

90年12月6日 修正

申請日期：	89. 7. 20
-------	-----------

案號：89114518

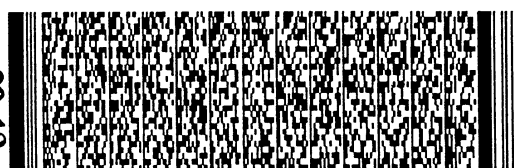
類別: G01R 31/26 H01L 21/0

(以上各欄由本局填註)

發明專利說明書

484015

一、發明名稱	中 文	使用包含電漿之開放共振器中共振頻率變化之電子密度量測及電漿製程控制系統
	英 文	ELECTRON DENSITY MEASUREMENT AND PLASMA PROCESS CONTROL SYSTEM USING CHANGES IN THE RESONANT FREQUENCY OF AN OPEN RESONATOR CONTAINING THE PLASMA
二、發明人	姓 名 (中文)	1. 喬塞夫 T. 維迪恩 2. 維尼 L. 強森 3. 莫瑞 D. 塞其斯
	姓 名 (英文)	1. JOSEPH T. VERDEYEN 2. WAYNE L. JOHNSON 3. MURRAY D. SIRKIS
	國 籍	1. 美國 2. 美國 3. 美國
	住、居所	1. 美國伊利諾州沙瓦市阿查理廣場8號 2. 美國亞利桑納州鳳尼克斯市南32街13658號 3. 美國亞利桑納州天普市東費蒙特路332號
三、申請人	姓 名 (名稱) (中文)	1. 日商東京威力科創有限公司
	姓 名 (名稱) (英文)	1. TOKYO ELECTRON LIMITED
	國 籍	1. 日本
	住、居所 (事務所)	1. 日本國東京都港區赤坂五丁目3番6號
	代表人 姓 名 (中文)	1. 東 哲郎
	代表人 姓 名 (英文)	1. TETSURO HIGASHI



煩請委員明示年 月 日所提之
修正及同共變更實質內容是否准予修正。

本案已向

國(地區)申請專利	申請日期	案號	主張優先權
美國 US	1999/07/21	60/144,833	有

有關微生物已寄存於	寄存日期	寄存號碼
-----------	------	------

無

煩請委員明示
年 月 日所提之



五、發明說明 (1)

相關申請之交叉參考

本發明與標題"利用鎖住含電漿之開放共振器之微波振盪器之電子密度量測及電漿處理控制系統"，律師案號2312-0711-2YA PROV及"利用鎖住含電漿之開放共振器之微波振盪器之電子密度量測及電漿處理控制系統"，律師案號2312-0709-2YAPROV之共同申請有關，該二者已同時申請。均以參考方式併入此間參考。

發明背景發明範圍

本發明關於一方法及系統，用以在電漿處理系統如用於半導體處理系統之電子密度之量測及控制。

背景說明

用以決定電漿電子密度之知名微波基礎之技術包括：

(1)微波干涉術，(2)反射及吸收之量測及(3)空腔共振頻率之擾動。微波干涉術涉及決定二微波波束間之相位差。第一波束提供一參考信號，第二波束通過一反應環境而受到與第一波束相關之相移。折射率可自量測之二波束間之相差之改變而計算。干涉技術曾由烏邦那之伊利諾州大學教授L. Goldstein編輯。干涉術曾揭示於美國專利號碼：2,971,153；3,265,967；3,388,327；3,416,077；3,439,266；3,474,336；3,490,037；3,509,452；及3,956,695，以上各專利均以參考方式併入此間。其他非專利之例證說明干涉術技術之文件包括：(1)"用以在處理電漿中供密度量測穩定之微波干涉儀"Pearson等人所著，刊於材料研究學會月報，卷117 (Hays等人編)，1988，



五、發明說明 (2)

311-317 頁，及(2)"用以量測TFTR上線積體電子密度之一毫米微波干涉儀"，Efthimion等人所著，Rev. Sci. Instrum. 56(5)，1985，5，908-910頁。某些電漿特性可間接在電漿存在之區域微波波束橫過時吸收之量測而決定。電漿中信號之反射曾揭示於美國專利號碼3,599,089及3,383,509。

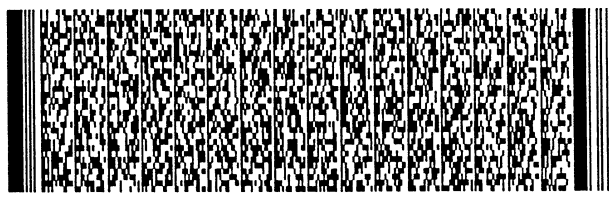
電漿電子密度亦曾利用量測空腔共振頻率之擾動技術予以量測。共振器中電漿之存在可影響每一共振頻率之模式，因為電漿有一與電漿電子密度相關之有效介電常數。此一技術曾經由麻省理工學院教授S.C. Brown所編輯。此技術之一部份曾公布於美國專利號碼3,952,246及在以下非專利論文中公布：(1)Haverlag, M.，等人所著，刊於應用物理70(7)3472-80(1991)：利用微波共振及光電分離效應在 CF_4 ， C_2F_6 ， CHF_3 ，及 C_3F_8 之13.56 MHz RF電漿中負離子密度量測；及(2)Haverlag, M.，等人所著刊於材料科學討論會，卷140-142，235-54(1993)：氟碳化物RF蝕刻電漿中負電荷顆粒：利用微波共振及工電分離效應之密度量測。

本發明概述

本發明之目的為提供一較習知技術更準確之電漿量測系統。

本發明之另一目的為提供一利用開放共振器中，電漿頻率誘發之改變之改進電漿量測系統。

本發明之此等目的可利用電壓控制之可程式頻率源而達成，該源順序激勵電漿處理裝置中之開放共振器之數個共



五、發明說明 (3)

振模式。共振模式之共振頻率，與開放共振器反射器間之空間中電漿電子密度有關。由於引進之電漿及比較量測之頻率與前進入資料，裝置可自動決定開放共振器隨機選擇之，共振模式之共振頻率之增加。比較係由任何一(1)專用電路，(2)數位信號處理器及(3)特殊程式之一般電腦所實施。比較器計算一控制信號，其用以修正電漿產生器之輸出，以達成理想之電漿電子密度。

圖式簡略說明

本發明之進一步瞭解及其各優點，將可隨以下之詳細說明及伴隨之圖式而更為明確，其中：

圖1為實施本發明之量測及控制之電腦系統之立體圖；

圖2為由一可程式頻率源掃描之開放共振器之模式順序激勵曲線，模式之共振頻率因為電漿之形成而移位；

圖3為本發明之量測及控制電漿電子密度之電路方塊圖；

圖4之曲線與圖2相似，但未出現電漿位移至共振之較高頻率；

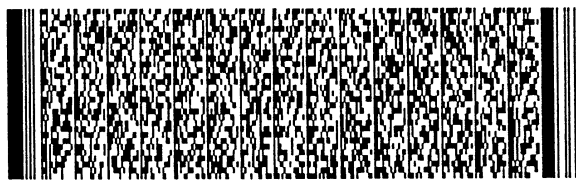
圖5A及5B為曲線以說明在電漿電子密度中非單調改變之問題，及；

圖6為一開放共振器由可程式頻率源頻率被系列掃描數次之順序模式之激勵曲線，而模式之共振頻率由於電漿之形成而位移。

較佳實施例詳細說明

參考各圖式，其中相同參考號碼代表各圖式中相同或對應之零件，圖1為一立體圖說明本發明電漿處理系統之量

煩請委員明示
修正本有無變更實質內容是否准予修正。
年 月 日所提之

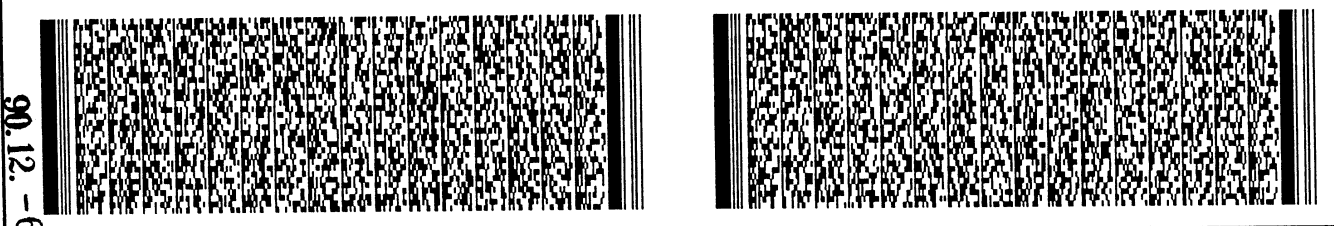


五、發明說明 (4)

