



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公開本

(11)公開編號：TW 201401937 A

(43)公開日：中華民國 103 (2014) 年 01 月 01 日

(21)申請案號：102100411

(22)申請日：中華民國 102 (2013) 年 01 月 07 日

(51)Int. Cl. : *H05H1/46 (2006.01)*

(30)優先權：2012/06/18 日本 2012-136942

(71)申請人：京三製作所股份有限公司 (日本) KYOSAN ELECTRIC MFG. CO., LTD. (JP)  
日本

(72)發明人：讓原逸男 YUZURIHARA, ITSUO (JP)；相川諭 AIKAWA, SATOSHI (JP)；國玉博  
史 KUNITAMA, HIROSHI (JP)

(74)代理人：林志剛

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：12 項 圖式數：20 共 93 頁

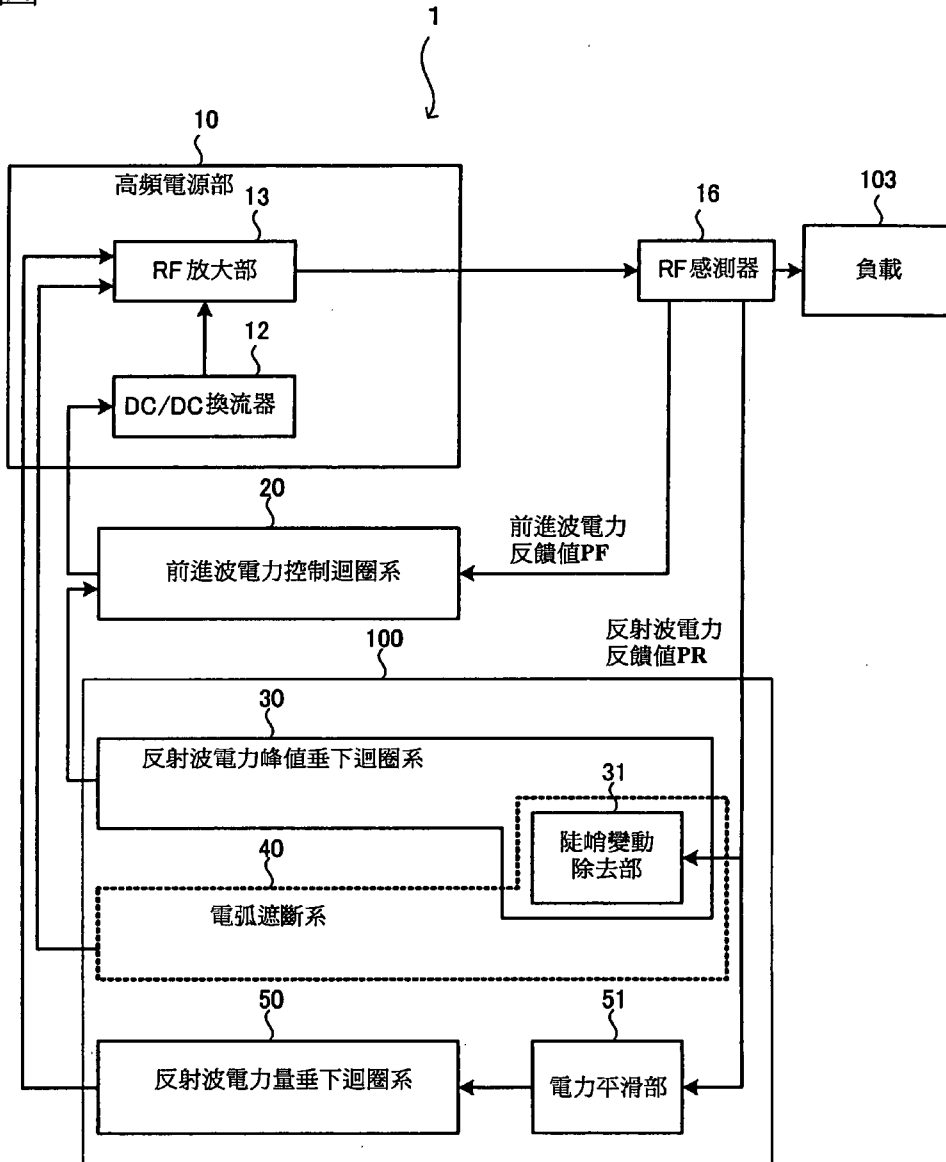
(54)名稱

高頻電力供給裝置及反射波電力控制方法

(57)摘要

〔課題〕在藉由脈衝運轉而將高頻電力對於電漿負載作電力供給之高頻電源中，於直到電漿著火為止的未著火狀態中，進行能夠對於前進波電力全部作為反射波電力而回到電源側處的全反射波電力而具有耐性之全反射波對應化。〔解決手段〕反射波電力控制，係在對於電漿負載供給高頻電力之高頻電力供給中，檢測出高頻電源之反射波電力，並使用所檢測出的反射波電力而對於高頻電源作控制，該反射波電力控制，係對於反射波電力之短時間變動，而基於反射波電力之檢測值的峰值變動來作控制，並對於反射波電力之長時間變動，而基於將反射波電力之檢測值平滑化所得到的平滑值之變動來作控制。作為反射波電力控制迴圈系，係具備有基於反射波電力之峰值變動而進行控制之反射波電力峰值垂下迴圈系以及電弧遮斷系，和基於反射波電力之電力平滑量而進行控制之反射波電力平滑量垂下迴圈系。

圖 1



- 1：高頻電力供給裝置
- 10：高頻電源部
- 12：換流器
- 13：放大部
- 16：感測器
- 20：前進波電力控制迴圈系
- 30：反射波電力峰值垂下迴圈系
- 31：陡峭變動除去部
- 40：電弧遮斷系
- 50：反射波電力量垂下迴圈系
- 51：電力平滑部
- 100：反射波電力控制迴圈系
- 103：負載



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公開本

(11)公開編號：TW 201401937 A

(43)公開日：中華民國 103 (2014) 年 01 月 01 日

(21)申請案號：102100411

(22)申請日：中華民國 102 (2013) 年 01 月 07 日

(51)Int. Cl. : *H05H1/46 (2006.01)*

(30)優先權：2012/06/18 日本 2012-136942

(71)申請人：京三製作所股份有限公司 (日本) KYOSAN ELECTRIC MFG. CO., LTD. (JP)  
日本

(72)發明人：讓原逸男 YUZURIHARA, ITSUO (JP)；相川諭 AIKAWA, SATOSHI (JP)；國玉博  
史 KUNITAMA, HIROSHI (JP)

(74)代理人：林志剛

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：12 項 圖式數：20 共 93 頁

(54)名稱

高頻電力供給裝置及反射波電力控制方法

(57)摘要

〔課題〕在藉由脈衝運轉而將高頻電力對於電漿負載作電力供給之高頻電源中，於直到電漿著火為止的未著火狀態中，進行能夠對於前進波電力全部作為反射波電力而回到電源側處的全反射波電力而具有耐性之全反射波對應化。〔解決手段〕反射波電力控制，係在對於電漿負載供給高頻電力之高頻電力供給中，檢測出高頻電源之反射波電力，並使用所檢測出的反射波電力而對於高頻電源作控制，該反射波電力控制，係對於反射波電力之短時間變動，而基於反射波電力之檢測值的峰值變動來作控制，並對於反射波電力之長時間變動，而基於將反射波電力之檢測值平滑化所得到的平滑值之變動來作控制。作為反射波電力控制迴圈系，係具備有基於反射波電力之峰值變動而進行控制之反射波電力峰值垂下迴圈系以及電弧遮斷系，和基於反射波電力之電力平滑量而進行控制之反射波電力平滑量垂下迴圈系。

# 發明摘要

※申請案號：102100411

※申請日：102年01月07日

※IPC分類：H05H1/46 (2006.01)

【發明名稱】(中文/英文)

高頻電力供給裝置及反射波電力控制方法

【中文】

〔課題〕在藉由脈衝運轉而將高頻電力對於電漿負載作電力供給之高頻電源中，於直到電漿著火為止的未著火狀態中，進行能夠對於前進波電力全部作為反射波電力而回到電源側處的全反射波電力而具有耐性之全反射波對應化。

〔解決手段〕反射波電力控制，係在對於電漿負載供給高頻電力之高頻電力供給中，檢測出高頻電源之反射波電力，並使用所檢測出的反射波電力而對於高頻電源作控制，該反射波電力控制，係對於反射波電力之短時間變動，而基於反射波電力之檢測值的峰值變動來作控制，並對於反射波電力之長時間變動，而基於將反射波電力之檢測值平滑化所得到的平滑值之變動來作控制。作為反射波電力控制迴圈系，係具備有基於反射波電力之峰值變動而進行控制之反射波電力峰值垂下迴圈系以及電弧遮斷系，和基於反射波電力之電力平滑量而進行控制之反射波電力平滑量垂下迴圈系。

【英文】

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第(1)圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

- 1：高頻電力供給裝置 10：高頻電源部  
12：換流器 13：放大部  
16：感測器 20：前進波電力控制迴圈系  
30：反射波電力峰值垂下迴圈系  
31：陡峭變動除去部 40：電弧遮斷系  
50：反射波電力量垂下迴圈系  
51：電力平滑部 103：負載  
100：反射波電力控制迴圈系

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：無

# 發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動)

## 【發明名稱】(中文/英文)

高頻電力供給裝置及反射波電力控制方法

## 【技術領域】

[0001] 本發明，係有關在從高頻電源而對於負載供給高頻電力時，對於從負載側而朝向電源側之反射波電力作控制的反射波電力控制方法以及高頻電力供給裝置。

## 【先前技術】

[0002] 藉由切換動作來將直流電源之直流變換為高頻交流之高頻電源，係為週知。作為此高頻電源，由 D 級放大電路 (Class D: IEC 國際標準 IEC60268-3 4 classes of operation) 所致的 D 級高頻電源，係為週知。

[0003] D 級高頻電源，係藉由使 RF 電力放大元件以一定之能率 (Duty) 的 RF 閘極訊號來進行切換動作，而將直流電源之直流變換為高頻交流，並將所得到的高頻交流作為高頻前進波電力而供給至負載處。D 級高頻電源，係藉由脈衝運轉而進行輸出調整。脈衝運轉，係為交互地具備有藉由 RF 閘極訊號而使 RF 電力放大元件進行切換動作並輸出 RF 輸出之 ON 區間和並不進行切換動作而並不輸出 RF 輸出之 OFF 區間的兩者之區間的驅動形態，並藉由對於身為 ON 區間和 OFF 區間之時間比例的能率

(Duty) 作改變，來對於 RF 輸出之輸出電力作調整。ON 區間和 OFF 區間之能率，係可藉由脈衝控制訊號之 ON 區間和 OFF 區間的能率 (Duty) 來作控制。另外，RF 係代表高頻。

[0004] 在從高頻電源所對於負載之高頻電力的供給中，當對於電漿處理裝置等之負載而供給高頻電力的情況時，依存於電漿放電之狀態，負載阻抗係會變動。若是負載阻抗產生變動，則從負載側所回到電源側處之反射波電力係會變動。

[0005] 反射波電力，係會有對於 D 級高頻電源造成影響的情況。例如，構成 D 級高頻電源之 RF 電力放大元件，係會起因於由於反射波電力所致之內部損失而導致的發熱而產生熱性破損，或者是起因於反射波電力之突波電壓而產生絕緣破損。當反射波電力之大小變得更大的情況時，構成 D 級高頻電源之直流電源係會有破損的情形。

[0006] 特別是，當 D 級高頻電源為藉由脈衝運轉而將高頻電力對於電漿負載進行電力供給的情況時，在直到電漿著火為止之未著火狀態下，前進波電力係會全部作為反射波電力而回到電源側處。因此，D 級高頻電源，係要求具有能夠耐住全反射波電力之耐性。以下，將此種前進波電力全部回到電源側處時的反射波電力，稱作全反射波電力，並將在高頻之電力供給中而能夠耐住全反射波電力之對應，稱作全反射波對應化。

[0007] 另外，於此，全反射波對應化，係並不僅是

防止由於全反射波電力所導致之 RF 電力放大元件的損傷，而亦包含有從在開始了著火動作之後起直到判定為著火失敗並將高頻電力之供給作遮斷為止的期間中，並不將高頻電力之供給作遮斷地而持續進行電力供給並使電漿之著火動作持續的情形。

[0008] 在先前技術中，以此種全反射波對應化作為目的，本案申請人係提案有電漿產生用電源（參考專利文獻 1）。在專利文獻 1 中，係記載有：為了對於 RF 電力放大元件之本體二極體（body diode）的積蓄載子作抑制，而在使對於 RF 電力放大元件而言之負載阻抗作了延遲的狀態下來作使用，並藉由此來減少電路之切換損失。為了進行全反射波對應化，進而，係要求對於在電漿著火時之點火動作中所必要的著火時間預先作限制，並藉由此來將此著火時間內之反射波電力限制為與前進波電力之額定電力相同。

[0009] 除了 D 級高頻電源以外，作為通常所使用之高頻電源，C 級高頻電源係為週知。在 C 級高頻電源等之通常被作使用的高頻電源裝置中，當產生了反射波電力的情況時，係以將反射波電力之供給抑制在額定輸出以下的方式，來對於供給側之前進波電力作抑制，藉由此，來對於高頻電源側之元件的損傷作防止，此種技術，係為週知（專利文獻 2～專利文獻 7）。

[0010] 在專利文獻 2、3 中，係揭示有將電源供給停止之技術，在專利文獻 4～7 中，係揭示有對於前進波電

力作抑制之技術。

[0011] 在專利文獻 2 中，係記載有：以使反射波電力值成爲額定輸出之 10~20% 以下的方式，來對於高頻電漿電源之前進波電力值作控制的關機 ( shutdown ) 方法，在專利文獻 3 中，係記載有：使用從反射波電力檢測器所輸出之訊號，來對於相當於反射微波電力之訊號的大小和充放電基準值之間的差作時間性之積算，並當具備有相當於積分值之大小的積分訊號之大小超過了容許基準值的情況時，將電源供給遮斷之微波電力供給系統。

[0012] 又，在專利文獻 4 中，係揭示有：當反射波電力超過了極限值時，藉由混頻器 ( mixer ) 來削減輸出電力，在專利文獻 5 中，係揭示有：藉由從反射波電力檢測訊號所輸出的電力抑制訊號和前進波電力，來產生電力控制訊號，在專利文獻 6 中，係記載有：求取出被檢測出並且被作了回歸之反射波電力和設定反射波電力之間的差分，並基於差分來使前進波電力垂下，在專利文獻 7 中，係記載有：基於反射波電力來演算反射波係數，並因應於所演算出的反射波係數來對於衰減器之增益的大小作修正，並供給負載所要求之電力。

[0013] 又，在專利文獻 8 中，係記載有：將測定反射波電力之感測器輸出作微分，並基於由微分輸出所致之高頻電力的反射波之時間性變動的程度，來判別出異常放電之發生。

[ 先前技術文獻 ]

〔專利文獻〕

[0014]

〔專利文獻 1〕日本專利第 3641785 號公報（段落〔0046〕、段落〔0047〕）

〔專利文獻 2〕日本特公平 7-32078 號（段落〔0003〕、段落〔0005〕）

〔專利文獻 3〕日本特開 2004-71269 號（段落〔0017〕、段落〔0018〕）

〔專利文獻 4〕日本特開平 10-257774 號（段落〔0028〕～段落〔0031〕）

〔專利文獻 5〕日本專利第 3998986 號公報（段落〔0028〕）

〔專利文獻 6〕日本特開 2004-8893 號（段落〔0019〕）

〔專利文獻 7〕日本特開 2005-136933 號（段落〔0013〕）

〔專利文獻 8〕日本專利第 3893276 號（段落〔0008〕、段落〔0025〕）

【發明內容】

〔發明所欲解決之課題〕

[0015] 在 D 級高頻電源藉由脈衝運轉而將高頻電力對於電漿負載進行電力供給的情況時，係要求有：對於在直到電漿著火為止的未著火狀態中而前進波電力會全部作

為反射波電力而回到電源側之全反射波電力，能夠在脈衝運轉時並不會有由於全反射波電力而導致 RF 電力放大元件破損的情況，並對於負載而供給大的負載端電力，而將脈衝運轉時之電漿的著火性能提升。

[0016] 在專利文獻 1 之藉由將負載阻抗以作了延遲的狀態來使用而減少電路之切換損失的情況時，若是為了達成全反射波對應化而對於電漿之著火時間作限制，則在像是直到電漿著火為止係需要長時間的情況時，係會有成為維持在未著火的狀態之虞。

[0017] 又，專利文獻 2、3，係為將電源供給停止者，專利文獻 2，係以使反射波電力值成為額定輸出之 10～20% 以下的方式而作控制，又，專利文獻 3，係為藉由充放電電路之輸出來進行遮斷控制者，因此，係無法在能夠耐住全反射波電力的狀態下而維持高頻電力之供給，而無法達成全反射波對應化。

[0018] 在高頻電源中，在藉由切換動作而將直流電源之直流變換為高頻交流並將高頻電力前進波電力供給至電漿負載處時，就算是當在高頻電源和電漿負載之間的匹配為被正常地作了整合的情況時，在電漿上揚時，電漿負載之負載阻抗也會大幅度變動，起因於此負載阻抗變動，會產生從電漿負載側而回到電源側之反射波電力。在此電漿上揚時所產生的反射波電力，係會在短期間內而作大幅度的變動。

[0019] 專利文獻 4～專利文獻 7 之電力控制，由於係

為基於反射波電力之瞬間值來進行電力抑制者，因此，在電漿上揚時，若是反射波電力作尖銳的上升之峰值超過了設定值，則係成為會開始由電力控制所致之電力抑制。若是由於電力控制而導致供給至電漿負載處之電力被作限制，則在電漿到達著火之前，供給電力係會被縮限而著火會成為不成功，除此之外，就算是在作了著火的情況時，亦會由於供給電力之抑制而導致電漿之維持成為困難，而有著難以產生正常之電漿的問題。

[0020] 亦即是，先前技術之電力控制，由於係為基於反射波電力之瞬間值來進行電力抑制者，因此，會將電漿上揚時之反射波電力的峰值，誤判斷為由於涵蓋更長期間之電漿狀態變動所導致的反射波電力之增加。若是起因於此誤判斷而對於電力供給作遮斷或是作抑制，則電漿之著火或電漿之維持係變得困難。

[0021] 因此，本發明，係以下述事項作為目的：亦即是，在藉由脈衝運轉而將高頻電力對於電漿負載作電力供給之高頻電源中，而在成為對於當直到電漿著火為止之未著火狀態下而前進波電力會全部作為反射波電力而回到電源側處之全反射波電力而具有耐性之全反射波對應化中，對於前述之先前技術的問題點作解決，並在使 D 級高頻電源藉由脈衝運轉而將高頻電力對於電漿負載作電力供給的情況時，進行成為對於當直到電漿著火為止之未著火狀態下而前進波電力會全部作為反射波電力而回到電源側處之全反射波電力而具有耐性之全反射波對應化，來防止

在脈衝運轉時之由於全反射波電力所導致的 RF 電力放大元件之破損，並且並不遮斷高頻電力之供給地而持續進行電力供給並持續電漿之著火動作，以將脈衝運轉時之電漿的著火性能提升。

〔用以解決課題之手段〕

[0022] 本發明，係有關於在對於電漿負載供給高頻電力之高頻電力供給中，檢測出高頻電源之反射波電力，並使用所檢測出的反射波電力而對於高頻電源作控制之反射波電力控制，該反射波電力控制，係對於反射波電力之短時間變動，而基於反射波電力之檢測值的峰值變動來對反射波電力作控制，並對於反射波電力之長時間變動，而基於將反射波電力之檢測值平滑化所得到的平滑值之變動來對反射波電力作控制。

[0023] 本發明，作為反射波電力控制迴圈系，係具備有基於反射波電力之峰值變動而進行控制之反射波電力峰值垂下迴圈系以及電弧遮斷系，和基於反射波電力之電力平滑量而進行控制之反射波電力平滑量垂下迴圈系。

[0024] 本發明之反射波電力峰值垂下迴圈系，係基於反射波電力之峰值而對於高頻電源部之直流電源的直流電壓作控制，並藉由直流電源之電壓控制而對於反射波電力之峰值作垂下控制。反射波電力峰值垂下迴圈系，係為當反射波電力之峰值超過了設定值（反射波電力峰值極限值）時，而使反射波電力之峰值垂下（降低）的控制系，

並藉由使反射波電力之峰值的振幅垂下（降低），來對由於過負載或突波電壓而導致 RF 電力放大元件被破壞的情況作防止。

[0025] 又，反射波電力峰值垂下迴圈系，係設為對於高頻電源部之直流電源的直流電壓作控制之構成，並藉由將反射波電力之峰值對於此直流電源而作回歸控制並使直流電壓垂下，而能夠高速地進行反射波電力之峰值的垂下動作。

