



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101772992 B

(45) 授权公告日 2012.08.29

(21) 申请号 200880101792.4

H01L 21/3065(2006.01)

(22) 申请日 2008.07.14

H05H 1/46(2006.01)

(30) 优先权数据

2008-080863 2008.03.26 JP

(56) 对比文件

JP 2008-47292 A, 2008.02.28, 全文.

CN 1839459 A, 2006.09.27, 全文.

(85) PCT申请进入国家阶段日

JP 11-323529 A, 1999.11.26, 全文.

2010.02.03

JP 55-145171 A, 1980.11.12, 全文.

(86) PCT申请的申请数据

JP 2004-6147 A, 2004.01.08, 全文.

PCT/JP2008/062666 2008.07.14

US 2007121267 A1, 2007.05.31, 说明书第

(87) PCT申请的公布数据

0103-0110、0121-0122、0134-0135段, 图1.

W02009/118920 JA 2009.10.01

CN 1743859 A, 2006.03.08, 全文.

(73) 专利权人 株式会社京三制作所

JP 8167500 A, 1996.06.25, 全文.

地址 日本神奈川县

JP 2007149596 A, 2007.06.14, 全文.

(72) 发明人 让原逸男 高柳敦

审查员 汪磊

(74) 专利代理机构 北京银龙知识产权代理有限公司 11243

代理人 许静

(51) Int. Cl.

H05H 1/00(2006.01)

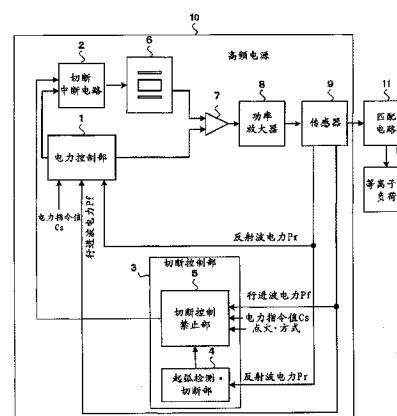
权利要求书 2 页 说明书 19 页 附图 13 页

(54) 发明名称

真空装置用异常放电抑制装置

(57) 摘要

一种抑制真空装置的异常放电的装置，所述真空装置从高频电源向等离子体反应室内供给电力进行成膜处理，所述抑制异常放电的装置具有电力控制部和切断控制部，前者根据电力指令值和电力反馈值的偏差控制高频电源，后者根据等离子体反应室内的异常放电的检测，切断从高频电源向等离子体反应室的电力供给。切断控制部进行切断时间不同的第一操作切断控制和第二操作切断控制。第一操作切断控制使可能在等离子体反应室内残存离子，在起弧因素消失的时间范围内切断控制高频电源。另一方面，第二操作切断控制在异常电弧离子消灭的时间范围内切断控制高频电源。由此对于等离子体稳定地供给电力。



1. 一种真空装置用异常放电抑制装置, 其是抑制从高频电源向等离子体反应室内供给电力来生成等离子体的真空装置的异常放电的装置, 其特征在于,

具有:

电力控制部, 其根据电力指令值和电力反馈值的偏差控制所述高频电源; 和

切断控制部, 其检测在等离子体反应室内异常放电时、以及向异常放电的转移过程时的至少某一个时期发生的反射波电力, 来切断从所述高频电源向等离子体反应室的电力供给,

所述切断控制部, 包含使切断时间的时间范围不同的第一操作切断控制和第二操作切断控制,

所述第一操作切断控制, 使可能在等离子体反应室内残存离子, 在异常放电的初期发生的少数电弧的起弧因素消灭的时间范围内切断控制高频电源,

所述第二操作切断控制, 在异常放电时从少数电弧转移的多数电弧的离子消灭的时间范围内切断控制高频电源,

其中, 所述第一操作切断控制的切断时间的时间范围为 1 μ s 到 100 μ s, 所述第二操作切断控制的切断时间的时间范围为 1ms 到 100ms。

2. 根据权利要求 1 所述的真空装置用异常放电抑制装置, 其特征在于,

所述电力控制部,

在通过所述第一操作切断控制切断高频电源的输出后通过软起动进行再起动,

该软起动, 以与所述第一操作切断控制的切断时间相同时间数量级的时间范围输出从零到电力指令值的斜坡输出。

3. 根据权利要求 2 所述的真空装置用异常放电抑制装置, 其特征在于, 所述软起动的时间范围是 1 μ s 到 100 μ s。

4. 根据权利要求 1 所述的真空装置用异常放电抑制装置, 其特征在于,

所述电力控制部,

在通过所述第二操作切断控制切断高频电源的输出后通过软起动进行再起动,

该软起动, 以与高频电源和等离子体反应室之间的匹配电路的匹配速度对应的时间范围输出从零到电力指令值的斜坡输出。

5. 根据权利要求 4 所述的真空装置用异常放电抑制装置, 其特征在于, 所述软起动的时间范围是 1ms 到 10s。

6. 根据权利要求 1 到 5 中任何一项所述的真空装置用异常放电抑制装置, 其特征在于,

所述切断控制部, 计数第一操作切断控制的执行次数, 在该计数值达到预先设定的设定次数的时刻执行所述第二操作切断控制。

7. 根据权利要求 6 所述的真空装置用异常放电抑制装置, 其特征在于, 在执行所述第二操作切断控制的同时对所述计数值进行清零, 重新计数所述第一操作切断控制的执行次数。

8. 根据权利要求 1 所述的真空装置用异常放电抑制装置, 其特征在于,

具有切断控制禁止部, 其用于禁止通过所述切断控制部进行的电力供给的切断控制,

所述切断控制禁止部, 在电弧切断禁区内, 禁止通过所述切断控制部进行的电力供给的切断控制, 继续电力供给。

9. 一种真空装置用异常放电抑制装置, 其是抑制对于等离子体反应室内供给电力来生成进行成膜处理的等离子体的真空装置的异常放电的装置, 其特征在于,

具有供给所述电力的高频电源,

所述高频电源具有:

电力控制部, 其根据电力指令值和电力反馈值的偏差控制被输出的所述电力; 和

切断控制部, 其检测在等离子体反应室内异常放电时、以及向异常放电的转移过程时的至少某一个时期发生的反射波电力, 切断从所述高频电源向等离子体反应室的电力供给,

所述电力控制部, 作为所述电力反馈值使用行进波电力值, 控制输出电力, 以使电力指令值和行进波电力值的偏差减小,

所述切断控制部具有如下的切断控制:

第一操作切断控制, 其通过比较反射波电力与低电平的阈值来检测异常放电, 根据该异常放电的检测切断电力供给, 抑制在异常放电的初期发生的少数电弧; 和

第二操作切断控制, 其通过比较反射波电力与高电平的阈值来检测异常放电, 根据该异常放电的检测切断电力供给, 抑制从少数电弧转移的多数电弧,

所述切断控制部具有:

起弧检测·切断部, 其检测所述异常放电; 和

切断控制禁止部, 其禁止通过所述起弧检测·切断部进行的电力供给的切断控制,

所述切断控制禁止部, 在电弧切断禁止区间内, 禁止基于所述起弧检测·切断部的所述第一操作切断控制的切断控制, 继续电力供给。

10. 根据权利要求 9 所述的真空装置用异常放电抑制装置, 其特征在于,

所述电弧切断禁止区间, 包含从给等离子体负荷开始施加电力到等离子体着火的点火方式区间、以及行进波电力朝电力指令值增加的行进波电力过渡区间。

11. 根据权利要求 10 所述的真空装置用异常放电抑制装置, 其特征在于, 所述点火方式区间, 是从行进波电力开始电力输出的时刻到超过反射波电力的下降电平的区间,

其中, 所述下降电平是在额定电力指令值 Cs100% 上乘以反射下降系数 L 的 $L \times Cs100\%$ 。

12. 根据权利要求 10 所述的真空装置用异常放电抑制装置, 其特征在于,

所述行进波电力过渡期间, 是行进波电力为根据电力指令值决定的电平范围以外的区间,

其中, 所述电平范围, 是把额定电力指令值 Cs100% 作为上限、把从电力指令值 Cs 中减去在额定电力指令值 Cs100% 上乘以规定的系数 K 的 $K \times Cs100\%$ 的值 ($Cs - K \times Cs100\%$) 作为下限的电平范围。

真空装置用异常放电抑制装置

技术领域

[0001] 本发明涉及真空异常放电抑制装置,特别涉及为抑制在使用高频电源进行的等离子体生成中所发生的异常放电而切断高频电源的输出的真空装置用异常放电抑制装置,通过该异常放电的抑制,在使用等离子体的基板的成膜或者基板的腐蚀中,保护基板不受由于异常放电而造成的损伤。

背景技术

[0002] 在半导体设备、液晶面板、盘等的制造过程中,有使用等离子体对这些基板进行处理的工序。在进行该等离子体处理的工序的装置中,从高频电源供给高频电力,使处理气体等离子体化,通过该等离子体对基板的表面进行成膜或者腐蚀处理。在该真空装置中,在高频电源和负荷之间设置匹配器,通过调整从匹配器到等离子体的阻抗和从匹配器到高频电源的阻抗,进行抑制来自等离子体的反射波电力的控制。

[0003] 在成膜或者腐蚀等使用等离子体的处理中,由于磁铁部分的配置、阴极表面的状态、绝缘部分的制造方法、靶子的质量制造方法、边缘部分的形状・腐蚀・表面腐蚀状态・表面活性化的均匀性・温度控制方法、溅射气体的种类・压力控制・流动方式等各种各样的原因,会发生异常放电。

[0004] 异常放电,开始发生少数电弧,接着因为少数电弧部分的升温能量集中,转移到大部分的异常放电(多数电弧)。当发生该多数电弧时,通过高能量电子的移动、靶子表面温度的上升、气体压力的异常分布等进行正反馈,发生靶子材料的蒸发,发生局部的等离子体密度的上升,形成被称之为粒子轨道电弧(racetrack arc)那样的大的电弧的扳机。除了由于少数电弧、多数电弧、以及粒子轨道电弧对靶子造成物理破坏这样的影响之外,还有由于碎片在成膜中的存储器或者光学表面上发生针孔等的影响。

[0005] 当由于破坏在靶子上发生小的氧化部分时,该部分的电子密度升高,通过吸收等离子体自身积蓄的能和通过高频电源或者直流电源供给的能,氧化部分附近的阻抗急剧降低,其吸收的能变换为热。该热使靶子材料蒸发,使一部分压力升高或者使电子密度升高。因此,在发生上述那样的大的异常放电的场合,需要在使靶子或者样本附近的热散逸、使气体散发后,再投入电源(参照专利文献1)。

[0006] 另外,作为影响基板处理的原因之一,有等离子体中的电子密度。因为等离子体状态随高频电力或者真空室内的压力等而变化,因此即使在用匹配器调整了阻抗的场合,根据等离子体状态,由等离子体反射而返回高频电源的反射波也会增加。提出了通过反射系数的检测监视该等离子体中的电子密度的技术(参照专利文献2)。

[0007] 另外,由于电弧等异常放电的发生,有时在玻璃基板或者硅晶片上发生损坏。在高频发生装置中,在等离子体发生室中发生电弧的场合,通过反射波电力的检测来检测电弧的发生,通过接收检测信号的控制电路降低或者暂时(数十 msec)停止高频发生装置的输出,由此进行消弧(例如参照专利文献3)。

[0008] 另外,为抑制在成膜电极上发生的瞬间的异常放电,提出了具有抑制异常放电的

发生的称为断弧功能的等离子体 CVD 装置。该断弧功能是通过匹配箱内的电流等检测发生瞬间异常放电的前兆、短时间停止高频电力的施加、或者降低施加电力的功能（参照专利文献 4）。

[0009] 另外，在专利文献 3 中，还提出了计数断弧动作的动作次数、记录成膜处理中的断弧动作次数的技术。

[0010] 专利文献 1：特许第 2733454 号公报

[0011] 专利文献 2：特开 2000-299198 号公报

[0012] 专利文献 3：特开平 06-119997 号公报

[0013] 专利文献 4：特开 2001-102196 号公报

[0014] 在真空装置中，通过反射波电力急增进行异常放电发生的检测，但是因为即使在异常放电发生之外的情况下该反射波电力有时也会增加，所以有尽管不是异常放电也切断了高频电源这样的问题。例如，在起动高频电源向负荷侧供给高频电力的点火时反射波电力增加。因此，即使在不发生异常放电的场合，也会由于该反射波电力的增加而判断是异常放电发生，进行切断从该高频电源向负荷的高频电力的输出的控制。这样，当切断来自高频电源的输出时，因为不能进行电力供给所以不能形成等离子体，而对于成膜处理就会产生障碍。

[0015] 另外，在上述点火时之外，在检出异常放电而切断高频电力的输出之后，在再起动高频电源时也有同样的问题，因为由于阻抗的不匹配等引起反射波电力的增加，所以即使在不发生异常放电的场合，也有时把该反射波电力的增加误检测为异常放电的发生，再次执行切断操作，在再起动时产生障碍。

[0016] 在该点火时或者再起动时，考虑通过把作为异常放电检测的检测电平提高设定来抑制误检测。但是，因为高频电源通常具有为保护过电流而使输出电压降低的下降特性的保护功能，所以需要设定比该反射波电力的下降电平（例如 15%）足够高的检测电平（例如 20%～50%）。这样，当提高设定检测异常放电的检测电平时，有检测初期阶段的异常放电变得困难、不能进行良好的异常放电检测这样的问题。

[0017] 另外，在正常的等离子体动作中，在降低检测异常放电的检测电平的场合会残存离子。当该残存的离子被积累时，会成为发生异常电弧的原因，而使异常放电的发生频度升高，有对于等离子体稳定地供给电力变得困难这样的问题。

发明内容

[0018] 因此，本发明的目的在于，解决上述现有的问题，对于等离子体稳定地供给电力。

[0019] 本发明的目的在于，为进行对于等离子体稳定的电力供给，抑制电弧的成长、和消除使发生异常电弧的离子的积累。

[0020] 另外，本发明的目的在于，为进行对于等离子体稳定的电力供给，减低异常放电的误检测。

[0021] 另外，本发明的目的在于，为进行对于等离子体稳定的电力供给，在点火时或者再起动时，不提高设定检测异常放电的检测电平，抑制误检测。

[0022] 本发明的真空装置用异常放电抑制装置，是为对于等离子体稳定地供给电力而抑制发生异常放电的装置，且作为抑制异常放电的方式有两种方式。

[0023] 抑制异常放电的第一方式,是分开使用第一操作切断控制和第二操作切断控制这两种切断控制的方式,第一操作切断控制,通过使切断高频电源的输出的切断时间的时间范围不同而能够在等离子体中的离子残存的状态下再起动,第二操作切断控制在使异常电弧离子消失的状态下进行再起动。