測及控制系統一實施例之立體圖。在此實施例中，電腦100實施本發明之方法，其中電腦外殼102容納一主機板104，其中包含CPU 106，記憶體108（如DRAM，ROM，EPROM，EEPROM，SRAM及快閃RAM），及其他選擇性特殊目的邏輯裝置（如ASICs）或可構型邏輯裝置（如GAL及可再程式FPGA）。電腦100亦包括許多輸入裝置（如鍵盤122及滑鼠124），及顯示卡110用以控制監視器120。此外，電腦系統100尚包含軟磁碟機114；其他可拆下媒體裝置（如CD 119，磁帶，及可拆下光磁媒體（未示出））；及一硬碟112，或其他高密度媒體驅動機與適當之裝置匯流排連接（如SCSI匯流排，改進之IDE匯流排或超DMA匯流排）。亦連接至相同裝置匯流排或其他裝置匯流排，電腦100尚可含一CD讀出器118，CD讀出/寫入單元（未示出）或CD投幣式自動電唱機（未示出）。雖然CD 119顯示在CD罐中，但CD 119可直接插入CD-ROM驅動機中，該機不需該罐。此外，印表機（未示出）可提供顯示開放共振器之共振頻率之頻率曲線表。

如上所述，系統包括至少一電腦可讀媒體。電腦可讀媒體之例為CD 119，硬碟112，軟碟，磁帶，光電磁碟，PROMs（EPROM，EEPROM Flash EPROM），DRAM，SRAM，SDRAM，等。儲存在任何一或電腦可讀媒體之結合上，本發明包括軟體用以控制電腦100之硬體及由使用人互動啟動電腦100。此種軟體可包括但並不限於裝置驅動機，操作系統及用戶應用，如發展工具。此種電腦可讀媒體尚包括本發明之電腦程式產品，用以控制電漿處理系統。本發明之電腦碼裝置可為任何翻譯之可執行之碼機構，包括但

煩請委員明示
修正本有無變更實質內容是否准予修正。
年 月 日所提之



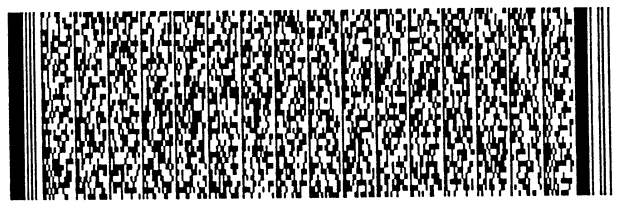
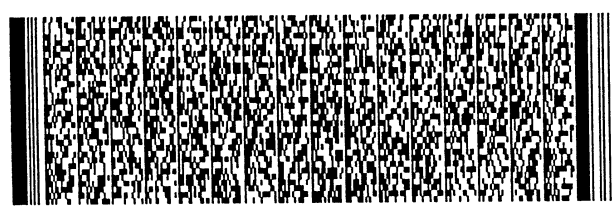
五、發明說明 (5)

不限於原文，翻譯機，動態鏈路圖書館，爪哇級，及完全可執行程式。

在備選實施例中，電腦100包括數位信號處理器(未示出)以執行收到之輸入之信號處理。在另一備選實施例中，CPU 106以軟體予以程式執行與DSP內部作業類比之數位信號處理常式。在又一實施例中，電腦100由DSP及記憶體所取代(如一印刷電路板)以執行所述電腦之作業。同理，DSP之功能可由專用類比及／或數位電路取代，以執行所述之作業。

如圖3所述，電腦100予以程式以量測電漿電子密度，及控制一可程式之頻率源(PFS) 201。可程式頻率源之一實施例包括一D/A轉換器耦合至一電壓控制頻率調變微波振盪器。但，由可程式頻率源201所加之頻率，在電漿已由電漿產生器320建立時，與開放共振器模式之共振頻率之行為有關。為說明圖2之目的假定電漿電子密度自其原始值單調增加至最後時($2 \times 10^{12} \text{cm}^{-3}$)。作為非限制舉例，亦假定在空共振器305中之模式空間約為 $c/2d=500 \text{ MHz}$ ，其中c為真空中光速，及d為反射器空間，即反射器間之空間。如圖2所述，有電漿存在之模式空間為 $c/(2nd)$ ，其中之n為折射率。如折射率不均勻而為位置之函數，n可由 $\langle n \rangle$ 所取代，此乃反射器間沿適當路徑之平均值。空間並非十分均勻，因為折射率與頻率及電漿電子密度，及與耦合孔隙相關之相移之寄生源關係很小。

控制電漿處理系統，系統決定一最後作業頻率，系統以該頻率作業以建立及保持一理想電漿電子密度。最後作業



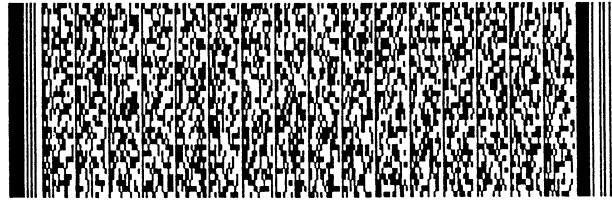
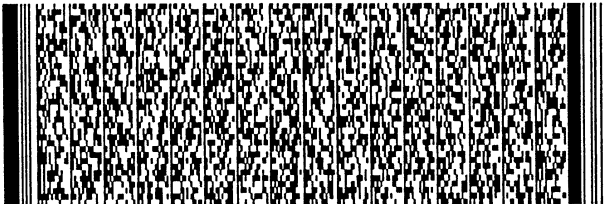
煩請委員明示
參照本頁所提之
修正內容是否應予修正

五、發明說明 (6)

頻率之決定如下。在時間 T_0 ，電漿開始形成，電腦100設定可程式頻率源201之頻率為預定最大頻率， $f_{\max}$ (如38.75 GHz)。電腦100於是隨時間降低頻率 (如由電腦100改變數位控制信號)。在說明之實施例中，此一降低為線性，但，實際上，降低可為線性或非線性，在二情況下應予重複及可以預測。可程式頻率源201之頻率降低直到其到達最小頻率， $f_{\min}$ (如36.75 GHz) 於時間 T_1 ，此時間為電漿已獲得其穩定密度 $2 \times 10^{12} \text{ cm}^{-3}$ 之後，頻率 $f_{\max}$ 及 $f_{\min}$ 之選擇係屬隨機。彼等在微波頻譜中選出，及為對微波裝置方便之標稱頻率，即35 GHz。如最大頻率隨機選在38.75 GHz，於是選擇 $f_{\min}$ 為36.75 GHz，俾在無電漿之共振空腔中在頻率範圍 $f_{\min} < f < f_{\max}$ 之範圍內可觀察到八共振模式。掃描之最小模式數目由下列決定(1)以時間掃描頻率之方法 (線性或非線性改變) 及(2)頻率被掃描之時間。此外，微波裝置可有一變化之範圍 (受硬體限制)。頻率被掃描之時間應大於電漿調整期間 (形成時間 $T_1 - T_0$) 以達有意義之結果。掃描時間規模包括降低及增加掃描。在第一實施例中，假定在時間 T_0 及 T_1 之間之電漿電子密度，為單調增加，俾通過之模式數目，在增加或降低掃描頻率，得以適當計算。

通常，共振由傳輸之微波能量之改進值所表示，及當可程式頻率源201在一限定範圍降低時所計算。同理，當自可程式頻率源201在限定範圍頻率增加時，模式被計算並與降低期間所計算之模式有關。在頻率降低期間系統偵出開放共振器中共振頻率之出現，並將產生共振頻率之振盪器之頻率加以記錄。圖2為由可程式頻率源之頻率掃描之

修正本有無變更實質內容是否准予修正。 煩請委員明示 9012-6 年 月 日所提之



五、發明說明 (7)

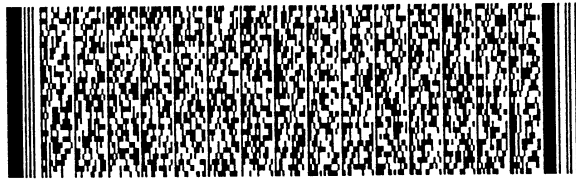
一開放共振器之模式之順序激勵曲線，而模式之共振頻率源由於電漿之形成而移位。在圖2之例中，當可程式頻率源201自最大頻率 $f_{\max}$ 降低至取小頻率 $f_{\min}$ 時，開放共振器共振被激勵八次。