[0026] 本發明之電弧遮斷系，係藉由基於反射波電力之峰值來對於高頻電源部之 RF 放大部的輸出之有無作控制，來控制對於電漿負載之電力供給的有無並對於在電漿負載處之電弧的遮斷作控制。電弧遮斷系，係為當反射波電力之峰值超過了設定值（電弧極限值）時而停止電力供給之控制系，當著火失敗並產生大的反射波電力，而反射波電力超過了將電漿負載之電弧停止之電弧遮斷準位的情況時，係停止電力供給而將電漿負載內之電弧作消弧。另外，在將電弧作了遮斷的情況時，係亦可設為藉由在經過了一定時間之後而再度進行著火動作之著火再嘗試功能來進行再著火之構成。

[0027] 本發明之反射波電力峰值垂下迴圈系和電弧遮斷系，係當反射波電力之峰值超過了在各控制系中所設定之設定值時，進行使反射波電力之峰值垂下的控制，或者是進行將電力供給停止的控制。

[0028] 本發明之反射波電力峰值垂下迴圈系或者是

電弧遮斷系的至少其中一系，係可具備有從反射波電力之檢測值而將陡峭變動量除去之陡峭變動除去部。陡峭變動除去部，係從反射波電力之檢測值中而將由於陡峭之變動所導致的陡峭變動量除去，並使不受陡峭變動所影響之較陡峭之變動而更長的期間中之反射波電力的峰值之訊號作回歸。藉由使用將陡峭變動部分作了除去的峰值，來防止由於在電漿之上揚中產生的陡峭之變動而發生的峰值所導致之反饋控制而產生的誤判。陡峭變動除去部，係可藉由低通濾波器等之一次延遲電路來構成之。

[0029] 本發明之反射波電力量垂下迴圈系，係藉由基於反射波電力之電力平滑量來對於高頻電源部之 RF 放大部的放大之有無作控制，來控制對於電漿負載之電力供給量並對於反射波電力之電力平滑量作垂下控制。反射波電力量垂下迴圈系，係為當反射波電力之電力量的平均值或實效值等之作了平滑化的平滑值超過了設定值（反射波電力平滑極限值）時，使反射波電力之電力量垂下（降低）的控制系，並藉由在將輸出電壓之振幅作了維持的狀態下來使反射波電力之電力量垂下（降低），而防止 RF 電力放大元件之熱性破損。

[0030] 本發明之反射波電力峰值垂下迴圈系、電弧遮斷系以及反射波電力量垂下迴圈系之各控制系，係可分別獨立地作控制。在各控制系中所使用之設定值，係為反射波電力峰值極限值、電弧極限值以及反射波電力平滑極限值，並從較大者起而依序設定電弧極限值、反射波電力

峰值極限值、反射波電力平滑極限值。

[0031] 反射波電力峰值極限值，係成爲由於過負載或突波電壓等之反射波電力的峰值之增加所導致的對於 RF 電力放大元件之影響的指標，當反射波電力之峰值超過了此設定值時，係使反射波電力之峰值垂下，而以不會使反射波電力之峰值成爲設定值以上的方式來進行控制，藉由此，來在反射波電力發生時，保護 RF 電力放大元件免於受到由於過負載或突波電壓所導致的破壞。

[0032] 電弧極限值，係爲將在電漿負載中由於著火之失敗所導致的反射波電力之增加檢測出來的臨限值，並被設定爲將電弧遮斷之準位。當反射波電力之峰值超過了此電弧遮斷準位時，係判定爲著火失敗，並開始電弧遮斷動作。

[0033] 反射波電力平滑極限值，係成爲由於反射波電力之電力量的增加而導致的對於 RF 電力放大元件之熱性影響的指標之設定值，當反射波電力之平均值或實效值等的平滑量超過了此設定值時，係進行藉由對於脈衝控制訊號之能力作控制來使反射波電力之電力量垂下（降低）的控制，並藉由此來防止 RF 電力放大元件之熱性破損。在由能率所致之垂下控制中，係藉由在脈衝控制訊號之 ON 區間和 OFF 區間的時間比例中而將 ON 區間的比例降低，來使反射波電力降低。

[0034] 本發明之反射波電力控制系，係藉由使用上述之反射波電力峰值垂下迴圈系、電弧遮斷系以及反射波

電力量垂下迴圈系的各系，來在直到電漿著火爲止的未著火狀態中，藉由成爲具備有對於前進波電力全部作爲反射波電力而回到電源側處的全反射波電力之耐性的全反射波對應化，來防止由於全反射波電力所導致的 RF 電力放大元件之損傷，並且，除非著火失敗並產生大的反射波電力而成爲不得不進行遮斷的狀態，否則係並不將高頻電力之供給作遮斷地而持續進行電力供給並繼續電漿之著火動作，來使在脈衝運轉時之電漿的著火性能提升。

[0035] 本發明，係可設爲高頻電力供給裝置之形態和反射波電力控制方法之形態。

[0036]

〔高頻電力供給裝置之形態〕

本發明之高頻電力供給裝置，係爲對於電漿負載供給高頻電力之高頻電力供給裝置，其特徵爲，具備有：高頻電源部，係藉由切換動作來將直流電源之直流變換爲高頻交流並輸出高頻電力；和複數之回歸系，係使高頻電源部之高頻輸出的檢測值回歸而進行反饋控制。回歸系，係具備有：前進波電力控制迴圈系，係使從高頻電源部所朝向電漿負載之前進波電力的檢測值作回歸並對於前進波電力作控制；和複數之反射波電力控制迴圈系，係使從電漿負載所朝向高頻電源部之反射波電力的檢測值作回歸並對於反射波電力作控制。

[0037] 另外，電弧遮斷系雖然並未形成控制迴圈，但是，在藉由遮斷處理而將前進波電力作了遮斷之後，由

於係進行由再著火動作所致之電漿的著火動作，因此，於此係作為形成 1 種之迴圈系者，而設為被包含在反射波電力控制迴圈系之一個控制迴圈系中者。

[0038] 在反射波電力控制迴圈系之回歸系中，當將電漿之上揚時所產生的峰值誤判定為由於電漿負載之異常所導致的反射波電力之上升的情況時，反饋控制係會成為發生誤動作。

[0039] 為了對由於此峰值所導致的誤動作作抑制，本發明之反射波電力峰值垂下迴圈系以及電弧遮斷系，係具備有從在高頻電源部之輸出端處所檢測出的反射波電力之檢測值中而將陡峭變動量除去之陡峭變動除去部。

[0040] 陡峭變動除去部，係可藉由一次延遲電路來構成，並藉由使反射波電力之檢測值作一次延遲，來將在檢測值中所包含之陡峭變動量除去。一次延遲電路，係藉由使反射波電力之檢測值作一次延遲，來將在電漿上揚中所產生的反射波電力中所包含之陡峭的變動量降低，以防止由於並非依存於電漿負載之變動而為由於電漿上揚時之陡峭的變動所導致的誤判定，而能夠防止將高頻電力之供給作降低的誤動作。

[0041] 又，陡峭變動除去部，係並不被限定於一次延遲電路之構成，亦可設為將反射波電力之檢測值產生陡峭的變動之時間點檢測出來，並將在此時間點處的檢測值除去的構成。

[0042] 本發明之反射波電力控制迴圈系所具備的反

射波電力量垂下迴圈系，係作為求取出反射波電力之平滑值的構成，而具備有將反射波電力之檢測值的平均值或實效值作輸出之電力平滑部。作為決定是否進行使高頻電力之電力量垂下的控制以及決定在垂下控制中之垂下量的反射波電力平滑極限值，係具備有反射波電力平均極限值或者是反射波電力實效極限值，並求取出藉由電力平化部所得到的平滑值和此些之反射波電力平滑極限值（反射波電力平均極限值或者是反射波電力實效極限值）之間的誤差量，再基於所得到的誤差量而進行反射波電力量之垂下控制。

[0043] 以下，針對反射波電力峰值垂下迴圈系、電弧遮斷系以及反射波電力量垂下迴圈系作說明。

[0044]

（反射波電力峰值垂下迴圈系）

本發明之反射波電力控制迴圈系，係具備有使反射波之峰值垂下（降低）的反射波電力峰值垂下迴圈系。反射波電力峰值垂下迴圈系，係作為決定是否進行使反射波電力峰值垂下之控制的臨限值，而具備有反射波電力峰值極限值。

[0045] 本發明之反射波電力峰值垂下迴圈系，係將反射波電力之峰值和反射波電力峰值極限值之間的差分，作為反饋訊號而回歸至前進波電力控制迴圈系處。在前進波電力控制迴圈系處，係根據從反射波電力峰值垂下迴圈系而回歸了的反饋訊號，來對於驅動高頻電源部所具備之

DC/DC 換流器的 PWM 訊號之脈衝寬幅作控制，而對輸出電壓作控制。

[0046] 在反射波電力之檢測值中，係會有包含由於在電漿之上揚的時間點處之陡峭變動所產生之峰值的情況。此峰值，由於係並非為伴隨著電漿異常所產生者，因此，若是基於此峰值而進行使反射波電力峰值垂下之控制，則會成為雖然電漿係身為正常狀態但是卻作為電漿異常而錯誤地進行控制。

[0047] 為了避免此種誤判定，係可設置陡峭變動除去部。陡峭變動除去部，係將把在反射波電力之檢測值中所包含的陡峭變動量除去後的訊號，作為反射波電力之峰值而輸出。將除去了陡峭變動量後的峰值和反射波電力峰值極限值之間的差分，作為反饋訊號而回歸至前進波電力控制迴圈系處，藉由此，係能夠避免由於陡峭變動所導致的誤動作。

[0048]

(電弧遮斷系)

本發明之反射波電力控制迴圈系，係具備有防止由於過大之反射波電力所導致的損傷之電弧遮斷系，當著火失敗並發生了過大之反射波電力時，係停止對於電漿負載之電力供給，而將電漿負載中的電弧遮斷。電弧遮斷系，係作為決定是否停止高頻電力之輸出的臨限值，而具備有電弧極限值。

[0049] 本發明之電弧遮斷系，係根據反射波電力之

峰值和電弧極限值之間的比較，而對於產生用以驅動高頻電源部所具備之 RF 放大部的 RF 閘極訊號之脈衝控制訊號作控制，並對於 RF 放大部之高頻電力的輸出之有無作控制。RF 放大部，例如係藉由全橋式換流器來將直流電壓變換為交流之高頻電力。在從直流而變換為交流之變換中，係與對於換流器之開關元件作切換的 RF 閘極訊號同步地而進行放大變換，藉由對於產生 RF 放大部之 RF 閘極訊號的脈衝控制訊號作控制，係能夠對於高頻電力之輸出作控制。

[0050] 在電弧遮斷系中，亦同樣的，會有將被包含在反射波電力之檢測值中的由於電漿之上揚時之陡峭變動所導致的峰值，誤判定為電漿異常的情況。為了避免此種誤判定，係可設置陡峭變動除去部，藉由根據以陡峭變動除去部而將陡峭變動量作了除去的反射波電力之峰值和電弧極限值之間的比較來進行遮斷控制，係能夠避免由於陡峭變動所導致的誤動作。

[0051] 在反射波電力峰值垂下迴圈系以及電弧遮斷系中，係藉由以陡峭變動除去部來從反射波電力將變動量除去，而防止將在電漿上揚時所發生的峰值誤判定為電漿異常的情形。

[0052]

（反射波電力量垂下迴圈系）

本發明之反射波電力控制迴圈系，係具備有使反射波電力之電力量垂下（降低）的反射波電力量垂下迴圈系。

[0053] 本發明之反射波電力量垂下迴圈系，係基於藉由電力平滑部所得到的電力平滑量和反射波電力平滑極限值之間的比較，來對於決定高頻電源部所具備之 RF 放大部的 RF 閘極訊號之 ON 區間和 OFF 區間的時間比例之脈衝控制訊號的能率（Duty）作制定，而對於 RF 放大部之高頻電力的電力量之垂下（降低）作控制。電力平滑部，係可設為求取出電力之平均值的平均值電路，或者是設為求取出電力之實效值的實效值電路。反射波電力量垂下迴圈系，係根據電力之平均值和反射波電力平均極限值之間的比較，或者是根據電力之實效值和反射波電力實效極限值之間的比較，來對於 RF 放大部之高頻電力的電力量之垂下（降低）作控制。

[0054] 由此反射波電力量垂下迴圈系所進行之平均值垂下動作或者是實效值垂下動作，係藉由將決定 RF 閘極訊號之 ON 區間和 OFF 區間之時間比例的脈衝控制訊號之能率（Duty）降低，來並不減低 RF 放大部之高頻電壓之振幅地而對於反射波電力量作抑制，而能夠減少 RF 電力放大元件之熱性損失並防止破壞。藉由並不使 RF 放大部之高頻電壓的振幅降低，係能夠維持高的著火電壓。

[0055]

（高頻電力供給裝置之構成）

圖 1，係為用以對於本發明之高頻電力供給裝置的概略構成作說明之圖。在圖 1 中，高頻電力供給裝置 1，係具備有高頻電源部 10，該高頻電源部 10，係將直流電源

之直流電壓藉由 DC/DC 換流器 12 來作電壓變換，並藉由 RF 放大部 13 來從直流而放大變換為交流，再將所得到的高頻電力供給至電漿負載等之負載 103 處。

[0056] 高頻電源部 10，係具備有：根據藉由輸出端之 RF 感測器 16 所檢測出的前進波電力反饋值 PF 而進行反饋控制之前進波電力控制迴圈系 20，和根據藉由輸出端之 RF 感測器 16 所檢測出的反射波電力反饋值 PR 而進行反饋控制之反射波電力控制迴圈系 100（30、40、50）。反射波電力控制迴圈系 100，係具備有反射波電力峰值垂下迴圈系 30 和電弧遮斷系 40 以及反射波電力量垂下迴圈系 50。

[0057] 反射波電力峰值垂下迴圈系 30，係進行使反射波電力之峰值垂下（降低）的控制，電弧遮斷系 40，係進行將電漿負載中之電弧遮斷的控制，反射波電力量垂下迴圈系 50，係進行使反射波電力之電力量垂下（降低）的控制。

[0058] 在反射波電力控制迴圈系 100 之中，反射波電力峰值垂下迴圈系 30 和電弧遮斷系 40，係基於將所檢測出的反射波電力反饋值 PR 藉由陡峭變動除去部 31 而除去了陡峭變動量之後所得到的峰值之訊號，來進行控制。又，在反射波電力控制迴圈系 100 之中，反射波電力量垂下迴圈系 50，係基於將所檢測出的反射波電力反饋值 PR 藉由電力平滑部 51 而進行平滑化所得到的平滑電力量，來進行控制。

[0059] 陡峭變動除去部 31，係藉由從反射波電力反饋值 PR 中而將身為在電漿上揚時所發生的峰值之陡峭變動量除去，而防止將此陡峭變動量誤判定為電漿異常的情形。陡峭變動除去部 31 之輸出，係被使用在反射波電力峰值垂下迴圈系 30 以及電弧遮斷系 40 之控制中。陡峭變動除去部 31，係可設為藉由 LPF（低通濾波器）所構成的一次延遲電路。

[0060] 電力平滑部 51，係將相當於藉由反射波電力反饋值 PR 之平均值或者是實效值而作了平滑化的電力值之值作輸出。反射波電力量垂下迴圈系 50，係基於電力平滑部 51 之輸出，而求取出對於 RF 放大部作控制之脈衝控制訊號的能率（Duty）。

[0061]

〔反射波電力控制方法〕

本發明之反射波電力控制方法，係在對於電漿負載供給高頻電力之高頻電力供給中，構成使藉由切換動作而將直流電源之直流變換為高頻交流之高頻電源部的輸出之檢測值回歸而進行反饋控制之回歸系，在此回歸系中，係使前進波電力之檢測值回歸至前進波電力控制迴圈系處，並使反射波電力之檢測值回歸至具備有複數之迴圈系的反射波電力控制迴圈系 100 處。

[0062] 在反射波電力控制迴圈系 100 所具備的系之中，反射波電力峰值垂下迴圈系以及電弧遮斷系，係對於輸出電壓作控制並使反射波電力之峰值垂下或者是將電弧

遮斷。在此垂下控制或者遮斷控制中，藉由以陡峭變動除去部來將在反射波電力之檢測值中所包含的陡峭之變動量除去，係能夠防止將在電漿上揚時所產生的峰值誤判定為電漿異常並進行垂下或遮斷的誤動作。

[0063] 又，在反射波電力控制迴圈系 100 所具備的系之中，反射波電力量垂下迴圈系，係藉由電力平滑部來將反射波電力之檢測值平滑化，並使相當於平滑化後的電力量之訊號回歸，藉由此，來進行反射波電力之電力量的垂下控制。

[0064]

（反射波電力峰值垂下控制）

反射波電力控制迴圈系，係具備有反射波電力峰值垂下迴圈系。反射波電力峰值垂下迴圈系，係作為決定是否進行使反射波電力峰值垂下的控制之臨限值，而具備有反射波電力峰值極限值，使反射波電力之檢測值和反射波電力峰值極限值之間的差分回歸至前進波電力控制迴圈系處，並對於驅動高頻電源部所具備之 DC/DC 換流器的 PWM 訊號之脈衝寬幅作控制，而對於輸出電壓作控制。

[0065]

（電弧遮斷控制）

反射波電力控制迴圈系，係具備有電弧遮斷系。電弧遮斷系，係作為決定是否輸出高頻電力之控制的臨限值，而具備有電弧極限值，根據反射波電力之檢測值和電弧極限值之間的比較，而對於控制高頻電源部所具備之 RF 放

大部的 RF 閘極訊號作控制，並進行 RF 放大部之高頻電力的輸出之遮斷控制。

[0066] 在反射波電力峰值垂下控制以及電弧遮斷控制中，係藉由使反射波電力之檢測值通過陡峭變動除去部，來將在檢測值中所包含之電漿的上揚時所產生的陡峭之變動量除去，而能夠防止誤動作。

[0067]

〔反射波電力量垂下控制〕

反射波電力控制迴圈系，係具備有反射波電力量垂下迴圈系。反射波電力量垂下迴圈系，係基於將反射波電力之檢測值作平滑所得到的平滑值、和決定高頻電力之電力量的垂下控制之有無以及垂下量的反射波電力平滑極限值，此兩者之間的比較，來對於決定高頻電源部所具備之 RF 放大部的 RF 閘極訊號之 ON 區間和 OFF 區間的時間比例之脈衝控制訊號的能率 (Duty) 作制定，而進行 RF 放大部之高頻電力的電力量之垂下控制。平滑值，係可設為反射波電力之檢測值的平均值或者是實效值，作為反射波電力平滑極限值，係分別具備有反射波電力平均極限值或者是反射波電力實效極限值。

[0068] 圖 2，係為用以對於本發明中之電力控制的概略作說明之說明圖。

本發明之高頻電力供給的反射波電力控制，係藉由設置在高頻電源部 10 之輸出端處的 RF 感測器 16，來檢測出從負載側而朝向電源側之反射波電力 (S1)。

[0069] 從檢測出之反射波電力的檢測值而將陡峭變動量除去 (S2)，並基於所得到的反射波電力之峰值，來進行反射波電力峰值垂下控制 (S3) 以及電弧遮斷控制 (S4)。另外，陡峭變動量之除去，係可藉由使反射波電力之檢測值作一次延遲而進行之。

[0070] 反射波電力峰值垂下控制 (S3)，係藉由基於反射波電力之峰值所得的 PWM 控制訊號，來驅動高頻電源部 10 之 DC/DC 換流器 12 並對於輸出電壓作控制。電弧遮斷控制 (S4)，係基於反射波電力之峰值來進行電漿之著火判定，當發生了由於著火失敗所導致之大的反射波電力的情況 (S7) 時，係停止 RF 閘極訊號並停止從 RF 放大部而來之輸出，而將前進波電力之電力作遮斷 (S8)。在將前進波電力作了遮斷之後藉由再著火動作來再度反覆進行電漿之著火動作 (S9)。

[0071] 再著火動作，係能夠藉由從判定為著火失敗起而經過了特定之休止時間之後再度嘗試著火的著火再嘗試功能來進行之。在此再嘗試功能中，係能夠對於反覆進行著火動作之再嘗試次數和休止時間之時間寬幅作設定。又，當在所設定之再嘗試次數內而著火仍未成功的情況時，係亦可設定為使再嘗試動作停止、或者是在作了一定時間之停止後而使再嘗試動作回復。