[0024] 第二方式,是在点火时、或者在通过第一操作切断后进行的高速上升的再起动时等的反馈信号容易变动的区间内,通过禁止切断动作来抑制由于异常放电的误检测而引起的误动作的方式。第一方式和第二方式都是能够向等离子体进行稳定的电力供给的方式。

[0025] 在第一方式中,通过能够在等离子体中残存离子的状态下再起动的第一操作切断控制来抑制电弧的成长,通过在使异常电弧离子消失的状态下进行再起动的第二操作切断控制来消除使发生异常电弧的离子的积蓄。

[0026] 另外,第二方式,在点火时或者在第一操作切断后的再起动时等的区间内,即使在检出异常放电的场合也禁止切断动作。

[0027] 本发明的第一方式是抑制从高频电源向等离子体反应室内供给电力来生成等离子体的真空装置的异常放电的装置,其具有电力控制部和切断控制部,前者根据电力指令值和电力反馈值的偏差控制高频电源,后者根据在等离子体反应室内异常放电时、以及向异常放电的转移过程时的至少某一个时期中发生的反射波电力或者反射波电压的检测,切断从高频电源向等离子体反应室的电力供给。

[0028] 切断控制部进行切断时间不同的第一操作切断控制和第二操作切断控制。第一操作切断控制,使能够在等离子体反应室内残存离子,在作为异常放电的原因的少数电弧的起弧因素消灭的时间范围内切断控制高频电源。另一方面,第二操作切断控制在异常放电的多数电弧的离子消灭的时间范围内切断控制高频电源。

[0029] 在第一操作切断控制中,例如把切断时间的时间范围取为 1 μ s 到 100 μ s 的短的时间范围,在等离子体反应室内残存离子的状态下结束切断控制。少数电弧的起弧因素,因为通过该短时间的切断而消失,所以消除了异常放电。另外,在通过第一操作切断控制的切断时间范围内,因为是等离子体反应室内的离子残存的状态,所以在进行切断后进行了再起动时能够用短的时间极快地进行电力供给的提升。由此,能够瞬时恢复正常放电。

[0030] 在第二操作切断控制中,例如,取为 1ms 到 100ms 的时间范围,在多数电弧的异常电弧离子消灭的状态下结束切断控制。由此,能够消除使异常电弧发生的离子的积蓄,切断起弧。

[0031] 该第二操作切断,因为使异常电弧离子消灭,所以也称为电弧离子刷新动作。

[0032] 在第一方式中,电力控制部,在通过第一操作切断控制切断高频电源的输出后进行高速上升的再起动,对于电力指令值或者电压指令值反馈行进波电力值或者行进波电压值来进行控制,控制成高频电源的输出成为电力指令值或者电压指令值。

[0033] 在该第一操作切断控制后进行的高速上升,是在与第一操作切断控制的切断时间相同时间数量级的时间范围内输出从零到电力指令值或者电压指令值的斜坡形状的电力或者电压的高速上升。因此,该高速上升所需要的时间,可以根据第一操作切断控制的切断时间决定。该高速上升的时间范围例如可以取 1 μ s 到 100 μ s。

[0034] 另外,电力控制部,在通过第二操作切断控制切断高频电源的输出后进行软起动的再起动,对于电力指令值或者电压指令值反馈行进波电力值或者行进波电压值来进行控

制,控制成高频电源的输出成为电力指令值或者电压指令值。

[0035] 在该第二操作切断控制后进行的软起动,以在高频电源和离子体反应室之间配置的匹配箱的匹配电路可充分应对的匹配速度进行从零到电力指令值或者电压指令值的斜坡形状的电力输出或者电压输出。因此,该软起动需要的时间范围,可以视电力指令值或者电压指令值的大小、匹配箱的匹配特性来决定。该软起动的时间范围,例如,可以设为从 1ms 到 10s。

[0036] 第二操作切断控制,因为以消除发生作为多数电弧的异常电弧的离子的积蓄、切断起弧为目的,所以在使等离子体中发生异常电弧的离子积蓄的阶段执行是有效的。

[0037] 本发明,根据在规定的单位时间(例如 10ms)以内发生的第一操作切断控制的累计执行次数来判断发生该异常电弧的离子的积蓄状况,把第一操作切断控制的累计执行次数达到预先设定的次数的时刻,判断为是在等离子体内发生异常电弧的离子积蓄的阶段,执行第二操作切断控制。切断控制禁止部,在第一规定的时间内,计数第一操作切断控制的执行次数,在通过该计数得到的计数值达到预先设定的设定次数的时刻,执行第二操作切断控制。

[0038] 另外,在执行第二操作切断控制的同时对计数值进行清零,重新开始第一操作切断控制的执行次数的计数,再次在规定时间内在该计数值达到设定次数的时刻,再次执行第二操作切断控制。通过重复该规定次数的第一操作切断控制和在其后执行的第二操作切断控制,能够有效地进行电弧的成长抑制和异常电弧离子的消除。

[0039] 本发明的第二方式,在点火方式区间、第一操作切断后的高速上升区间、第二操作切断后的重点火方式区间等内,通过即使在检出异常放电的场合也禁止切断动作,抑制由异常放电的误检测引起的切断,使对于等离子体的电力供给稳定。在点火时或者切断后的再起动时,由于对于等离子体负荷不匹配而使反射波电力增大。为抑制通过该反射波电力的增大引起的过电压或者过电流,进行反射波电力下降控制。此时,反射波电力增大,因为原因是不匹配,而不是异常放电的电弧,所以不需要进行切断动作。因此,在这样的场合,禁止切断动作,来使对于等离子体的电力供给稳定。

[0040] 本发明的第二方式的结构,是抑制使用给等离子体反应室内供给电力而生成的等离子体进行成膜或者腐蚀处理的真空装置的异常放电的装置,具有供给电力的高频电源。该高频电源具有电力控制部和切断控制部,前者根据电力指令值和电力反馈值的偏差控制高频电源,后者检测在等离子体反应室内异常放电时、以及向异常放电的转移过程时的至少某一个时期中发生的反射波电力或者反射波电压,切断从高频电源向等离子体反应室的电力供给。切断控制部具有检测异常放电的起弧检测·切断部、和禁止基于该起弧检测·切断部的电力供给的切断控制的切断控制禁止部。

[0041] 本发明的第二方式具有的切断控制禁止部,在作为电弧切断禁区内决定的区间内,禁止通过切断控制部进行的电力供给的切断控制,即使切断控制部进行切断电力供给的控制,也禁止该切断控制而继续电力供给。

[0042] 电力控制部,作为电力反馈值使用行进波电力值,控制输出电力,以使电力指令值和行进波电力值的偏差减小。

[0043] 另外,切断控制部以两种方式进行切断控制。第一方式是抑制少数电弧的第一操作切断控制,通过比较反射波电力或者反射波电压与低电平的阈值来检测异常放电,根据

该异常放电的检测切断电力供给。第二方式是抑制多数电弧的第二操作切断控制，通过比较反射波电力或者反射波电压与高电平的阈值来检测反射波电力的增加，根据该反射波电力增加的检测切断电力供给。

[0044] 第一操作切断控制和第二操作切断控制，使与反射波电力 P_r 比较的阈值的大小不同。作为阈值，第一操作切断控制使用低电平的值，检测反射波电力或者反射波电压增加的初期阶段。由此检测伴随异常放电的发生的反射波电力的增加。

[0045] 另一方面，第二操作切断控制，作为阈值使用比在第一操作切断控制中使用的低电平的值大的高电平的值，检测能量集中、向大部分的异常放电转移的多数电弧的状态，进行切断。

[0046] 本发明的切断控制禁止部，对于第一操作切断控制，执行禁止切断控制的禁止控制，对于第二操作切断控制，不进行禁止控制。第一操作切断控制，在使等离子体离子残存的同时消除少数电弧的起弧因素，第二操作切断控制，消除异常放电时的多数电弧离子，由此，来实现抑制异常放电的目的。

[0047] 在对于以异常放电为原因的第二操作切断控制应用禁止切断控制的禁止控制的场合，就会减低第二操作切断控制的效果。因此，切断控制禁止部仅对于第一操作切断控制应用禁止控制，而不进行由于错误地检出异常放电而导致的误切断控制。

[0048] 电弧切断禁止区间，是对于高频电源的等离子体负荷的发生不匹配的区间，包含有高频电源起动时的点火方式区间、高频电源再起动时的第一操作切断后的高速上升区间、第二操作切断后的重点火方式区间、以及作为行进波达到规定电平时的区间的行进波电力过渡区间的各区间。

[0049] 因为在上述的电弧切断禁止区间内等离子体处于不稳定的状态，且对于等离子体负荷的匹配电路的匹配不充分，所以有时反射波电力增加。此时的反射波电力的增加，不作为异常放电的原因。对于该反射波电力的增加，因为高频电源作为保护动作进行反射波电力下降控制，所以在上述的电弧切断禁止区间内没有必要进行切断控制。点火方式区间以及重点火方式区间可认为是等离子体已经着火的区间，是从行进波电力开始电力输出的时刻到超过反射波电力的下降电平的区间。

[0050] 在点火方式区间以及重点火方式区间内，在行进波电力或者对于等离子体的负荷电力，相对于高频电源的输出电力的电力指令值大大偏离了的场合，接受过大的反射波电力进行下降控制，用下降特性保护过电压、过电流。高频电源的输出电力，因为通过该下降特性降低，所以不需要通过切断控制停止电力供给。

[0051] 在该点火方式区间、重点火方式区间、高速上升区间内，第一操作切断控制，把反射波电力的增加作为异常放电误检测，根据该误检测切断电力供给，尽管未发生异常放电，也不能对于等离子体供给电力。因此，在该区间内，作为电弧切断禁止区间，不切断而继续电力供给。

[0052] 在点火方式区间、重点火方式区间、高速上升区间内，下降电平，可以用在额定电力指令值 $C_s 100\%$ 上乘以反射下降系数 L 的 $L \times C_s 100\%$ 决定。这里，反射下降系数 L 可以在 $0.1 \sim 0.3$ 的范围内决定。

[0053] 另外，在起动时或者再起动时，行进波电力比电力指令值 C_s 滞后增加，通过反馈控制向电力指令值 C_s 无限渐近。在该行进波电力处于过渡状态的区间内，当把反射波电力

的增加检测作为异常放电检测，根据该检测切断电力供给时，尽管未发生异常放电，也不能对于等离子体供给电力。因此，该行进波电力过渡期间，作为电弧切断禁止区间，不切断而继续电力供给。

[0054] 行进波电力过渡期间，是行进波电力 P_f 和电力指令值 C_s 的差 ($C_s - P_f$) 充分大的区间，可以通过把电力指令值 C_s 作为上限、把从电力指令值 C_s 中减去在额定电力指令值 $C_s 100\%$ 上乘以规定的系数 K 的 $K \times C_s 100\%$ 的值 ($C_s - K \times C_s 100\%$) 作为下限的电平范围决定，当行进波电力 P_f 在该电平范围以外时，作为电弧切断禁止区间不切断而继续电力供给。这里，系数 K 例如在 $0.01 \sim 0.2$ 的范围内设定，例如可以设定为 0.03 。

[0055] 如上所述，通过本发明的真空装置用异常放电抑制装置，能够对于等离子体稳定地供给电力。

[0056] 另外，通过本发明的真空装置用异常放电抑制装置，能够抑制电弧的成长，消除发生异常电弧的离子的积蓄，由此能够进行对于等离子体的电力的稳定供给。

[0057] 另外，通过本发明的真空装置用异常放电抑制装置，能够减低异常放电的误检测，由此能够进行对于等离子体的电力的稳定供给。

[0058] 另外，通过本发明的真空装置用异常放电抑制装置，能够在点火时或者再起动时，不提高设定检测异常放电的检测电平，而能抑制误检测，由此能够进行对于等离子体的电力的稳定供给。

附图说明

[0059] 图 1 是本发明的真空装置的电源系统以及真空装置用异常放电抑制装置的概略结构图。

[0060] 图 2 是表示本发明的电源控制部的控制系统的框图。

[0061] 图 3 是用于说明本发明的切断处理以及切断禁止处理的信号图。

[0062] 图 4 是用于说明本发明的切断处理以及切断禁止处理的信号图。

[0063] 图 5 是用于说明本发明的切断处理以及切断禁止处理的流程图。

[0064] 图 6 是用于说明本发明的切断处理以及切断禁止处理的流程图。

[0065] 图 7 是用于说明本发明的真空装置用异常放电抑制装置的实施方式的结构例的图。

[0066] 图 8 是用于说明本发明的真空装置用异常放电抑制装置的实施方式的切断处理以及切断禁止处理的流程图。

[0067] 图 9 是用于说明本发明的真空装置用异常放电抑制装置的第二操作切断的流程图。

[0068] 图 10 是表示使用比较电路的切断控制部的输出状态的图。

[0069] 图 11 是表示本发明的切断控制禁止部的另外的结构例的图。

[0070] 图 12 是表示本发明的始动时刻的软起动时的电弧切断禁止区间的图。

[0071] 图 13 是表示本发明的第一操作切断后的高速上升时的电弧切断禁止区间的图。

[0072] 图 14 是表示本发明的第二操作切断后的软起动时的电弧切断禁止区间的图。

[0073] 符号说明

[0074] 1... 电力控制部

- [0075] 1a... 电力设定部
- [0076] 1b... 软起动控制部
- [0077] 1c、1d... 传递函数
- [0078] 1e... 电力设定部
- [0079] 1f、1g... 电力设定部
- [0080] 2... 切断中断电路
- [0081] 3... 切断控制部
- [0082] 4... 起弧检测・切断部
- [0083] 4A... 第一操作切断系统
- [0084] 4Aa... 电力设定部
- [0085] 4Ab... 第一比较电路
- [0086] 4Ac... 第一控制信号生成电路
- [0087] 4B... 第二操作切断系统
- [0088] 4Ba... 电力设定部
- [0089] 4Bb... 第二比较电路
- [0090] 4Bc... 第二控制信号生成电路
- [0091] 5... 切断控制禁止部
- [0092] 5a... 第一开关电路
- [0093] 5b... 第三比较电路
- [0094] 5c... 第二开关电路
- [0095] 5d... 判定电路
- [0096] 5e... 计数器电路
- [0097] 6... 振荡器
- [0098] 7... 运算放大器
- [0099] 8... 功率放大器
- [0100] 9... 传感器
- [0101] 10... 高频电源
- [0102] 11... 匹配电路
- [0103] 12... 等离子体负荷