在降低可程式頻率源201之頻率至最低頻率後，系統於是隨時間增加可程式頻率源201之頻率直到時間 T_2 ，頻率再度達到最大頻率 $f_{\max}$ 。在頻率降低期間，共振頻率被偵出並記錄，增加可能為圖2中之線性，或與時間成非線性。 T_1 及 T_2 間之時間稱為回掃時間。在圖2之回掃期間，開放共振器之共振頻率被激勵四次。系統在頻率降低及增加期間，決定共振頻率數目間之不同。此差異為特性之整數部份，稱為邊緣順序。在圖2之例中此差異為4。

邊緣順序之分數部份係部份得自(a)激勵之最後共振頻率 f_{final} ，(圖2之 $f_{\text{final}}=38.644\text{ GHz}$)及(b)空開放共振器之最高共振頻率，其小於 f_{final} ，間之差。此情況下，頻率 f_{open} 為 38.500 GHz ，此係執行先驗校正運行以決定模式掃描及共振模式之頻率。校正係在室中無電漿時實施。此係一準確之量測及模式空間 $c/2d$ 之檢查，及在無電漿存在時，(即 $f(q)=(c/2d)(q+1/2)$)時之共振頻率。此差異除以空開放共振器之模式空間(0.5 GHz)。因此，邊緣順序之分數部份可以下式表之：

$$\frac{f_{\text{final}}-f_{\text{open}}}{\text{模式空間}} = \frac{38.644 - 38.5}{0.5} = 0.288$$

修正本有無變更實質內容是否准予修正
煩請委員明示
89年12月6日所提之



五、發明說明 (8)

全部邊緣順序為4.288，模式之頻率移位為4.288x(模式間隔)=4.288x0.500 GHz=2.144 GHz。

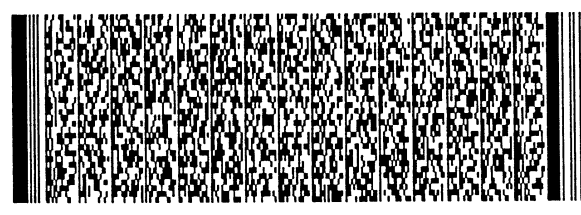
系統計算開放共振器頻率 f_{open} 低於最後頻率 f_{final} ，系統亦決定開放共振器頻率 f_{omin} 小於最小頻率 f_{min} 。穩定狀態下反射率值根據下式予以計算：

$$\frac{f_{omin}}{f_{final}} = \frac{36.5}{38.644} = 0.945$$

一更為確切之例以下將參考圖2予以說明。自模式特性之一點開始，其共振頻率為38.644 GHz(圖2右側)，一條想像線繪出直到在38.500 GHz之虛水平線。此一下降對應0.144 GHz之頻率改變。於是再向左移動，沿38.500 GHz線至座標軸，出現空共振器之四個模式空間之下降；即， $4 \times 0.500 \text{ GHz} = 2.000 \text{ GHz}$ 以達到36.500 GHz。注意，36.500 GHz為模式特性之開始共振頻率，其終止於共振頻率38.644 GHz。應注意，圖2中所繪為頻率與時間之間之一對一對應，及一圖形表示電壓隨時間控制可程式之頻率源201。因此，以所述方式內插於數曲線之間非常合理。

在另一實施例中，如電漿電子密度在電漿形成期間不增加，上述之程序須加以修改。可程式頻率源201在 T_0-T_1 期間之頻率降低，必須加以控制，以使在開放共振器之模式被激勵不能超過一次。同理，在 T_1-T_2 之回掃期間，可程式頻率源201之頻率增加須加以控制，俾開放共振器之模式之被激勵，不超過一次。圖5A及5B說明非單調改變之曲線，其以與單調改變曲線不同之方式加以分析。圖5A說明

煩請委員明示
參上本頁無變更實質內容是否准予修正。
年 月 日所提之



五、發明說明 (9)

超過一次計算同一模式之不當，同理，圖5B說明在可程式頻率源201之頻率增加期間計算模式之不當，其在掃描頻率降低期間，並未計算。

保證無模式在可程式頻率源201之頻率降低時，被計算超過一次，或在可程式頻率源201之頻率增加時被計算超過一次之第一個技術與，可程式頻率源201之開放共振器模式頻率特性 df_{orm}/dt 之斜率，與頻率特性 df_{pfs}/dt ，其中 t 為時間之斜率間之關係有關。圖2說明時間之重要性，其參考如下。

$T_0 < t < T_1$ 。PFS頻率特性 df_{pfs}/dt 之斜率較任何開放共振器模式頻率特性 df_{orm}/dt 之斜率之負值更負，其與之交叉。

$T_1 < t < T_2$ 。PFS頻率特性 df_{pfs}/dt 之斜率較任何開放共振器模式頻率特性 df_{orm}/dt 之斜率之正值為正，其與之交叉。如圖2所示，假定穩定狀態條件在時間 T_1 獲得。

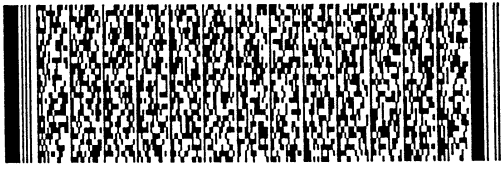
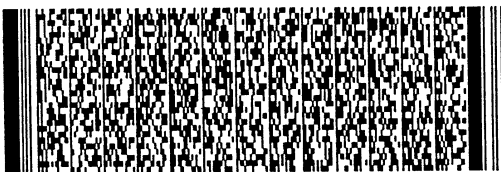
已知折射率 n 及電漿電子密度 N 彼此相關，由下公式表之：

$$n = \sqrt{1 - \frac{Ne^2}{\epsilon_0 m (2\pi f)^2}} = \sqrt{1 - \left(\frac{f_p}{f}\right)^2}$$

其中， e 為一電子電荷之強度， m 為電子質量， ϵ_0 為自由空間之介電常數， f_p 為電漿頻率。如方程式為：

$$\left(\frac{f_p}{f}\right)^2 \ll 1$$

煩請委員明示
修正本有無變更實質內容是否准予修正。
89年12月6日所提之



五、發明說明 (10)

亦為真，在此例中，可得：

$$n \approx 1 - \frac{e^2}{8\pi^2\epsilon_0 m f^2} N$$

及

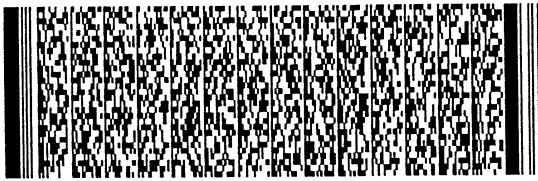
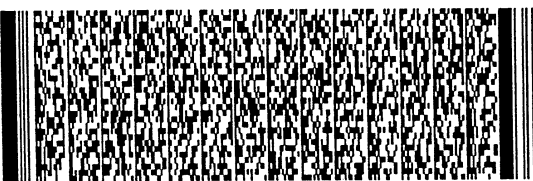
$$N \approx \frac{8\pi^2\epsilon_0 m f^2}{e^2} (1 - n).$$

如上所述，如折射率為不均勻，並為位置之函數， n 可由 $\langle n \rangle$ 所取代，及 N 變為 $\langle N \rangle$ ，其與平均值對應。

返回圖3之說明，圖3顯示圖1電腦為電漿處理系統之一部份。可程式頻率源201之頻率經由改變如在可程式頻率源201之數位輸出信號而由電腦100控制。(在本發明另一實施例中，可程式頻率源201接收一類比輸入，此情況下，電腦100含一或連接至數位至類比轉換器以提供類比信號至可程式頻率源)。PFS 201連接至一隔離器210a，其將可程式頻率源201與電漿室300隔離。隔離器210a經由電漿室305中之開放共振器305之模片310b，耦合一輸出信號。經膜片310a反射之信號耦合至峰值檢波器260。

在一實施例作業期間，電腦100之電漿室300，電漿產生器320，及計數器250將與時間相關之輸入取樣。(在另一實施例中，計數器250移入電腦100內部，電腦利用峰值檢波器260之輸出以直接偵測峰值，及利用中斷)。在時間 T_0 至時間 T_1 期間，每次在開放共振器305之共振頻率被激勵時，開放共振器305之反射微波信號中之峰值被偵出。此