[0072] 又，反射波電力之檢測值的平滑值，係藉由平均值或實效值而求取出來 (S5)。基於所求取出之平滑值，來進行反射波電力量垂下控制。反射波電力量垂下控

制，係基於反射波電力之平滑值來設定脈衝控制訊號的能率（Duty），並基於此能率（Duty）來對於 RF 放大部作垂下控制（S6）。

[0073] 反射波電力峰值垂下控制（S3）、電弧遮斷控制（S4）、以及反射波電力量垂下控制（S6），係可個別獨立地對於開始此些之控制的臨限值作設定，並使其分別獨立地進行控制動作。

[0074] 另一方面，本發明之高頻電力供給的前進波電力控制，係藉由 RF 感測器 16 來檢測出從電源側所朝向負載側之前進波電力（S101），並藉由基於檢測出之前進波電力量所得到的 PWM 控制訊號來驅動高頻電源部 10 之 DC/DC 換流器 12 而對於輸出電壓作控制（S102）。

[0075] 圖 3，係為用以對於反射波電力反饋和各極限值以及電弧遮斷準位之間的關係作說明之圖。

[0076] 圖 3（a），係對於前進波電力反饋值 PF 作展示。在圖 3（b）中，反射波電力之一次延遲輸出 202，係代表使反射波電力反饋值 PR 作一次延遲所得到的輸出，平滑值 203，係代表反射波電力反饋值 PR 之平均值或者是實效值。又，在圖 3（b）中，係對於極限值（反射波電力平滑極限值 301、反射波電力峰值極限值 302）和身為電弧遮斷準位之電弧極限值 303 作展示。另外，在圖 3 中，雖係將前進波電力反饋值 200 以及反射波電力反饋值 201 以包絡線來作展示，但是，RF 感測器 16 之輸出，係並不被限定於直流電壓輸出，而亦可設為高頻之交流電壓

輸出。

[0077] 反射波電力之一次延遲輸出 202，係能夠藉由將反射波電力反饋值 PR 作一次延遲，而得到對於在電漿上揚時所發生的陡峭變動之陡峭變動量作了抑制的訊號。將此反射波電力之一次延遲輸出 202 與反射波電力峰值極限值 302 作比較，當反射波電力之一次延遲輸出 202 到達了反射波電力峰值極限值 302 時，係藉由進行反射波電力峰值垂下控制來使反射波電力之峰值降低。

[0078] 進而，當反射波電力之一次延遲輸出 202 增加並到達了電弧遮斷準位之電弧極限值 303 時，係判定電漿之著火失敗並進行電弧遮斷控制。藉由此，而使供給至電漿負載處之電力停止並將電漿負載之電弧遮斷。

[0079] 又，當平滑值（平均值或實效值）203 到達了反射波電力平滑極限值（反射波電力平均極限值或者是反射波電力實效極限值）301 時，係進行反射波電力量垂下動作，而並不將高頻電源部之輸出電壓的振幅縮窄地來對於輸出電力量作控制，藉由此，來降低 RF 電力放大元件之熱性損失。

[0080] 另外，在圖 3 中所示之前進波電力反饋值以及反射波電力反饋值，係僅為為了進行說明而作了模式性展示之其中一例，而並非絕對為對於實際例作展示者。又，極限值以及電弧遮斷準位，亦並非為對於實際例作展示者。

〔發明之效果〕

[0081] 如同以上所說明一般，若依據本發明，則在藉由脈衝運轉而將高頻電力對於電漿負載作電力供給之高頻電源中，於直到電漿著火為止的未著火狀態中，係能夠進行成爲能夠對於前進波電力全部作爲反射波電力而回到電源側處的全反射波電力而具有耐性之全反射波對應化。

[0082] 又，係防止由於在電漿之上揚時所產生的反射波電力之峰值而導致的誤判定，並根據起因於電漿負載之更長之期間中的電漿狀態之變動所導致的反射波電力之變動來進行電力控制，而能夠防止由於全反射波電力所導致之 RF 電力放大元件的損傷，並且能夠並不將高頻電力之供給作遮斷地而持續使電漿著火並維持電漿狀態。

### 【圖式簡單說明】

[0083]

〔圖 1〕用以對於本發明之高頻電力供給裝置的概略構成作說明之圖。

〔圖 2〕用以對於本發明之反射波電力控制方法的概略作說明之說明圖。

〔圖 3〕用以對於反射波電力反饋值和各極限值以及電弧遮斷準位之間的關係作說明之圖。

〔圖 4〕用以對於本發明之高頻電力供給裝置的構成例作說明之圖。

〔圖 5〕用以對於 RF 放大部的動作例作說明之圖。

〔圖 6〕用以對於 RF 放大部的動作例作說明之圖。

〔圖 7〕用以對於本發明之高頻電力供給裝置的一部份電路構成作說明之圖。

〔圖 8〕用以對於本發明之高頻電力供給裝置的一部份電路構成作說明之圖。

〔圖 9〕用以對於本發明之高頻電力供給裝置的前進波電力控制迴圈系之動作作說明之圖。

〔圖 10〕用以對於本發明之高頻電力供給裝置的反射波電力峰值垂下迴圈系之動作作說明之圖。

〔圖 11〕用以對於本發明之高頻電力供給裝置的反射波電力峰值垂下迴圈系之動作作說明的流程圖。

〔圖 12〕用以對於前進波電力控制和反射波電力峰值垂下動作作說明之圖。

〔圖 13〕對於電漿著火為成功的情況時和為失敗的情況時之反射波電力峰值垂下動作作模式性展示的圖。

〔圖 14〕用以對於本發明之電弧遮斷系的動作作說明之圖。

〔圖 15〕用以對於本發明之電弧遮斷系的動作作說明之流程圖。

〔圖 16〕對於電漿之著火為成功的情況時和為失敗的情況時之電弧遮斷動作作模式性展示的圖。

〔圖 17〕用以對於本發明之反射波電力量垂下迴圈系之動作作模式性展示的圖。

〔圖 18〕用以對於本發明之反射波電力量垂下迴圈

系作說明之流程圖。

〔圖 19〕用以對於前進波電力控制和反射波電力量垂下動作作說明之圖。

〔圖 20〕用以對於本發明之反射波電力量垂下動作作說明之圖。

### 【實施方式】

[0084] 以下，針對本發明之實施形態，一面參考圖面一面作詳細說明。以下，係針對本發明之高頻電力供給裝置以及反射波電力控制方法，而使用圖 4 來對於高頻電力供給裝置之構成例作說明，並使用圖 5、6 來對於 RF 放大部之動作例作說明，且使用圖 7、8 來針對高頻電力供給裝置之一部分電路構成作說明。又，係使用圖 9 來對於高頻電力供給裝置之前進波電力控制迴圈系之動作作說明，並使用圖 10～圖 13 來對於高頻電力供給裝置之反射波電力峰值垂下迴圈系之動作作說明，且使用圖 14～圖 16 來對於高頻電力供給裝置之電弧遮斷系的動作作說明，並使用圖 17～圖 20 來對於高頻電力供給裝置之反射波電力量垂下迴圈系之動作作說明。

[0085]

〔高頻電力供給裝置之構成例〕

首先，使用圖 4 來針對本發明之高頻電力供給裝置的構成例作說明。

[0086] 在圖 4 中，本發明之高頻電力供給裝置 1，係

具備有將高頻電力供給至負載 103 處之高頻電源部 10，並將高頻電源部 10 之電源輸出端 101 和負載 103 之間例如藉由同軸纜線 102 來作連接。另外，同軸纜線 102 係僅為其中一例，而並非為必要之構成，亦可藉由其他的傳輸線路來傳送電力。

[0087] 高頻電源部 10 之控制，係藉由前進波電力控制迴圈系 20、反射波電力量垂下迴圈系 50、反射波電力峰值垂下迴圈系 30 以及電弧遮斷系 40 之各回歸系來進行反饋控制。

[0088]

(高頻電源部)

高頻電源部 10，係具備有直流電源 11、DC/DC 換流器 12、RF 放大部 13、合成器 14、低通濾波器 15，並且在低通濾波器 15 和電源輸出端 101 之間具備有 RF 感測器 16。

[0089] 直流電源 11，係為 DC/DC 換流器 12 之輸入供給源。另外，代替直流電源 11，亦可使用將交流電壓作整流並作了平滑化的直流電壓。

[0090] DC/DC 換流器 12，係為將直流電源 11 之電壓  $E_{dc}$  變換為可進行可變之直流電壓  $V_{dc}$  的裝置，換流器，係除了藉由反向器電路來構成以外，亦可藉由截波電路來構成之。DC/DC 換流器 12，係藉由從前進波電力控制迴圈系 20 之驅動電路 25 所供給而來的 PWM 訊號之脈衝寬幅，來改變半導體元件之通流率，並藉由此來使輸出

之直流電壓  $V_{dc}$  成爲可變。DC/DC 換流器 12 之輸出的直流電壓  $V_{dc}$ ，係被輸入至 RF 放大部 13 處。

[0091] RF 放大部 13，係爲將直流電壓變換爲交流電壓之裝置，而可使用 D 級 RF 放大電路。D 級 RF 放大電路，係爲藉由切換動作來將直流電源之直流變換爲高頻交流之高頻放大電路，並基於 RF 閘極訊號來使輸出段之切換元件作 ON/OFF 動作，來使輸出電流在 0~最大值之間作增減，並藉由此來進行直流/交流變換而進行放大動作。D 級 RF 放大電路，由於切換元件之 ON 時的阻抗爲小，因此熱損失係爲小，而能夠進行高效率之轉換。

[0092] 使用有 D 級 RF 放大電路之 RF 放大部 13，係可藉由全橋式換流器來構成之，並將從 DC/DC 換流器 12 所輸入的直流電壓  $V_{dc}$  變換爲交流之 RF 輸出電力。RF 放大部 13 之 RF 輸出電力的電壓振幅，係與所輸入的直流電壓  $V_{dc}$  成正比。RF 放大部 13 之從直流而成爲交流的變換，係同步於藉由閘極訊號產生器 18 所供給的 RF 閘極訊號而被作放大變換。

[0093] 圖 5，係對於高頻電源所具備之 RF 放大部的其中一構成例作展示，圖 6，係爲用以對於對 RF 放大部進行驅動控制之 RF 閘極訊號、RF 輸出以及在電漿負載處的前進波電力和反射波電力作說明之圖。

[0094] 圖 5 中所示之 RF 放大部 120，係將 MOSFET120a~120d 作橋接構成，並將作了串聯連接的 MOSFET120a 和 MOSFET120b 之連接點、以及作了串聯連

接的 MOSFET120c 和 MOSFET120d 之連接點，此兩者藉由主變壓器 120e 來作連接，再將透過濾波器 120f 所得之主變壓器 120e 的輸出，作為 RF 輸出。MOSFET120a~120d，係藉由 RF 閘極訊號 A、A\*、B、B\*（圖 5（a）、（b））而被作驅動控制。

[0095] RF 閘極訊號 A、A\*（在圖 5 中，係對於 A 而於上部附加逆（-）之記號來作展示），係為將 MOSFET120a 和 MOSFET120b 之串聯電路作驅動控制的訊號，並且相互為逆相。RF 閘極訊號 B、B\*（在圖 5 中，係對於 B 而於上部附加逆（-）之記號來作展示），係為將 MOSFET120c 和 MOSFET120d 之串聯電路作驅動控制的訊號，並且相互為逆相。又，RF 閘極訊號 A 和 RF 閘極訊號 B 係互為逆相。

[0096] RF 閘極訊號 A、A\*、B、B\*（圖 6（a）、（b）），係藉由脈衝控制訊號（圖 6（c））而被作控制，RF 閘極訊號 A、A\*、B、B\* 係當脈衝控制訊號為 ON 狀態的期間中而被作輸出，在此期間內，RF 輸出（圖 6（d））係被作輸出。

[0097] 圖 6（e）、（f），係對於在電漿負載中之前進波電力和反射波電力作展示。在圖 6（f）中，安裝了整合器之電漿負載，係在 RF 閘極訊號（圖 6（a）、（b））之上揚時的過渡現象中而發生反射波電力，並在趨穩時間之後而衰減（圖 6（f））。

[0098] 藉由將複數之 RF 放大部作並聯連接，係能夠

得到大的 RF 輸出電力。在將複數之 RF 放大部作並聯連接的構成中，係藉由將各 RF 放大部之相位同步並進行放大變換，來使高頻電源部 10 之電源輸出端 101 處的交流電力之相位相合致。

[0099] 合成器 14，係為將從複數之 RF 放大部 13 所輸出的各 RF 輸出電力統籌為 1 個輸出的裝置，當 RF 放大部 13 為單數的情況時，係可作省略。

[0100] 在從 RF 放大部 13 所輸出之 RF 輸出電力、以及藉由合成器 14 而被統籌為 1 個並被作輸出的 RF 輸出電力中，係含有多量的高頻波成分。低通濾波器 15，係將 RF 輸出電力作波形成形並將在高頻電力中所包含之高頻波成分除去，而將高頻波成分為少之 RF 輸出電力送至 RF 感測器 16 處。

[0101] RF 感測器 16，係將在 RF 輸出電力中所包含之前進波電力和反射波電力相分離並檢測出來，再作為前進波電力反饋值 PF 以及反射波電力反饋值 PR 而輸出。通過了 RF 感測器 16 之 RF 輸出電力，係一直被傳輸至電源輸出端 101 處。電源輸出端 101，係連接同軸纜線 102 和高頻電源部 10。藉由使電源輸出端 101 之特性阻抗與同軸纜線 102 之特性阻抗相一致，來抑制不必要之反射波電力的發生。

[0102] 同軸纜線 102，係將從電源輸出端 101 所輸入的 RF 輸出電力供給至負載 103 處。

[0103] 負載 103，係藉由中介有匹配箱（整合器），

而能夠將從高頻電源側所觀察之阻抗整合為電源輸出端 101 之特性阻抗以及同軸纜線 102 之特性阻抗。特性阻抗以及整合阻抗，例如係可設為 50 [ ohm ] 。

[0104]

(前進波電力控制迴圈系之構成)

前進波電力控制迴圈系 20，係為藉由將以 RF 感測器 16 所檢測出的前進波電力反饋值 PF 反饋至 DC/DC 換流器 12 處，來以使高頻電源部 10 之前進波電力成為前進波電力指令值之大小的方式而作控制的回歸系，並為從 RF 感測器 16 起朝向 DC/DC 換流器 12 地而將保持電路 22、前進波電力誤差放大裝置 23、PWM 訊號產生電路 24 以及驅動電路 25 作串聯連接所構成者。

[0105] 前進波電力指令值 21，當進行前進波電力控制的情況時，係為用以對於藉由 RF 感測器 16 所檢測出的前進波電力反饋值 PF 之大小作控制的基準值，前進波電力控制，係產生將前進波電力反饋值 PF 之峰值設為與前進波電力指令值 21 相同的大小之脈衝寬幅的 PWM 訊號，並藉由此 PWM 訊號來對於 DC/DC 換流器 12 作脈衝控制。

[0106] RF 感測器 16 所輸出之前進波電力反饋值 PF，係包含有 Ton 區間之值和 Toff 區間之值，Ton 區間之值，係代表前進波電力之大小。另一方面，Toff 區間之值，係並未代表前進波電力之大小。保持電路 22，係藉由將前進波電力反饋值 PF 之 Toff 區間的值除去並僅將

Ton 區間之值作保持，來將前進波電力之大小取出。

[0107] 保持電路 22，係與前進波電力反饋值 PF 之 Ton 區間連動地而將開關設為 ON，並與 Toff 區間連動地而將開關設為 OFF 並作切離，藉由此，來維持當下的狀態並將前進波電力反饋值之振幅作保持。將作了保持的前進波電力反饋值 PF 之振幅，送至前進波電力誤差放大裝置 23 處。

[0108] 圖 7，係為用以對於保持電路 22 的構成例作說明之電路圖。在圖 7(a) 所示之電路 60 中，保持電路 61 係藉由開關電路 65 所構成，在開關電路 65 之輸入端處連接電阻 63 以及電阻 64，並輸入前進波電力指令值 21 以及前進波電力反饋值 PF。開關電路 65，係與前進波電力反饋值 PF 之 ON/OFF 同步地而進行切換，並將 Ton 區間之前進波電力反饋值 PF 以及前進波電力指令值，輸入至被連接在開關電路 65 之輸出端處的誤差放大電路 62 中。

[0109] 誤差放大電路 62，係藉由運算放大器 66 所構成，並將前進波電力反饋值 PF 和前進波電力指令值之間的差分作放大。於此，雖係針對將誤差放大的功能藉由以具備有運算放大器 66 之誤差放大電路 62 所致的硬體來構成之例而作了展示，但是，係並不被限定於硬體構成，亦可設為由軟體所致之構成，並設為對 CPU 作程式驅動而進行誤差放大之演算處理的構成。

[0110] 在圖 7(b) 所示之電路 70 中，保持電路 71

係藉由開關電路 75 以及電容器所構成，在開關電路 75 之輸入端處，輸入前進波電力反饋值 PF。開關電路 75，係與前進波電力反饋值 PF 之 ON/OFF 同步地而進行切換，並將 Ton 區間之前進波電力反饋值 PF 保持在電容器中。

[0111] 被保持在電容器中之電壓值，係經由緩衝電路 77 以及電阻 74 而將前進波電力反饋值 PF 輸入至誤差放大電路 62 中。在誤差放大電路 62 處，係經由電阻 73 而被輸入有前進波電力指令值 21。誤差放大電路 72，係藉由運算放大器 76 所構成，並將前進波電力反饋值 PF 和前進波電力指令值之間的差分作放大。

[0112] 前進波電力誤差放大裝置 23，係將前進波電力指令值和前進波電力反饋值 PF 之間的誤差量，以預先所制定的增益來作放大並作為控制量而輸出。

[0113] PWM 訊號產生電路 24，係對於前進波電力誤差放大裝置 23 或者是反射波電力峰值電力誤差放大器 34 所輸出的控制量之大小作比較，並依據較大者之控制量來產生 PWM 訊號。

[0114] 反射波電力峰值電力誤差放大器 34 所輸出之控制量，係為進行反射波電力峰值垂下控制之控制量，當前進波電力誤差放大裝置 23 之控制量為較反射波電力峰值電力誤差放大器 34 之控制量更大的情況時，係依據前進波電力誤差放大裝置 23 之控制量而進行前進波電力控制，相反的，當反射波電力峰值電力誤差放大器 34 之控制量為較前進波電力誤差放大裝置 23 之控制量更大的情

況時，係依據反射波電力峰值電力誤差放大器 34 之控制量而進行反射波電力峰值垂下控制，而使反射波電力之過大的峰值垂下以作抑制。

[0115] 驅動電路 25，係基於藉由 PWM 訊號產生電路 24 所產生的 PWM 訊號，而產生放大至對於驅動 DC 換流器 12 內之半導體元件而言為充分的功率之驅動訊號，並將所產生的驅動訊號輸入至 DC/DC 換流器 12 之半導體元件的閘極處而使其作切換，來將直流電源 11 之直流電壓  $E_{dc}$  變換為輸出電壓  $V_{dc}$ 。又，驅動電路 25，係將 PWM 訊號產生電路 24 和 DC/DC 換流器 12 之間的基準電位間作絕緣，並當 PWM 訊號之電位和 DC/DC 換流器 12 之電位有所差異的情況時，防止由於從 DC/DC 換流器 12 而朝向 PWM 訊號產生電路 24 側之電流所導致的 PWM 訊號產生電路 24 之破損或誤動作。

[0116]

(反射波電力峰值垂下迴圈系之構成)

反射波電力峰值垂下迴圈系 30，係為藉由將以 RF 感測器 16 所檢測出的反射波電力反饋值 PR 經由前進波電力控制迴圈系 20 來反饋至 DC/DC 換流器 12 處一事，來進行使高頻電源部 10 之反射波電力的峰值垂下之控制的回歸系，並具備有陡峭變動除去部 31、反射波電力峰值極限值 32、保持電路 33、反射波電力峰值電力誤差放大器 34，而藉由將反射波電力峰值電力誤差放大器 34 之輸出送至前進波電力控制迴圈系 20 之 PWM 訊號產生電路 24

處並對於驅動 DC/DC 換流器 12 之 PWM 訊號的脈衝寬幅作控制，來使反射波電力之峰值垂下以作抑制。

[0117] 陡峭變動除去部 31，係為將在電漿之上揚時所產生的陡峭之變動量除去之電路。在電漿負載中，就算是在著火成功時，在電漿之上揚時也必定會發生尖峰狀之反射波電力。若是此在電漿上揚時所發生的反射波電力到達設定值（反射波電力峰值極限值），則會有將此反射波電力之上升誤判定為由於電漿負載之異常所導致的反射波電力之上升的情況。若是基於此誤判定而進行反射波電力峰值之垂下控制，則會產生使著火了的電漿成為不安定的問題。

