

(21) 申請案號：099102734

(22) 申請日：中華民國 99 (2010) 年 01 月 29 日

(51) Int. Cl. : H03D7/12 (2006.01)

H03B7/06 (2006.01)

H03B1/04 (2006.01)

(71) 申請人：國立交通大學 (中華民國) NATIONAL CHIAO TUNG UNIVERSITY (TW)

新竹市大學路 1001 號

(72) 發明人：郭建男 KUO, CHIEN NAN (TW) ; 顏子超 YAN, TZU CHAO (TW)

(74) 代理人：蔡清福

申請實體審查：有 申請專利範圍項數：10 項 圖式數：8 共 50 頁

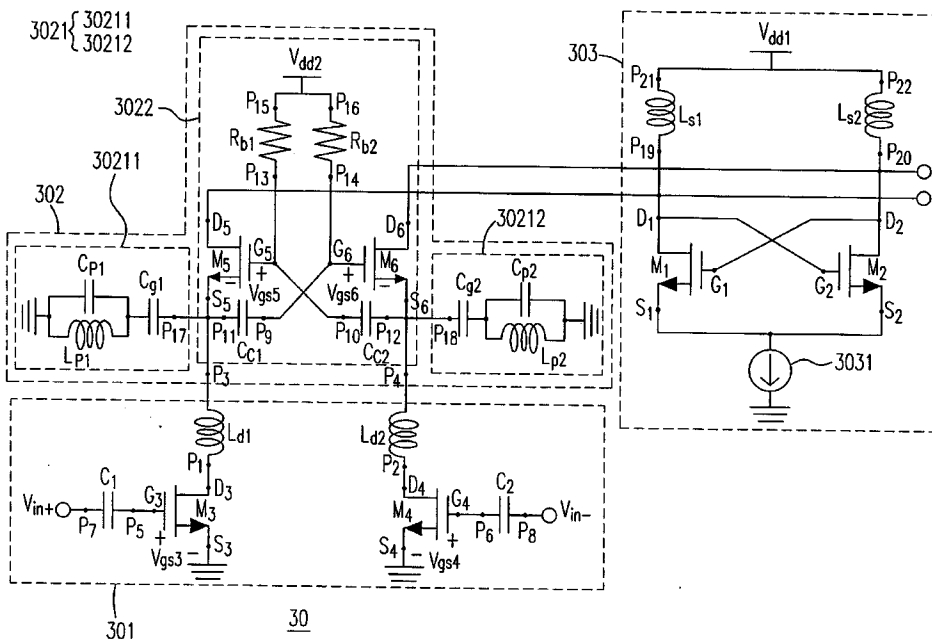
(54) 名稱

一種倍頻裝置與其操作方法

A FREQUENCY MULTIPLIER DEVICE AND METHOD THEREOF

(57) 摘要

一種倍頻裝置被提出，該倍頻裝置包含一諧波產生器、一諧波抑制器、及一特定諧波應用裝置。該諧波產生器接收具有一基本頻率之輸入信號，並產生一諧波信號，該諧波信號包括一第一諧波信號分量及一第二諧波信號分量。該諧波抑制器接收該諧波信號，以抑制該第一諧波信號分量，並加強該第二諧波分量。該特定諧波應用裝置，接收加強後的該第二諧波信號分量。



30：倍頻裝置

301：諧波產生器

302：諧波抑制器

303：振盪器

3021：一組濾波器

3022：諧波抑制電路

30211：帶拒濾波器

30212：帶拒濾波器

C₁：第一電容

C₂：第二電容

Cc₁：第一電容

Cc₂：第二電容

Cg₁：第二電容

Cg₂：第二電容

Cp₁：第一電容

Cp₂：第一電容

Ld₁：第一電感

Ld₂：第二電感

Lp1 : 電感

Lp2 : 電感

Ls1 : 電感

Ls2 : 電感

M₁ : 電晶體

M₂ : 電晶體

M₃ : 第一電晶體

M₄ : 第二電晶體

M₅ : 第一電晶體

M₆ : 第二電晶體

Rb1 : 電阻

Rb2 : 電阻

Vgs3 : 輸入電壓

Vgs4 : 輸入電壓

Vgs5 : 輸入電壓

Vgs6 : 輸入電壓

Vin- : 反相基頻信號

Vin+ : 非反相基頻信號

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※申請案號： 99102734 H03D 7/12 (2006.01)
 ※申請日： 99 1 29 H03B 7/06 (2006.01)
 ※IPC 分類： H03B 1/04 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

一種倍頻裝置與其操作方法 / A FREQUENCY MULTIPLIER
 DEVICE AND METHOD THEREOF

二、中文發明摘要：

一種倍頻裝置被提出，該倍頻裝置包含一諧波產生器、一諧波抑制器、及一特定諧波應用裝置。該諧波產生器接收具有一基本頻率之輸入信號，並產生一諧波信號，該諧波信號包括一第一諧波信號分量及一第二諧波信號分量。該諧波抑制器接收該諧波信號，以抑制該第一諧波信號分量，並加強該第二諧波分量。該特定諧波應用裝置，接收加強後的該第二諧波信號分量。

三、英文發明摘要：

A frequency multiplier device is disclosed. The frequency multiplier device comprises a harmonic generator, a harmonic suppresser, and a specific harmonic application device. The harmonic generator receives an input signal with a basic frequency, and produces a harmonic signal. The harmonic signal includes a first harmonic signal part and a second harmonic signal part. The harmonic

201126893

suppressor receives the harmonic signal, suppresses the first harmonic signal part, and enhances the second harmonic signal part. The specific harmonic application device receives the second harmonic signal part enhanced.