具体实施方式

- [0104] 下面参照附图详细说明本发明的实施形式。
- [0105] 下面使用图 1 说明本发明的真空装置用异常放电抑制装置的结构例。
- [0106] 图 1 是真空装置的电源系统以及真空装置用异常放电抑制装置的概略结构图。在该图中,电源系统具有包含电力控制部 1、振荡器 6、传感器 9 的高频电源 10。电力控制部 1 把用传感器 9 检出的行进波电力 Pf 作为反馈信号,根据与电力指令值 Cs 的差控制输出电力。高频电源 10 通过匹配电路 11 向等离子体负荷 12 供电。这里,等离子体负荷 12 是从电源侧看在具有真空装置的等离子体反应室内形成的等离子体时的电负荷。
- [0107] 在电源系统中,电力控制部 1 把来自传感器 9 的行进波电力 Pf 作为反馈信号,根

据输入的反馈信号与电力指令值 C_s 的偏差进行反馈控制, 控制成使高频电源 10 的输出电力成为电力指令值 C_s 。通过电力控制部 1 进行的控制, 除了对于电力指令值 C_s 控制输出电力之外, 还可以通过对于电压指令值控制输出电压来进行。以下说明对于电力指令值 C_s 控制输出电力的场合。

[0108] 传感器 9 检测从高频电源 10 向等离子体负荷 12 发送的行进波电力 P_f 、以及从等离子体负荷 12 朝向高频电源 10 的反射波电力 P_r 。向电力控制部 1 反馈行进波电力 P_f 的检出信号, 向后述的切断控制部 3 具有的起弧检测·切断部 4 发送反射波电力 P_r 的检出信号, 向切断控制禁止部 5 发送行进波电力 P_f 的检出信号。

[0109] 传感器 9 检测行进波电力 P_f 以及反射波电力 P_r , 向电力控制部 1 发送行进波电力 P_f 的检出信号以及反射波电力 P_r 的检出信号。电力控制部 1 通过使用行进波电力 P_f 的检出信号进行的反馈控制使高频电源 10 的输出电力追随目标值。

[0110] 通过电力控制部 1 进行的反馈控制, 把电力指令值 C_s 和行进波电力 P_f 的差分信号作为控制输出电力的指令信号生成, 向运算放大器 7 的一个端子输入。另一方面, 在运算放大器 7 的另一个端子上输入作为基准的高频信号。运算放大器 7 根据电力控制部 1 的指令信号控制高频信号的振幅。高频信号可以通过振荡器 6 形成, 该高频信号的频率可以根据供给等离子体负荷的高频决定, 例如做成 13.56MHz 的频率信号。

[0111] 由此, 控制运算放大器 7 的交流输出信号使供给等离子体负荷 12 的电力成为电力指令值 C_s 。运算放大器 7 的输出信号, 在通过功率放大器 8 变成规定电力后, 通过匹配电路 11 向等离子体负荷 12 发送。

[0112] 反馈控制, 除了使用运算放大器 7 进行之外, 代替运算放大器 7 还可以使用反相器, 也可以通过控制开关元件的开关间隔的 PWM 控制信号控制交流电力的电压。

[0113] 另外, 电力控制部 1 使用反射波电力 P_r 的检出信号检测反射波电力 P_r 的增加, 在检出反射波电力 P_r 的增加的场合进行下降控制, 抑制伴随反射波电力 P_r 的增加的过电流或者过电压, 保护电源。

[0114] 匹配电路 11 是进行高频电源 10 侧和等离子体负荷 12 之间的阻抗匹配的电路。例如, 可以通过电感和电容构成。

[0115] 图 2 是表示电源控制部的控制系统的框图。

[0116] 在图 2 中, C_s 是与高频电源 10 的输出电力的目标值对应的电力指令值, P_f 是朝向等离子体负荷 12 的行进波电力。在该控制系统中, 进行反馈控制, 以使作为输出电力的行进波电力 P_f 与作为电力指令值的目标值 C_s 一致。

[0117] 在电力控制部 1 中, S_1 是计算电力指令值 C_s 和经过传递函数 β 从传感器 9 反馈的行进波电力的检出信号 P_{fb} 的差、作为电力的控制偏差 ϵ 输出的求和点。 G 是根据电力的控制偏差 ϵ 生成电流指令信号 I 时的传递函数, 具有比例特性以及积分特性。行进波电力 P_f 被供给等离子体负荷 12, 同时经过传递函数 β 被反馈到求和点 S 。 β 是把行进波电力 P_f 反馈到求和点 S 时的传递函数, 这里, 相当检测行进波电力 P_f 的传感器 9 的传递函数。

[0118] 另外, 电力控制部 1, 包含在起动时或者切断后再起动时以斜坡状使电力从零输出状态增加到规定电力值的软起动控制。

[0119] 另外, 在本发明的真空装置用异常放电抑制装置中, 高频电源 10 具有在检测到异常放电时暂时切断向等离子体负荷 12 输出的电力的机构。该切断机构具有控制输出电力

的切断操作的切断控制部3,该切断控制部3包含:检测起弧、控制切断动作的起弧检测·切断部4;在异常放电以外的场合禁止起弧检测·切断部4的动作、继续电力供给的切断控制禁止部5;以及对于通常的电力控制进行通过切断控制部3进行的切断动作的中断的切断中断部2。

[0120] 切断中断部2接受切断控制部3的切断控制而使振荡器6的动作停止。通过停止该振荡器6的动作,使暂时停止从高频电源10向等离子体负荷12的电力供给。另外,切断控制,除停止向等离子体负荷12的电力供给之外,也可以进行减低供给的电力量的控制,也可以代替振荡器6停止动作而通过电力控制部1抑制输出电力。

[0121] 切断控制部3的起弧检测·切断部4,输入用传感器9检出的反射波电力Pr的检出信号,比较该反射波电力Pr的检出信号与切断用的阈值,在反射波电力Pr的检出信号的大小超过该阈值时,判断为在等离子体负荷12中发生了异常放电,对于切断中断部2输出切断指令。切断中断部2,当接收到来自切断控制部3的切断指令时停止振荡器6的振荡动作,由此暂时停止从高频电源10向等离子体负荷12的电力供给,抑制异常放电的发生。

[0122] 切断控制部3进行的异常放电的抑制,可以通过两种切断控制来进行,即,在残存了等离子体中的离子的状态下能够再起动的第一操作切断控制和在消除了异常电弧离子的状态下进行再起动的第二操作切断控制。这两种切断控制,可以通过使切断高频电源的输出的切断时间的时间范围不同来选择。

[0123] 第一操作切断控制在残存了等离子体中的离子的状态下能够再起动的状态下进行切断控制,抑制电弧的成长。另一方面,第二操作切断控制,通过使异常电弧离子消失,消除发生电弧的离子的积蓄。

[0124] 切断控制部3的起弧检测·切断部4,进行使切断时间不同的第一操作切断控制和第二操作切断控制。第一操作切断控制,可残存等离子体反应室内的离子,在起弧因素消失的时间范围内切断控制高频电源。另一方面,第二操作切断控制,在异常电弧离子消失的时间范围内切断控制高频电源。

[0125] 在第一操作切断控制中,例如,取切断时间的时间范围为1μs到100μs的短的时间范围,在等离子体反应室内的离子残存的状态下结束切断控制。由此,作为异常放电的原因的起弧因素,通过该短时间的切断消失,消除异常放电。另外,在通过第一操作切断控制的切断时间范围内,是等离子体反应室内的离子残存的状态。因此,在切断后的再起动中,因为能够极快地在短时间内进行电力供给的提升,所以能够瞬时恢复正常放电。

[0126] 在第二操作切断控制中,例如,取比第一操作切断控制长的1ms到100ms的时间范围,在异常电弧离子消失的状态下结束切断控制。由此,能够消除发生异常放电的离子的积蓄,切断起弧。

[0127] 在本发明中,通过第一操作切断控制的切断动作,在反射波电力达到低电平的阈值(第一操作电平)的时刻停止电力供给来消除异常放电。另外,通过第二操作切断控制的切断动作,在反射波电力达到高电平的阈值(第二操作电平)的时刻停止电力供给来消除异常电弧离子。该第二操作切断控制也称为电弧离子刷新动作。

[0128] 因为通过第一切断控制的切断动作先于通过第二切断控制的切断动作进行,所以把第一切断控制称为第一操作,把第二切断控制称为第二操作,把第一操作电平设定为比第二操作电平低的电平。

[0129] 电力控制部 1, 在通过第一操作切断控制切断高频电源 10 的输出后以高速上升再起动, 对于电力指令值 Cs 反馈行进波电力 Pf 进行控制, 控制成使高频电源的输出成为电力指令值 Cs。

[0130] 在该第一切断控制后进行的再起动是高速上升的起动, 通过在与第一操作切断控制的切断时间相同的时间数量级的时间范围内输出从零输出状态到电力指令值的斜坡状的电力来进行。因此, 该高速上升所需要的时间范围可以根据第一操作切断控制的切断时间决定。该时间范围例如可以取 1 μ s 到 100 μ s。

[0131] 另外, 电力控制部 1, 在通过第二操作切断控制切断高频电源 10 的输出后进行通过软起动的再起动, 对于电力指令值 Cs 反馈行进波电力 Pf 进行控制, 控制成使高频电源的输出成为电力指令值 Cs。

[0132] 该第二操作切断控制后进行的再起动的软起动, 以匹配电路 11 能够充分应对的匹配速度进行从零输出状态到电力指令值的斜坡状的电力输出。由此, 能够抑制由于匹配不良引起的反射波电力 Pr 的增加。

[0133] 因此, 通过该第二操作切断控制进行的再起动的软起动所需要的时间范围, 可以依据电力指令值 Cs 的大小、匹配电路 11 的匹配特性等决定。该软起动的时间范围, 例如可以取 1ms 到 1s。

[0134] 第二操作切断控制, 因为以消除使异常电弧发生的离子的积蓄、切断起弧为目的, 所以在使等离子体发生异常电弧的离子的积蓄的阶段执行是有效的。

[0135] 第二操作切断控制, 根据在规定时间内发生的第一操作切断控制的累计执行次数, 判断发生异常电弧的离子的积蓄状况, 通过把在第一操作切断控制的累计执行次数达到预先设定的次数的时刻判断为是使等离子体内发生异常电弧的离子积蓄了的阶段来执行。因此, 切断控制部 3 具有的起弧检测・切断部 4 与切断控制禁止部 5 一起计数第一操作切断控制的执行次数, 在通过该计数得到的计数值达到预先设定的设定次数的时刻, 执行第二操作切断控制。

[0136] 另外, 在执行第二操作切断控制的同时对计数值进行清零, 重新开始第一操作切断控制的执行次数的计数, 在规定时间内计数值达到设定次数的时刻再次执行第二操作切断控制。通过重复该规定次数的第一切断控制及在其后的第二操作切断控制, 能够有效地进行电弧的成长抑制和异常电弧离子的消除。

[0137] 另外, 切断控制部 3 可以用第一操作切断控制和第二操作切断控制两种方式执行切断控制。

[0138] 各切断控制, 例如, 可以通过反射波电力的绝对值电平和阈值的比较检测异常放电, 根据检出的异常放电来进行。

[0139] 在通过比较反射波电力的绝对值电平和阈值检测异常放电的场合, 第一操作切断控制, 通过把反射波电力与低电平的阈值比较检测异常放电, 根据该异常放电的检出来切断电力供给。另一方面, 第二操作切断控制, 通过把反射波电力与高电平的阈值比较检测反射波电力的增加, 根据该反射波电力的增加的检出来切断电力供给。

[0140] 第一操作切断控制和第二操作切断控制, 通过使和反射波电力 Pr 要比较的阈值的大小不同来选择。第一操作切断控制作为阈值使用低电平的值, 检测反射波电力的增加的初期阶段。由此, 能够检测伴随异常放电的发生的反射波电力的增加。其结果, 能够在少

数电弧的状态下切断等离子体成膜时以及腐蚀时的异常放电。

[0141] 另一方面,作为阈值,第二操作切断控制使用比在第一操作切断控制中使用的低电平的值大的高电平的值,检测经过了初期阶段的阶段的反射波电力的增加。由此,检测能量集中、向大部分异常放电转移的多数电弧的状态并进行切断。

[0142] 另外,切断控制禁止部5,在作为电弧切断禁止区间决定的区间内,禁止通过起弧检测·切断部4进行的电力供给的切断控制,即使在执行切断电力供给的控制的场合,切断控制禁止部5也禁止该切断控制,继续电力供给。该电弧切断禁止区间,是在由于异常放电以外的因素引起发生反射波电力增加的场合,为防止误认为异常放电而停止电力供给而决定的区间。在该电弧切断禁止区间内,在起弧检测·切断部4检测到反射波电力的增加而输出切断指令的场合,禁止该切断指令,不执行切断控制。

[0143] 这里,电弧切断禁止区间,可以包含高频电源起动时的点火方式区间、第一操作切断控制后的高速上升区间、第二操作切断控制后的点火方式区间、反馈值(行进波电力)渐近电力指令值达到规定的变动范围内的行进波电力过渡区间。

[0144] 点火方式区间以及重点火方式区间是到认为等离子体着火的区间,是从行进波电力开始电力输出的时刻到超过反射波电力的下降电平的区间。在该区间内在反射波电力增加的场合,因为高频电源作为保护动作进行反射波电力下降控制,所以不需要进行第一操作切断控制,另外,第二操作切断控制为了保护不论是否是管电弧切断禁止区间都执行切断动作。

[0145] 在电弧切断禁止区间内,当通过第一操作切断控制检测到反射波电力的增加而作为异常放电被误检出时,根据该误检出切断电力供给,尽管未发生异常放电,也不能对于等离子体进行电力供给。因此,在本发明中,在该电弧切断禁止区间内不切断而继续电力供给。