[0118] 陡峭變動除去部 31，係將在檢測出的反射波電力反饋值 PR 中所包含之陡峭的變動量除去，而防止由於在電漿上揚時而發生之反射波電力所導致的誤判定。陡峭變動除去部 31，係可藉由以電阻和電容器所構成之一次延遲電路而構成之。

[0119] 圖 8，係為用以對於陡峭變動除去部 31 的構成例作說明之圖。圖 8(a) 係為將陡峭變動除去部 31 藉由一次延遲電路 80 來作了構成的情況時之電路例，而可藉由由電阻 81 和電容器 82 所成的低通濾波器（LPF）來構成之。

[0120] 圖 8(b) 係對於陡峭變動除去部 31 之其他構成例作展示。陡峭變動除去部 31，係可藉由將高頻成分除去之濾波電路 90 來構成之。切換電路 95，係對於反射

波電力之檢測訊號的輸出作切換，並僅將除去了在檢測訊號中所包含之陡峭的變動量之後的訊號作輸出。陡峭之變動量的檢測，係藉由微分電路 91 和比較電路 92 以及極限值 93 來進行。藉由微分電路 91 來檢測出檢測訊號的變動，並藉由將所檢測出的微分值和極限值 93 作比較，來檢測出陡峭之變動量。切換電路 95，係基於比較電路 92 之輸出，而將陡峭之變動量作為 OFF 狀態來停止檢測訊號之輸出，並將未包含陡峭之變動量的訊號作為 ON 狀態來輸出檢測訊號。延遲電路 94，係使檢測訊號作與在微分電路 91 和比較電路 92 之處理中所需要的時間相應之量的延遲，而與在切換電路 95 處之切換時序作配合。

[0121] 在圖 4 中，反射波電力峰值極限值 32，係為當進行反射波電力峰值垂下動作的情況時而與陡峭變動除去部 31 之輸出作比較的基準值，並為預先作了設定之值。在反射波電力峰值垂下之動作中，係以使反射波電力反饋之峰值成為反射波電力峰值極限值 32 以下的方式來作限制。

[0122] 保持電路 33，係可設為與前進波電力控制迴圈系 20 所具備之保持電路 22 相同的構成，而與反射波電力反饋值 PR 之  $T_{on}$  區間連動地而將開關設為 ON，並與  $T_{off}$  區間連動地而將開關設為 OFF 並作切離，藉由此，來維持當下的狀態並將反射波電力反饋值之振幅作保持。將作了保持的反射波電力反饋值 PR 之振幅，送至反射波電力峰值電力誤差放大器 34 處。

[0123] 反射波電力峰值電力誤差放大器 34，係將反射波電力峰值極限值 32 和陡峭變動除去部 31 之輸出的差分，藉由預先所設定的增益來作放大，並作為控制量而輸出。

[0124] 反射波電力峰值電力誤差放大器 34 所輸出之控制量，係為進行反射波電力峰值垂下控制之控制量，PWM 訊號產生電路 24，係將反射波電力峰值電力誤差放大器 34 之輸出和前進波電力誤差放大裝置 23 之輸出作輸入，當反射波電力峰值電力誤差放大器 34 之控制量為較前進波電力誤差放大裝置 23 之控制量更大的情況時，係依據反射波電力峰值電力誤差放大器 34 之控制量而進行反射波電力峰值垂下控制，而使反射波電力之過大的峰值垂下。

[0125]

(電弧遮斷系之構成)

電弧遮斷系 40，係藉由將以 RF 感測器 16 所檢測出的反射波電力反饋值 PR 反饋至 RF 放大部 13 處，來進行將供給至電漿負載處之電力停止並將電弧遮斷之控制的回歸系，除了具備有反射波電力峰值垂下迴圈系 30 所具備之陡峭變動除去部 31 以外，亦具備有電弧極限值 41、比較器 42、閘極遮斷訊號產生器 43，並將閘極遮斷訊號產生器 43 之輸出送至閘極訊號產生器 18 處，而對於進行驅動 RF 放大部 13 之 RF 閘極訊號的 ON/OFF 之控制的脈衝控制訊號之能率 (Duty) 作控制，藉由此，而將電弧遮

斷。

[0126] 陡峭變動除去部 31，係除了將反射波電力峰值垂下迴圈系 30 所具備之陡峭變動除去部 31 作兼用的構成以外，亦可採用在電弧遮斷系 40 處而個別作設置之構成，或者是採用將陡峭變動除去部預先從反射波電力峰值垂下迴圈系 30 以及電弧遮斷系 40 而獨立出來地作設置，並將除去了陡峭的變動量之後的反射波電力之檢測值輸入至反射波電力峰值垂下迴圈系 30 和電弧遮斷系 40 之兩回歸系處的構成。

[0127] 電弧極限值 41，係為用以判定電漿負載之著火為成功或者是失敗的準位值，藉由判斷從反射波電力反饋值 PR 而將陡峭的變動量作了除去之後的檢測值是否到達了電弧極限值 41，來進行電漿負載之著火的成功／失敗之判定。當電漿負載之著火失敗的情況時，由於反射波電力反饋值 PR 係增加，因此，藉由將陡峭變動除去部 31 之輸出係到達了電弧極限值 41 一事檢測出來，係能夠將電漿負載之著火失敗檢測出來。

[0128] 比較器 42，係為對於電弧極限值 41 和陡峭變動除去部 31 之輸出作比較並判定電漿負載之著火狀況的比較器。比較器 42，若是陡峭變動除去部 31 之輸出係為電弧極限值 41 以下或者是未滿電弧極限值 41，則係判定為著火成功，當陡峭變動除去部 31 之輸出係超過了電弧極限值 41 或者是成為電弧極限值 41 以上的情況時，則係判定為著火失敗。

[0129] 閘極遮斷訊號產生器 43，係依據比較器 42 所輸出之著火判定訊號，而將閘極遮斷訊號送出至閘極訊號產生器 18 處。在著火成功時，係並不進行閘極遮斷訊號之送出，並對於閘極訊號產生器 18 而許可 RF 閘極訊號之輸出。在著火失敗時，係進行閘極遮斷訊號之送出，並對於閘極訊號產生器 18 而禁止 RF 閘極訊號之輸出。

[0130] 閘極訊號產生器 18，係為供給對於為了驅動 RF 放大部 13 之 RF 電力放大元件而必要的高頻之閘極功率作控制的 RF 閘極訊號之電路，藉由將所產生的 RF 閘極訊號施加於圖 5 中所示之 RF 放大部 13 所具備的橋接構成之 MOSFET120 處，並對於 MOSFET120 之 ON 以及 OFF 交互作切換，而產生 RF 輸出。

[0131] 脈衝控制訊號，係為對於 RF 閘極訊號之輸出作控制的控制訊號，在 ON 區間中，係使 RF 閘極訊號輸出，在 OFF 區間中，係使 RF 閘極訊號停止。藉由對於依據 ON 區間和 OFF 區間之時間寬幅的比所制定之能率（Duty）（ $= \text{ON 區間} / (\text{ON 區間} + \text{OFF 區間})$ ）作控制，來對於 RF 放大部 13 所輸出之電力量作控制。

[0132] RF 放大部 13，在通常之脈衝運轉時，係藉由與在閘極訊號產生器 18 處所預先設定之脈衝控制訊號的能率（Duty）相同之能率（Duty）來作驅動，並輸出 RF 電力。

[0133] 閘極訊號產生器 18，當從閘極遮斷訊號產生器 43 而輸入有閘極遮斷訊號的情況時，係將脈衝控制訊

號之輸出停止或者是將能率 (Duty) 縮小，來使 RF 放大部 13 所輸出之 RF 電力降低或者是使 RF 電力停止。

[0134] 分歧器 17，係為當 RF 放大部 13 存在有複數的情況時，而將閘極訊號產生器 18 所輸出之脈衝控制訊號分歧供給至各個的 RF 放大部處之電路。當 RF 放大部為單數的情況時，分歧器 17 係為不必要。

[0135]

(反射波電力量垂下迴圈系之構成)

反射波電力量垂下迴圈系 50，係為藉由將以 RF 感測器 16 所檢測出的反射波電力反饋值 PR 反饋至 RF 放大部 13 處，而進行使高頻電源部 10 之反射波電力的電力量垂下之控制的回歸系，除了作為將反射波電力反饋值之電力平滑化的平滑部而具備有電力平滑部 51 以外，亦具備有作為平滑化後的反射波電力平滑值之臨限值而使用的反射波電力平滑極限值 52、基於反射波電力平滑值和反射波電力平滑極限值之間的差分而進行電力放大之反射波電力平滑值電力誤差放大裝置 53、基於反射波電力平滑值電力誤差放大裝置 53 之輸出而制定脈衝控制訊號之能率 (Duty) 的能率垂下訊號產生器 54，並將能率垂下訊號產生器 54 之輸出送至閘極訊號產生器 18 處。反射波電力量垂下迴圈系 50，係藉由對於脈衝控制訊號之能率 (Duty) 作控制，來使反射波電力之電力量垂下而作抑制。

[0136] 反射波電力量垂下迴圈系 50，係由於需要並

不使反射波電力之電壓振幅改變地來對於電力量作控制，因此係作為將反射波電力反饋值 PR 作平滑化之手段，而具備有求取出平均值或實效值之電力平滑部 51，並使所得到的控制量回歸至 RF 放大部 13 處而對於電力量作控制。

[0137] 反射波電力量垂下迴圈系 50，係將反射波電力之平均值或者是實效值作為反射波電力平滑值，並進行以使此反射波電力平滑值成為基準值以下的方式來使反射波電力垂下之動作。以下，係將基於反射波電力之平均值所進行的垂下動作，稱作反射波電力平均值垂下動作，並將基於反射波電力之實效值所進行的垂下動作，稱作反射波電力實效值垂下動作。

[0138] 電力平滑部 51，係為將反射波電力反饋值 PR 平滑化並輸出反射波電力平滑值之電路，而可藉由平均值電路或實效值電路來構成之。平均值電路以及實效值電路，係為將在高頻電源部 10 之脈衝運轉時的反射波電力反饋值 PR 之平均值、實效值求取出來的電路，除了藉由硬體電路來構成以外，亦可藉由以軟體所進行之演算處理來構成之。又，當將平均值電路藉由硬體來構成的情況時，係亦可藉由以電阻和電容器所成之一次延遲電路來構成之。

[0139] 藉由從反射波電力反饋值 PR 來求取出平滑化了的反射波電力平滑值，係能夠並不縮窄 RF 輸出電力之振幅地而藉由將脈衝控制訊號之能率（Duty）作縮窄來減

少 RF 電力放大元件之熱性損失並防止破壞。

[0140] 反射波電力平滑極限值（反射波電力平均極限值、反射波電力實效極限值），係為當進行反射波電力平滑值垂下動作（反射波電力平均值垂下動作、反射波電力實效值垂下動作）的情況時，與電力平滑部（平均值電路、實效值電路）51 之輸出作比較的基準值。在反射波電力平滑值垂下動作（反射波電力平均值垂下動作、反射波電力實效值垂下動作）的動作中，係以使反射波電力反饋值 PR 之平滑值（平均值、實效值）成為反射波電力平滑極限值（反射波電力平均極限值、反射波電力實效極限值）以下的方式，來對於脈衝控制訊號之能率（Duty）作調整，並對於閘極訊號產生器 18 所產生的 RF 閘極訊號之 ON 區間作限制，而使反射波電力之電力量垂下（降低）。

[0141] 反射波電力平滑值電力誤差放大器（反射波電力平均值電力誤差放大裝置、反射波電力實效值電力誤差放大裝置）53，係將身為反射波電力平滑極限值（反射波電力平均極限值、反射波電力實效極限值）52 和電力平滑部（平均值電路、實效值電路）51 之輸出間的差分之誤差量，藉由預先所制定的增益來作放大，並作為控制量而輸出。

[0142] 能率垂下訊號產生器 54，係為因應於反射波電力平滑值電力誤差放大器（反射波電力平均值電力誤差放大裝置、反射波電力實效值電力誤差放大裝置）53 所

輸出的控制量，來對於脈衝運轉時之 ON 區間和 OFF 區間的能率（Duty）作決定之電路。

[0143] 在反射波電力平滑值垂下動作中，閘極訊號產生器 18 係從能率垂下訊號產生器 54 而接收脈衝控制訊號，並產生基於脈衝控制訊號之能率（Duty）所得到的 ON 區間和 OFF 區間之 RF 閘極訊號。另外，在閘極訊號產生器 18 處，係從電弧遮斷系 40 之閘極遮斷訊號產生器 43 而輸入有閘極遮斷訊號，此閘極遮斷訊號，係優先於能率（Duty）訊號而進行將 RF 閘極訊號停止之動作。

[0144] 又，當並不移行至反射波電力平均值垂下動作而進行通常之前進波控制的情況時，能率垂下訊號產生器 54 係並不進行能率（Duty）垂下訊號之產生，而是藉由預先所設定的固定之能率（Duty）的脈衝控制訊號來產生閘極訊號並進行脈衝運轉。

[0145] 以下，針對本發明之高頻電力供給裝置的控制例作說明。

〔高頻電力供給裝置之控制例〕

〔前進波電力控制〕

首先，使用圖 9 來針對由前進波電力控制迴圈系所進行之前進波電力控制作說明。

[0146] 當負載 103 係被匹配於 50〔ohm〕而並不存在有反射波電力的情況時，係藉由圖 9 中之前進波電力控制迴圈系 20（以粗箭頭作標示）來進行前進波電力控

制。

[0147] 在前進波電力控制中，係不斷地以使前進波電力指令值 21 和前進波電力反饋值 PF 之峰值相互一致的方式來將 DC/DC 換流器 12 之輸出 Vdc 設為可變，RF 輸出電力之振幅係被作控制。

[0148]

( 切換控制 )

在前進波電力控制中，當負載 103 之匹配從 50 [ ohm ] 而脫離，並滿足了下述之各條件 ( 1 ) 、 ( 2 ) 、 ( 3 ) 的情況時，控制迴圈係從前進波電力控制迴圈系 20 而移行至進行垂下動作或遮斷動作之反射波電力控制迴圈系 100 ( 反射波電力峰值垂下迴圈系 30 、電弧遮斷系 40 、反射波電力量垂下迴圈系 50 ) 處。

[0149] ( 1 ) 如圖 3 ( b ) 中所示一般，當將反射波電力之陡峭變動量作了除去的一次延遲輸出 202 到達了反射波電力峰值極限值 302 的情況時，係藉由反射波電力峰值垂下迴圈系 30 而移行至反射波電力峰值垂下動作。

[0150] ( 2 ) 如圖 3 ( b ) 中所示一般，當將反射波電力之陡峭變動量作了除去的一次延遲輸出 202 到達了電弧極限值 303 的情況時，係藉由電弧遮斷系 40 而移行至電弧遮斷動作。

[0151] ( 3 ) 如圖 3 ( b ) 中所示一般，當電力平滑部 ( 平均值電路、實效值電路 ) 51 之反射波電力的平滑值 203 到達了反射波電力平滑值極限值 ( 反射波電力平均極

限值、反射波電力實效值極限值) 301 的情況時，係移行至反射波電力量垂下動作。上述之垂下動作和遮斷動作，係分別相互獨立地動作。

[0152]

(反射波電力峰值垂下控制)

接著，使用圖 10~圖 13，針對反射波電力峰值之垂下控制作說明。圖 10，係對於反射波電力峰值垂下控制之迴圈系作展示。

[0153] 若是負載之匹配從 50 [ ohm ] 而脫離並成爲無法取得阻抗整合，則係發生反射波電力。當將藉由檢測出此反射波電力所得到的反射波電力反饋值 PR 之反射波電力的陡峭變動量作了除去後之輸出（例如，一次延遲輸出）超過了反射波電力峰值極限值 32 的情況時，係藉由圖 10 中所展示之反射波電力峰值垂下迴圈系 30（以粗箭頭作標示），來進行反射波電力峰值垂下動作。

[0154] 藉由以使陡峭變動除去部 31 之輸出不會超過反射波電力峰值極限值 32 的方式來對於 DC/DC 換流器 12 作控制，RF 輸出電力之振幅係以不會作一定值以上之輸出的方式而被作限制。藉由此反射波電力峰值垂下動作，在反射波電力發生時，RF 電力放大元件係會被保護而免於受到過負載或突波電壓之影響，而成爲不會被破壞。

[0155] 當反射波電力下降而陡峭變動除去部 31 之輸出低於反射波電力峰值極限值 32 的情況時，係再度回到

前進波電力控制中。

[0156] 在圖 11 所示之流程圖中，係藉由 RF 感測器 16 而檢測出反射波電力 (S11)，並將所檢測出的反射波電力輸入至陡峭變動除去部 31 中而得到將陡峭變動量作了除去的輸出 (例如，一次延遲輸出) (S12)。當將反射波電力之陡峭變動量作了除去的輸出 (例如，一次延遲輸出) 超過了身為反射波電力峰值之檢測準位的反射波電力峰值極限值 32 的情況時 (S13)，係求取出將反射波電力之陡峭變動量作了除去的輸出 (例如，一次延遲輸出) 和反射波電力峰值極限值 32 之間的差分 (S14)，並基於此差分而求取出控制值 (S15)，再基於控制值來在 PWM 訊號產生電路 24 中而產生 PWM 訊號 (S17)。差分以及控制值之產生，係可藉由反射波電力峰值電力誤差放大器 34 而進行之。

[0157] 另一方面，當將反射波電力之陡峭變動量作了除去的輸出 (例如，一次延遲輸出) 並未超過反射波電力峰值極限值 32 的情況時 (S13)，係基於預先所制定的設定脈衝寬幅 (S16) 來在 PWM 訊號產生電路 24 中而產生 PWM 訊號 (S17)。藉由所產生了的 PWM 訊號來驅動 DC/DC 換流器 12，而對於輸出電壓值作控制 (S18)。

[0158] 圖 12，係為用以對於前進波電力控制和反射波電力峰值垂下動作作說明之圖。圖 12 之橫軸係代表時間，縱軸係代表反射波電力。

[0159] 在前進波電力控制中，係藉由預先所制定了

的脈衝寬幅之 PWM 訊號，來驅動 DC/DC 換流器。藉由此驅動，前進波電力係增加（未圖示），並且，反射波電力係增加。若是反射波電力之峰值到達反射波電力峰值極限值，則係開始反射波電力峰值垂下動作。反射波電力峰值垂下動作，係藉由將 PWM 訊號之脈衝寬幅縮窄，而以使反射波電力之峰值不會超過反射波電力峰值極限值的方式來作抑制。

[0160] 圖 13，係對於電漿著火為成功的情況時和為失敗的情況時之反射波電力峰值垂下動作作模式性展示。另外，圖 13 中所示之波形，係為了便於說明而作了簡略化展示，而並非為對於實際之波形作展示者。圖 13 (a)，係對於前進波電力反饋值作展示，圖 13 (b)、(e) 中之顏色較濃的實線，係代表反射波電力反饋值 PR，顏色較淡的實線，係代表反射波電力反饋值之一次延遲輸出，一點鍊線，係代表峰值垂下檢測準位。

[0161] 圖 13 (a) ~ (d)，係對於著火成功的情況之波形作展示，圖 13 (e) ~ (g)，係對於著火失敗的情況之波形作展示。

[0162] 當著火成功的情況時，在電漿之上揚時 T1 以及電漿之下挫時 T2 處，反射波係增加。此時，若是基於反射波電力反饋值 PR（以顏色較濃之實線作標示）來進行反射波電力峰值垂下動作，則就算是在身為正常之著火動作的情況時，也會被誤判定為異常狀態，前進波電力之振幅係被作抑制，電漿之維持係變得困難。

[0163] 相對於此，將反射波電力反饋值之陡峭變動量作了除去後的輸出（例如，一次延遲輸出）（以顏色較淡之實線作標示），由於係並未到達峰值垂下檢測準位，因此係並不進行反射波電力峰值垂下動作，PWM 訊號係並不會改變（圖 13（d）），前進波電力控制係被作維持。

[0164] 又，當著火失敗的情況時，將反射波電力反饋值之陡峭變動量作了除去後的輸出（例如，一次延遲輸出）（以顏色較淡之實線作標示），在著火失敗時，係於從時間點 T1 起而有所延遲的 T3 處而到達峰值垂下檢測準位，因此係開始反射波電力峰值垂下動作。PWM 訊號之脈衝寬幅，係基於反射波電力之一次延遲輸出和峰值垂下檢測準位之間的差分（圖 13（f））而被產生（圖 13（g）），反射波電壓峰值之垂下係被進行。

[0165] 若是將反射波電力之陡峭變動量作了除去之輸出（例如，一次延遲輸出）降低並低於峰值垂下檢測準位，則反射波電力峰值垂下動作係結束，並從反射波電力峰值垂下控制而回到前進波電力控制。

[0166]

