频信号
(脉冲波)
L3
Tc1
(H期间)
Tc2
(L期间)
PDc
0
t1
t2
t3
t4
时间

图21

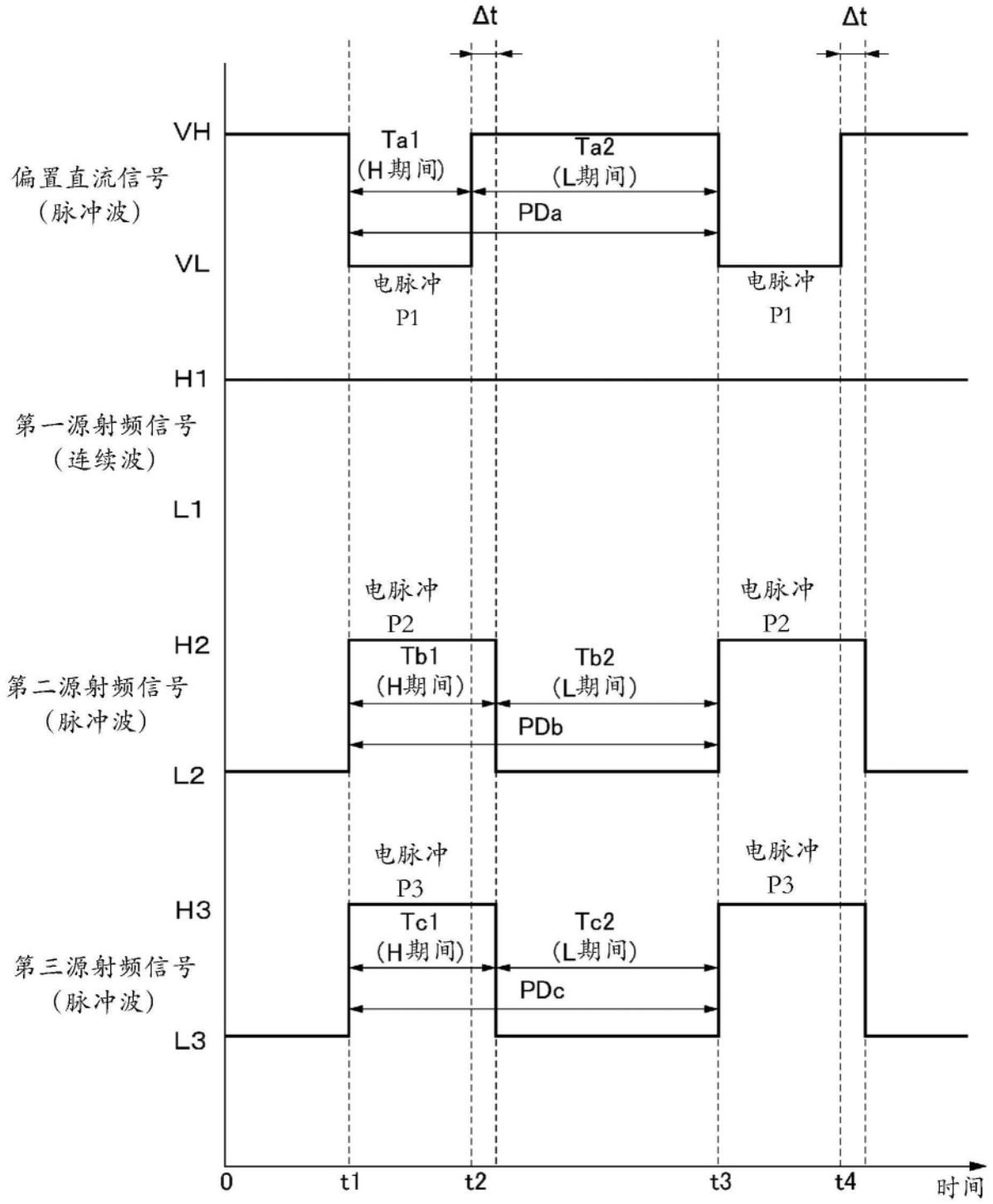

Δt
Δt
VH
偏置直流信号
（脉冲波）
VL
Ta1
（H期间）
Ta2
（L期间）
PDa
电脉冲
P1
电脉冲
P1
H1
第一源射频信号
（连续波）
L1
电脉冲
P2
电脉冲
P2
H2
第二源射频信号
（脉冲波）
L2
Tb1
（H期间）
Tb2
（L期间）
PDb
电脉冲
P3
电脉冲
P3
H3
第三源射频信号
（脉冲波）
L3
Tc1
（H期间）
Tc2
（L期间）
PDc
0
t1
t2
t3
t4
时间