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第(三)圖(b)。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

30：倍頻裝置

301：諧波產生器

302：諧波抑制器

303：振盪器

3021：一組濾波器

3022：諧波抑制電路

30211, 30212：帶拒濾波器

Vgs3, Vgs4, Vgs5, Vgs6：輸入電壓

Vin+：非反相基頻信號

Vin-：反相基頻信號

M₁, M₂：電晶體

M₃, M₅：第一電晶體

M₄, M₆：第二電晶體

Ls1, Ls2, Lp1, Lp2：電感

Ld1：第一電感

Ld2：第二電感

C₁, Cp1, Cp2, Cc1：第一電容

C₂, Cg1, Cg2, Cc2：第二電容

Rb1, Rb2：電阻

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

六、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本案是關於被倍頻裝置，特別是關於可抑制諧波的倍頻裝置。

【先前技術】

傳統的振盪電路可分成 RC、LC 諧振及晶體振盪電路，其電路的主要架構以運算放大器作為設計的主元件，但是以運算放大器所設計的振盪電路，其有增益頻寬乘積 (gain bandwidth product) 為定值的限制，在高頻電路的設計上有很大的缺點，例如 Wien 橋式振盪電路。而 LC 振盪電路如哈特萊振盪電路與考畢茲振盪電路，其所使用的元件容易受到溫度係數及雜散電容電阻的影響，而使振盪頻率改變，其溫度係數通常高於 100ppm/°C，(相當於溫度每改變 10°C，頻率變化 0.03%)，故其穩定度不是很好。

陶瓷振盪器及石英振盪器屬於晶體振盪器，比較不易受到溫度係數及雜散電容電阻的影響，振盪頻率精確度達 0.001%，適合用於高精確度的設備。

有別於傳統的振盪電路，要產生數十 Giga 赫茲的 RF 載波信號可利用頻率合成器直接達成，但是消耗功率過大，相位雜訊也不佳。另外一種方式是利用低頻信號經過頻率乘法器 (倍頻器) 將該頻率乘以數倍，以輸出高頻的振盪頻率。但是此種方法的缺點是輸出功率過

小，諧波排斥率 (Harmonic Rejection Ratio, $HRR = \text{需要的頻率的功率} / \text{不需要的頻率的功率}$) 亦不佳。

請參閱第一圖，其為習知雙推式振盪器信號的示意圖。在第一圖中，一第一基頻信號 $S1$ 具有一第一基本頻率 f_{01} ，該第一基頻信號 $S1$ 為一正相的正弦波。一第二基頻信號 $S2$ 具有第二基本頻率 f_{02} ，該第二基頻信號 $S2$ 為一反相的正弦波，且該第一基本頻率 f_{01} 等於該第二基本頻率 f_{02} 。該第一基頻信號 $S1$ 的二次諧波具有兩倍的該第一基本頻率 f_{01} ，該第二基頻信號 $S2$ 的二次諧波亦具有兩倍的該第一基本頻率 f_{01} ，該第一基頻信號 $S1$ 的二次諧波與該第二基頻信號 $S2$ 的二次諧波具有相同的相位，因此兩個二次諧波的振幅相加可得到振幅增加的一兩倍頻信號 $S3$ ，該兩倍頻信號 $S3$ 具有一兩倍基本頻率 $2f_{01}$ ，該兩倍基本頻率 $2f_{01}$ 為該第一基本頻率 f_{01} 的兩倍。而該第一基頻信號 $S1$ 的奇次諧波與該第二基頻信號 $S2$ 的奇次諧波具有相反相位，因此兩個奇次諧波的振幅相減會抵消。

請參閱第二圖 (a)，其為習知雙推式振盪器的電路圖。該雙推式振盪器 20 包含一電晶體 201、一電晶體 202、一電感 203、一電感 204、一電流源 205、及一導線 206。該電感 203 包含一端點 A 及一端點 B，該電感 204 包含一端點 C 及一端點 D。

在第二圖 (a) 中，該電晶體 201 的閘極 G_{10} 與該電晶體 202 的汲極 D_{20} 連接，該電晶體 202 的閘極 G_{20} 與該

電晶體 201 的汲極 D_{10} 連接，該電晶體 201 的源極 S_{10} 與該電晶體 202 的源極 S_{20} 連接至該電流源 205，該電感 203 的該端點 A 連接到該電晶體 201 的汲極 D_{10} ，該電感 203 的該端點 B 連接到該導線 206，該電感 204 的該端點 C 連接到該電晶體 202 的汲極 D_{20} ，該電感 204 的該端點 D 連接到該導線 206。

該雙推式振盪器 20 在該電晶體 201 的汲極 D_{10} 處產生具有該第一基本頻率 f_{01} 的該第一基頻信號 S1，該雙推式振盪器 20 在該電晶體 202 的汲極 D_{20} 處產生具有該第二基本頻率 f_{02} 的該第二基頻信號 S2，其中該第一基本頻率 f_{01} 等於該第二基本頻率 f_{02} 。在該導線 206、該電感 203 的端點 B、及該電感 204 的端點 D 的連接處得到振幅相加的該二倍頻信號 S3，該兩倍頻信號 S3 具有該兩倍基本頻率 $2f_{01}$ 。