煩請委員明示
修正本有無變更實質內容是否准予修正。
年 月 日所提之



五、發明說明 (11)

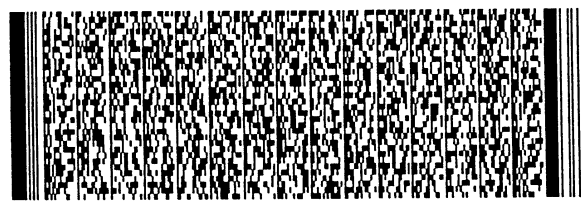
峰值可增加計數器250之計數，該計數器計算自上次再設定信號後峰值之數目。因此，PFS 201之頻率降低，激勵之模式數目加以計數並予儲存於計數器250或電腦100之中。圖2所示之曲線，此計數將為八個。在時間 T_1 之後，當PFS頻率開始增加，在PFS頻率增加時，共振數目予以計數。圖2中之曲線顯示，計數為四個。當PFS已返回其最大頻率 f_{max} （即圖2之38.75 GHz），電腦100由峰值檢波器260之協助，開始一搜尋程序以返回偵出之最後共振。電腦100於是由峰值檢波器260及適當軟體之協助鎖住 f_{final} 。頻率 f_{final} 得以量測及儲存。

在 T_0 及 T_1 間及 T_1 及 T_2 間，偵出之共振頻率數決定後，電腦100計算邊緣順序（即4.288）。為計算對應頻率移位，電腦100尚需要空開放共振器之相鄰模式間之頻率差；即模式空間。

模式空間在校正程序期間事先獲得，該程序與獲得邊緣順序之程序相似。圖4，與圖2相似，說明一空開放共振器之共振頻率，水平及相隔500 MHz之模式特性此處加以考慮。在時間 T_0 ，PFS 201之頻率降低，於是在時間 T_1 ，頻率開始返回其穩定狀態值。此時，電腦100(1)在頻率降低時計數被激勵之模式數，(2)鎖住第一個偵出之模式，(3)記錄鎖住之頻率。頻率開始增加之後電腦100由峰值檢波器260及適當軟體之協助，鎖住最後共振頻率。電腦100亦可測得及儲存偵出之最後共振頻率。

根據校正程序期間收集之資料，及作業期間取樣之資料，電腦100計算空間開放共振器305之模式空間，及與每

煩請委員明示
參照本圖無變更實質內容是否准予修正。
2001.12.6
年 月 日所提之



五、發明說明 (12)

一 共振頻率相關之頻率。

一 裝置之作業順序之較詳細說明如下。

(1) 作為選擇性預備步驟，一裝備作業員可選擇監視可程式頻率源是否作業於規格範圍內。但如操作員自信系統可正確操作，此一步驟可予以省略。

(2) 裝備作業員於是選擇電漿室300作業之作業參數。此參數及作業順序經資料輸入裝置選擇性(即鍵盤122，滑鼠124或控制面板)。參數包括但不限於一或多個以下各項：理想電漿電子密度，理想折射率，處理期間及使用之氣體。

(3) 各所需資料進入後，作業員開始經由資料輸入裝置開始此一程序。

(4) 電腦100控制空開放共振器之校正，如上所述。

(5) 電腦100控制空開放共振器305中電漿之點火。當電漿形成，電腦100評估(1)自電漿產生器320輸入(反射之功率)及(2)及自電漿室300之輸入(即光放射)。電腦100控制PFS 201之頻率如上所述並參考圖2。

(6) 電腦100計算邊緣順序。

(7) 電腦100計算折射率 n 或 $\langle n \rangle$ 。

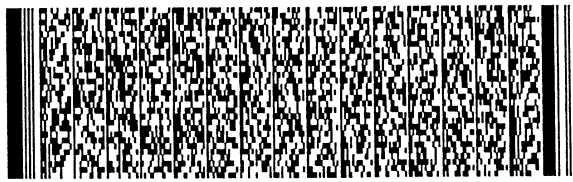
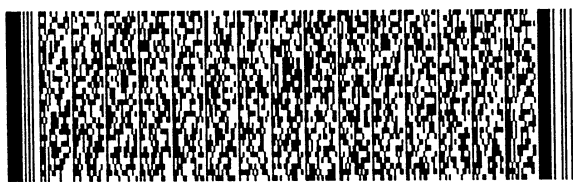
(8) 電腦100計算電漿電子密度 N 或 $\langle N \rangle$ 。

(9) 電腦100比較量測之/計算之電漿電子密度與作業員在作業員進入埠進入之前值。

(10) 電腦100發出控制信號至電漿產生器320以改變其輸出，以維持理想電漿電子密度。

(11) 電腦100重複(6)-(10)之各步驟，以保持電漿電子

煩請委員明示
修正本有無變更實質內容是否准予修正。
年 月 日所提之



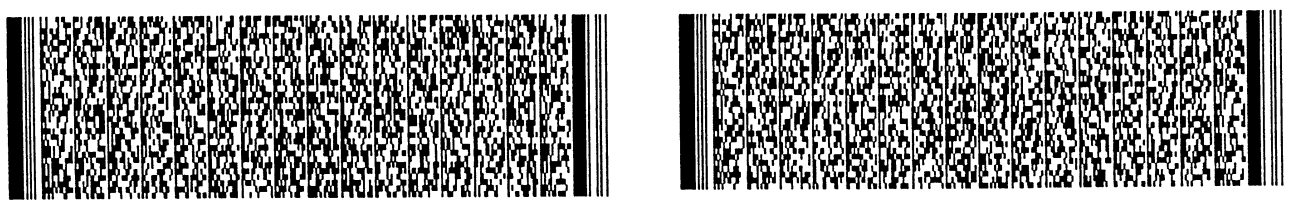
五、發明說明 (13)

密度於理想位準。

上述用途之外，系統必須適應作業員之希望，在任何隨機時間將系統返回另一狀態。例如，裝備作業員可決定電子(電漿)之濃度未達某一目的之最佳地步，其可調整此濃度。隨後所用之程序與在開始期間，所用之追蹤開放共振器模式之技術有關。作業員經由控制面板(本地或遙控)進入待修改之理想終端參數之值(平均折射率，電子密度等，視控制面板之設計而定)。

雖然以上說明係假定在電漿開始期間之簡化頻率響應，此種響應亦可不發生。一第二個技術係保證當可程式頻率源201之頻率降低時，無模式被計數一次以上，或是當可程式頻率源201之頻率增加時，該模式係被計數一次以上。及當可程式頻率源201之頻率增加時無模式被計數一次以上。第二技術與第一個技術相似，但使用不同之掃描技術。如圖6所示，頻率源201之頻率在自 T_0 至 T_2 之期間其頻率順序降低及增加數次。掃描可為週期性或非週期性。可程式頻率源201與時間之關係為，頻率特性之斜率可滿足與第一技術所述成類比之標準。即，當頻率特性 df_{PFS}/dt 之斜率值之負值為更負，並與其交叉。同理當頻率特性 df_{PFS}/dt 之斜率值為正時，其將較任何開放共振器模式頻率特性 df_{orm}/dt 之斜率為正時，其將較任何開放共振器模式頻率特性 df_{orm}/dt 之正值為正，並與其交叉。此等斜率條件在第二個技術中較第一個技術容易滿足，因為，時間增量期間，可程式頻率源201之頻率降低或增加，僅為時間 T_0 及 T_2 間之一小部份。

煩請委員明示
修正本有無變更實質內容是否准予修正。
年 月 日所提之



五、發明說明 (14)

在第二個技術中，模式被計數，如第一個技術一樣，但係供頻率掃描之全部順序。在穩定狀態之電漿電子密度獲得後，邊緣順序之分數部份予以決定，如前述之單調增加之電漿電子密度然。

第三個技術利用可程式頻率源201之頻率-時間特性，俾在開始期間。時間 T_0 - T_2 之間，在開放共振器中無模式被激勵，如圖2所示。此頻率-時間特性不對應模式移位，即，邊緣順序之整體部份為零，不需再加考慮。邊緣順序之分數部份，可如前述之單調增加電漿電子密度一樣加以決定。

實施此一技術需要將電腦100程式後以提供適當之頻率-時間特性。適當之程式可在開始期間，由實驗方式檢查模式激勵，及改變程式以將其一一消去，以開始後地一個被激勵之模式開始。