[0146] 在点火方式区间或者重点火方式区间内,电弧切断禁止区间可以用下降电平决定。下降电平可以用在额定电力指令值Cs100%上乘以反射下降系数L的L×Cs100%决定。这里,反射下降系数L可以在0.1~0.3的范围内决定。

[0147] 另外,在起动时或者再起动时,行进波电力比电力指令值Cs滞后增加,通过反馈控制向电力指令值Cs渐近。在行进波电力处于过渡状态的区间内,当把反射波电力的增加作为异常放电检出、根据该检出切断电力供给时,尽管未发生异常放电,也不能对于等离子体供给电力。因此,该行进波电力过渡期间作为电弧切断禁止区间,不切断而继续进行电力供给。

[0148] 该行进波电力过渡期间,可以作为电力反馈值(行进波电力)对于电力指令值超过规定的变动范围的区间决定,是行进波电力Pf和电力指令值Cs的差(Cs-Pf)足够大的区间,可以通过把电力指令值Cs作为上限、把从电力指令值Cs中减去在额定电力指令值Cs100%上乘以规定的系数K的K×Cs100%的值(Cs-K×Cs100%)作为下限的电平范围决定,在行进波电力Pf在该电平范围以外时,作为电弧切断禁止区间不切断而继续进行电力供给。这里,系数K例如可以在0.01~0.2的范围内设定。

[0149] 例如,在作为系数K设定成0.03的场合,电弧切断禁止区间可以通过把电力指令值Cs作为上限、把(Cs-0.03×Cs100%)作为下限的电平范围来设定,在行进波电力在该范围以外时,不停止而继续进行电力供给。

[0150] 接着使用图3、图4的信号图以及图5、6的流程图说明切断处理以及切断禁止处理。另外，这里，说明检出异常放电后进行的第一操作切断处理、和在点火方式区间、重点火方式区间、以及行进波电力过渡区间的电弧切断禁止区间内禁止该第一操作切断处理的动作。另外，图4、图6表示在多次发生第一操作切断时进行第二操作切断的切断处理。

[0151] 图3的信号图表示通过软起动进行控制高频电源10的电力提升的场合、以及在第一操作切断后进行电力的高速提升的场合，图4表示在第一操作切断后进行电力的高速提升、以及在第二操作切断后进行软起动的场合。

[0152] 图3、图4中的虚线表示电力指令值Cs，浓实线表示行进波电力Pf，淡实线表示反射波电力Pr。另外，图3、图4中的淡虚线表示决定电弧切断禁止区间的电力电平，包含反射波电力的下降电平、和根据电力指令值Cs变动的电平范围。把用该下降电平决定的点火方式区间和重点火方式区间、以及反射波电力低于电平范围的区间作为电弧切断禁止区间，该区间表示是禁止电弧切断动作的范围。

[0153] 首先，根据软起动控制，用规定的时间以斜坡状的增加特性慢慢从零电力增加到目标电力。

[0154] 在该软起动中决定点火方式区间，点火方式区间是从给等离子体负荷开始施加电力开始的初期期间，这里，取为从行进波电力增加然后执行匹配到点火点的状态的区间。该点火方式区间可以根据行进波电力在下降电平以下的状态决定。

[0155] 继点火方式区间之后，把行进波电力低于规定的电平范围的区间设定为电弧切断禁止区间。该行进波电力过渡区间，是关于由于行进波电力Pf与电力指令值Cs的延迟而产生的差，行进波电力Pf朝向电力指令值Cs增加、渐近时的过渡期间，在该区间内，行进波电力Pf与电力指令值Cs的差(Cs-Pf)充分大。该行进波电力过渡区间，可以通过把电力指令值Cs作为上限、把从电力指令值Cs中减去在额定电力指令值Cs100%上乘以规定的系数K的K×Cs100%的值(Cs-K×Cs100%)作为下限的电平范围决定。

[0156] 在该点火方式区间以及行进波电力过渡区间内，有由于对于等离子体负荷的不匹配使得反射波电力Pr增大的可能性。因此，在把反射波电力Pr的增大作为指标检测异常放电的场合，有把该区间中的反射波电力Pr的增大作为异常放电误检测的可能。因此，在本发明中，在该点火方式区间以及行进波电力过渡区间内，即使在检出反射波电力Pr增大的场合也不切断而继续进行电力的供给。

[0157] 因此，在反射波电力是下降电平以下的点火方式区间的场合、以及行进波电力Pf处于根据电力指令值设定的行进波电力过渡区间的、以电力指令值Cs作为上限且以(Cs-K×Cs100%)作为下限的电平范围以外的场合，把这些区间作为电弧切断禁止区间，不切断而继续进行电力的供给。

[0158] 因此，电弧切断禁止区间的范围是对于电力指令值Cs行进波电力Pf变动大的范围，是抑制不是由于异常放电引起的反射波电力Pr的增加而引起的电力供给的切断、继续电力供给的范围。通过保护电源的下降特性，减低不是由于异常放电引起的反射波电力Pr的增加。

[0159] 另外，图中的匹配区间，是从开始施加电力到行进波电力Pf对于电力指令值Cs的追随控制变得稳定的区间，在该区间以后通过反馈控制追随电力指令值Cs来控制行进波电力Pf。

[0160] 在软起动区间结束后,通常,电力指令值 Cs 指示一定值,以使对于等离子体负荷供给稳定的电力,行进波电力 Pf 通过反馈控制追随电力指令值 Cs,稳定在额定电力指令值 Cs100% 处。

[0161] 在该状态下反射波电力 Pr 增加、超过第一操作切断电平的场合,判定为起弧发生后发生了异常放电,通过来自切断中断电路 2 的中断使振荡器 6 的振荡停止,停止电力供给,暂时切断从高频电源 10 对于等离子体负荷 12 的电力供给。通过切断中断电路 2 使振荡器 6 停止振荡的切断时间,例如以 $1 \mu\text{ sec} \sim 3 \mu\text{ sec}$ 的时间间隔进行。该暂时切断的切断时间的范围,取等离子体室内的离子能够残存而且起弧因素消失的最短时间范围。例如取 $1 \mu\text{ sec} \sim 100 \mu\text{ sec}$ 。通过使离子残存,在暂时切断后再上升时,使能够迅速地正常放电。图中,该暂时切断区间记为第一操作电弧(1st 操作电弧)切断。

[0162] 另外,即使在暂时切断中也保持等离子体的控制状态,在暂时切断后的控制重新开始时解除保持状态,能够不进行用于控制的初始处理而迅速地继续控制动作。

[0163] 在经过第一操作切断的暂时切断期间后,停止切断处理,进行上升控制以使行进波电力 Pf 成为电力指令值 Cs。这里,把该上升控制称为高速上升控制。在该高速上升控制中,行进波电力 Pf 从几乎是零的状态大大增加,同时反射波电力 Pr 也从几乎是零的状态增加。

[0164] 切断控制部 3 检测该反射波电力 Pr 的增加,通过由切断中断电路 2 进行的中断进行切断电力供给的控制。但是,当执行该切断控制部 3 的切断控制时,电力供给被切断,不能进行高速上升控制。因此,通过把该区间作为电弧切断禁止区间,禁止切断控制部 3 的切断控制,不使电力供给停止。该电弧切断禁止区间的设定,可以通过上述的、行进波电力 Pf 是否在反射波电力的下降电平以下的范围、以及行进波电力 Pf 是否在把电力指令值 Cs 作为上限、把从电力指令值 Cs 中减去在额定电力指令值 Cs100% 上乘以规定系数 K 的值 $K \cdot Cs$ 的值 ($Cs - K \cdot Cs100\%$) 作为下限的范围内的判定来进行。

[0165] 切断控制禁止部 5 把点火方式区间、重点火方式区间以及行进波电力过渡区间作为电弧切断禁止区间,在该区间内禁止通过起弧检测·切断部 4 进行的切断控制,继续电力供给。图 3(b)、图 4(b) 表示电弧切断禁止区间,图 3(c)、图 4(c) 表示根据第一操作切断控制的检测状态,图 3(d)、图 4(d) 表示根据第一操作切断控制的切断状态,图 3(e)、图 4(e) 表示根据第二操作切断控制的检测以及切断状态

[0166] 在图 5 的流程图中,首先电力控制部 1 开始软起动控制(S1)。开始软起动后,在行进波处于点火方式区间内时(S2),起弧检测·切断部 4 比较反射波电力 Pr 与第二操作切断电平,在检出通过第二操作产生的电弧的场合(S3),进行第二操作切断处理(S10)。另外,在点火方式区间内未检出通过第二操作产生的电弧、但是检出通过第一操作产生的电弧的场合(S4),因为该区间是电弧切断禁止区间,所以不进行切断处理,继续进行电力供给的控制(S5)。

[0167] 在行进波电力超过反射波电力的下降电平而脱离点火方式区间后(S2),起弧检测·切断部 4 比较反射波电力 Pr 和第二操作切断电平,在检测到由第二操作引起的电弧的场合(S6),进行第二操作切断处理(S11)。另外,在未检测到由第二操作引起的电弧但是检测到由第一操作引起的电弧的场合(S7),在是行进波电力过渡区间时(S8),因为行进波电力过渡区间是电弧切断禁止区间,所以不进行切断处理继续进行电力供给的控制(S9)。

[0168] 另一方面,在不是电弧切断禁止区间的场合(S8),进行第一操作切断处理(S2)。

[0169] 上述S1～S12的步骤,被应用在图3(b)中的点火方式区间以及行进波电力过渡区间的电弧切断禁止区间内。

[0170] 另外,上述S6～S12的步骤,可以在图3(b)以及图4(b)中的电弧切断禁止区间内、第一操作切断后进行的高速上升、或者第二操作切断后进行的软起动时应用(S13)。

[0171] 图3(c)、图4(c)表示根据比较反射波电力和第一操作电平检出的第一操作的起弧检出信号,图3(d)、图4(d)表示根据切断控制禁止处理后第一操作的切断信号。

[0172] 图3(d)、图4(d)表示的切断信号,在图3(c)、图4(c)的检出信号内,处于图3(b)、图4(b)的电弧切断禁止区间内的起弧检出信号禁止切断处理,仅抽出切断控制禁止区间外的切断信号,由此进行第一操作切断控制。

[0173] 图3(e)、图4(e)表示比较反射波电力和第二操作切断电平得到的切断信号。通过该第二操作切断电平得到的切断信号,不管是否是切断控制禁止区间,无条件地进行切断控制。

[0174] 另外,在第一操作和第二操作中同时进行检测的场合,优先进行第二操作。例如图3(e)、图4(e)表示的第二操作切断优先于图3(d)、图4(d)中表示的同时点处的第一操作切断来进行。

[0175] 接着使用图4的信号图、以及图6的流程图说明在发生多次第一操作切断时进行的切断处理以及切断禁止处理。

[0176] 切断处理,在规定的时间内(例如10msec)以规定次数执行短时间范围的第一操作切断后,以较长的时间范围(例如1msec～100msec)通过第二操作切断执行暂时切断。

[0177] 在图4的信号图中,在多次执行第一操作切断后,以比通过第一操作切断的切断时间范围长的时间范围(例如1msec到100msec的时间范围)通过第二操作切断执行暂时切断。在第二操作切断后,通过软起动控制高频电源10使电力上升。在该软起动控制中,和所述点火时的软起动控制同样,使用规定的时间以斜坡状的增加特性慢慢从零电力增加到目标电力。图4中的虚线表示电力指令值Cs,浓的实线表示行进波电力Pf,淡的实线表示反射波电力Pr。

[0178] 另外,关于禁止切断的处理、以及切断后的再上升的处理,可以与上述处理同样。

[0179] 图6是用于说明通过第二操作切断执行暂时切断的过程的流程图。

[0180] 计数器电路把计数器值C置零(C=0)(S21),每次执行第一操作切断时(S22),在计数器值C上加“1”(C=C+1)。计数器值C的加运算,根据第一操作切断的控制信号进行(S23)。

[0181] 计数器值C与预先设定的设定次数N比较(S24),在计数器值C超过设定次数N的时刻,开始暂时切断(S25),停止电源(S26)。另外,在计数器值C不到预先设定的设定次数N的场合,不执行第二操作切断,仅重复第一操作切断。

[0182] 第二操作切断,在经过规定的规定时间后(S27),通过软起动对电源进行再起动(S28)。在等离子体的成膜处理结束前重复S21～S28的步骤(S29)。

[0183] 图4(b)表示点火方式区间和行进波电力过渡区间,图4(c)表示比较反射波电力和第一操作电平检出的起弧检出信号,图4(d)表示第一操作的切断信号,图4(d)表示的切断信号,处于电弧切断禁止区间内的起弧检出信号被禁止切断,仅抽出切断控制禁止区间

外的切断信号,由此,进行第一操作切断控制。

[0184] 图 4(e) 表示比较反射波电力和第二操作切断电平得到的切断信号。用该第二操作切断电平得到的切断信号,不管是否是切断禁止控制区间,无条件地进行切断控制。

[0185] 下面使用图 7~图 10 说明本发明的真空装置用异常放电抑制装置的实施方式。图 7 表示本发明的实施方式的结构例,图 8、图 9 表示说明操作例的流程图,图 10 表示使用比较电路的切断控制部的输出状态。

[0186] 该实施方式是在通过反射波电力的电力电平判断可否切断的同时把点火方式区间、重点火方式区间、以及行进波电力过渡区间作为电弧抑制区间的方式。

[0187] 图 7 是表示本发明的电力控制部 1、和包含起弧检测·切断部 4、切断禁止控制部 5 的切断控制部 3 的结构例的图。

[0188] 下面说明起弧检测·切断部 4。起弧检测·切断部 4 具有第一操作切断控制系统 4A 和第二操作切断控制系统 4B 两个切断控制系统。

[0189] 在该实施方式中,通过将反射波电力 Pr 与第一操作切断电平和第二操作切断电平进行比较,严格区别检测由于异常放电的切断操作和由于异常放电以外的原因的切断操作,输出使切断动作执行的控制信号。控制信号通过切断中断电路 2 暂时停止振荡器 6 的振荡动作。

[0190] 第一操作切断控制系统 4A,通过将反射波电力与低电平(第一操作电平)的阈值进行比较检测异常放电,根据该异常放电的检出切断电力供给。另一方面,第二操作切断控制系统 4B,通过将反射波电力与高电平的阈值(第二操作电平)进行比较检测反射波电力的增加,根据由于异常放电以外的原因的反射波电力的增加的检出来切断电力供给。