图22

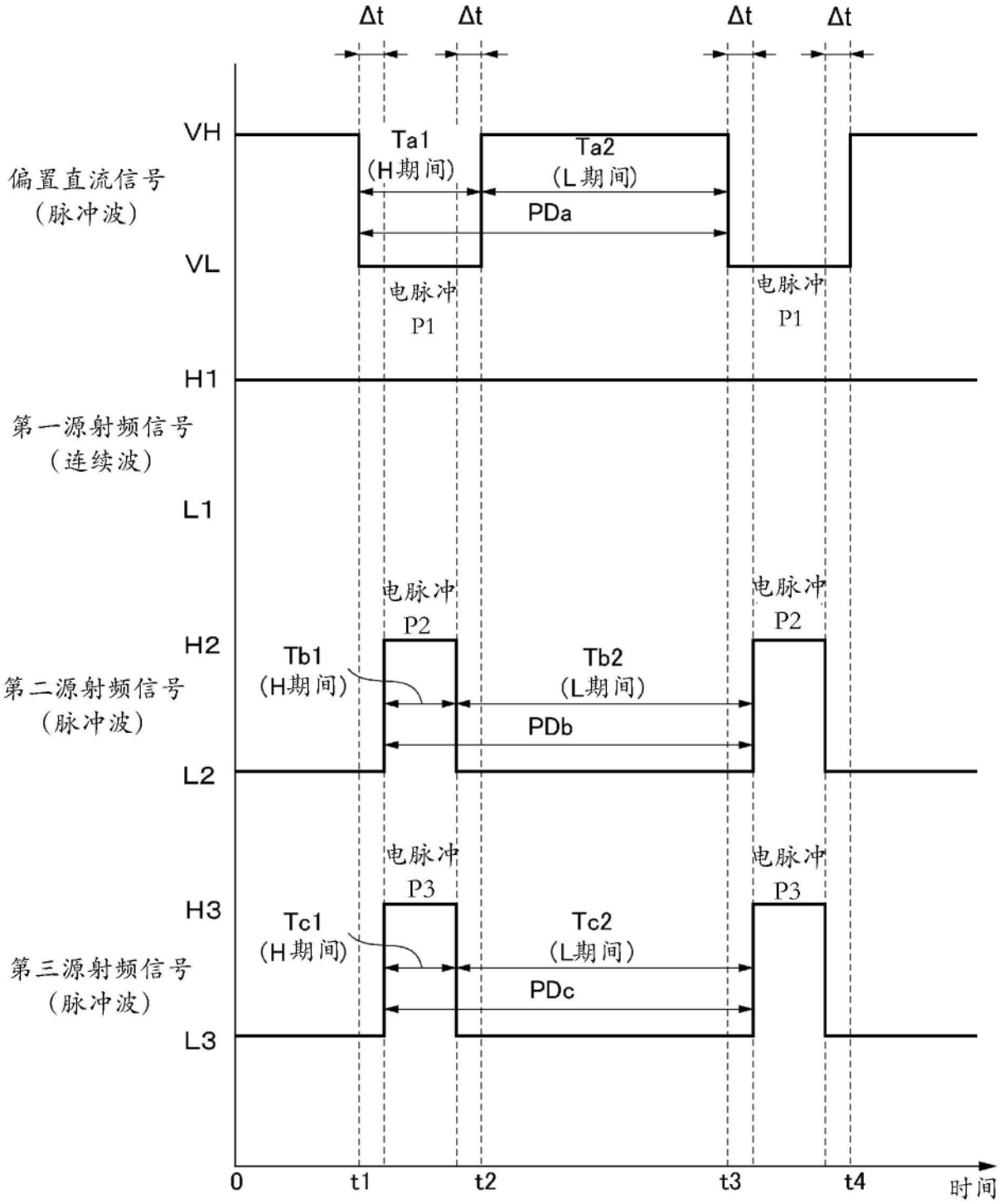

Δt
Δt
Δt
Δt
VH
偏置直流信号
（脉冲波）
VL
Ta1
（H期间）
Ta2
（L期间）
PDa
电脉冲
P1
电脉冲
P1
H1
第一源射频信号
（连续波）
L1
电脉冲
P2
电脉冲
P2
H2
第二源射频信号
（脉冲波）
L2
Tb1
（H期间）
Tb2
（L期间）
PDb
电脉冲
P3
电脉冲
P3
H3
第三源射频信号
（脉冲波）
L3
Tc1
（H期间）
Tc2
（L期间）
PDc
0
t1
t2
t3
t4
时间