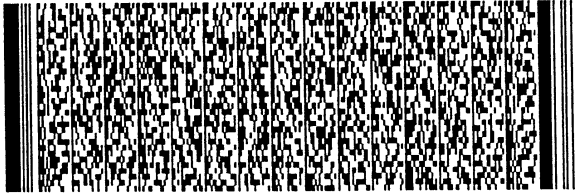
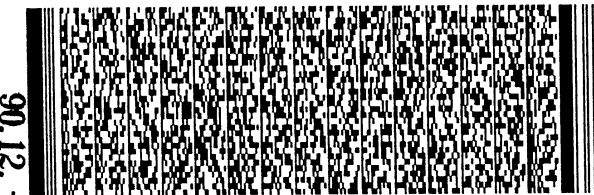
如裝備利用第一或第二個技術以辨認模式之改變如上所述，PFS掃描再度開始，在開始前儲存於電腦中之校正資料及開始模式資料，由電腦用來計算結果終端參數改變。此終端參數可與一電漿電子密度對應。電腦在其開始響應改變之輸入資料之前，開始PFS掃描。前導時間之量與裝備之不同響應時間有關。

利用上述技術，系統可利用PFS掃描追蹤模式之改變。系統於是可決定結果之邊緣改變之整數及分數部份。

此程序之準確性受到校正中可量測之有關頻率之準確性限制。系統主要係自量測之頻率之差異中計算折射率 n 或 $\langle n \rangle$ ，如欲量測到準確度高於0.05%將甚困難。此情況下，

煩請委員明示
修正本有無變更實質內容是否准予修正。
年 月 日所提之

90.12.-6



五、發明說明 (15)

折射率之準確度僅能達0.10%，因為其係自二量測頻率之比值所計算。假定一特殊情況之折射率實際為0.93（其對應 $1 \times 10^{12} \text{cm}^{-3}$ 範圍之電漿電子密度），量測之值可期望在0.929及0.931之間。電漿電子密度與 $(1-n)$ 成正比，其位於圖2之例中之0.069及0.071之間。因此，以此準確度，可決定之電漿電子密度為 $0.001/0.070=1.4\%$ 之範圍。

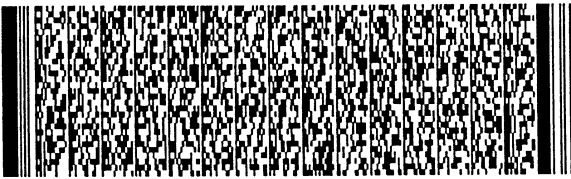
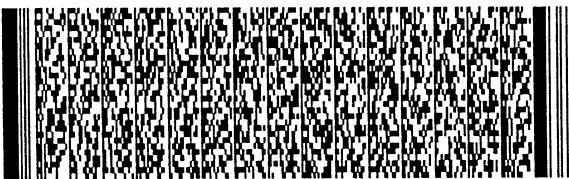
對精於此技藝人士非常明顯，無電漿模式掃描之數目越大，系統之清晰度及堅固性越佳。

很明顯，本發明之許多修改及變化，在上述原則下均屬可能。因此吾人瞭解，在所附申請專利範圍內亦可由所述以外之方法實施。

元件符號說明

100 電腦	102 電腦外殼
104 主機板	106 CPU
108 記憶體	110 顯示卡
112 硬碟	114 軟磁碟機
118 CD讀出機	119 可拆下媒體裝置(CD)
120 監視器	122 鍵盤
124 滑鼠	201 可程式之頻率源(PFS)
210a 隔離器	250 計數器
260 峰值檢波器	300 電漿室
305 開放共振器	310b 模片
320 電漿產生器	

煩請委員明示
修正本有無變更實質內容是否准予修正。
年 月 日所提之



圖式簡單說明

煩請委員明示
修正本有無變更實質內容是否准予修正。
年 月 日所提之

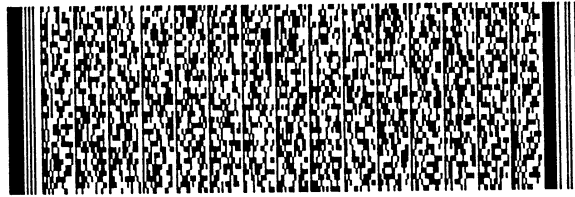
89.12.1

四、中文發明摘要 (發明之名稱：使用包含電漿之開放共振器中共振頻率變化之電子密度量測及電漿製程控制系統)

一種系統用以量測電漿電子密度(如在 10^{10} 至 10^{12} cm^{-3} 範圍)，及用以控制一電漿產生器。電漿電子密度之量測作為電漿協助處理，如澱積或蝕刻之回授控制之一部份。電漿量測方法及系統產生一控制電壓依序控制電漿產生器。一可程式之頻率源，順序激勵一置於電漿處理裝置中之開放共振器之數共振模式。共振模式之共振頻率與位於開放共振器之空間之間之電漿電子密度有關。由於引進電漿及比較量測之頻率與以前進入之資料，裝置能自動決定，開放共振器之隨機選擇之共振模式共振頻率之增加。比較由以下列任何之一，(1)，專用電路(2)，數位信號處理器，及(3)特殊程式之通用目的電腦實施。比較器計算一控制信號用以修正電漿產生功率輸出，以達到理想之電漿電子

英文發明摘要 (發明之名稱：ELECTRON DENSITY MEASUREMENT AND PLASMA PROCESS CONTROL SYSTEM USING CHANGES IN THE RESONANT FREQUENCY OF AN OPEN RESONATOR CONTAINING THE PLASMA)

A system for measuring plasma electron densities (e.g., in the range of 10^{10} to 10^{12} cm^{-3}) and for controlling a plasma generator. Measurement of the plasma electron density is used as part of a feedback control in plasma-assisted processes, such as depositions or etches. Both the plasma measurement method and system generate a control voltage that in turn controls the plasma generator. A programmable frequency source sequentially excites a number of the resonant

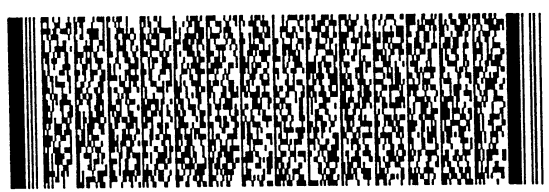


四、中文發明摘要 (發明之名稱：使用包含電漿之開放共振器中共振頻率變化之電子密度量測及電漿製程控制系統)

密度。

英文發明摘要 (發明之名稱：ELECTRON DENSITY MEASUREMENT AND PLASMA PROCESS CONTROL SYSTEM USING CHANGES IN THE RESONANT FREQUENCY OF AN OPEN RESONATOR CONTAINING THE PLASMA)

modes of an open resonator placed within the plasma processing apparatus. The resonant frequencies of the resonant modes depend on the plasma electron density in the space between the reflectors of the open resonator. The apparatus automatically determines the increase in the resonant frequency of an arbitrarily chosen resonant mode of the open resonator due to the introduction of a plasma and compares that measured frequency to data previously entered.



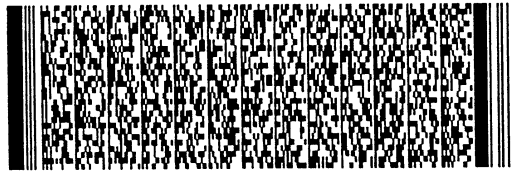
煩請委員明示
參上本頁無變更實質內容是否准予修正。
年 月 日所提之

四、中文發明摘要 (發明之名稱：使用包含電漿之開放共振器中共振頻率變化之電子密度量測及電漿製程控制系統)

英文發明摘要 (發明之名稱：ELECTRON DENSITY MEASUREMENT AND PLASMA PROCESS CONTROL SYSTEM USING CHANGES IN THE RESONANT FREQUENCY OF AN OPEN RESONATOR CONTAINING THE PLASMA)

The comparison is by any one of (1) dedicated circuitry, (2) a digital signal processor, and (3) a specially programmed general purpose computer. The comparator calculates a control signal which is used to modify the power output of the plasma generator as necessary to achieve the desired plasma electron density.