[0191] 第一操作切断控制系统 4A 和第二操作切断控制系统 4B,通过使与反射波电力 Pr 比较的阈值的大小不同来选择。第一操作切断控制系统 4A 作为阈值使用低电平的第一操作电平值,检测反射波电力的增加的初期阶段。由此,能够检测少数电弧的状态执行切断。

[0192] 另一方面,第二操作切断控制系统 4B 作为阈值使用比在第一操作切断控制中使用的低电平的值大的高电平的值,检测初期阶段过去后的反射波电力的增加。由此,检测能量集中、向大部分的异常放电转移的多数电弧的状态执行切断。

[0193] 第一操作切断控制系统 4A,通过将反射波电力 Pr 与第一操作切断电平 PA 进行比较检测异常放电,输出控制信号。切断中断电路 2,通过接收该控制信号、暂时停止振荡器 6 的振荡暂来切断从高频电源 10 向等离子体负荷 12 的输出电力的供给。

[0194] 第一操作切断控制系统 4A,在第一比较电路 4Ab 中,比较用传感器 9 检出的反射波电力 Pr 的检出信号和用电力设定部 4Aa 生成的第一操作切断电平,在反射波电力 Pr 的检出信号超过第一操作切断电平的时刻,输出控制信号。切断中断电路 2,接收该控制信号后暂时停止振荡器 6 的振荡,执行切断操作。

[0195] 另一方面,第二操作切断控制系统 4B,通过比较反射波电力 Pr 与第二操作切断电平检测由于异常放电以外的原因引起的反射波电力 Pr 的增加来形成控制信号,向切断中断电路 2 发送。切断中断电路 2,通过接收该控制信号、暂时停止振荡器 6 的振荡、执行切断操作,暂时切断从高频电源 10 向等离子体负荷 12 的输出电力的供给。

[0196] 第二操作切断控制系统 4B,在第二比较电路 4Bb 中,比较用传感器 9 检出的反射波电力 Pr 的检出信号和用电力设定部 4Ba 生成的第二操作切断电平,在反射波电力 Pr 的检

出信号超过第二操作切断电平的时刻,输出控制信号。切断中断电路2,接收该控制信号,执行切断操作。

[0197] 第一操作切断电平是低电平的阈值,第二操作切断电平是高电平的阈值。因此,在反射波电力Pr增加的场合,反射波电力Pr首先超过第一操作切断电平,接着超过第二操作切断电平。

[0198] 另外,在第一操作切断控制系统4A中得到的控制信号通过切断控制禁止部5向切断中断电路2发送。此时,在切断控制禁止部5动作的场合,因为控制信号不向切断中断电路2发送,所以振荡器6的振荡动作继续,不执行输出电力的供给切断操作,维持对于等离子体负荷的电力供给。

[0199] 另一方面,在第二操作切断控制系统4B中得到的控制信号不通过切断控制禁止部5向切断中断电路2发送,因此,切断中断电路2不会依从切断控制禁止部5的动作,而根据起弧检测·切断部4的控制信号暂时停止振荡器6的振荡动作,切断输出电力的供给。

[0200] 图10是表示使用比较电路的切断控制部3的输出状态的图。反射波电力Pr增加,在反射波电力Pr超过第一操作切断电平PA的时刻TA输出控制信号SA(图10(b)),在超过第二操作切断电平PB的时刻TB输出控制信号SB(图10(b))。

[0201] 切断控制禁止部5,在满足点火状态、重点火状态、行进波电力对于电力指令值Cs超过规定的范围($Cs \sim (Cs - K \cdot CS100\%)$)变动的场合等的规定的条件的场合,禁止来自起弧检测·切断部4的控制信号,在不满足规定的条件的场合,向切断中断电路2发送来自起弧检测·切断部4的控制信号。该控制信号,作为用于停止电力供给使电弧被切断的电弧切断信号起作用,将其从切断中断电路2向振荡器6发送,暂时停止振荡器6。

[0202] 在图7中,切断控制禁止部5,做成禁止点火状态下的控制信号的结构,具有第一开关电路5a和第三比较电路5b,做成在行进波电力Pf对于电力设定值超过规定的范围变动的场合禁止控制信号的结构,具有第二开关电路5c和判定电路5d。

[0203] 第一开关电路5a和第三比较电路5b的结构,控制是否向切断中断电路2发送由起弧检测·切断部4生成的控制信号,在高频电源10处于点火状态的场合,停止控制信号向切断中断电路2的发送,禁止控制信号,在高频电源10不处于点火状态的场合,允许控制信号向切断中断电路2发送,使控制信号有效。

[0204] 第三比较电路5b,通过比较行进波电力Pf与反射波电力的下降电平,判定点火方式区间。第三比较电路5b,当行进波电力Pf超过下降电平时使第一开关电路5a成为导通状态。下降电平可以通过在额定电力指令值Cs100%上乘以反射下降系数L的 $L \times Cs100\%$ 设定。反射下降系数L可以在0.1~0.3的范围内决定。

[0205] 另外,在已知点火方式区间的时间间隔的场合,也可以用计数器电路计时点火的经过时间并监视点火状态。计数器电路,从软起动控制部1b接受通知电力供给已开始的信号后开始点火时间的计时,在经过预先设定的点火时间后,将第一开关电路置成为导通状态。

[0206] 第一开关电路5a,输入用起弧检测·切断部4的第一操作切断控制系统4A检出的异常放电的检出信号。第一开关电路5a,在点火时间区间内,停止向第二开关电路5c发送输入的检出信号,禁止控制信号,在点火时间区间以外,允许向第二开关电路5c发送输入的检出信号,使控制信号有效。

[0207] 第二开关电路 5c 和判定电路 5d 的结构,在行进波电力对于电力指令值 Cs 超过规定的范围 ($Cs \sim (Cs - K \cdot Cs100\%)$) 变动的场合,控制是否向切断中断电路 2 发送由起弧检测・切断部 4 生成的控制信号,在行进波电力超过规定范围变动的场合,停止向切断中断电路 2 发送控制信号,禁止控制信号,在行进波电力的变动在规定范围内的场合,允许控制信号向切断中断电路 2 发送,使控制信号有效。更详细说,第二开关电路 5c,关于第一开关电路 5a 的输出信号控制向切断中断电路 2 的发送。

[0208] 判定电路 5d,从传感器 9 输入行进波电力 Pf 的检出信号,通过比较该行进波电力 Pf 的检出信号与阈值,来判定行进波电力 Pf 是否超过规定范围变动了,或是行进波电力 Pf 的变动是否在规定范围内。

[0209] 这里,判定行进波电力 Pf 的变动状态的变动范围,规定为把电力指令值 Cs 作为上限、把从电力指令值 Cs 中减去在额定电力指令值 Cs100% 上乘以规定系数 K 的 $K \times Cs100\%$ 的值 ($Cs - K \times Cs100\%$) 作为下限的电平范围。规定系数 K 可以在 $0.01 \sim 0.2$ 的范围内决定。

[0210] 判定电路 5d,在行进波电力 Pf 的检出信号超过规定范围变动的场合,向第二开关电路 5c 发送电弧切断禁止信号,通过切断中断电路 2 禁止通过电力供给的停止的切断动作。由此,和点火状态同样,在通过为保护过大的反射波电力 Pr 或者过电压、过电流而进行的下降控制而使行进波电力 Pf 大幅变动的场合,能够防止由于误认为是异常放电而导致的切断操作。第二开关电路 5c,根据来自判定电路 5d 的判定信号,控制向切断中断电路 2 发送从第一开关电路 4a 输入的控制信号。另外,上述的切断控制禁止部 5 的结构是例子,不限于该结构。该实施形式中的信号状态可以用图 3、4 表示。

[0211] 在图 8 的流程图中,首先软起动控制部 1b 开始软起动控制 (S31)。在开始软起动后,比较行进波电力 Pf 与下降电平 (例如 $L \times Cs100\%$),监视是否在点火方式区间 (S32),在点火方式区间内仅进行第二操作切断,禁止第一操作切断 (S33)。

[0212] 在第二比较电路 4Bb 中,在反射波电力 Pr 达到或超过第二操作切断电平的场合 (S34),检出第二操作电弧后执行第二操作切断处理 (S50)。在第二操作切断处理中,停止振荡器 6 的振荡停止电源输出后 (S51),等待经过规定时间 (S52),重新开始振荡器 6 的振荡,恢复电源输出 (S53)。

[0213] 在脱离开点火方式区间后 (S35),通过比较行进波电力 Pf 与 ($Cs - K \times Cs100\%$) 判定行进波电力 Pf 的变动状态。在行进波电力 Pf 在 Cs 和 ($Cs - K \times Cs100\%$) 的范围外的场合,设定电弧切断禁区内,禁止切断处理 (S37)。

[0214] 在电弧切断禁区内,即使在第一比较电路 4Ab 中反射波电力 Pr 达到或超过第一操作切断电平的场合 (S38),因为切断处理已经被禁止,所以继续电力供给 (S39)。

[0215] 其后行进波电力 Pf 增加,在行进波电力 Pf 进入了 Cs 和 ($Cs - K \times Cs100\%$) 的范围内场合 (S40),解除电弧切断禁区内。在反射波电力 Pr 达到或超过第二操作电平的场合,进行第二操作切断处理 (S42)。在 S36,在行进波电力 Pf 在 Cs 和 ($Cs - K \times Cs100\%$) 的范围内场合,因为未设定电弧切断禁区内,所以在第一比较电路 4Ab 中反射波电力 Pr 达到或超过第一操作切断电平的场合 (S43),通过第一操作切断控制 (S44),停止电源输出 (S45)。在电源输出的停止经过规定期间 ($1 \mu sec \sim 100 \mu sec$) 后 (S46),高速恢复电源输出 (S47)。在结束 S34 ~ S42 的处理前继续执行 (S48)

[0216] 接着使用图 11 说明切断控制禁止部 5 的别的结构。

[0217] 图 11 中表示的切断控制禁止部 5 的结构,是实现消灭在等离子体中积蓄的异常电弧离子的离子刷新功能的结构例。

[0218] 上述的切断控制禁止部的切断控制(第一操作切断),可在等离子体反应室内残存离子,在消灭起弧因素的时间范围内切断控制高频电源。另一方面,图 11 表示的结构的切断控制,通过延长切断时间消灭异常电弧离子。

[0219] 在该切断控制中,例如,设为 1ms 到 100ms 的时间范围,在消灭了异常电弧离子的状态下结束切断控制。由此,消除使发生异常电弧的离子的积蓄,切断起弧。

[0220] 切断控制禁止部 5,根据第一切断控制的累计执行次数判断使发生该异常电弧的离子的积蓄状况,把第一切断控制的累计执行次数达到预先设定的次数的时刻,判断为在等离子体内积蓄了使异常电弧发生的离子的阶段,执行切断控制。另外,第一切断控制,是通过第一开关电路 5a、第三比较电路 5b、第二开关电路 5c 进行的切断控制。

[0221] 因此,切断控制禁止部 5 具有计数第一切断控制的执行次数的计数器电路 5e。计数器电路 5e,计数第二开关电路 5c 的控制信号,在通过该计数得到的计数值达到预先设定的设定次数的时刻,对于切断中断电路 2 发送执行切断控制的控制信号。

[0222] 计数器电路 5e 在发送切断控制的控制信号的同时清除对计数值进行清零,再计数第一切断控制的执行次数,在该计数值达到设定次数的时刻再次执行第二切断控制。通过重复该规定次数的第一切断控制和其后的第二切断控制,有效地进行电弧的成长抑制和异常电弧离子的消除。

[0223] 另外,软起动控制部 1b,在通过第二切断控制切断高频电源的输出后进行通过软起动的再起动,对于电力指令值或者电压指令值反馈行进波电力值来进行控制,控制成使高频电源的输出成为电压指令值。

[0224] 该第二切断控制后进行的软起动,以匹配箱的匹配电路能够充分应对的匹配速度进行从零到电力指令值的斜坡状的电力输出,而且在以切断控制部不会将反射波电力作为异常放电检测而能够进行阻抗匹配的时间范围内输出。因此,该软起动所需要的时间范围可以依据电力指令值的大小、匹配箱的匹配电路的匹配特性等决定。该软起动的时间范围例如可以取 1ms 到 10s。

[0225] 下面使用图 12 ~ 图 14 说明电弧切断禁止区间。图 12 表示始动时刻的软起动时的电弧切断禁止区间,图 13 表示第一操作切断后的高速上升时的电弧切断禁止区间,图 14 表示第二操作切断后的软起动时的电弧切断禁止区间

[0226] 在图 12 中,在始动时刻的软起动时,电弧切断禁止区间包含点火方式区间和行进波电力过渡区间。点火方式区间是行进波电力 P_f 在反射波电力的下降电平以下的范围。下降电平可以用对于额定电力指令值 $Cs100\%$ 乘以反射下降系数 L 的 $L \times Cs100\%$ 来设定。

[0227] 另外,行进波电力过渡区间是行进波电力 P_f 从下降电平开始达到对于电力指令值 Cs 决定的规定电平范围的区间。规定电平范围可以用把电力指令值 Cs 作为上限、把从电力指令值 Cs 中减去在额定电力指令值 $Cs100\%$ 乘以规定系数 K 的 $K \times Cs100\%$ 的值 ($Cs - K \times Cs100\%$) 作为下限的电平范围决定。另外,在图 12 中,把反射波电力降低前的期间作为匹配区间。

[0228] 在图 13 中,在第一操作切断后的高速上升时,电弧切断禁止区间包含通过下降电

平决定的区间和行进波电力过渡区间。

[0229] 在图 14 中,在第二操作切断后的软起动时,电弧切断禁止区间通过重点火方式区间设定。因为第二操作切断是使异常电弧离子消灭的切断处理,所以在越过了重点火方式区间后,行进波电力不经过行进波电力过渡区间而渐近电力指令值。

[0230] 根据本发明的实施例,可以进行等离子体室内的离子能够残存、而且用消灭起弧因素所需要的最短时间范围 ($1 \mu \text{ sec} \sim 100 \mu \text{ sec}$) 切断电力供给的第一操作切断、和用要消失异常电弧离子所需要的时间范围 ($1\text{msec} \sim 100\text{msec}$) 切断电力供给的暂时切断。