（電弧遮斷控制）

接著，使用圖 14～圖 16，針對電弧遮斷控制作說明。圖 14，係對於電弧遮斷控制之迴圈系作展示。

[0167] 當電漿負載之著火失敗而反射波電力增加，反射波電力反饋值 PR 超過了電弧遮斷準位的情況時，係

藉由圖 14 中所示之電弧遮斷系 40（在圖 14 中以粗箭頭作標示）來進行電弧遮斷動作。

[0168] 在藉由陡峭變動除去部 31 而將陡峭變動量作了除去之峰值到達了電弧極限值 41 的階段處，閘極遮斷訊號產生器 43 係送出遮斷訊號，並使 RF 放大部 13 之動作停止而將電弧遮斷。

[0169] 電弧遮斷動作中之 RF 輸出電力脈衝寬幅，係相較於預先所設定之通常的脈衝運轉時之能率（Duty）而成爲非常短，RF 電力放大元件係並不會被破壞。

[0170] 在著火失敗時，雖然在直到電弧遮斷爲止的前一刻仍被供給有大的電力，但是，由於係能夠在此期間中而將大的電壓施加於負載處，因此係能夠同時進行保護和著火之再嘗試。又，在著火成功時，藉由將陡峭變動量除去，由於係能夠對於正常之脈衝上揚時的反射波電力作抑制，因此係能夠防止著火判定之誤檢測，而能夠並不使脈衝運轉中斷地來持續進行。

[0171] 在圖 15 所示之流程圖中，係藉由 RF 感測器 16 而檢測出反射波電力（S21），並將所檢測出的反射波電力輸入至陡峭變動除去部 31 中而將陡峭變動量除去。以下，係針對陡峭變動除去部爲輸出一次延遲的例子來作說明。

[0172] 藉由反射波電力之一次延遲輸出，來將陡峭的變動量除去（S22），當所得到之一次延遲輸出超過了身爲電弧遮斷之檢測準位的電弧極限值 41 的情況時

( S23 ) ， 係 產 生 閘 極 遮 斷 訊 號 ( S24 ) 。

[0173] 閘極訊號產生器 18，係接收閘極遮斷訊號並停止 RF 閘極訊號之輸出 ( S25 )，而停止 RF 放大部之輸出 ( S26 )。

[0174] 另一方面，當一次延遲輸出並未超過電弧極限值 41 的情況時 ( S23 )，閘極訊號產生器 18 係基於預先所設定的脈衝控制訊號之能率 ( Duty ) 來產生 RF 閘極訊號並維持 RF 放大部之輸出，或者是，當使 RF 放大部之輸出作了停止的情況時，係使其再度開始 ( S27 )。

[0175] 在著火失敗時，係可藉由著火再嘗試功能來進行再著火動作。再著火動作，係在從判定為著火失敗起而經過了特定之休止時間之後，再度嘗試著火。在此再嘗試功能中，係能夠對於反覆進行著火動作之再嘗試次數和休止時間之時間寬幅作設定。又，當在所設定之再嘗試次數內而著火仍未成功的情況時，係亦可設定為使再嘗試動作停止、或者是在作了一定時間之停止後而使再嘗試動作回復。

[0176] 圖 16，係對於電漿著火為成功的情況時和為失敗的情況時之電弧遮斷動作作模式性展示。另外，圖 16 中所示之波形，係為了便於說明而作了簡略化展示，而並非為對於實際之波形作展示者。圖 16 ( a )、( d )，係對於前進波電力反饋值作展示，圖 16 ( b )、( e ) 中之顏色較濃的實線，係代表反射波電力反饋值 PR，顏色較淡的實線，係代表反射波電力反饋值之一次延

遲輸出，一點鍊線，係代表電弧極限值。

[0177] 圖 16 ( a ) ~ ( c ) ，係對於著火成功的情況之波形作展示，圖 16 ( d ) ~ ( f ) ，係對於著火失敗的情況之波形作展示。

[0178] 當著火成功的情況時，在電漿之上揚時  $t_1$  以及電漿之下挫時  $t_2$  處，反射波係增加（圖 16 ( b ) ）。此時，若是基於反射波電力反饋值 PR（以顏色較濃之實線作標示）來進行電弧遮斷動作，則就算是在身為正常之著火動作的情況時，也會被誤判定為電弧發生等之異常狀態，藉由電弧遮斷動作，電漿係被消弧。

[0179] 相對於此，從反射波電力反饋值而將陡峭變動量作了除去後的輸出（一次延遲輸出（以顏色較淡之實線作標示）），由於係並未到達身為電弧遮斷準位之電弧極限值，因此係並不進行電弧遮斷動作，閘極遮斷訊號係並不會被輸出（圖 16 ( c ) ），前進波電力控制係被作維持。

[0180] 又，當著火失敗的情況時，從反射波電力反饋值而將陡峭變動量作了除去後的輸出（一次延遲輸出（以顏色較淡之實線作標示）），在著火失敗時，係於從時間點  $t_1$  起而有所延遲的  $t_3$  處而到達電弧遮斷檢測準位之電弧極限值（圖 16 ( e ) ），並產生閘極遮斷訊號（圖 16 ( f ) ），電弧遮斷動作係被開始。

[0181] 若是藉由電弧遮斷動作之開始而電漿被消弧，則前進波電力反饋值 PF 以及反射波電力反饋值 PR

係降低（圖 16（d）、（e）），反射波電壓之一次延遲輸出係依據一次延遲電路之時間常數而衰減（圖 16（e））。

[0182]

〔反射波電力量垂下控制〕

接著，使用圖 17～圖 20，針對反射波電力量垂下控制作說明。圖 17，係對於反射波電力量垂下動作作模式性展示。

[0183] 若是負載之匹配從 50〔ohm〕而脫離並成爲無法取得阻抗整合，則係發生反射波電力。當將藉由檢測出此反射波電力所得到的反射波電力反饋值 PR 作平滑化所得到的反射波電力平滑值超過了反射波電力平滑極限值 52 的情況時，係藉由圖 17 中所展示之反射波電力量垂下迴圈系 50（以粗箭頭作標示），來進行反射波電力量垂下動作。反射波電力平滑值，係可設爲反射波電力之平均值或者是實效值。

[0184] 在由反射波電力量垂下控制所致之反射波電力垂下動作中，係以使電力平滑部 51 之輸出不會超過反射波電力平滑極限值 52 的方式來對於脈衝控制訊號之能率（Duty）作控制，並藉由對於 RF 開極訊號之 ON 區間的寬幅作限制，來以使 RF 輸出電力之電力量不會作一定值以上之輸出的方式而作限制。反射波電力量垂下動作，係藉由將脈衝控制訊號之能率（Duty）縮窄，來並不將 RF 輸出之電壓的振幅縮窄地而將輸出電力縮窄，而能夠

減少 RF 電力放大元件之熱性損失並防止破壞。

[0185] 藉由反射波電力量垂下動作，反射波電力係下降，當電力平滑部 51 之輸出低於反射波電力平滑極限值 52 的情況時，係再度回到前進波電力控制中。

[0186] 在圖 18 所示之流程圖中，係藉由 RF 感測器 16 而檢測出反射波電力 (S31)，並將所檢測出的反射波電力輸入至電力平滑部 51 中而求取出作了平滑化的反射波電力平滑值 (S32)，當反射波電力平滑化值超過身為反射波電力之檢測準位的反射波電力平滑極限值 52 的情況時 (S33)，係求取出反射波電力平滑化值和反射波電力平滑極限值 52 之間的差分 (S34)，並基於此差分而求取出控制值 (S35)，再藉由能率變換而求取出與控制值相對應之脈衝控制訊號的能率 (Duty)。另外，能率變換，係預先制定出控制值和與此控制值相對應之能率 (Duty) 之間的關係，而能夠基於此對應關係來從控制值而求取出能率 (Duty)。

[0187] 基於所得到的能率 (Duty)，在能率垂下訊號產生器 54 處而產生能率垂下訊號。閘極訊號產生器 18，係基於能率垂下訊號，而產生將 ON 區間作了縮窄的 RF 閘極訊號。於此，能率垂下訊號係為制定 RF 閘極訊號之 ON 區間和 OFF 區間的能率 (Duty) 之脈衝控制訊號，藉由將 ON 區間縮窄，來抑制前進波電力之電力量，藉由此，而將反射波電力之電力量降低 (S38)。

[0188] 另一方面，當反射波電力平滑值並未超過反

射波電力平滑極限值 52 的情況時 (S33)，能率垂下訊號產生器 54 係並不產生能率垂下訊號，閘極訊號產生器 18 係基於預先所制定的設定能率 (Duty) (S37) 來產生脈衝控制訊號 (S38)，並基於脈衝控制訊號來產生 RF 閘極訊號 (S39)，再藉由所產生的 RF 閘極訊號來驅動 RF 放大部 13 並對於輸出電力作控制 (S40)。

[0189] 圖 19，係為用以對於前進波電力控制和反射波電力量垂下動作作說明之圖。圖 19 之橫軸係代表時間，縱軸係代表電力 (圖 19 (a))、以及負載電壓 (圖 19 (b))。

[0190] 在先進波電力控制中，係藉由具備有預先所制定之能率 (Duty) 的 ON 區間以及 OFF 區間之 RF 閘極訊號，來驅動 RF 放大部 13。藉由此驅動，前進波電力之電力係增加 (未圖示)，並且，反射波電力之電力量係增加。若是將反射波電力作平滑化所得到的反射波電力平滑值 (平均值或者是實效值) 到達反射波電力平滑極限值，則係開始反射波電力量垂下動作。

[0191] 反射波電力量垂下動作，係藉由將脈衝控制訊號之能率 (Duty) 縮小而將輸出 RF 閘極訊號之 ON 區間縮小，來將反射波電力之電力量以不會超過反射波電力平滑極限值的方式而作抑制。

[0192] 圖 19 (a)，係為作為平滑值而使用平均值的例子，在反射波電力平均值垂下動作中，係能夠將反射波電力平均值之上限抑制為反射波電力平均極限值。

[0193] 圖 19 (b)，係展示負載電壓，在反射波電力平均值垂下動作中，被施加於負載處的電壓係被保持於一定，藉由將在脈衝運轉之 1 個週期內所被施加之高頻電壓的循環數縮窄，來對於供給電力作抑制。

[0194] 圖 20，係對於反射波電力量垂下動作作模式性展示。另外，圖 20 中所示之波形，係為了便於說明而作了簡略化展示，而並非為對於實際之波形作展示者。

[0195] 圖 20 (a) ~ (c)，係對於反射波電力平滑值並未超過反射波電力平滑極限值的情況作展示，圖 20 (d) ~ (f)，係對於反射波電力平滑值超過反射波電力平滑極限值的情況作展示，並分別展示有反射波電力平滑值、脈衝控制訊號以及 RF 閘極訊號。圖中之脈衝控制訊號，係代表輸出閘極訊號之 ON 區間和並不輸出閘極訊號之 OFF 區間。另外，各訊號波形，係為為了進行說明而作模式性展示者，而並非為代表實際之訊號波形者。

[0196] 在圖 20 (a) ~ (c) 中，當反射波電力平滑值並未超過反射波電力平滑極限值的情況時，由於係並不存在有超過反射波電力平滑極限值之電力的差分，因此，係輸出藉由預先所設定的能率 (Duty) 所制定之脈衝控制訊號 (圖 20 (b))。基於此脈衝控制訊號，而產生 RF 閘極訊號 (圖 20 (c))。

[0197] 另一方面，在圖 20 (d) ~ (f) 中，當反射波電力平滑值超過反射波電力平滑極限值的情況時，係因應於超過反射波電力平滑極限值之電力的差分，來制定能

率 (Duty)，並輸出藉由此能率 (Duty) 所制定之脈衝控制訊號 (圖 20 (e))，輸出電力係被作抑制。基於此脈衝控制訊號，而產生 RF 閘極訊號 (圖 20 (f))，反射波電力量係被作垂下。

[0198] 以下，將本發明之反射波電力控制所包含之反射波電力峰值垂下控制、電弧遮斷控制以及反射波電力量垂下控制的關係展示於表中。

〔表 1〕

控制	反射波電力量垂下控制	反射波電力峰值垂下控制	電弧遮斷控制
檢測準位	低	中	高
控制值	反射波電力之平滑值 (平均值、實效值)	反射波電力之陡峭變動量除去訊號 (一次延遲)	反射波電力之陡峭變動量除去訊號 (一次延遲)
控制對象	RF 輸出電力 反射波電力之平滑電力量	RF 輸出電力 反射波電力之峰值	RF 輸出電力 反射波電力之峰值
控制對象部	RF 電力放大部	DC/DC 換流器 (電壓變換部)	RF 電力放大部
控制量	閘極訊號之 ON 區間、OFF 區間的 Duty D 級放大部之脈衝控制訊號	DC/DC 換流器之 PWM 訊號	D 級放大部之閘極訊號
目的	<ul style="list-style-type: none"> <li>防止 RF 電力放大元件之熱性破壞</li> <li>維持著火電壓之振幅</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>防止 RF 電力放大元件之由於突波電壓所導致的破壞</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>電源保護</li> </ul>

[0199] 另外，在上述實施形態以及變形例中之記述，係僅為本發明之高頻電力供給裝置以及反射波電力控制方法的其中一例，本發明，係並非為被各實施形態所限定者，而可基於本發明之要旨來作各種之變形，此些係並

非為被排除於本發明之範圍以外者。

〔產業上之利用可能性〕

[0200] 本發明之高頻電力供給裝置以及反射波電力控制方法，係可適用在對於電漿產生裝置供給電力之電力源中。

【符號說明】

[0201]

- 1：高頻電力供給裝置
- 10：高頻電源部
- 11：直流電源
- 12：換流器
- 13：放大部
- 14：合成器
- 15：低通濾波器
- 16：感測器
- 17：分歧器
- 18：閘極訊號產生器
- 20：前進波電力控制迴圈系
- 21：前進波電力指令值
- 22：保持電路
- 23：前進波電力誤差放大裝置
- 24：PWM 訊號產生電路

- 25：驅動電路
- 30：反射波電力峰值垂下迴圈系
- 31：陡峭變動除去部
- 32：反射波電力峰值極限值
- 33：保持電路
- 34：反射波電力峰值電力誤差放大器
- 40：電弧遮斷系
- 41：電弧極限值
- 42：比較器
- 43：閘極遮斷訊號產生器
- 50：反射波電力量垂下迴圈系
- 51：電力平滑部
- 52：反射波電力平滑極限值
- 53：反射波電力平滑值電力誤差放大裝置
- 54：能率垂下訊號產生器
- 60：電路
- 61：保持電路
- 62：誤差放大電路
- 63：電阻
- 64：電阻
- 65：開關電路
- 66：運算放大器
- 70：電路
- 71：保持電路

- 72：誤差放大電路
- 73：電阻
- 74：電阻
- 75：開關電路
- 76：運算放大器
- 77：緩衝電路
- 80：一次延遲電路
- 81：電阻
- 82：電容器
- 90：濾波電路
- 91：微分電路
- 92：比較電路
- 93：極限值
- 94：延遲電路
- 95：切換電路
- 100：反射波電力控制迴圈系
- 101：電源輸出端
- 102：同軸纜線
- 103：負載
- 120：放大部
- 120a~120d：MOSFET
- 120e：主變壓器
- 120f：濾波器
- 202：一次延遲輸出

203 : 平滑值

301 : 極限值

302 : 反射波電力峰值極限值

303 : 電弧極限值

E<sub>dc</sub> : 直流電壓

PF : 前進波電力反饋值

PR : 反射波電力反饋值

V<sub>dc</sub> : 直流電壓

## 申請專利範圍

1. 一種高頻電力供給裝置，係為對於電漿負載供給高頻電力之高頻電力供給裝置，其特徵為，具備有：

高頻電源部，係藉由切換動作來將直流電源之直流變換為高頻交流並輸出高頻電力；和

回歸系，係使前述高頻電源部之高頻輸出的檢測值回歸而進行反饋控制，

前述回歸系，係具備有：

前進波電力控制迴圈系，係使從前述高頻電源部所朝向電漿負載之前進波電力的檢測值作回歸並對於前進波電力作控制；和

複數之反射波電力控制迴圈系，係使從前述電漿負載所朝向前述高頻電源部之反射波電力的檢測值作回歸並對於反射波電力作控制，

前述反射波電力控制迴圈系，係具備有：

反射波電力峰值垂下迴圈系以及電弧遮斷系，係對於反射波電力之峰值變動作抑制、和反射波電力量垂下迴圈系，係對於反射波電力之電力平滑量作控制，

前述反射波電力峰值垂下迴圈系，係基於反射波電力之峰值來對於前述高頻電源部之直流電源的直流電壓作控制，並藉由該直流電源之電壓控制來對於反射波電力之峰值作垂下控制，

前述電弧遮斷系，係基於反射波電力之峰值來對於前述高頻電源部之 RF 放大部的輸出之有無作控制，並藉由

此來控制對於電漿負載之電力供給的有無而對於在電漿負載中之電弧的遮斷作控制，

前述反射波電力量垂下迴圈系，係基於反射波電力之電力平滑量來對於前述高頻電源部之 RF 放大部的 ON 區間和 OFF 區間之能率（時間比例）作控制，並藉由此來控制對於電漿負載之電力供給量而對於反射波電力之電力量作垂下控制。

2. 如申請專利範圍第 1 項所記載之高頻電力供給裝置，其中，

前述反射波電力峰值垂下迴圈系，係作為決定是否進行反射波之峰值的垂下控制之臨限值，而具備有反射波電力峰值極限值，

使反射波電力之檢測值和反射波電力峰值極限值之間的差分回歸至前述前進波電力控制迴圈系處，並對於驅動前述高頻電源部所具備之 DC/DC 換流器的 PWM 訊號之脈衝寬幅作控制，而對於直流電源之直流電壓作控制。

3. 如申請專利範圍第 1 項或第 2 項所記載之高頻電力供給裝置，其中，

前述電弧遮斷系，係作為決定是否輸出高頻電力之臨限值，而具備有電弧極限值，

根據反射波電力之檢測值和前述電弧極限值之間的比較，而對於控制前述高頻電源部所具備之 RF 放大部的 RF 閘極訊號作控制，並對於 RF 放大部之是否輸出高頻電力一事作控制。

4. 如申請專利範圍第 1~3 項中之任一項所記載之高頻電力供給裝置，其中，

前述反射波電力量垂下迴圈系，係具備有將前述反射波電力之檢測值的平均值或者是實效值輸出之電力平滑部，並作為決定高頻電力之電力量的垂下控制之有無以及垂下量之反射波垂下極限值，而具備有反射波電力平均極限值或者是反射波電力實效極限值，

根據前述電力平滑部之平均值的輸出和前述反射波電力平均極限值之間的比較，或者是根據前述電力平滑部之實效值的輸出和前述反射波電力實效極限值之間的比較，而制定對於前述高頻電源部所具備之 RF 放大部作控制的脈衝控制訊號之能率（RF 放大部之 ON 區間和 OFF 區間的時間比例），並對於 RF 放大部之高頻電力的電力量之垂下作控制。

5. 如申請專利範圍第 1~3 項中之任一項所記載之高頻電力供給裝置，其中，

前述反射波電力峰值垂下迴圈系或者是前述電弧遮斷系之至少其中一方之系，係具備有從前述反射波電力之檢測值中而將陡峭變動量除去之陡峭變動除去部，

前述陡峭變動除去部，係從反射波電力之檢測值中而將由於陡峭之變動所導致的陡峭變動量除去，並使相當於不受陡峭變動所影響之反射波電力的峰值之訊號作回歸。

6. 如申請專利範圍第 5 項所記載之高頻電力供給裝置，其中，前述陡峭變動除去部，係為與反射波電力之檢

測值作一次延遲 ( first-order lag ) 的一次延遲電路。

7. 一種反射波電力控制方法，係為對於電漿負載供給高頻電力之高頻電力供給，其特徵為，具備有：

高頻電源部，係藉由切換動作來將直流電源之直流變換為高頻交流並輸出高頻電力；和

回歸系，係使前述高頻電源部之高頻輸出的檢測值回歸而進行反饋控制，

前述回歸系，係具備有：

前進波電力控制迴圈系，係使從前述高頻電源部所朝向電漿負載之前進波電力的檢測值作回歸並對於前進波電力作控制；和

複數之反射波電力控制迴圈系，係使從前述電漿負載所朝向前述高頻電源部之反射波電力的檢測值作回歸並對於反射波電力作控制，

前述反射波電力控制迴圈系，係具備有：反射波電力峰值垂下迴圈系以及電弧遮斷系，係對於反射波電力之峰值變動作抑制、和反射波電力量垂下迴圈系，係對於反射波電力之電力平滑量作控制，