請參閱第二圖 (b)，其為習知注入鎖住式倍頻器的電路圖。該注入鎖住式倍頻器 21 包含該雙推式振盪器 20，但該導線 206 除外。該注入鎖住式倍頻器 21 還包含一電晶體 211、一電晶體 212、一緩衝器 213、一緩衝器 214、及一電流源 215。該緩衝器 213 包含一輸入端 $in+$ 及一輸出端 $out+$ ，該緩衝器 214 包含一輸入端 $in-$ 及一輸出端 $out-$ 。

在第二圖 (b) 中，該電晶體 201 的汲極 D_{10} 連接該電晶體 202 的閘極 G_{20} 、該緩衝器 213 的輸入端 $in+$ 、及該電感 203 的端點 A，該電感 203 的該端點 B 連接 V_{DD} 。

該電晶體 202 的汲極 D_{20} 連接該電晶體 201 的閘極 G_{10} 、該緩衝器 214 的輸入端 $in-$ 、及該電感 204 的端點 C，該電感 204 的端點 D 連接 V_{DD} 。該電晶體 201 的源極 S_{10} 及該電晶體 202 的源極 S_{20} 皆連接至該電流源 205。該電晶體 211 的汲極 D_{30} 連接該電晶體 201 的汲極 D_{10} ，該電晶體 212 的汲極 D_{40} 連接該電晶體 202 的汲極 D_{20} 。該電晶體 211 的源極 S_{30} 與該電晶體 212 的源極 S_{40} 接至該電流源 215。

在第二圖 (b) 中，一差動信號 S_{D1} 具有一基本頻率 f ，該差動信號 S_{D1} 輸入該電晶體 211 的閘極 G_{30} 與該電晶體 212 的閘極 G_{40} ，該差動信號 S_{D1} 具有一直流成分及一交流成分，該直流成分將該電晶體 211 與該電晶體 212 偏壓在非線性區，該交流成分經過該電晶體 211 的轉換後在該電晶體 211 的汲極 D_{30} 處產生一諧波信號 S_{D2} ，該諧波信號 S_{D2} 具有正相三倍頻諧波分量，該正相三倍頻諧波分量具有三倍基本頻率 $3f_1$ ，該三倍基本頻率 $3f_1$ 為該基本頻率 f 的三倍。該諧波信號 S_{D2} 在該緩衝器 213 的輸入端 $in+$ 被輸入。該直流成分將該電晶體 212 偏壓在非線性區，該交流成分經過該電晶體 212 的轉換後在該電晶體 212 的汲極 D_{40} 處產生一諧波信號 S_{D3} ，該諧波信號 S_{D3} 具有反相三倍頻諧波分量，該反相三倍頻諧波分量具有三倍基本頻率 $3f_2$ ，該三倍基本頻率 $3f_2$ 為該基本頻率 f 的三倍。該諧波信號 S_{D3} 在該緩衝器 214 的輸入端 $in-$ 被輸入。

該注入鎖住式倍頻器 21 雖然能注入鎖定該雙推式振盪器 20 的振盪頻率，但該注入鎖住式倍頻器 21 所輸出的振盪頻率容易受到其他諧波的干擾，而且將所有諧波直接灌入該雙推式振盪器 20，然後只靠注入式鎖住本身的機制來抑制不想要的頻率，導致諧波排斥率 (Harmonic Rejection Ratio, HRR) 極差，影響振盪信號的品質。

【發明內容】

上述的習知技術會使一倍頻與二倍頻的信號直接輸出而造成較差的諧波排斥率 HRR。為了改善諧波排斥率 HRR 不佳的缺點，一種倍頻裝置被提出，該倍頻裝置包含一諧波產生器、一諧波抑制器、及一特定諧波應用裝置。該諧波產生器接收具有一基本頻率之輸入信號，並產生一諧波信號，該諧波信號包括一第一諧波信號分量及一第二諧波信號分量。該諧波抑制器接收該諧波信號，以抑制該第一諧波信號分量，並加強該第二諧波分量。該特定諧波應用裝置，接收加強後的該第二諧波信號分量。

較佳地，該第一諧波信號分量包括具有該基本頻率的一次諧波及具有該基本頻率的偶數倍的偶次諧波，該第二諧波信號分量包括具有該基本頻率的三倍的三次諧波。

較佳地，該特定諧波應用裝置為一振盪器，該振盪器具有一振盪頻率，該振盪器被該三次諧波以注入的

方式鎖定在該基本頻率的三倍。

較佳地，該諧波抑制器包含至少一濾波器及一諧波抑制電路。

較佳地，該濾波器為一帶拒濾波器。

較佳地，該帶拒濾波器包含一電感與一電容，該電感與該電容串聯。

較佳地，該帶拒濾波器包含一第一電容、一電感、及一第二電容，該第一電容與該電感並聯，而該第一電容與該電感並聯後的電路再與該第二電容串聯。

較佳地，該帶拒濾波器抑制該一次諧波。

較佳地，該諧波抑制電路包含複數個電晶體與複數個電容。

較佳地，該複數個電晶體為雙載子電晶體及場效應電晶體的其中之一。

較佳地，該複數個電晶體包含一第一電晶體與一第二電晶體，該第一電晶體具有一第一閘極、一第一汲極、及一第一源極，而該第二電晶體具有一第二閘極、一第二汲極、及一第二源極。該複數個電容包含一第一電容與一第二電容，該第一電容具有一第一端點與一第三端點，而該第二電容具有一第二端點與一第四端點。該第一閘極與該第四端點連接，該第二閘極與該第三端點連接，該第一源極與該第一端點連接，而該第二源極與該第四端點連接。