[0231] 根据本发明的实施例,通过进行第一操作切断,因为残存有离子,所以能够缩短切断后的上升时间生成正常放电。另外通过进行切断时间较长的暂时切断,使异常电弧离子消失后切断起弧,能够对于等离子体进行稳定的电力供给。

[0232] 根据本发明的实施例,通过在匹配区间内设定禁止切断动作的区间,能够防止由于未伴随异常放电的反射波电力 P_r 的增加而造成的电力供给的误切断。

[0233] 根据本发明的实施例,能够根据切断的目的进行抑制异常放电的切断动作(第一操作切断动作)、和抑制不是由异常放电引起的反射波电力的增加的切断动作(第二操作切断动作)

[0234] 另外,本发明不限于上述各实施形式。根据本发明的主旨能够进行各种变形,不从本发明的范围排除这些变形。

[0235] 本发明的真空装置用异常放电抑制装置,不限于成膜装置,而可以应用于溅射装置或者灰化装置等使用等离子体的处理装置领域。

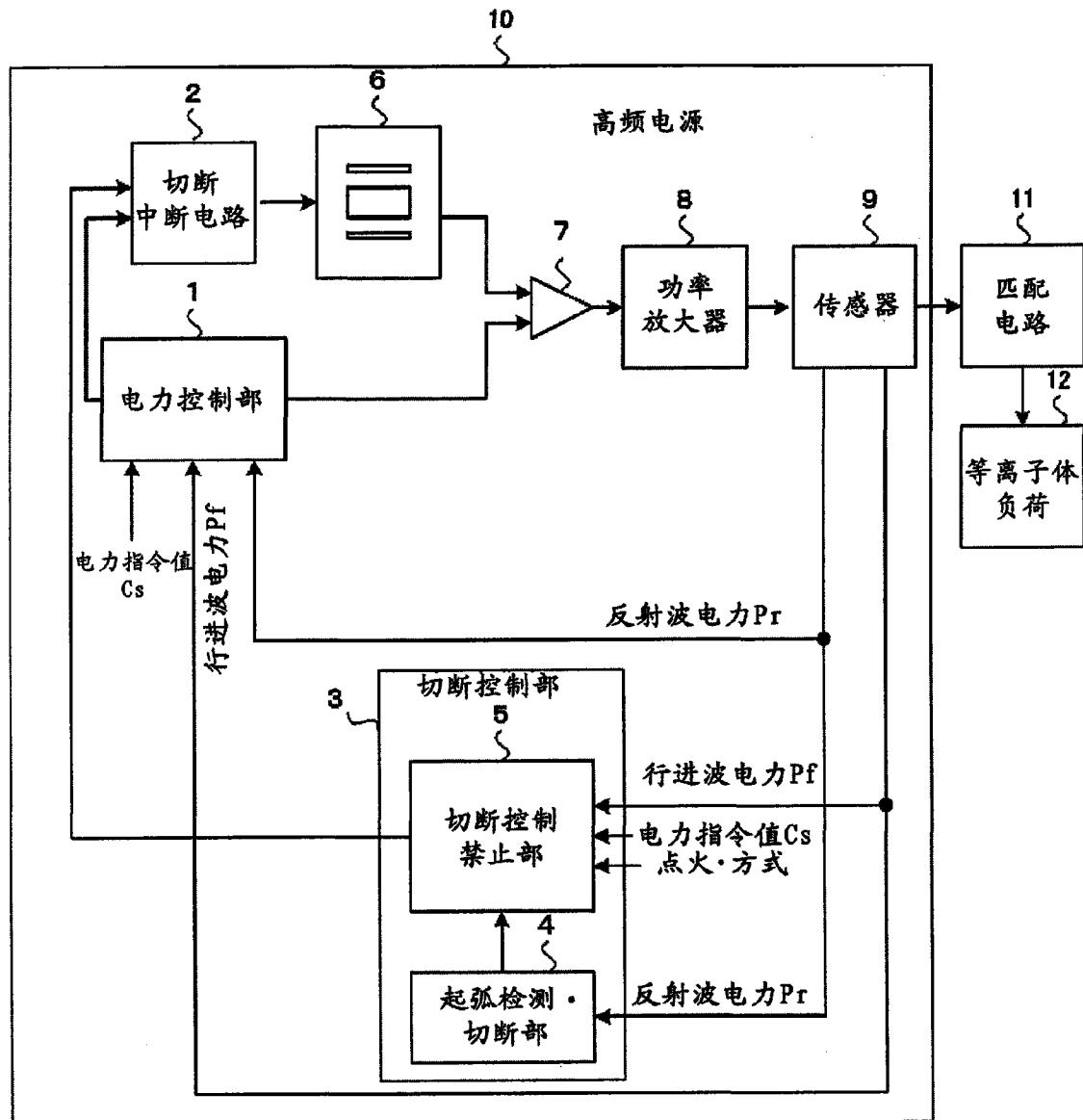