前述反射波電力峰值垂下迴圈系，係基於反射波電力之峰值來對於前述高頻電源部之直流電源的直流電壓作控制，並藉由該直流電源之電壓控制來對於反射波電力之峰值作垂下控制，

前述電弧遮斷系，係基於反射波電力之峰值來對於前述高頻電源部之 RF 放大部的輸出之有無作控制，並藉由

此來控制對於電漿負載之電力供給的有無而對於在電漿負載中之電弧的遮斷作控制，

前述反射波電力量垂下迴圈系，係基於反射波電力之電力平滑量來對於前述高頻電源部之 RF 放大部的 ON 區間和 OFF 區間之能率（時間比例）作控制，並藉由此來控制對於電漿負載之電力供給量而對於反射波電力之電力量作垂下控制。

8. 如申請專利範圍第 7 項所記載之反射波電力控制方法，其中，

前述反射波電力峰值垂下迴圈系，係作為決定是否進行反射波之峰值的垂下控制之臨限值，而具備有反射波電力峰值極限值，

使反射波電力之檢測值和反射波電力峰值極限值之間的差分回歸至前述前進波電力控制迴圈系處，並對於驅動前述高頻電源部所具備之 DC/DC 換流器的 PWM 訊號之脈衝寬幅作控制，而對於直流電源之直流電壓作控制。

9. 如申請專利範圍第 7 項或第 8 項所記載之反射波電力控制方法，其中，

前述電弧遮斷系，係作為決定是否輸出高頻電力之臨限值，而具備有電弧極限值，

根據反射波電力之檢測值和前述電弧極限值之間的比較，而對於控制前述高頻電源部所具備之 RF 放大部的 RF 閘極訊號作控制，並對於 RF 放大部之是否輸出高頻電力一事作控制。

10. 如申請專利範圍第 7~9 項中之任一項所記載之反射波電力控制方法，其中，

前述反射波電力量垂下迴圈系，係具備有將前述反射波電力之檢測值的平均值或者是實效值輸出之電力平滑部，並作為決定高頻電力之電力量的垂下控制之有無以及垂下量之反射波垂下極限值，而具備有反射波電力平均極限值或者是反射波電力實效極限值，

根據前述電力平滑部之平均值的輸出和前述反射波電力平均極限值之間的比較，或者是根據前述電力平滑部之實效值的輸出和前述反射波電力實效極限值之間的比較，而制定對於前述高頻電源部所具備之 RF 放大部作控制的脈衝控制訊號之能率（RF 放大部之 ON 區間和 OFF 區間的時間比例），並對於 RF 放大部之高頻電力的電力量之垂下作控制。