較佳地，該諧波抑制電路抑制該偶次諧波。

較佳地，該諧波產生器為一差動電路。

較佳地，該輸入信號包含一非反相基頻信號與一反相基頻信號。

較佳地，該諧波產生器包含複數個電晶體、複數個電感、及複數個電容。

較佳地，該複數個電晶體包含一第一電晶體與一第二電晶體，該第一電晶體具有一第一閘極、一第一汲極、及一第一源極，而該第二電晶體具有一第二閘極、一第二汲極、及一第二源極。該複數個電感包含一第一電感與一第二電感，該第一電感具有一第一端點與一第三端點，而該第二電感具有一第二端點與一第四端點。該複數個電容包含一第一電容與一第二電容，該第一電容具有一第五端點與一第七端點，而該第二電容具有一第六端點與一第八端點。該第一汲極與該第一端點連接，該第二汲極與該第二端點連接，該第一源極及該第二源極皆接地，該第五端點與該第一閘極連接，而該第六端點與該第二閘極連接。該非反相基頻信號輸入該第七端點，而該反相基頻信號輸入該第八端點。

較佳地，該複數個電感加強該三次諧波。

依據上述構想，另一種倍頻裝置被提出，該倍頻裝置包含一諧波產生器及一諧波抑制器。該諧波產生器接收具有一基本頻率之輸入信號，並產生一諧波信號，該諧波信號包括一第一諧波信號分量及一第二諧波信號分量。該諧波抑制器接收該諧波信號，以抑制該第一

諧波信號分量，並輸出該第二諧波信號分量。

較佳地，該倍頻裝置更包含至少一緩衝器，該緩衝器輸出該三次諧波。

依據上述構想，一種倍頻裝置的操作方法被提出，該方法包含下列步驟：(a)將一基頻信號輸入該倍頻裝置而產生一一次諧波、一偶次諧波、及一三次諧波。(b)抑制該一次諧波與該偶次諧波。(c)將該三次諧波注入一振盪器，以鎖定一振盪頻率。

【實施方式】

請參閱第三圖(a)，其為本案第一實施例的倍頻裝置的示意圖。該倍頻裝置 30 包含一諧波產生器 301、一諧波抑制器 302、及一特定諧波應用裝置，該特定諧波應用裝置為一振盪器 303。一輸入信號 S_D 具有一差動電壓 V_{in} ，該差動電壓 V_{in} 具有一基本頻率 f_0 ，該諧波產生器 301 接收具有該基本頻率 f_0 之輸入信號 S_D ，並產生電壓為 V_x 的諧波信號 S_H ，該諧波信號 S_H 包括一第一諧波信號分量 S_{HD1} 及一第二諧波信號分量 S_{HD2} ，該第一諧波信號分量 S_{HD1} 包括頻率為該基本頻率 f_0 的一次諧波與頻率為偶數倍該基本頻率 f_0 的偶次諧波，該第二諧波信號分量 S_{HD2} 包括頻率為三倍該基本頻率 f_0 的三次諧波。該一次諧波、偶次諧波、及該三次諧波經過該諧波抑制器 302 後，輸出具有一注入電壓 V_{inj} 的注入信號 S_{inj} ，該注入電壓 V_{inj} 的頻率為三倍該基本頻率 f_0 ，該振盪器 303 所輸出的電壓 V_{out} 的頻率被鎖定在三倍該基

本頻率 f_0 ，其中該振盪器 303 的振盪頻率 f_c 被注入鎖定在三倍的該基本頻率 f_0 。

請參閱第三圖 (b)，其為本案第一實施例的倍頻裝置的電路圖。該諧波產生器 301 為一差動電路，其包含一第一電晶體 M_3 、一第二電晶體 M_4 、一第一電感 L_{d1} 、一第二電感 L_{d2} 、一第一電容 C_1 、及一第二電容 C_2 。該第一電晶體 M_3 具有一第一閘極 G_3 、一第一汲極 D_3 、及一第一源極 S_3 ，該第二電晶體 M_4 具有一第二閘極 G_4 、一第二汲極 D_4 、及一第二源極 S_4 。該第一電感 L_{d1} 包含一第一端點 P_1 及一第三端點 P_3 ，該第一端點 P_1 與該第一電晶體 M_3 的該第一汲極 D_3 相連接。該第二電感 L_{d2} 包含一第二端點 P_2 及一第四端點 P_4 ，該第二端點 P_2 與該第二電晶體 M_4 的該第二汲極 D_4 相連接。該第一電容 C_1 包含一第五端點 P_5 及一第七端點 P_7 ，該第五端點 P_5 與該第一電晶體 M_3 的該第一閘極 G_3 相連接。該第二電容 C_2 包含一第六端點 P_6 及一第八端點 P_8 ，該第六端點 P_6 與該第二電晶體 M_4 的該第二閘極 G_4 相連接。該第一電晶體 M_3 的該第一源極 S_3 與該第二電晶體 M_4 的該第二源極 S_4 皆接至地。一非反相基頻信號 V_{in+} 輸入該第七端點 P_7 ，經該第一電容 C_1 耦合交流的電壓信號後輸入該第一電晶體 M_3 的該第一閘極 G_3 ，一反相基頻信號 V_{in-} 輸入該第八端點 P_8 ，交流的電壓信號經該第二電容 C_2 耦合後被輸入該第二電晶體 M_4 的該第二閘極 G_4 。