图23

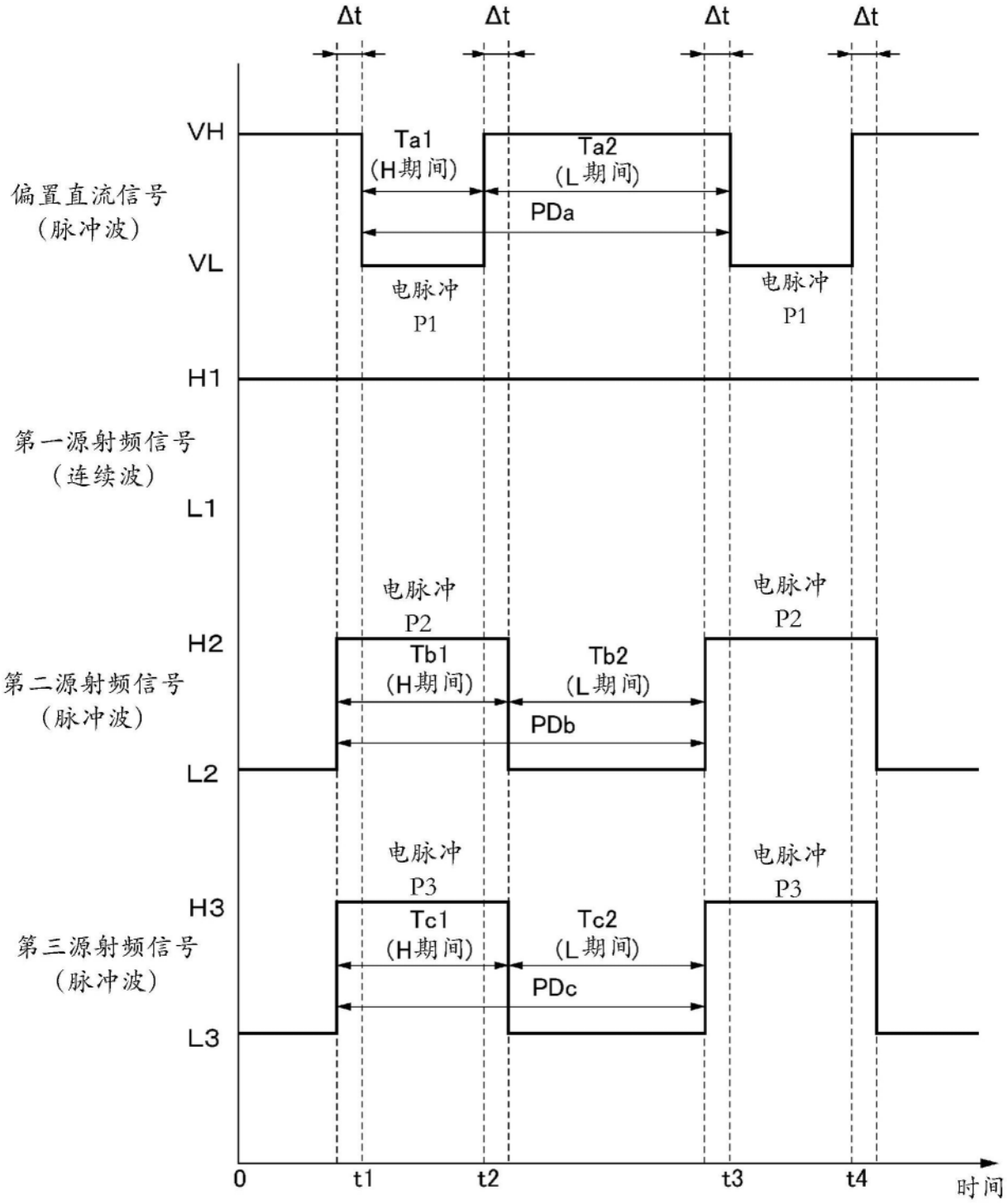

Δt
Δt
Δt
Δt
VH
VL
偏置直流信号
（脉冲波）
Ta1
（H期间）
Ta2
（L期间）
PDa
电脉冲
P1
电脉冲
P1
H1
第一源射频信号
（连续波）
L1
电脉冲
P2
电脉冲
P2
H2
Tb1
（H期间）
Tb2
（L期间）
PDb
第二源射频信号
（脉冲波）
L2
电脉冲
P3
电脉冲
P3
H3
Tc1
（H期间）
Tc2
（L期间）
PDc
第三源射频信号
（脉冲波）
L3
0
t1
t2
t3
t4
时间