煩請查閱說明書
修正本有無變更實質內容是否准予修正
90.12.6
日所提之



六、申請專利範圍

1. 一種量測在電漿室中電漿電子密度之系統，系統包含：

一含電漿之電漿室；

一頻率源(a)用以提供降低之頻率至電漿室及(b)用以在提供降低頻率後，提供增加之頻率至電漿室；

一共振頻率檢波器(a)用以偵出由降低頻率激勵之第一組共振頻率，及(b)用以偵出由增加之頻率激勵之第二組共振頻率；

一比較器用以決定在第一及第二組中各頻率間差異；

一邊緣順序計算器用以決定電漿之邊緣順序；及

一密度計算器用以決定根據邊緣順序電漿之電漿電子密度。

2. 如申請專利範圍第1項之系統，其中頻率源包含一電壓控制之微波振盪器。

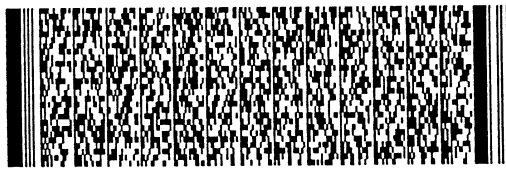
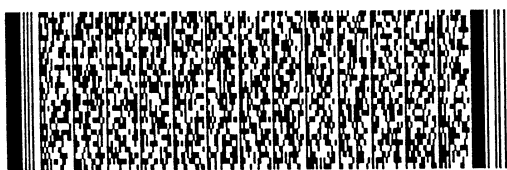
3. 如申請專利範圍第2項之系統，其中頻率源尚包含一數位至類比轉換器，用以施加一電壓至電壓控制微波振盪器。

4. 如申請專利範圍第1項之系統，其中電漿室包含一浸於電漿中之開放共振器。

5. 如申請專利範圍第4項之系統，其中開放共振器包含數個反射器，其中所有輸入及輸出連接均連接至僅數個反射器其中之一反射器上。

6. 如申請專利範圍第1項之系統，尚包含資料輸入裝置用以輸入一期望之電漿電子密度。

煩請委員明示
修正本有無變更實質內容是否准予修正。
年 月 日所提之



六、申請專利範圍

7. 如申請專利範圍第6項之系統，尚包含：

一 電漿產生器；及

一 自動控制器用以控制電漿產生器，以產生基於由密度計算器計算之密度之期望電漿電子密度。

8. 一種量測在電漿室中電漿電子密度之方法，此方法包含下列步驟：

(a) 經由頻率源，提供一降低之頻率至電漿室；

(b) 經由頻率源，在提供降低頻率之後，提供增加之頻率至電漿室；

(c) 經由共振頻率檢波器，偵出由降低之頻率所激勵之第一組共振頻率；

(d) 經由共振頻率檢波器，偵出由增加之頻率所激勵之第二組共振頻率；

(e) 決定在第一及第二組頻率中數頻率間之差異；

(f) 計算電漿之邊緣順序；及

(g) 基於邊緣順序決定電漿之電漿電子密度。

9. 如申請專利範圍第8項之方法，其中步驟(a)及(b)包含經由電壓控制微波振盪器，提供頻率。

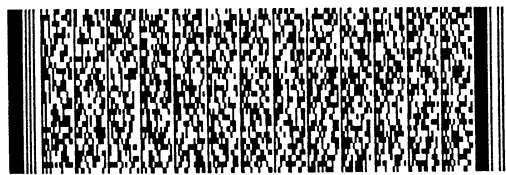
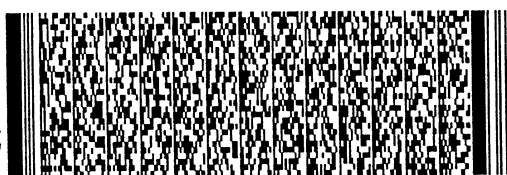
10. 如申請專利範圍第8項之方法，其中步驟(a)及(b)包含提供頻率至浸於電漿中之開放共振器。