該諧波抑制器 302 包含一組濾波器 3021 及一諧波

抑制電路 3022。該諧波抑制器 302 接收該諧波信號 S_H ，並輸出該第二諧波信號分量 S_{HD2} 。該第二諧波信號分量 S_{HD2} 包含具有該基本頻率 f_0 的三倍的三次諧波。該組濾波器 3021 包含兩個抑制基頻的帶拒濾波器 30211 及帶拒濾波器 30212。該帶拒濾波器 30211 包含一第一電容 C_{p1} 、一第二電容 C_{g1} 、及一電感 L_{p1} ，該第一電容 C_{p1} 與該電感 L_{p1} 並聯後再與該第二電容 C_{g1} 串聯，該電感 L_{p1} 與該第二電容 C_{g1} 串聯亦可形成帶拒濾波器。該帶拒濾波器 30212 包含一第一電容 C_{p2} 、一第二電容 C_{g2} 、及一電感 L_{p2} ，該第一電容 C_{p2} 與該電感 L_{p2} 並聯後再與該第二電容 C_{g2} 串聯，該電感 L_{p2} 與該第二電容 C_{g2} 串聯亦可形成帶拒濾波器。該帶拒濾波器 30211 與該帶拒濾波器 30212 抑制該一次諧波。該諧波產生器 301 產生各種諧波，其頻率為基本頻率的 3 倍以上的諧波的能量已經很小而可以忽略，且不會影響到其後級電路的輸入或輸出，就本案而言，後級電路為該諧波抑制器 302 與該振盪器 303。

該諧波抑制電路 3022 包含一第一電晶體 M_5 、一第二電晶體 M_6 、一第一電容 C_{c1} 、一第二電容 C_{c2} 、一電阻 R_{b1} 、一電阻 R_{b2} 。該第一電晶體 M_5 具有一第一閘極 G_5 、一第一汲極 D_5 、及一第一源極 S_5 ，該第二電晶體 M_6 具有一第一閘極 G_6 、一第一汲極 D_6 、及一第一源極 S_6 。該第一電容 C_{c1} 包含一第一端點 P_9 及一第三端點 P_{11} ，該第二電容 C_{c2} 包含一第二端點 P_{10} 及一第四端點 P_{12} 。

該電阻 Rb1 包含端點 P₁₃ 及 P₁₅，該電阻 Rb2 包含端點 P₁₄ 及 P₁₆。

該第一電晶體 M₅ 的該第一閘極 G₅ 與該第二電容 Cc2 的該第二端點 P₁₀、及該電阻 Rb1 的端點 P₁₃ 連接，該第二電晶體 M₆ 的該第二閘極 G₆ 與該第一電容 Cc1 的該第一端點 P₉、及該電阻 Rb2 的端點 P₁₄ 連接。該第二電容 Cg1 包含端點 P₁₇，端點 P₁₇ 與該第一電感 Ld1 的該第三端點 P₃、該第一電容 Cc1 的該第三端點 P₁₁、該第一電晶體 M₅ 的該第一源極 S₅ 連接。該第二電容 Cg2 包含端點 P₁₈，端點 P₁₈ 與該第二電感 Ld2 的該第四端點 P₄、該第二電容 Cc2 的該第四端點 P₁₂、該第二電晶體 M₆ 的該第二源極 S₆ 連接。該電阻 Rb1 的端點 P₁₅ 與該電阻 Rb2 的端點 P₁₆ 連接到電壓 Vdd2，該電阻 Rb1 作為偏壓電阻，對該第一電晶體 M₅ 做偏壓，該電阻 Rb2 作為偏壓電阻，對該第二電晶體 M₆ 做偏壓。該諧波抑制電路用以抑制該偶次諧波。

該振盪器 303 包含一電晶體 M₁、一電晶體 M₂、一電感 Ls1、一電感 Ls2、及一偏壓電流源 3031。該電感 Ls1 包含端點 P₁₉ 及端點 P₂₁，該電感 Ls2 包含端點 P₂₀ 及端點 P₂₂。該電晶體 M₁ 的閘極 G₁ 與該電晶體 M₂ 的汲極 D₂、及該電感 Ls2 的端點 P₂₀ 連接，該電晶體 M₂ 的閘極 G₂ 與該電晶體 M₁ 的汲極 D₁、及該電感 Ls2 的端點 P₁₉ 連接，該電晶體 M₁ 的源極 S₁ 與該電晶體 M₂ 的源極 S₂ 共接至該偏壓電流源 3031，該電感 Ls1 的端點 P₂₁ 與該電感 Ls2