图 1

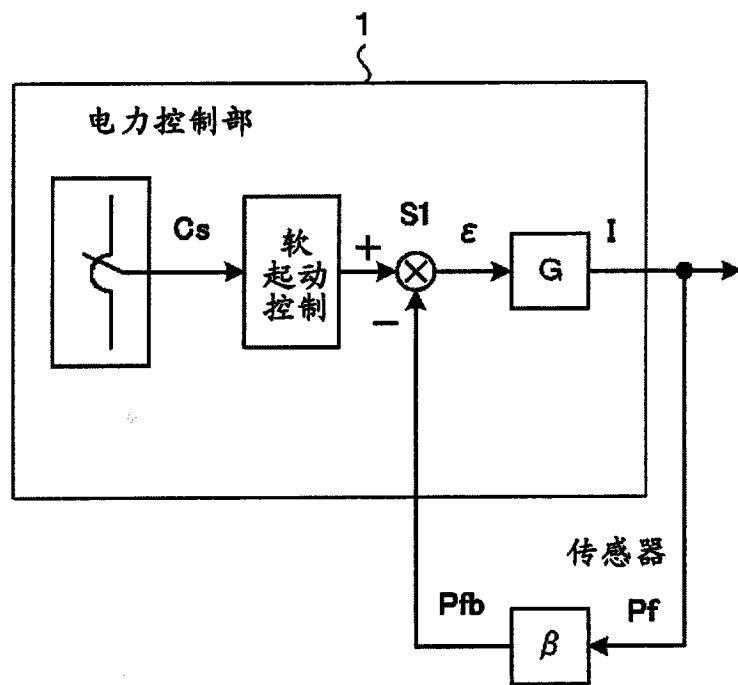


图 2

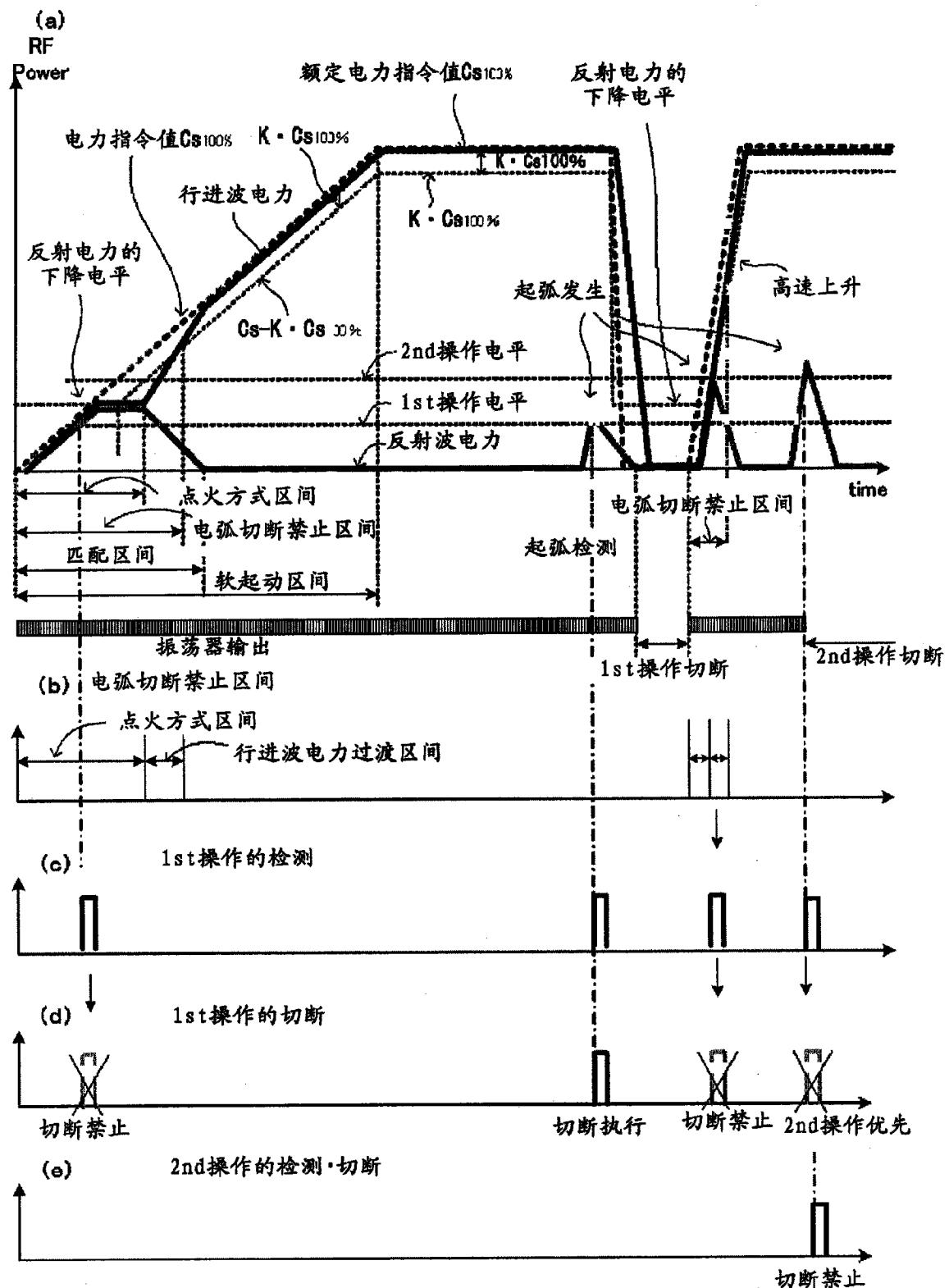


图 3

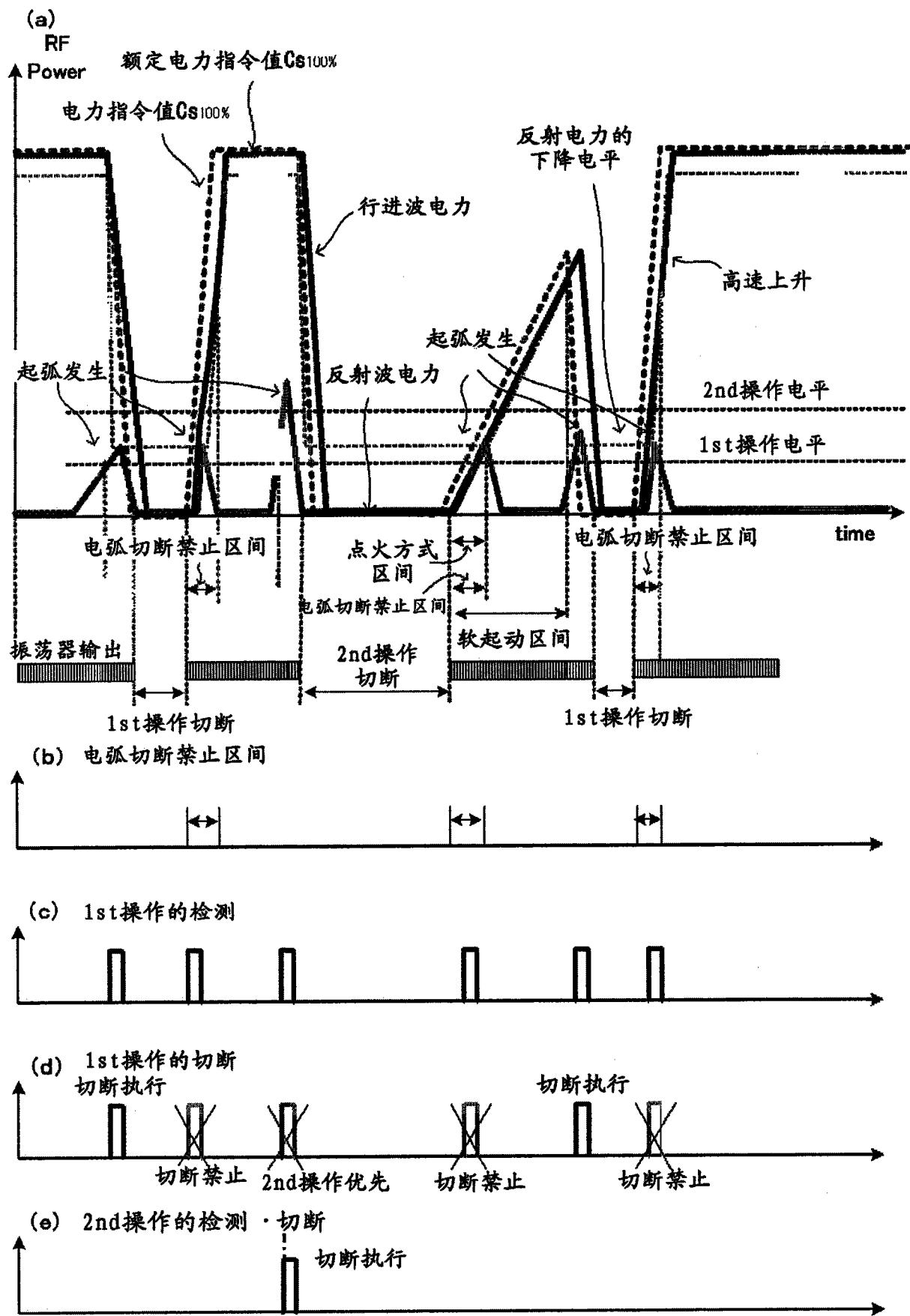


图 4

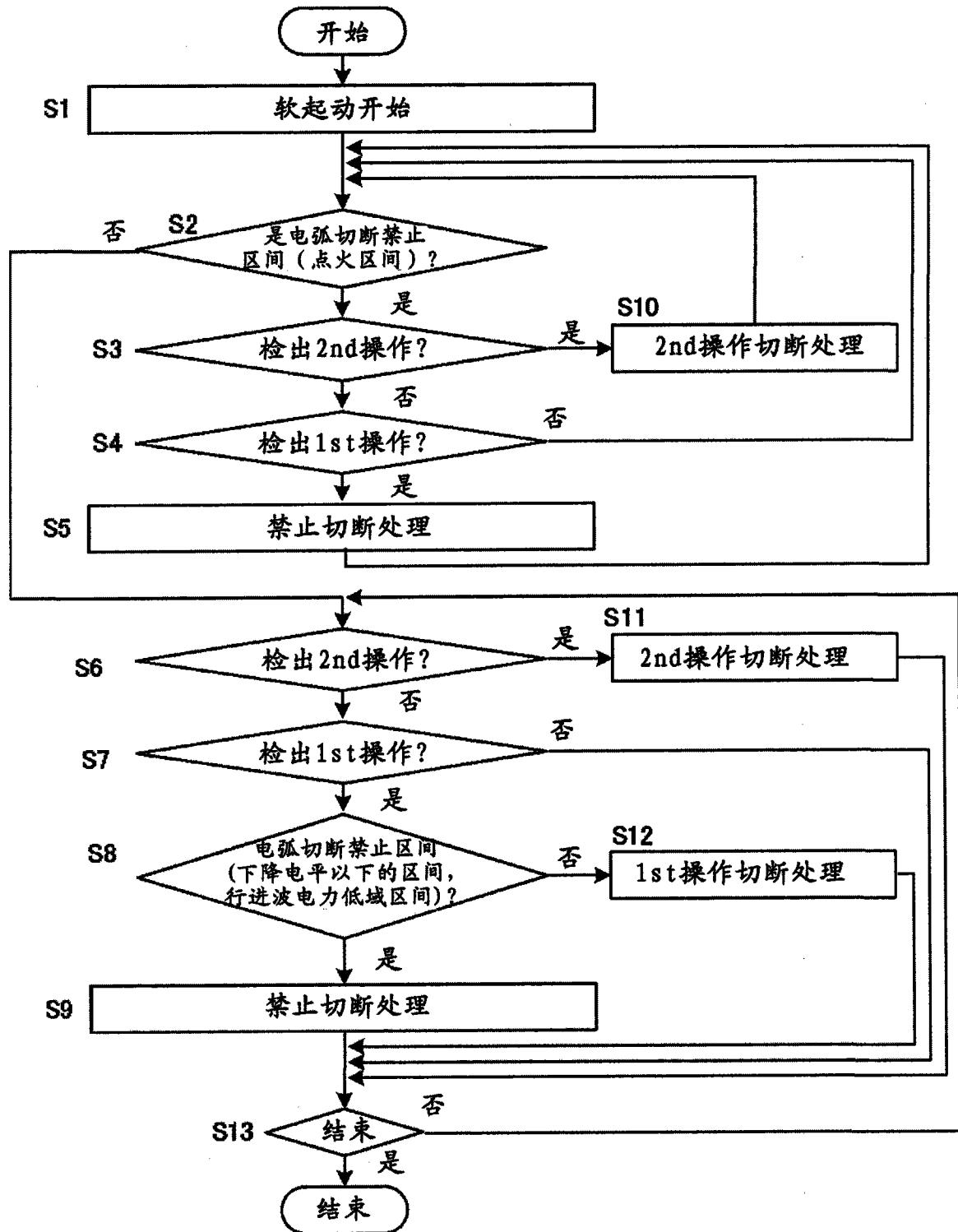


图 5

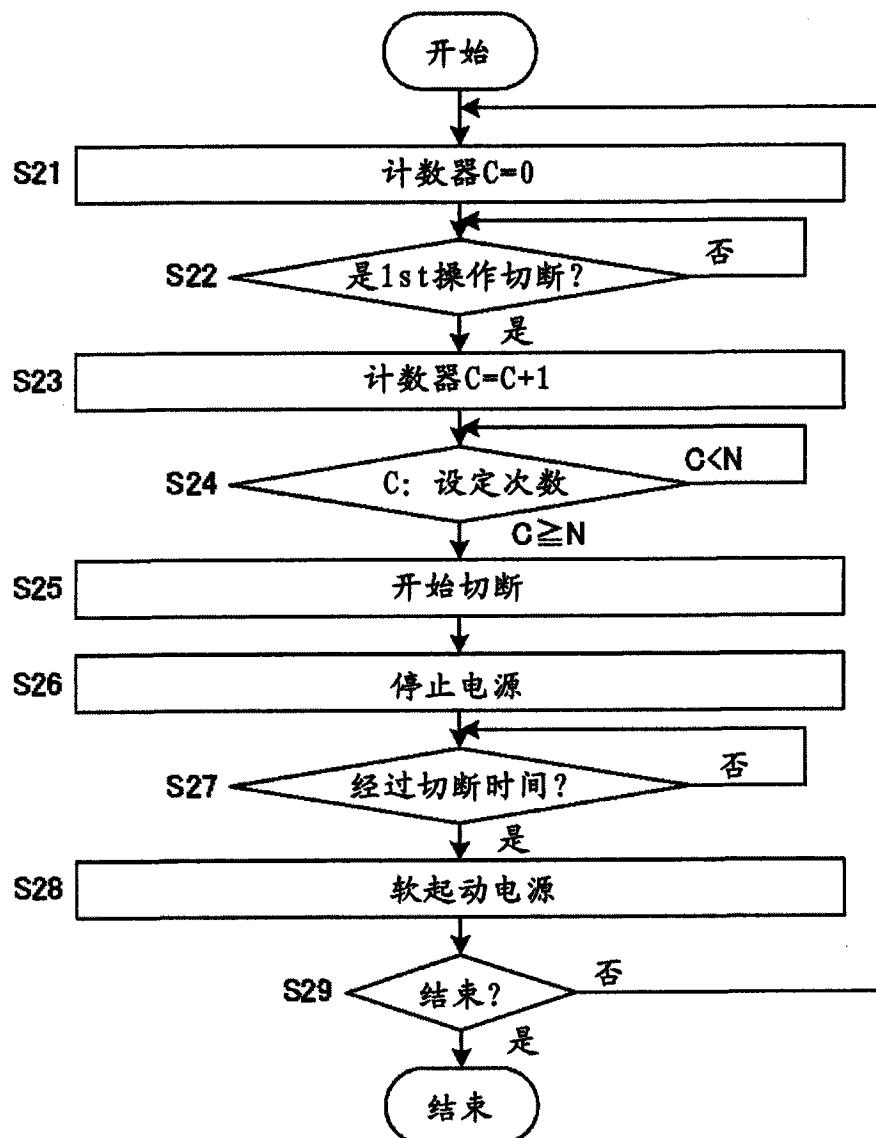
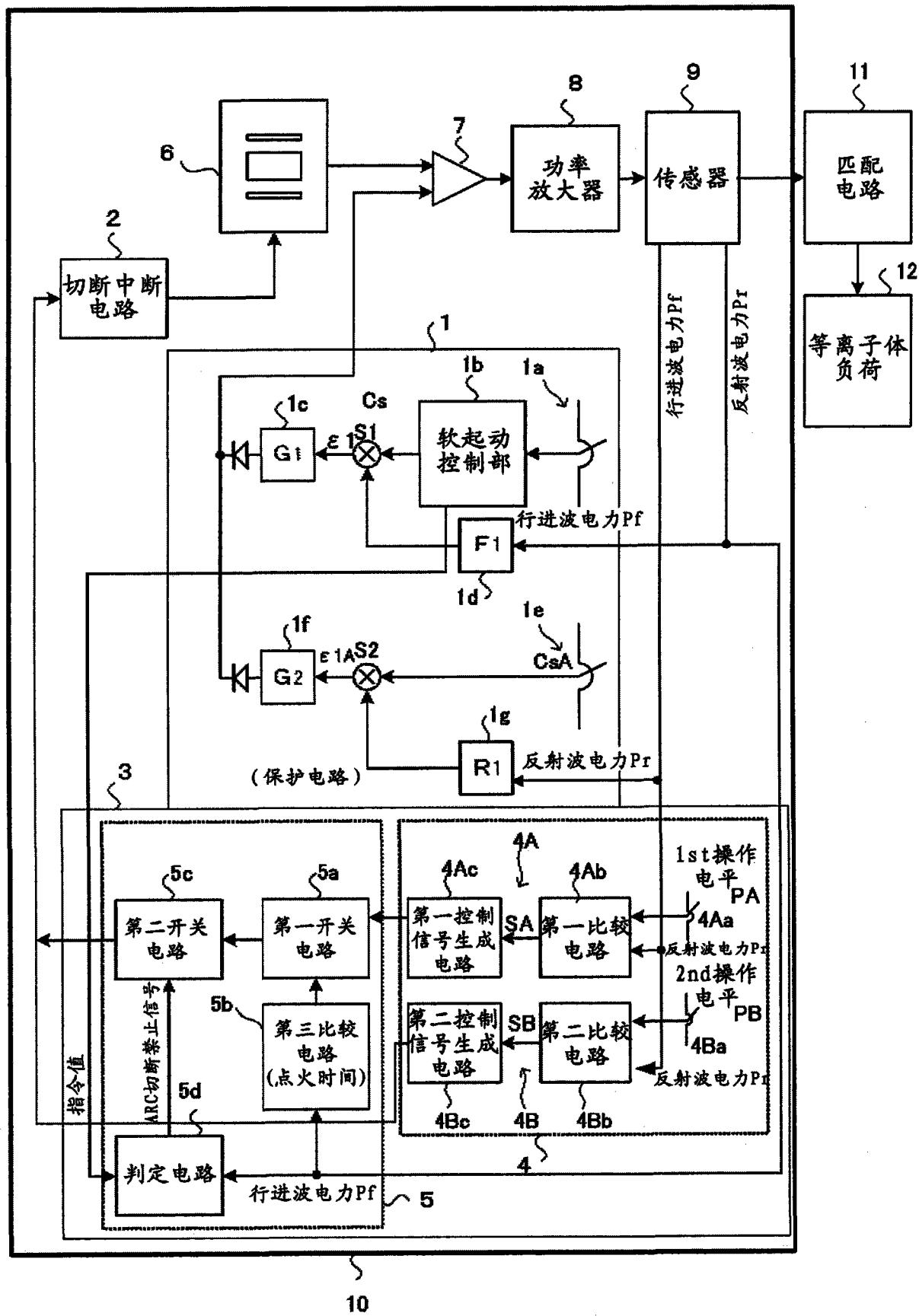


图 6



10

图 7

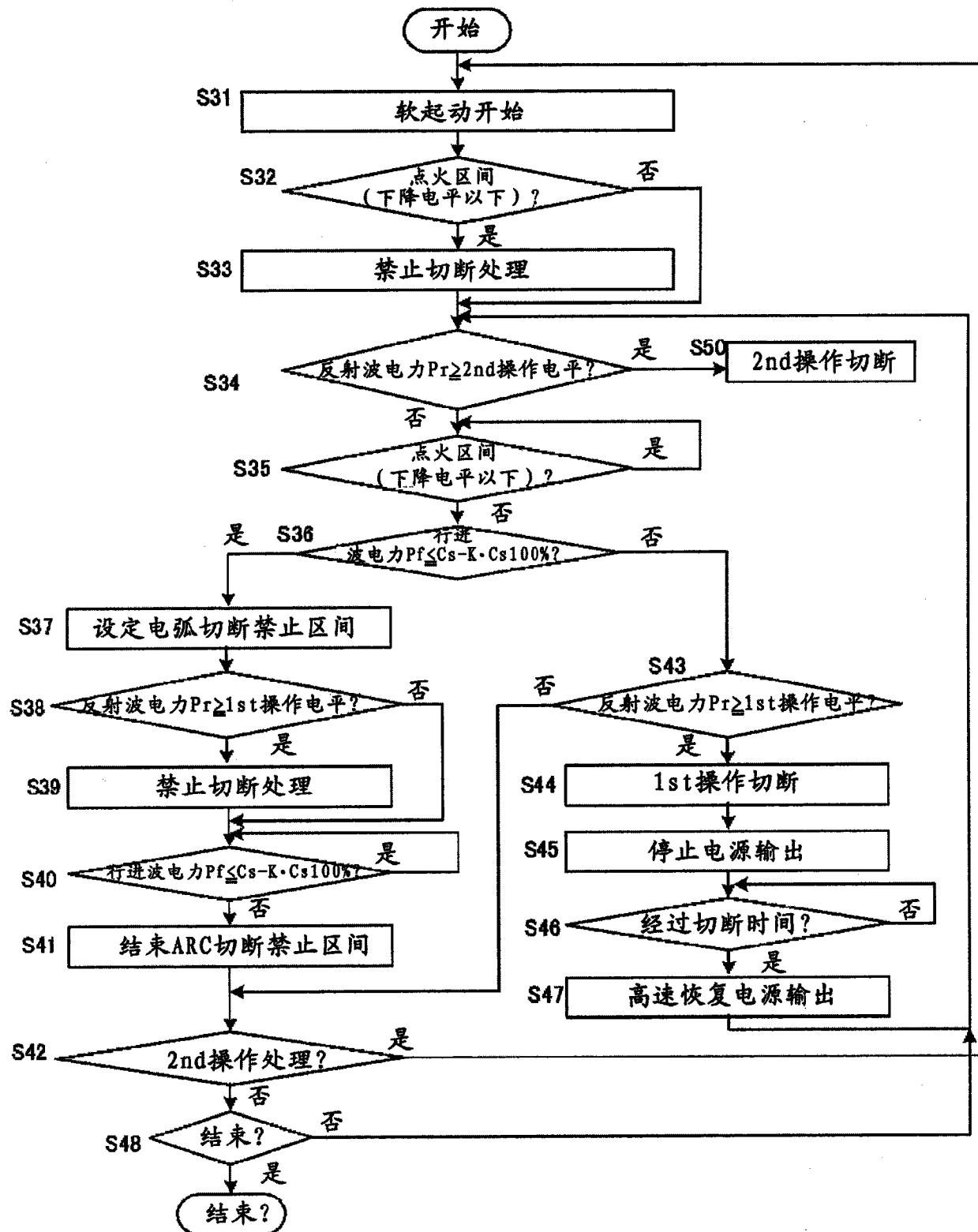


图 8

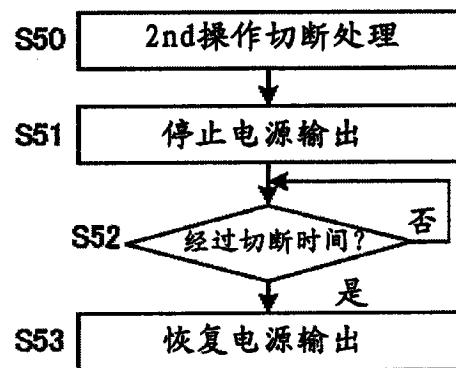
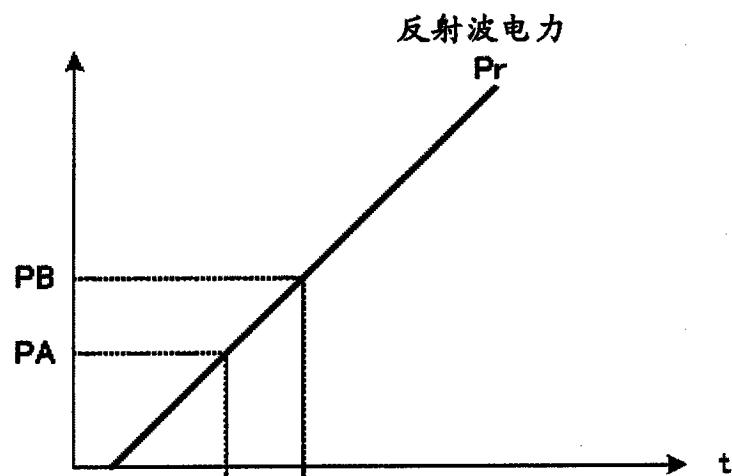