11. 如申請專利範圍第10項之方法，其中步驟(c)及(d)自數個反射器中偵測，其中所有輸入及輸出連接均連接至僅數個反射器其中之一反射器。

12. 如申請專利範圍第8項之方法，尚包括輸入期望電漿

煩請委員明示
參照本頁無變更實質內容是否准予修正。
年 月 日所提之

90.12.-6



六、申請專利範圍

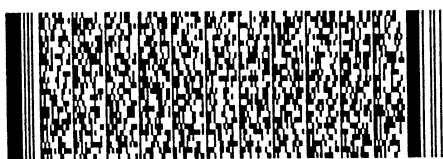
電子密度之步驟。

13. 如申請專利範圍第12項之方法，尚包括下列步驟：

在電漿產生器中產生電漿；及

控制電漿產生器，以根據由密度計算器計算之密度，以產生期望電漿電子密度。

煩請委員明示
修正本有無變更實質內容是否准予修正。
90年12月6日所提之



圖式

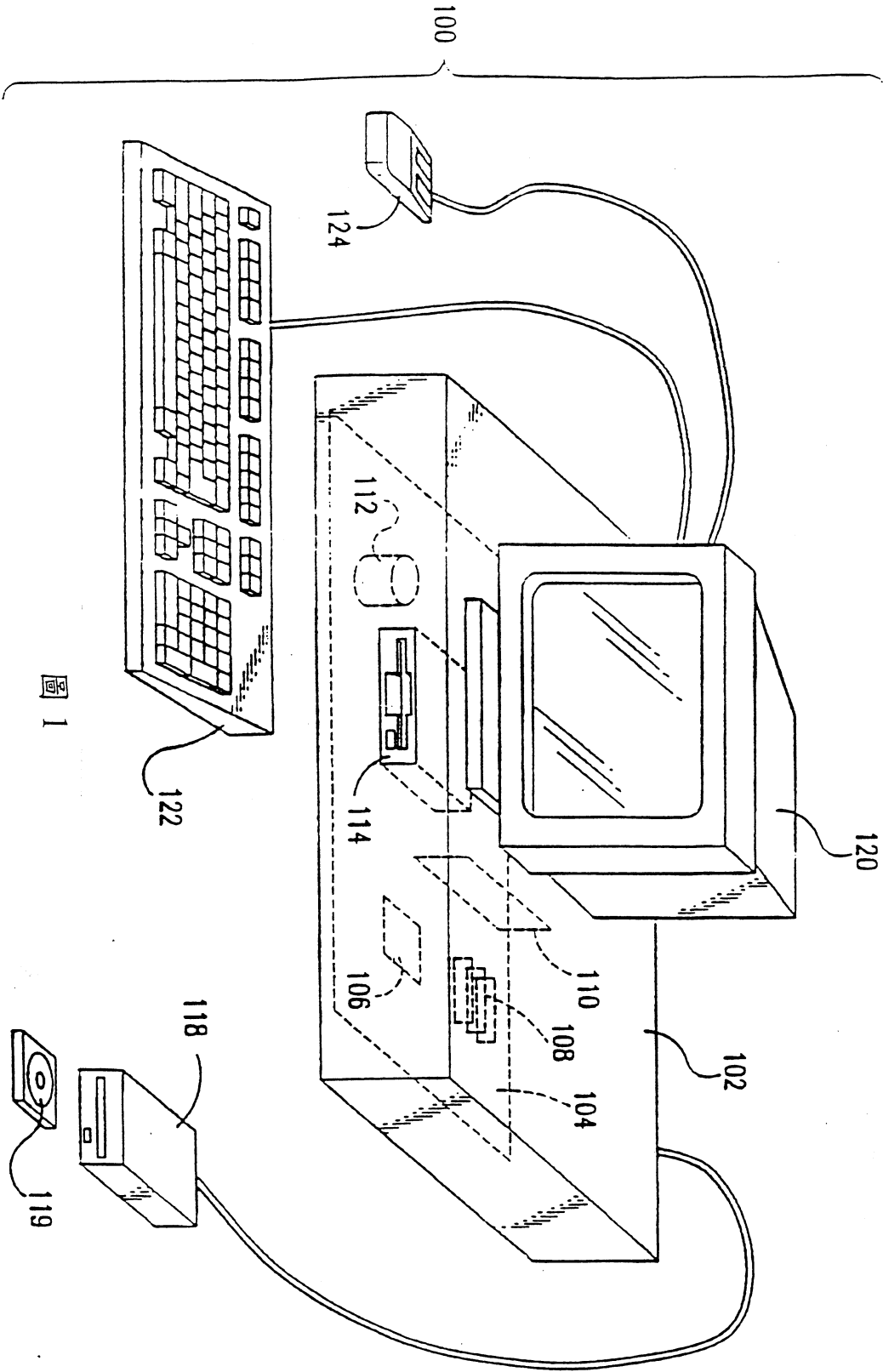


圖 1

圖式

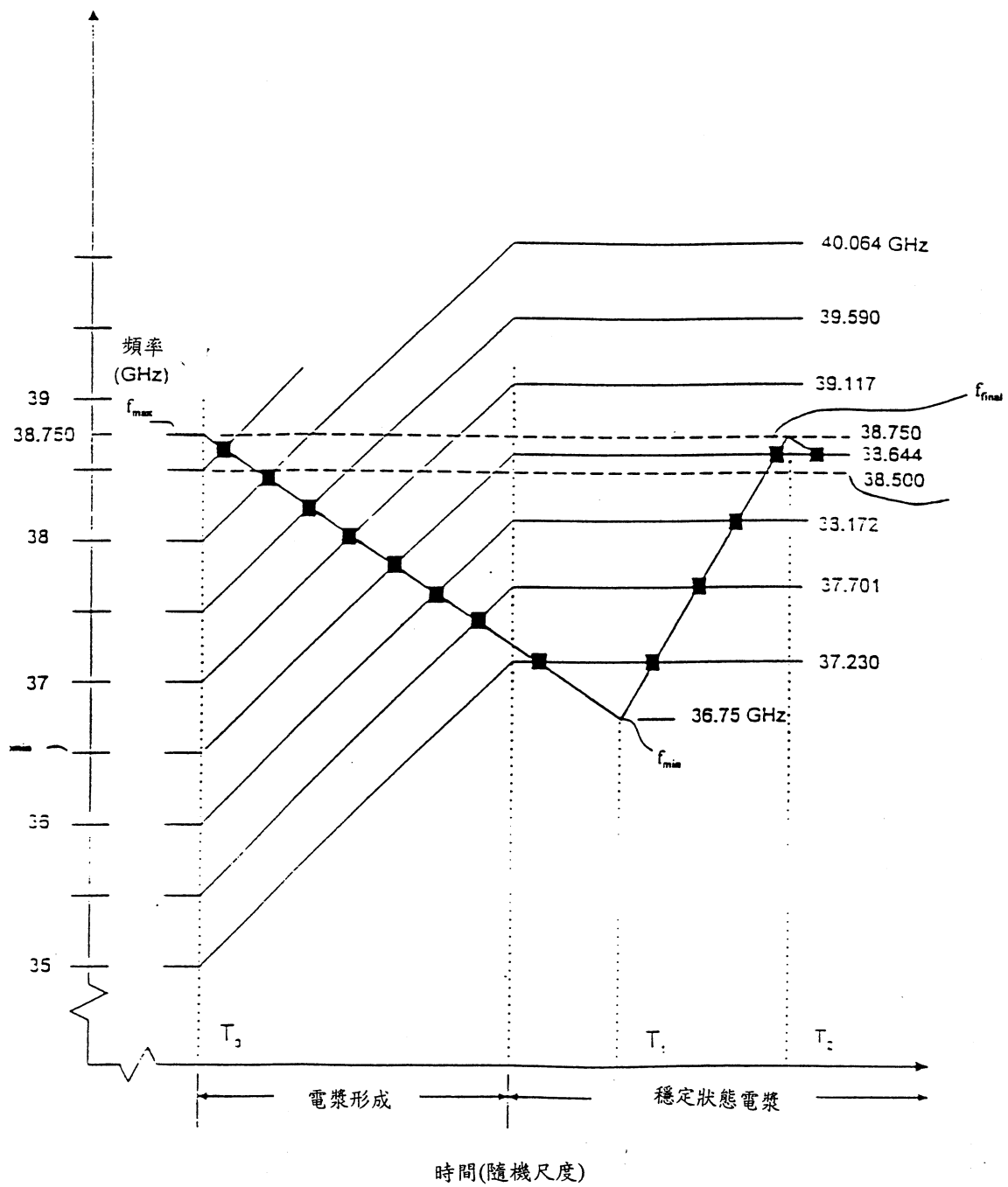


圖 2

圖式

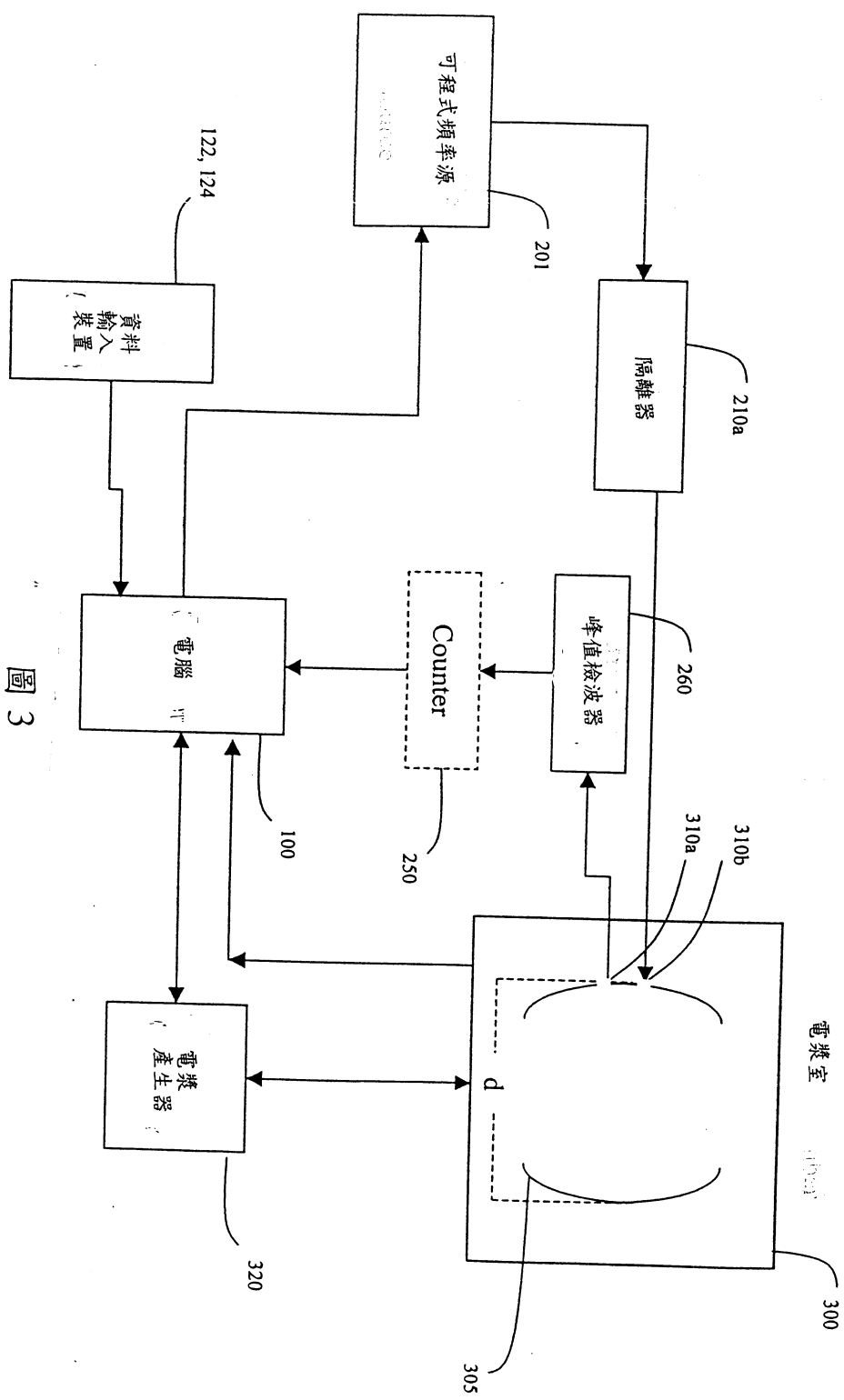


圖 3

圖式

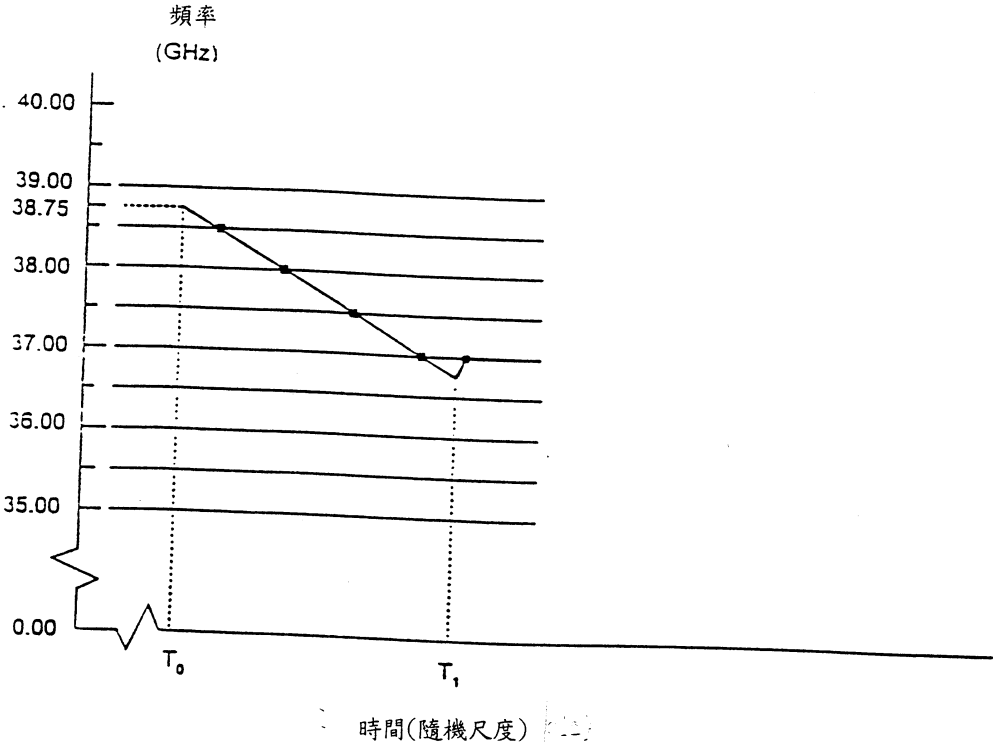


圖 4

圖式

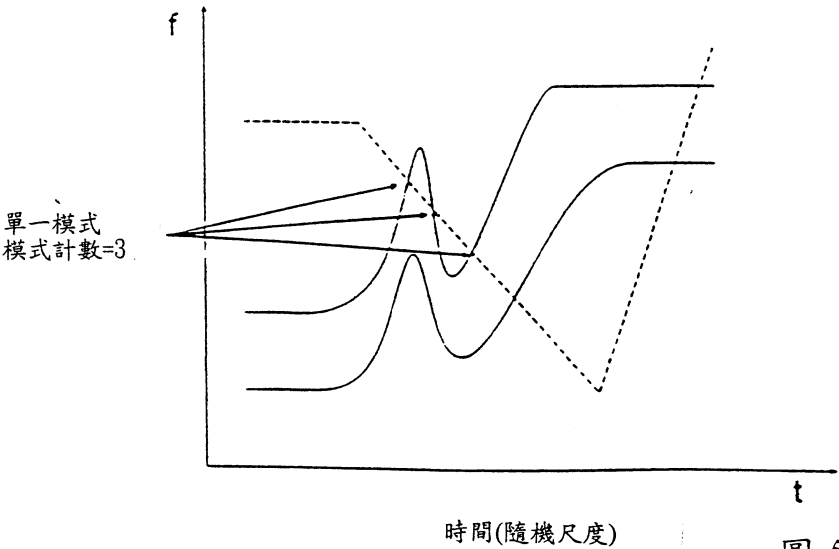


圖 5A

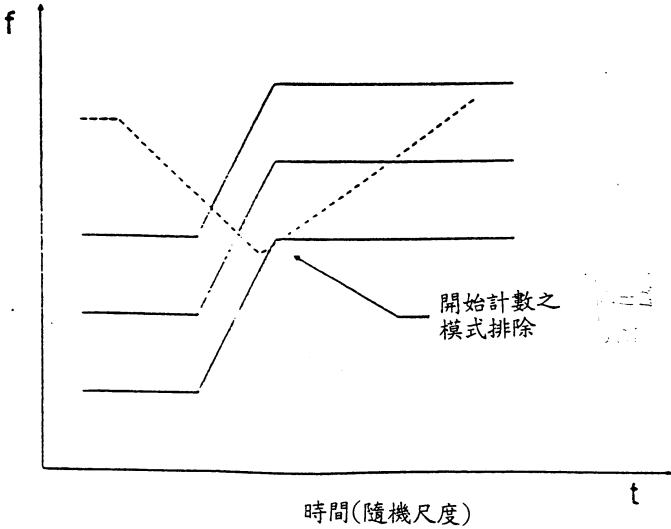


圖 5B

圖式

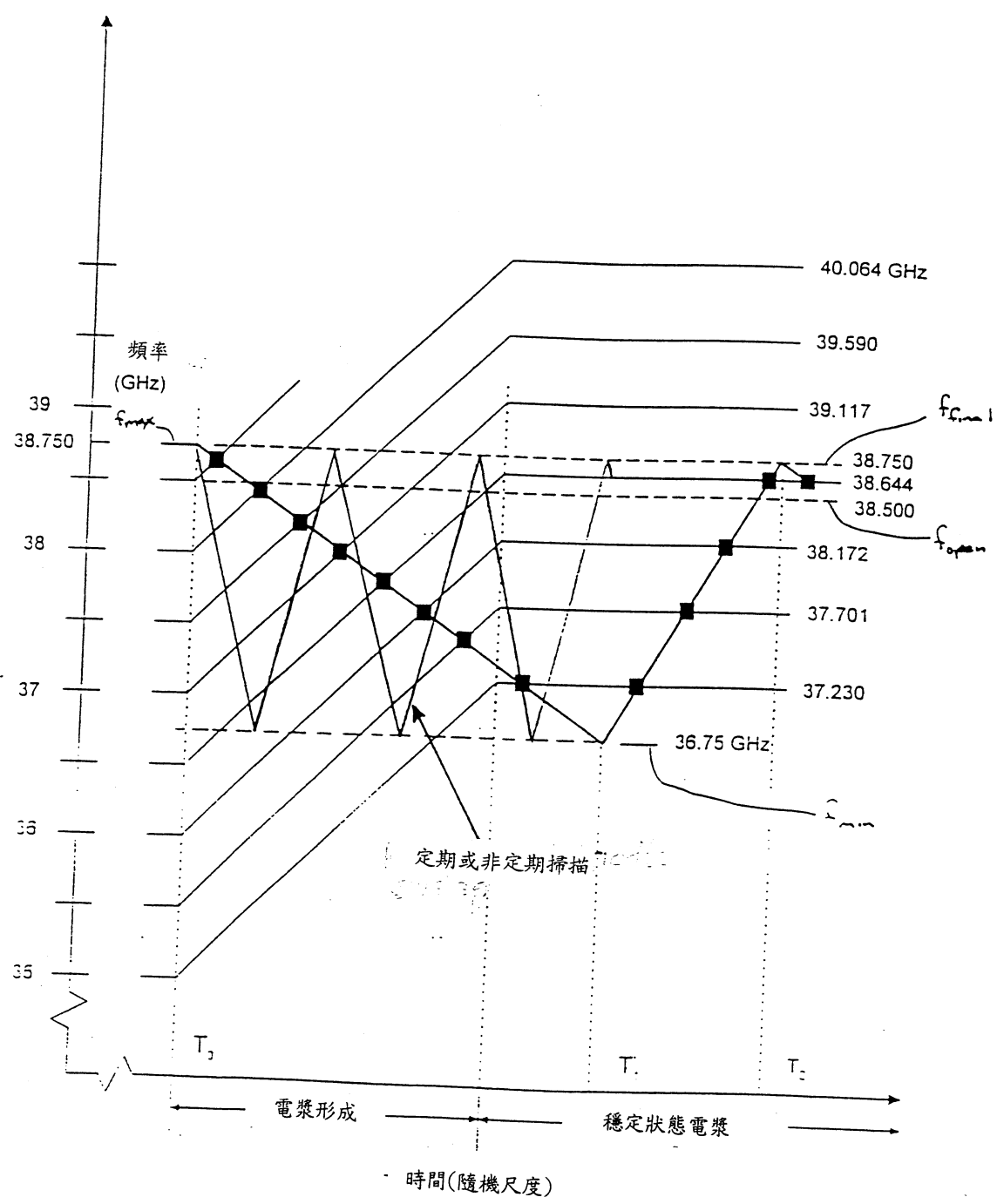


圖 6