的端點 P_{22} 共連接至 V_{dd1} 。本案的電晶體為雙載子電晶體及場效應電晶體的其中之一皆可適用。

在第三圖(b)中，該倍頻裝置 30 不需要該振盪器 303 亦可產生三倍該基本頻率 f_0 的振盪信號，該諧波產生器 301 與該諧波抑制器 302 形成第二種倍頻裝置。

在第三圖(b)中，該正相差動信號 V_{in+} 輸入該第一電晶體 M_3 ，該反相差動信號 V_{in-} 輸入該第二電晶體 M_4 ，將該第一電晶體 M_3 及該第二電晶體 M_4 偏壓在適當的偏壓點來產生數倍頻的諧波。在該諧波產生器 301 的設計上，本案較佳實施例的目的是產生最大的三倍該基本頻率 f_0 的電流，以下簡稱為三倍頻電流，在諧波產生器 301 這一級的輸出阻抗亦納入考量，將該第一電晶體 M_3 與該第二電晶體 M_4 偏壓在非線性區輸出電流最大的地方，可產生最大的三倍頻電流。

請參閱第四圖，其為本案第一實施例根據第三圖(b)的輸入電壓與三倍頻電流的關係圖。在第四圖中，一輸入電壓 V_{gs3} 、一輸入電壓 V_{gs4} 、該第一電感 L_{d1} 的電感值、及該第二電感 L_{d2} 的電感值與三倍頻電流的關係可從圖中得知。由第四圖中可以看出最佳的三倍頻電流是在該第一電感 L_{d1} 的電感值及該第二電感 L_{d2} 的電感值皆為 200pH 的時候，且電壓 V_{gs3} 與電壓 V_{gs4} 皆為 0.6 伏特的時候。

將該第一電晶體 M_3 與該第二電晶體 M_4 偏壓在產生最大三倍頻電流偏壓 V_{gs-max} 之後，接下來考慮輸出阻

抗的問題。由阻抗理論(out of band impedance)可得知，當輸出阻抗對於一倍該基本頻率 f_0 、二倍該基本頻率 f_0 、及三倍該基本頻率 f_0 分別是短路、短路、及開路時，可以得到最大的三倍頻電流，而可以達到此頻率響應的元件則是電感，因此在第四圖中是利用輸入電壓為最大三倍頻電流偏壓 $V_{gs-max} = 0.6$ 伏特、該第一電感 L_{d1} 的電感值 = 200pH、及該第二電感 L_{d2} 的電感值 = 200pH 來獲得最大三倍頻電流。

請參閱第五圖(a)，其為本案第一實施例諧波抑制電路抑制偶次諧波的示意圖。在源極 S_5 處的偶次諧波 $EW1$ 與在源極 S_6 處的偶次諧波 $EW2$ 是同相的，所以對該第一電晶體 M_5 來說，在閘極 G_5 的偶次諧波交流電壓準位與源極 S_5 的電壓準位在任何一個時間點皆相同，也就是說輸入該第一電晶體 M_5 的偶次諧波交流輸入電壓 $V_{gs5}=0$ ，偶次諧波在汲極 D_5 的輸出也就為 0，對該第二電晶體 M_6 來說，在閘極 G_6 的電壓準位與源極 S_6 的電壓準位在任何一個時間點皆相同，也就是說輸入該第二電晶體 M_6 的輸入電壓 $V_{gs6}=0$ ，偶次諧波在汲極 D_6 的輸出也就為 0，因此可達到抑制偶次諧波的效果。

同理，該諧波抑制電路 3022 對於具有奇數倍該基本頻率 f_0 的奇次諧波則有振幅增加的效果，同時使一次諧波與三次諧波的電流增加。三次諧波的電流增加是本案所需要的，但是一次諧波的電流則是本案不需要的，因此必須有適當的方法將一次諧波的電流做適當的

處理。

在該第一電晶體 M_3 與該第二電晶體 M_4 工作時，以具有該基本頻率 f_0 的一次諧波所產生的電流為最大，如果可以將該一次諧波在注入該振盪器 303 之前預先做處理，使該一次諧波的電流降低，同時使三倍頻電流能夠完全注入該振盪器中 303，必能獲得較好的注入效果。因此，本案較佳的實施例是利用該帶拒濾波器 30211 及該帶拒濾波器 30212 達到過濾該一次諧波的功效。

請參閱第五圖 (b)，其為本案第一實施例帶拒濾波器的電路圖。在第五圖 (b) 中，該第一電容 C_{p2} 與電感 L_{p2} 並聯而形成在三倍該基本頻率 f_0 的高阻抗，然後再與電容 C_{g2} 串聯形成在基本頻率 f_0 的低阻抗，若以基本頻率 f_0 為 20GHz，則三倍該基本頻率 f_0 為 60GHz。 C_g 、 C_p 、及 L_p 分別代表電容 C_{g2} 的電容值、該第一電容 C_{p2} 的電容值、及電感 L_{p2} 的電感值，從 C_{g2} 看進去對地的輸入阻抗推導如下：

$$Z_{in} = \frac{1}{sC_g} + \frac{sL_p * \frac{1}{sC_p}}{sL_p + \frac{1}{sC_p}} = \frac{1}{sC_g} + \frac{sL_p}{1 + s^2 L_p C_p} = \frac{1 + s^2 L_p (C_p + C_g)}{s(1 + s^2 L_p C_p) C_g}$$