11. 如申請專利範圍第 7~9 項中之任一項所記載之反射波電力控制方法，其中，

前述反射波電力峰值垂下迴圈系或者是前述電弧遮斷系之至少其中一方之系，係具備有從前述反射波電力之檢測值中而將陡峭變動量除去之陡峭變動除去部，

前述陡峭變動除去部，係從反射波電力之檢測值中而將由於陡峭之變動所導致的陡峭變動量除去，並使相當於不受陡峭變動所影響之反射波電力的峰值之訊號作回歸。

12. 如申請專利範圍第 11 項所記載之反射波電力控制方法，其中，前述陡峭變動除去部，係藉由使反射波電

力之檢測值作一次延遲（`first-order lag`），而從反射波電力之檢測值而將由陡峭之變動所導致的陡峭變動量除去。

圖式

圖 1

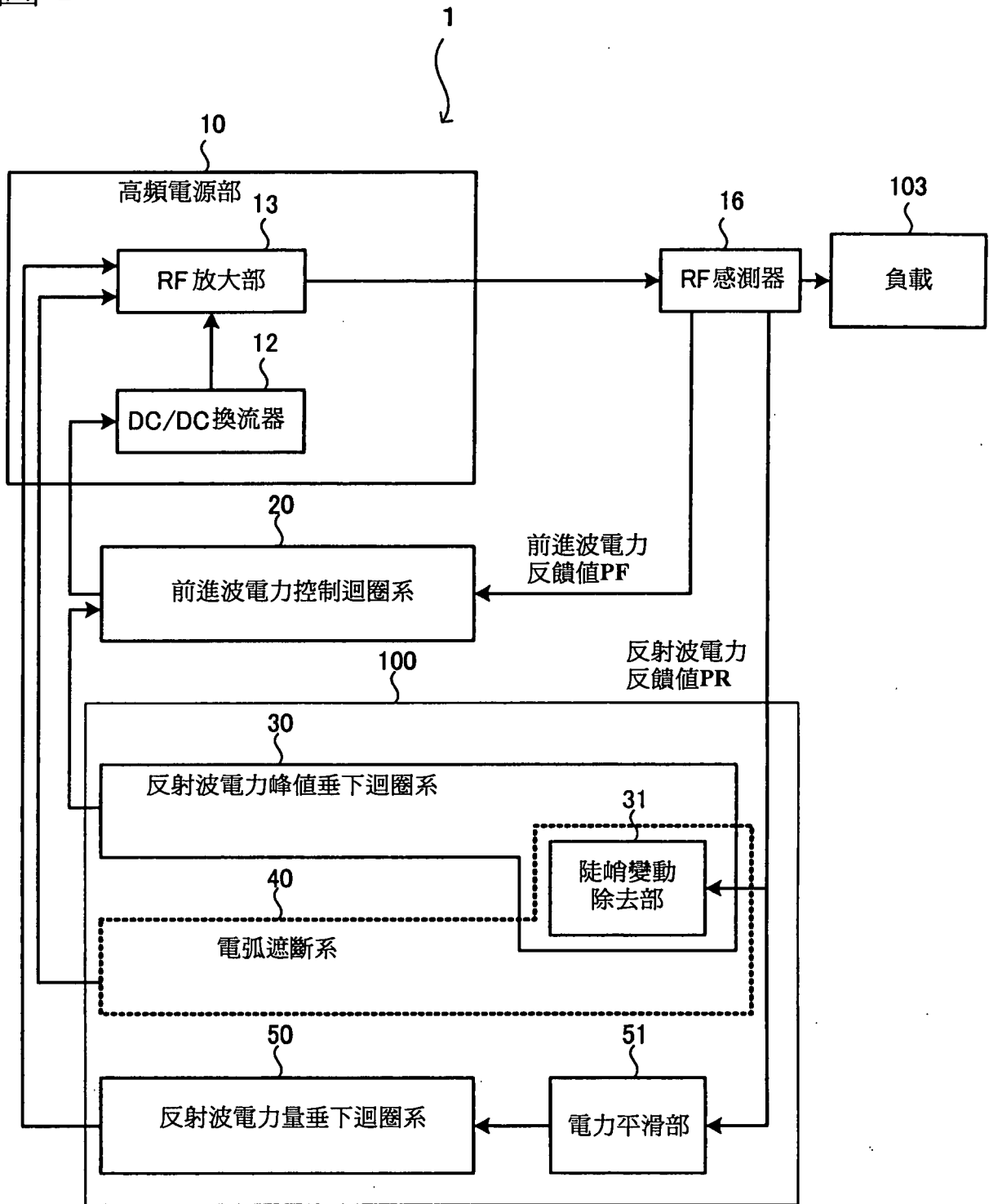


圖 2

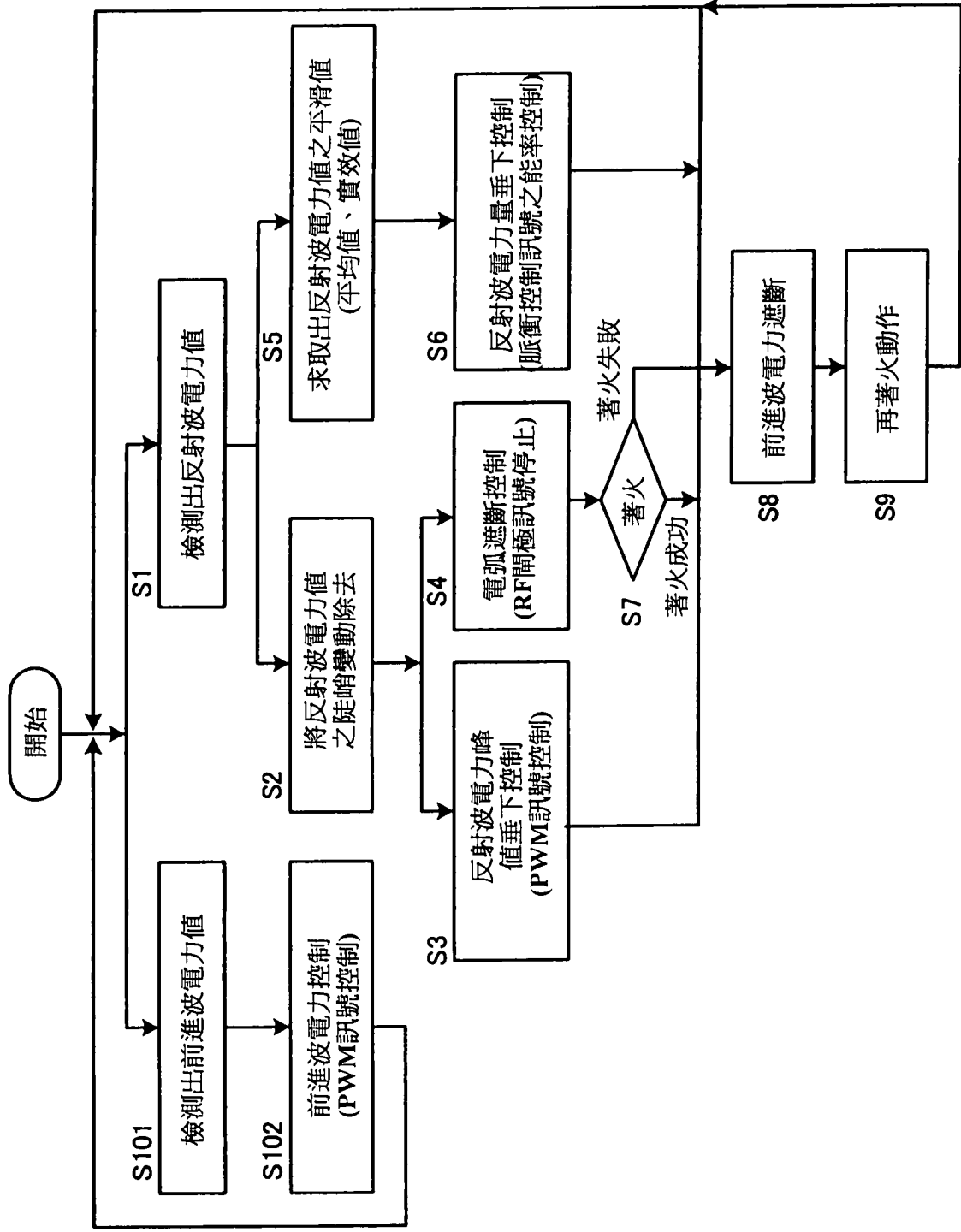


圖 3

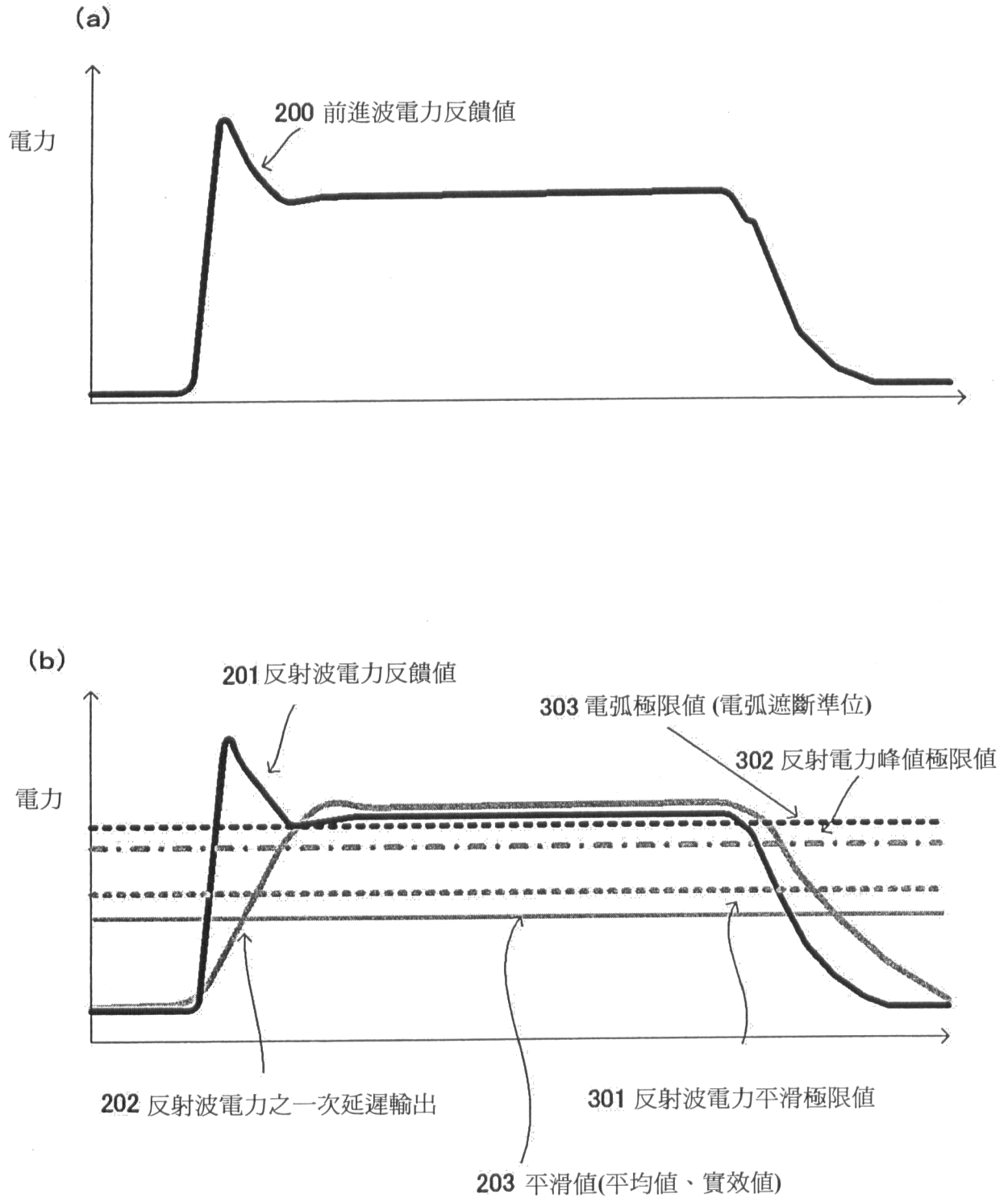




圖 5

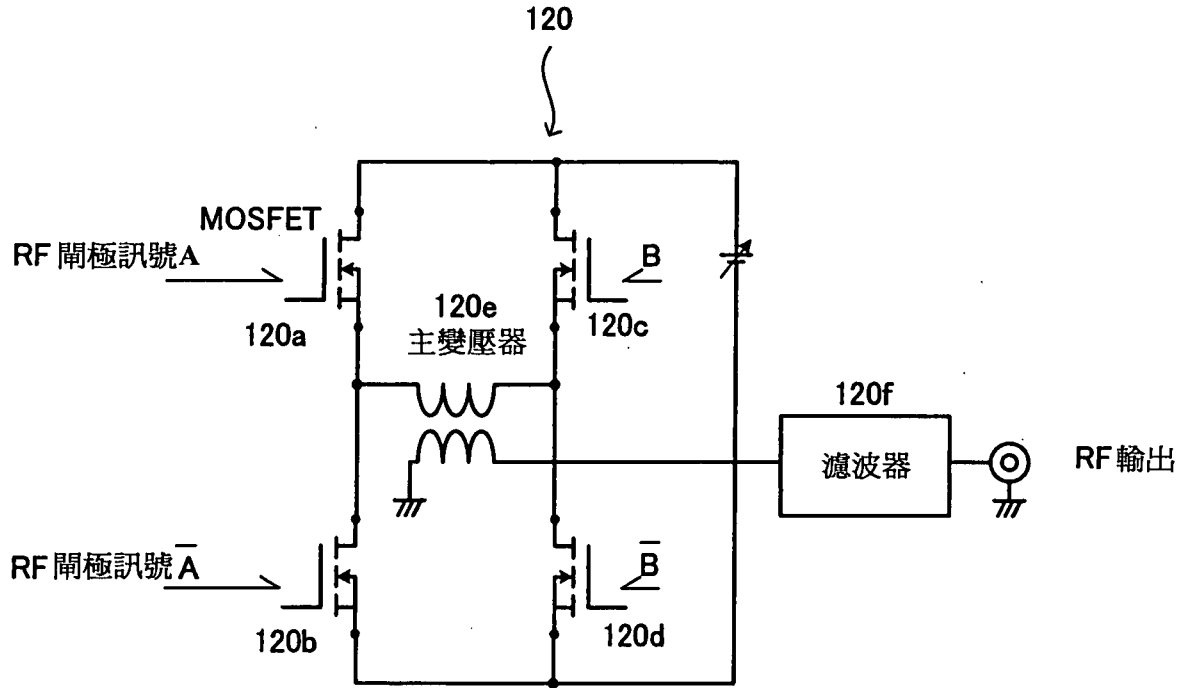


圖 6

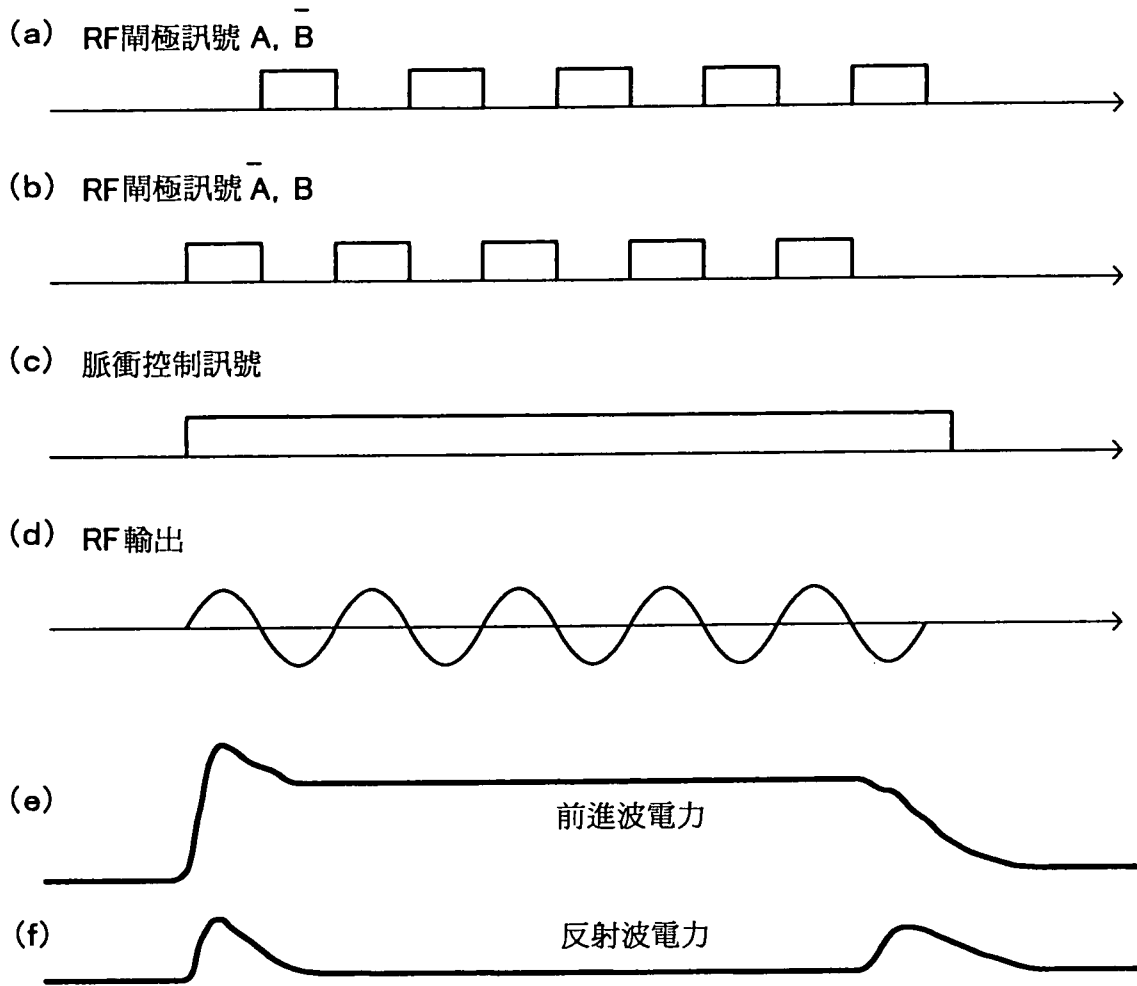


圖 7

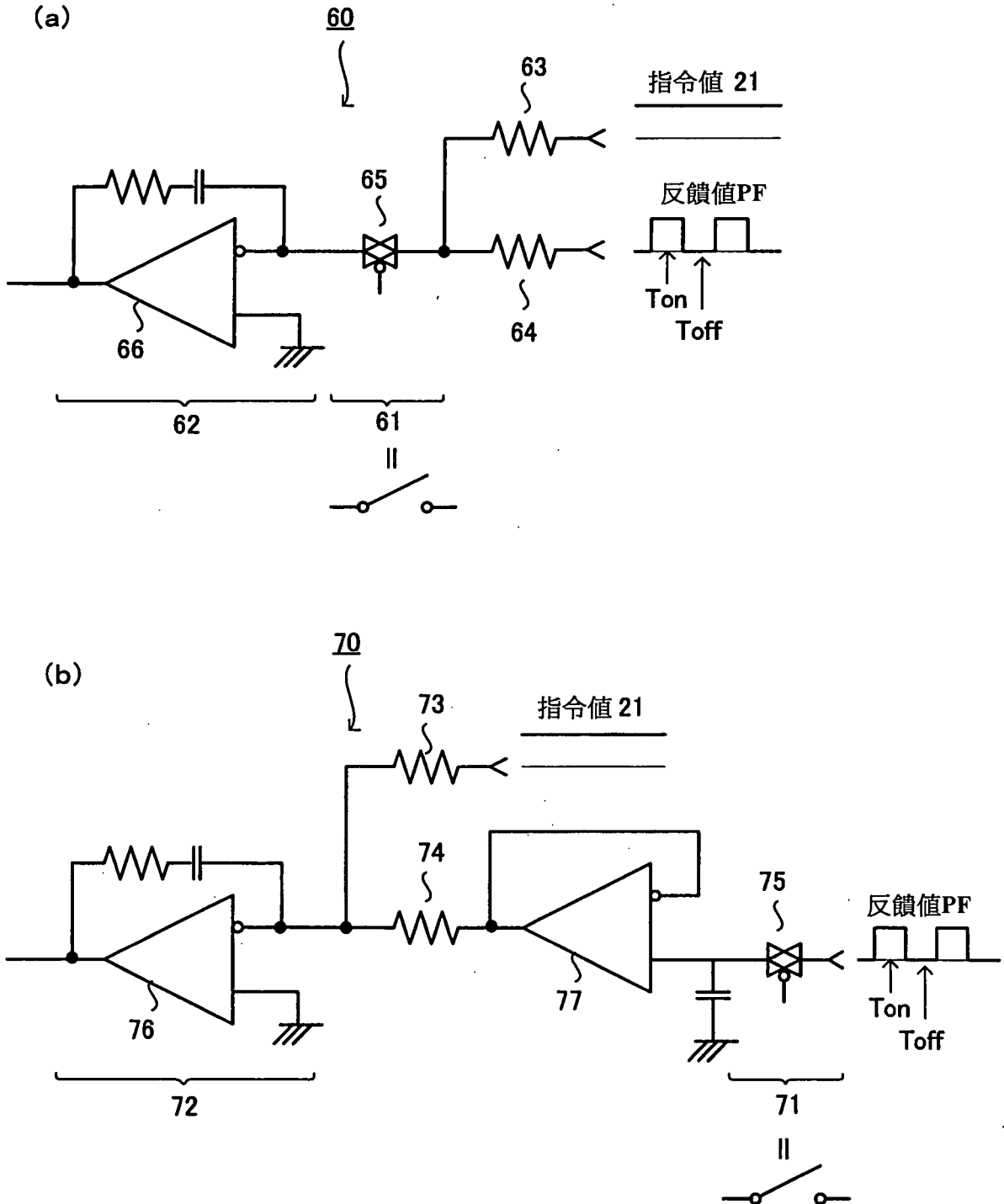
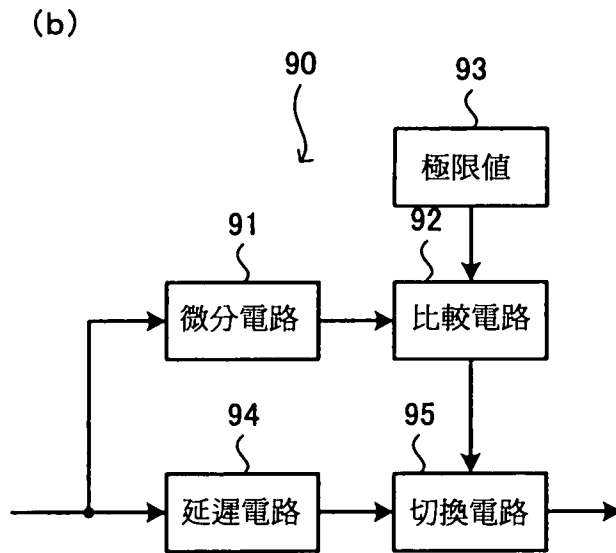
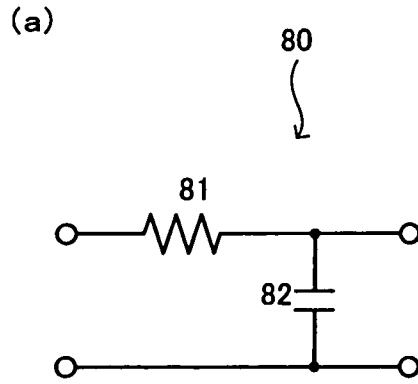