图24

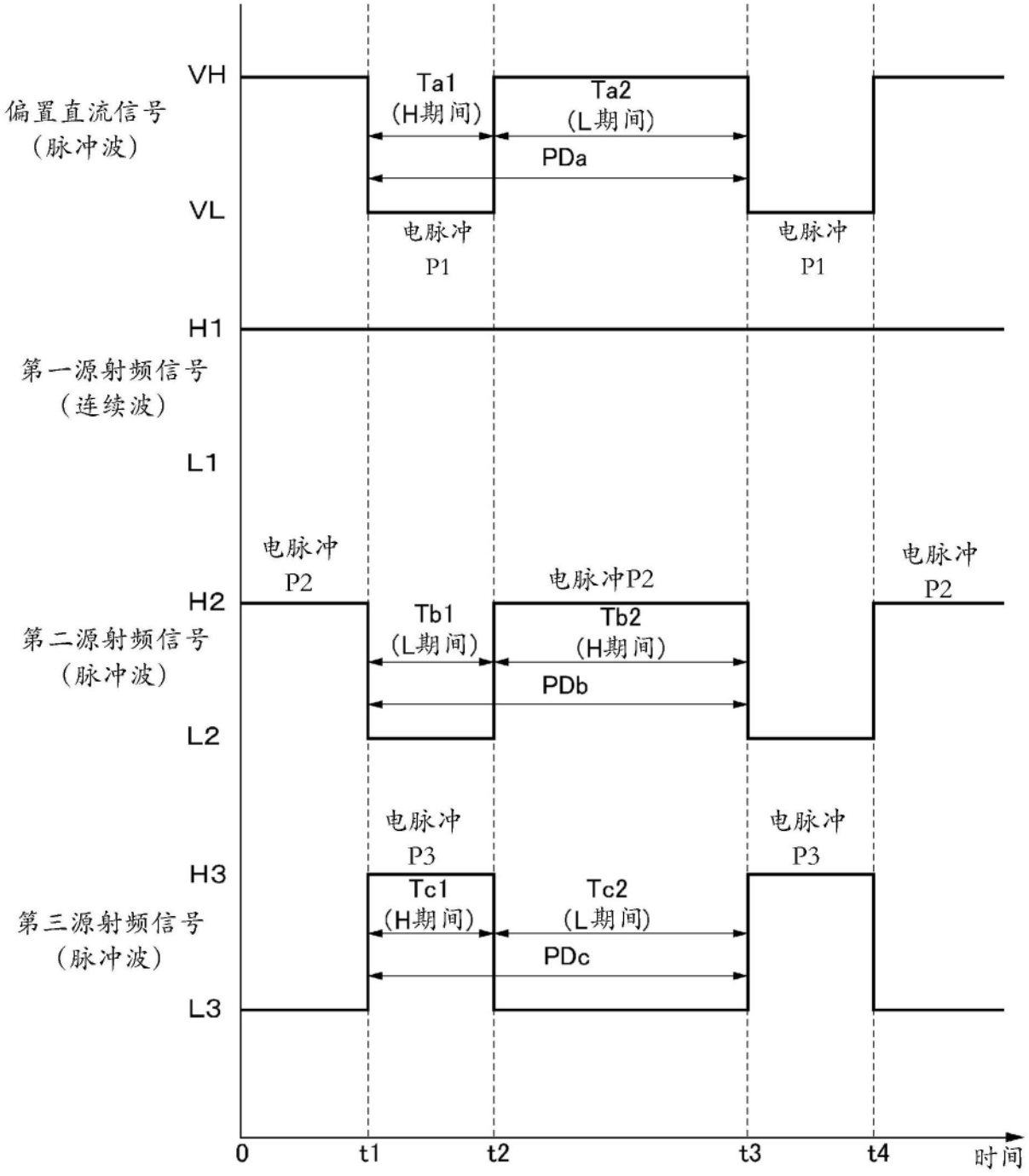

VH
偏置直流信号
（脉冲波）
VL
Ta1
（H期间）
Ta2
（L期间）
PDa
电脉冲
P1
电脉冲
P1
H1
第一源射频信号
（连续波）
L1
电脉冲
P2
电脉冲P2
电脉冲
P2
H2
第二源射频信号
（脉冲波）
L2
Tb1
（L期间）
Tb2
（H期间）
PDb
电脉冲
P3
电脉冲
P3
H3
第三源射频信号
（脉冲波）
L3
Tc1
（H期间）
Tc2
（L期间）
PDc
0
t1
t2
t3
t4
时间

图25