設計上將電容值 C_g 、電容值 C_p 、及電感值 L_p 所形成的等效阻抗設計成對 20GHz 的基本頻率 f_0 是低阻抗，這樣一次諧波的電流就可以洩流到地。而對於 60GHz 而言，將電容 C_p 與電感 L_p 並聯所形成的等效電路設計成對 60GHz，三倍該基本頻率 f_0 是高阻抗，則可以防止

三倍頻電流洩流到地。

由共振頻率的公式可得知：

$$20\text{GHz} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_p(C_p+C_g)}}, 60\text{GHz} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_p C_p}} \Rightarrow \sqrt{\frac{C_p+C_g}{C_p}} = 3 \Rightarrow C_g = 8C_p$$

由以上的推導可知電容值 C_g 和電容值 C_p 為倍數關係，但是製程飄移也會對結果造成的一些影響，因此所選擇的電感值 L_p 也不能太小。由以上的考量就可以設計出一次諧波的洩流電路。同理該帶拒濾波器 30211 亦使用相同的設計方法來設計。

在第三圖 (b) 中，在閘極 G_2 與源極 S_2 之間會有寄生電容 C_{gs2} 形成，在閘極 G_1 與源極 S_1 之間會有寄生電容 C_{gs1} 形成，電感 L_{s1} 與寄生電容 C_{gs2} 、及電感 L_{s2} 與寄生電容 C_{gs1} 形成一個具有頻率選擇功能的電感電容共振電路 (LC Tank)，而從汲極 D_1 與汲極 D_2 之間對地所形成的等效電路為阻抗值 $-2/g_m$ 的負阻抗，該負阻抗可用來補償該 LC Tank 共振電路所造成振盪頻率的損耗。為了量測該倍頻裝置 30 的振盪頻率，該倍頻裝置 30 需加入緩衝電路以利量測。

請參閱第五圖 (c)，其為本案第二實施例的倍頻裝置的電路圖。該倍頻裝置 50 包含一諧波產生器 301 及一諧波抑制器 302。該諧波產生器 301 接收具有該基本頻率 f_0 之輸入信號 S_D ，並產生電壓為 V_x 的諧波信號 S_H ，該諧波信號 S_H 包括該第一諧波信號分量 S_{HD1} 及該第二諧波信號分量 S_{HD2} ，該第一諧波信號分量 S_{HD1} 包括頻率為該基本頻率 f_0 的一次諧波與頻率為偶數倍該基本頻率

f_0 的偶次諧波，該第二諧波信號分量 S_{HD2} 包括頻率為三倍該基本頻率 f_0 的三次諧波。該諧波抑制器 302 包含一組濾波器 3021 及一諧波抑制電路 3022。該諧波抑制器 302 接收該諧波信號 S_H ，並輸出該第二諧波信號分量 S_{HD2} 。該第二諧波信號分量 S_{HD2} 包含具有該基本頻率 f_0 的三倍的三次諧波。在本案第二實施例中，三次諧波從該第一電晶體 G_5 的該第一級極 D_5 與該第二電晶體 G_6 的該第二級極 D_6 輸出。

請參閱第六圖，其為本案在第一實施例中量測振盪頻率的電路圖。該量測振盪頻率電路 60 包含一倍頻裝置 601、一量測電路 602、一量測電路 603、一差動信號平衡電路 604。該倍頻裝置 601 包含該諧波產生器 301、該諧波抑制器 302、及該振盪器 303。該振盪器 303 亦可以省略，一樣可以輸出三倍該基本頻率 f_0 的振盪頻率。該量測電路 602 包含一第一級緩衝器 6021、一電晶體 M_{11} 作為第二級緩衝器、一低阻抗電路 6022、及一偏壓電路 6023，該量測電路 603 包含一第一級緩衝器 6031、一電晶體 M_{12} 作為第二級緩衝器、一低阻抗電路 6032、及一偏壓電路 6033。該差動信號平衡電路 604 包含一信號平衡器 6041 及複數個電晶體、複數個電阻、複數個電容。

該倍頻裝置 601 與本案倍頻裝置 30 的差別在於所輸入的該正相差動信號 V_{in+} 與該反相差動信號 V_{in-} 是藉由該信號平衡器 6041 所產生，該基本頻率 f_0 約

19GHz~22GHz 輸入該信號平衡器 6041 後，由該信號平衡器 6041 產生該正相差動信號 V_{in+} 與該反相差動信號 V_{in-} 。兩個電容值 1.6pF 的電容用來交流耦合該正相差動信號 V_{in+} 與該反相差動信號 V_{in-} ，容值 0.4pF 的電容用來交流耦合接地，兩個阻值 50 歐姆的電阻用來做為輸入阻抗的匹配，兩個阻值 5k 歐姆的電阻用來偏壓該第一電晶體 M_3 與該第二電晶體 M_4 至電壓 V_{b1} ，該電晶體 M_{17} 與該電晶體 M_{18} 用來作為靜電防護，以防止靜電對該倍頻裝置 601 的擊穿。