圖 8



前進波電力控制迴圈

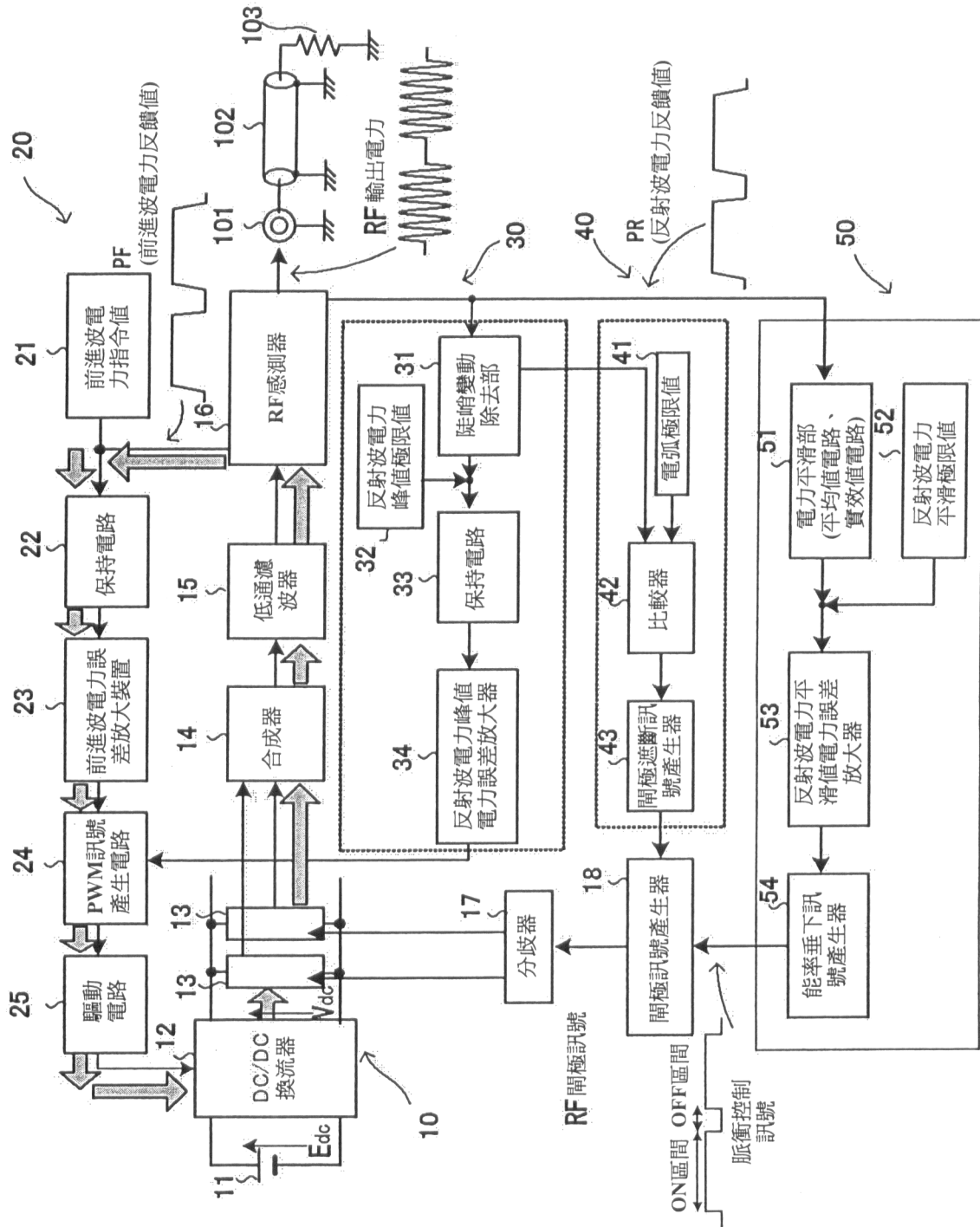


圖 9

圖 10

反射波電力峰值垂直下迴圈

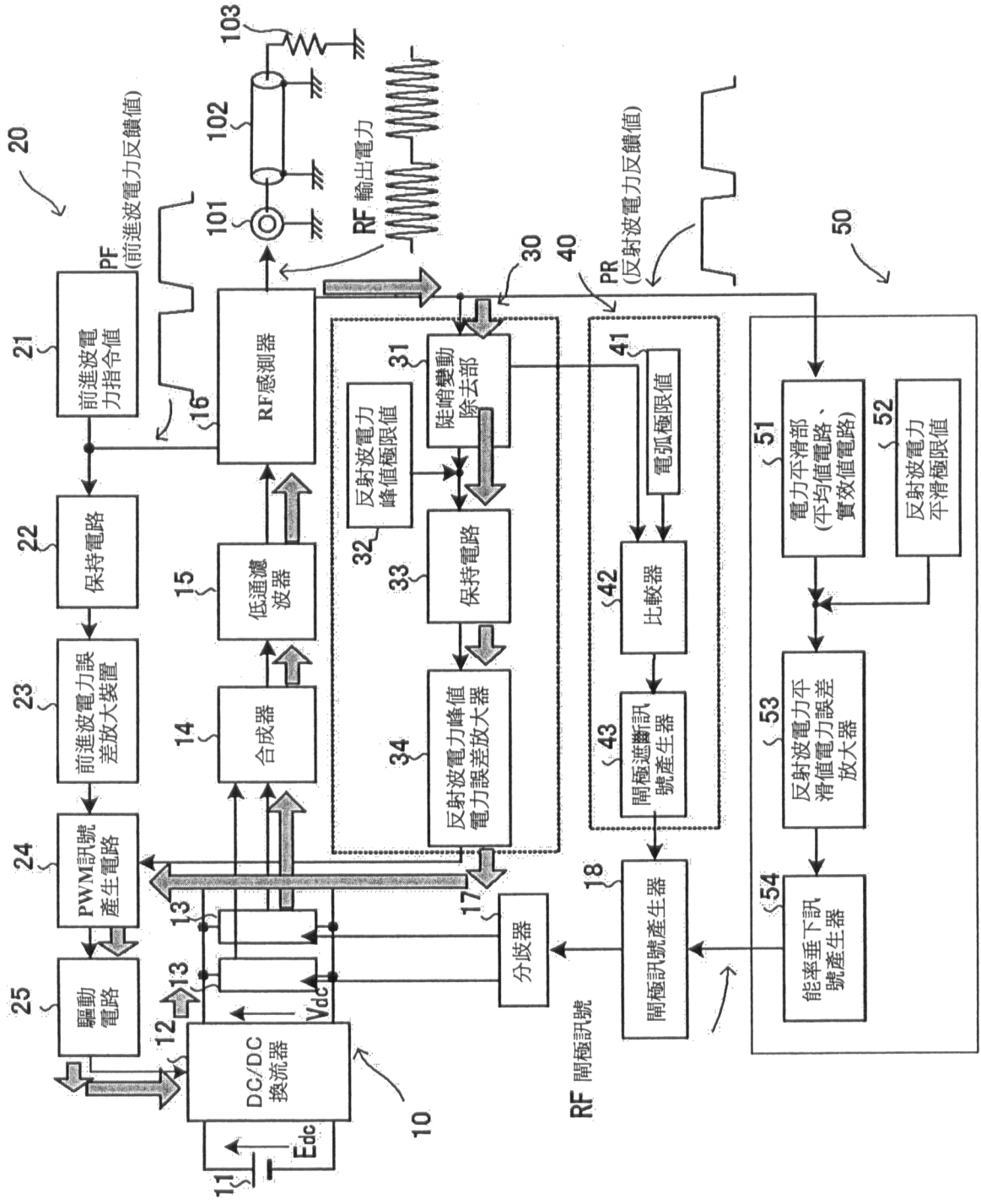


圖 11

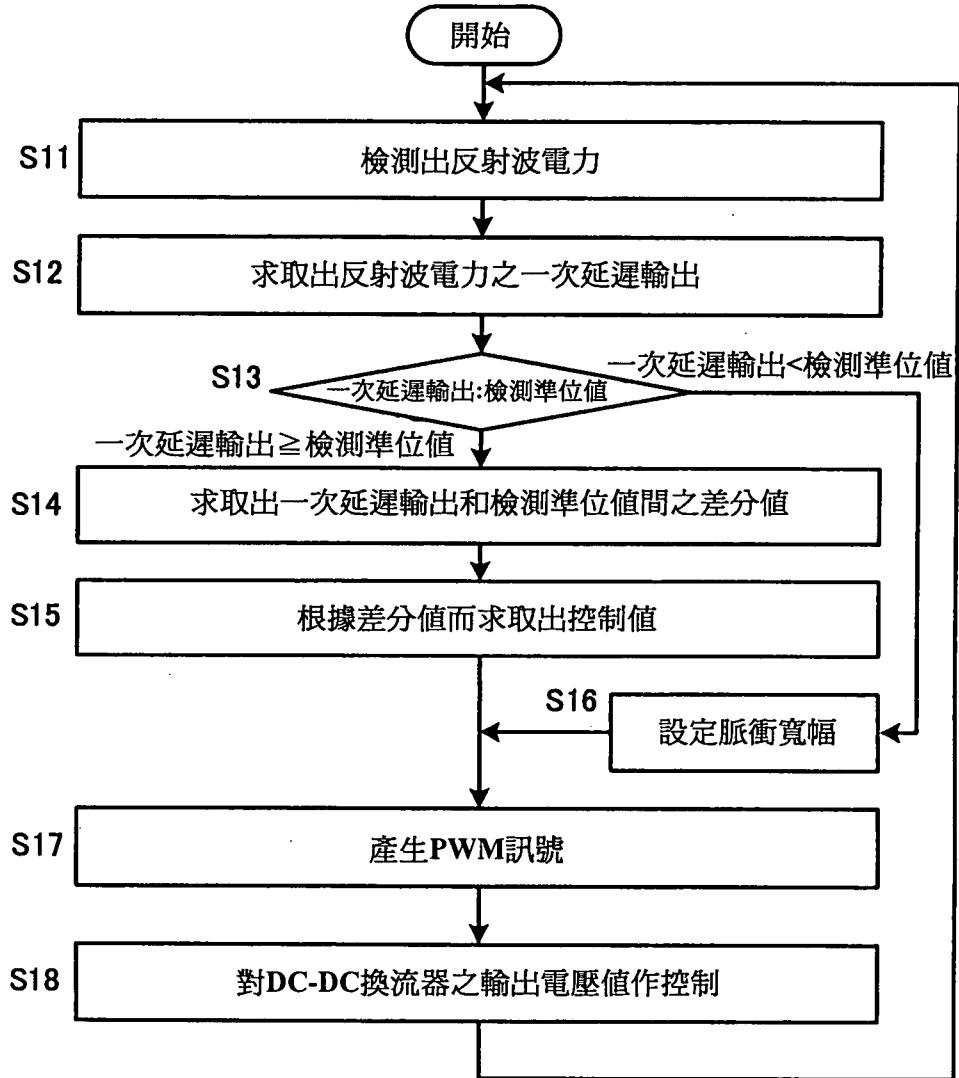


圖 12

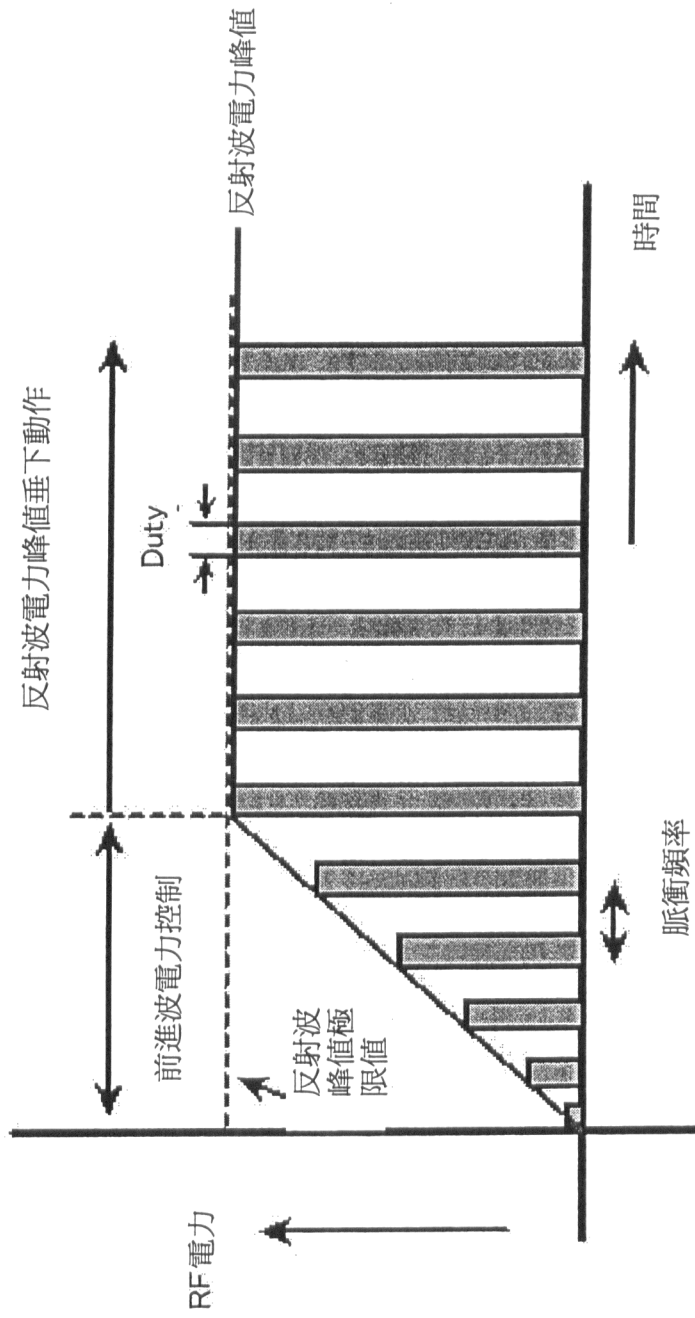


圖 13

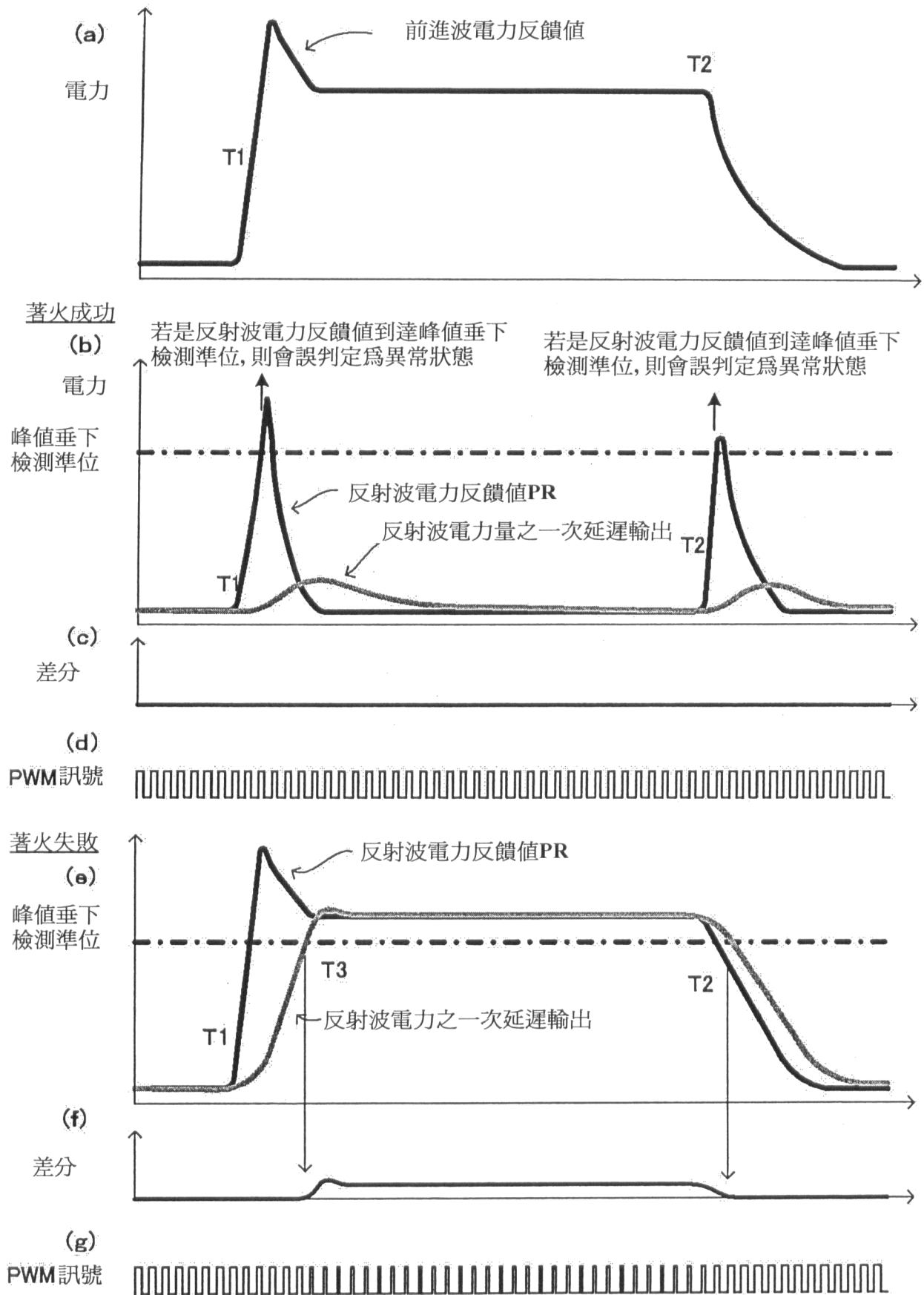




圖 15

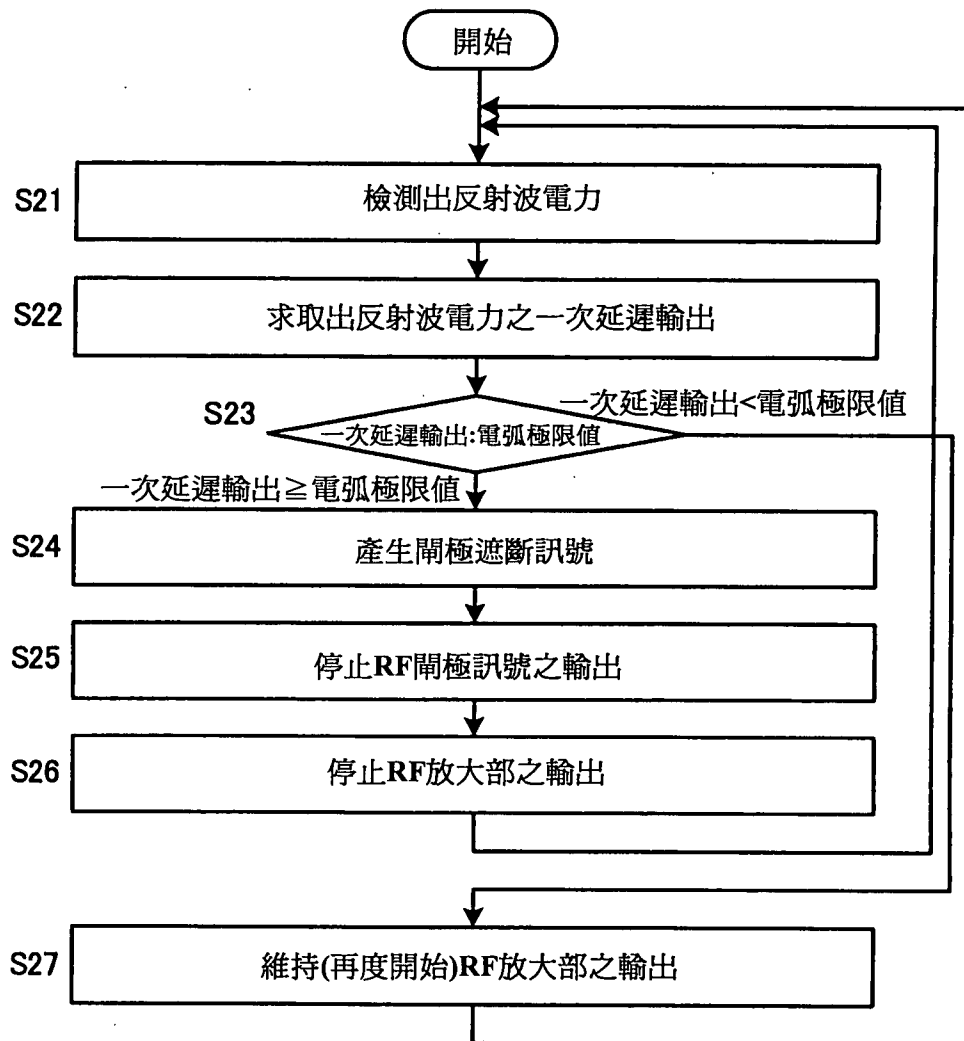
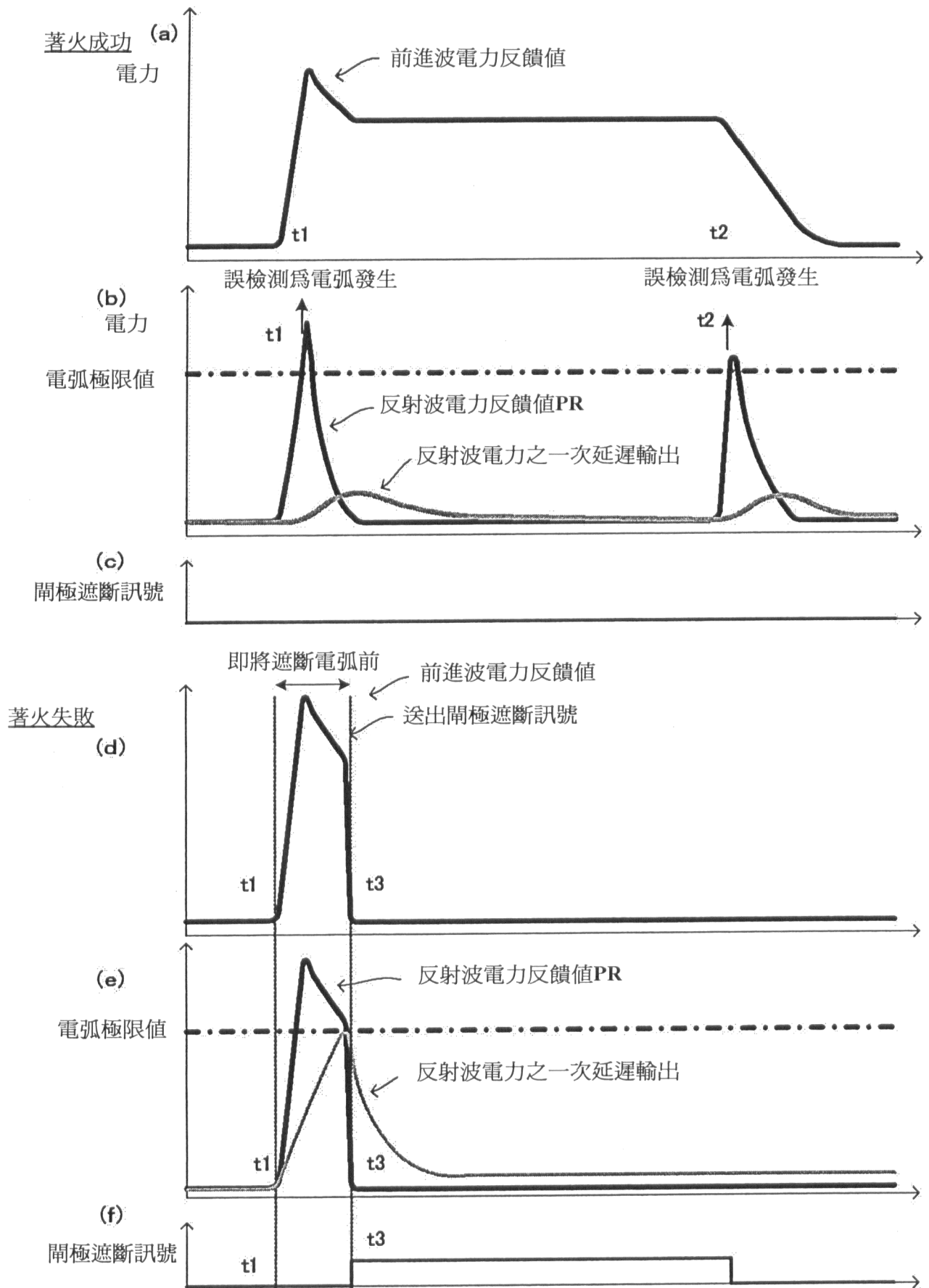


圖 16



反射波電力量垂下迴圈

圖 17

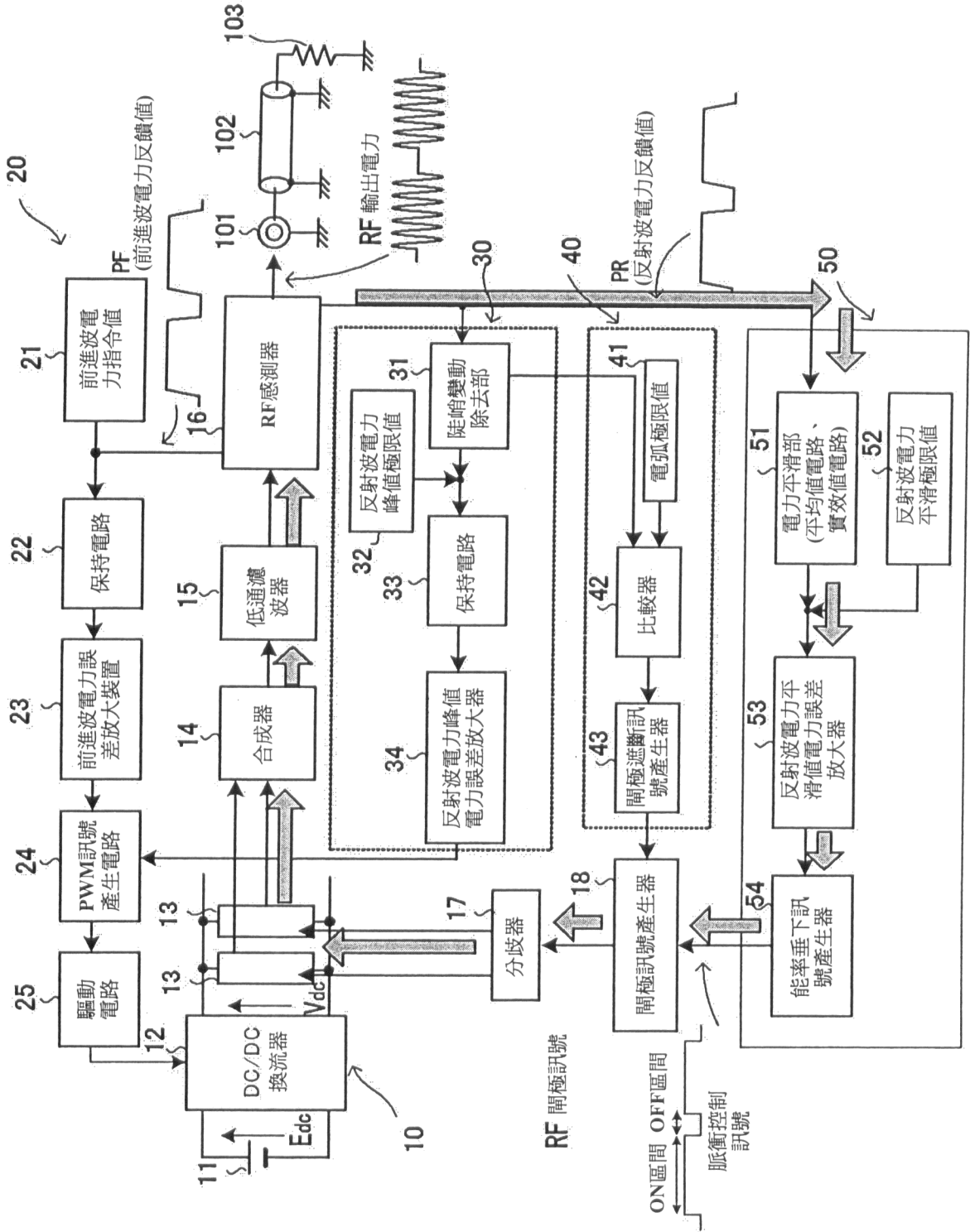


圖 18

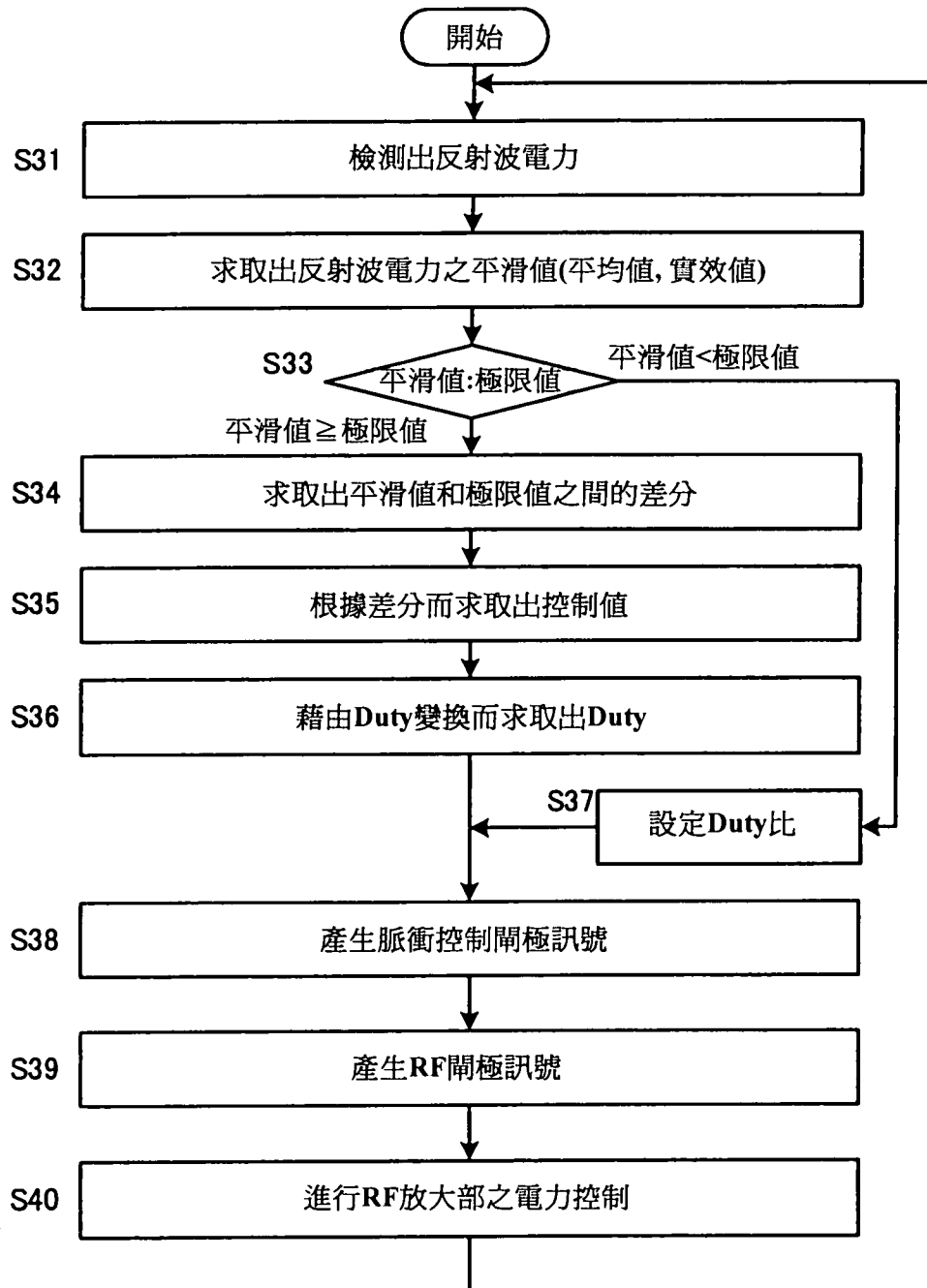


圖 19

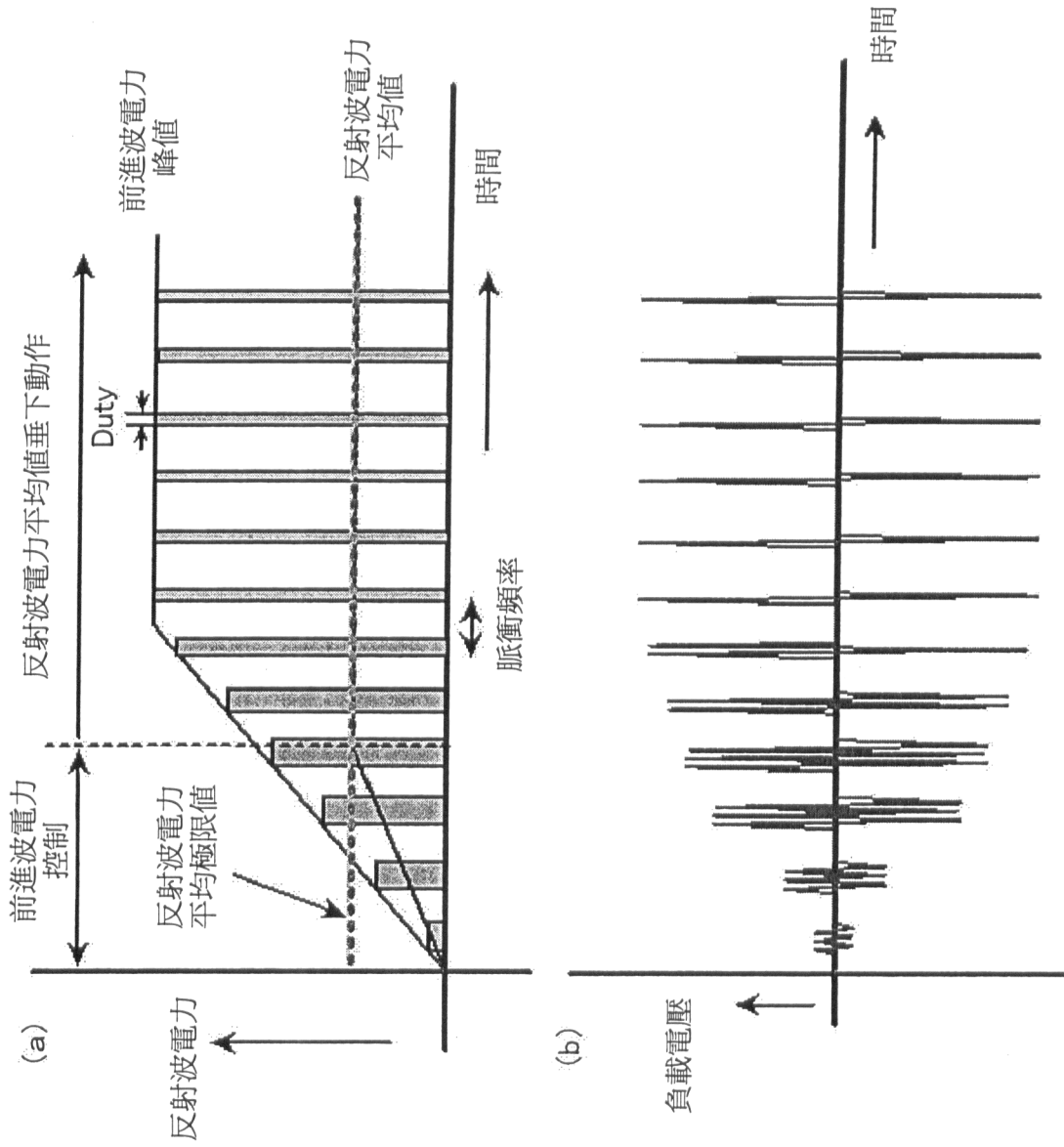


圖 20