图 9

(a)



(b) 控制信号

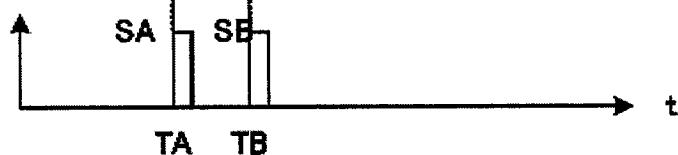


图 10

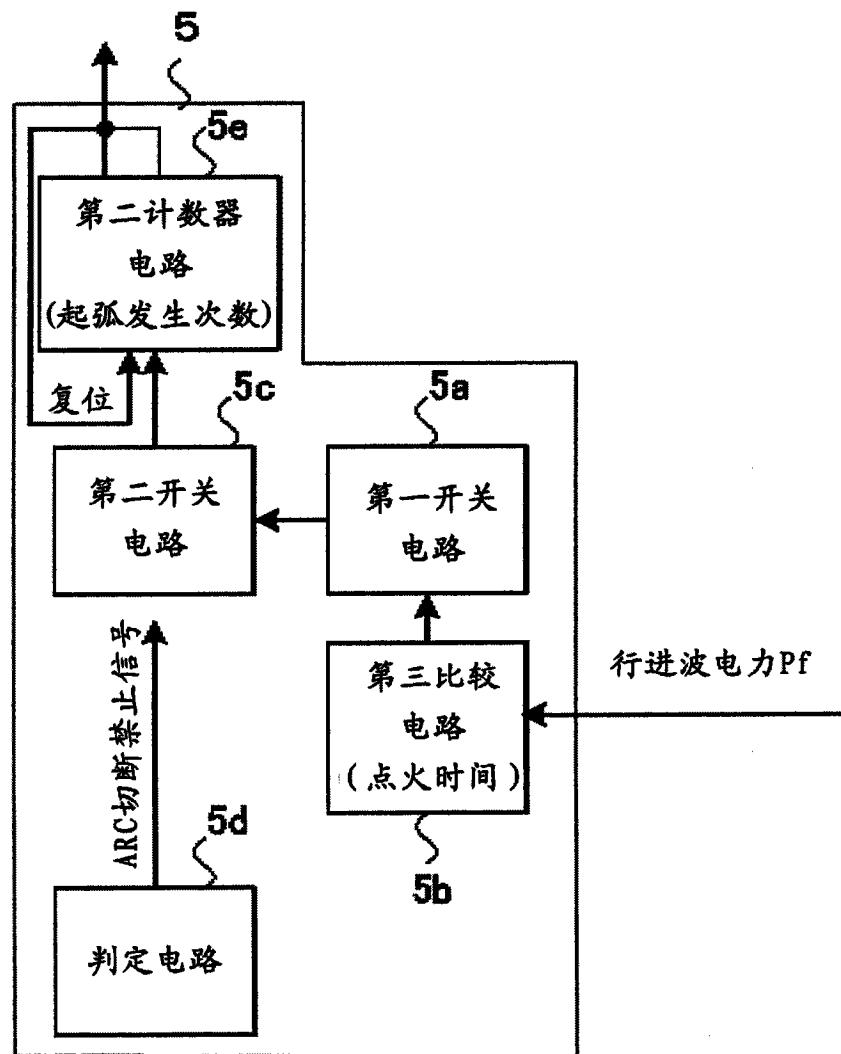


图 11

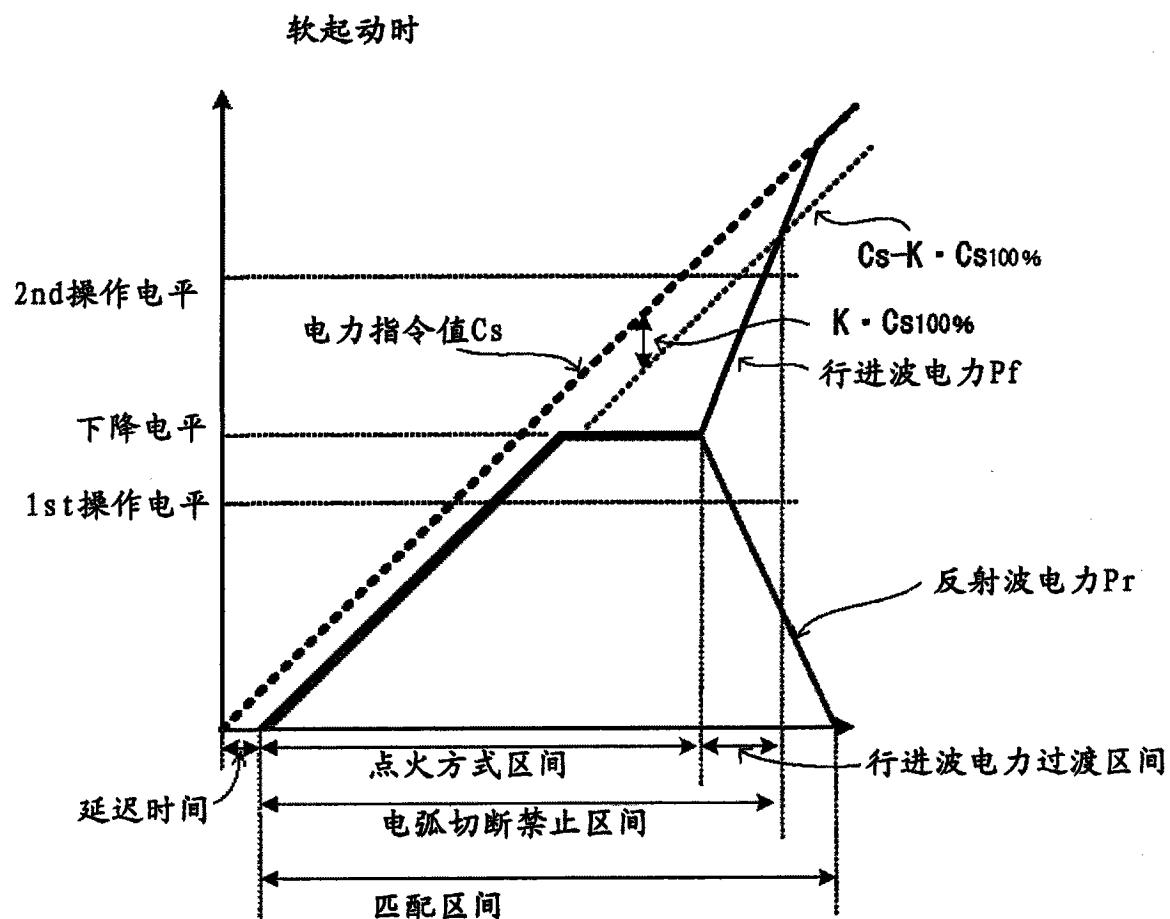


图 12

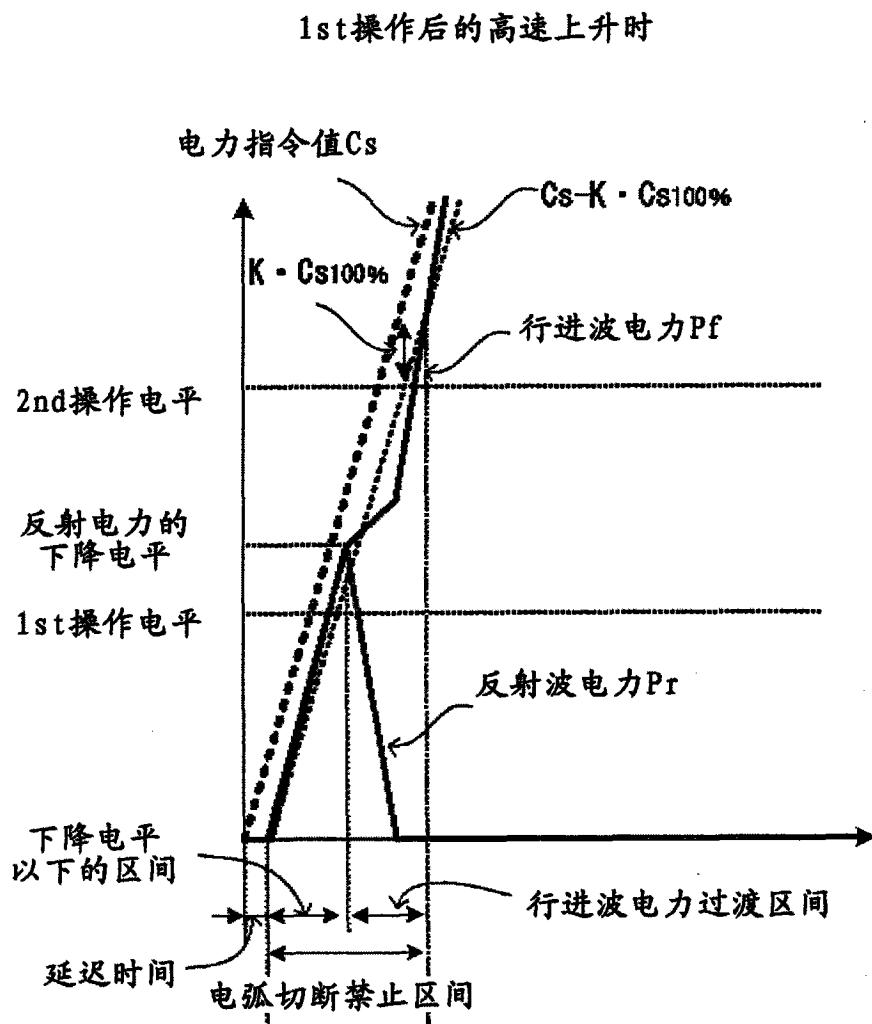


图 13

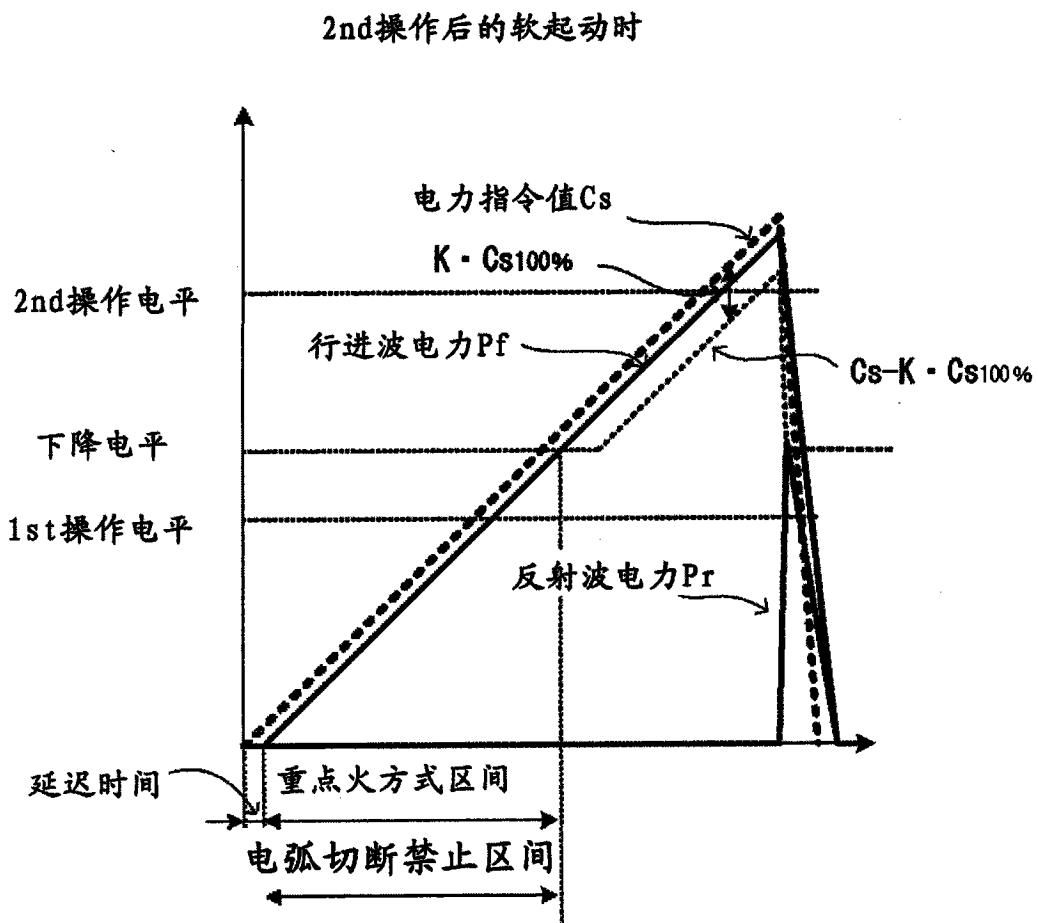


图 14