在第六圖中，該第一級緩衝器 6021 包含一電晶體 M_9 、一電感 L_{buf1} 、及一電阻 R_{buf1} 。在端點 V_{op} 及端點 V_{on} 處為三倍該基本頻率 f_0 的頻振盪頻率所輸出的地方，為了不使負載過大而影響振盪，本案量測電路 602 及量測電路 603 採用兩級的緩衝器，且所使用的電晶體尺寸亦較小。由於緩衝器直接與振盪器接在一起，所以緩衝器的輸入電容也要考慮，所以使用小尺寸的共源級放大器並且在共源放大器的源極 S_9 接一適當阻值的電阻 R_{buf1} 以免電流過大將電晶體 M_9 燒毀。該電感 L_{buf1} 的感抗即為該第一緩衝器 6021 的負載阻抗。汲極 D_9 連接至電晶體 M_{11} 的閘極 G_{11} ，該電晶體 M_{11} 作為源極追隨器，亦作為第二級緩衝器，其具有將振盪信號放大的功能，該源極追隨器在源極 s_{11} 輸出振盪信號，該源極追隨器的輸出阻抗較低，可與該低阻抗電路 6022 的等效阻抗相匹配。

該低阻抗電路 6022 用來模擬探棒接觸第二級緩衝器的輸出點，探棒的等效阻抗約為 50 歐姆。該偏壓電路 6023 為一電流鏡，該電流鏡提供偏壓電流給電晶體 M_{11} 。同理，該第一級緩衝器 6031 包含一電晶體 M_{10} 、一電感 L_{buf2} 、及一電阻 R_{buf2} 。該低阻抗電路 6032 用來模擬探棒接觸第二級緩衝器的輸出點，探棒的等效阻抗約為 50 歐姆。該偏壓電路 6033 為一電流鏡，該電流鏡提供偏壓電流給電晶體 M_{12} 。

請參閱第七圖(a)，其為本案第一實施例諧波的頻率與電流大小關係圖。橫軸代表頻率，左邊的縱軸代表二次諧波與三次諧波的電流，右邊的縱軸代表一次諧波的電流。兩條短線所構成的虛線連成的曲線代表一次諧波的關係曲線，一長一短線所連成的曲線代表二次諧波的關係曲線，實線代表三次諧波的關係曲線。

由第七圖(a)中可知，二次諧波的電流被壓制到約 350 微安培，一次諧波的電流在基本頻率 f_0 為 20GHz 時約為 5.05 毫安培，三次諧波的電流在三倍該基本頻率 f_0 為 60GHz 時約為 800 微安培。

請參閱第七圖(b)，其為本案第一實施例諧波的頻率與損耗電流關係圖。橫軸代表頻率，左邊縱軸代表二次諧波與三次諧波的損耗電流，右邊的縱軸代表一次諧波的損耗電流。

由第七圖(b)中可知，一次諧波的損耗電流在該基本頻率 f_0 為 20GHz 時為高損耗，這是因為該帶拒濾波

器 30212 在 20GHz 時為低阻抗，使一次諧波的電流流至地，此可改善諧波排斥率 HRR。二次諧波的損耗電流也很高，而三次諧波的損耗電流與在第四圖中三次諧波的電流幾乎相等，代表三次諧波的損耗電流完全用在輸出三次諧波的電流上。

請參閱第七圖(c)，其為本案第一實施例注入振盪器的各諧波電流與頻率關係圖。橫軸代表頻率，縱軸代表注入該振盪器 303 的諧波電流大小。由第七圖(c)可知，注入該振盪器 303 的二次諧波的電流被抑制到 200 微安培以下，注入該振盪器 303 的一次諧波的電流被抑制在 600 為安培以下，而注入該振盪器 303 的三次諧波的電流約為 1300 微安培，代表三次諧波的電流完全注入該振盪器 303。

請參閱第七圖(d)，其為本案第一實施例諧波的功率示意圖。橫軸代表諧波的頻率，縱軸代表諧波的輸出功率。該一次諧波、該二次諧波、及該三次諧波的功率分別為 m_01 、 m_02 、及 m_03 。由第七圖(d)可知，該三次諧波的功率在 60GHz 時可達到 0dBm。

請參閱第七圖(e)，其為本案第一實施例的諧波排斥率的示意圖。橫軸代表鎖定頻率，縱軸代表諧波排斥率。由第七圖(e)可知，在振盪頻率為 60GHz 時，諧波排斥率都在 30dB 以上。

請參閱第七圖(f)，其為本案第一實施例的振盪器與緩衝器的輸出功率的示意圖。橫軸代表鎖定頻率，縱

軸代表功率。實心正方形代表該振盪器 303 的輸出功率，實心圓形代表第二級緩衝器的輸出功率。由第七圖 (f) 可知，在鎖定頻率為 59~60GHz 時，該振盪器 303 的輸出功率為最大，該緩衝器的輸出功率亦為最大。

請參閱第七圖 (g)，其為本案第一實施例的信號平衡器輸出相位與頻率關係圖。橫軸代表輸入該信號平衡器 6041 的頻率，縱軸代表該正相差動信號 V_{in+} 與該反相差動信號 V_{in-} 的相位差。為了抑制偶次諧波，該正相差動信號 V_{in+} 與該反相差動信號 V_{in-} 的相位差應隨時保持在 180 度的相位差。由第七圖 (g) 中可知，在輸入頻率為 20GHz 時，該正相差動信號 V_{in+} 與該反相差動信號 V_{in-} 的相位差約為 182 度。

請參閱第八圖 (a)，其為本案第一實施例倍頻裝置 30 的操作流程圖。本案倍頻裝置 30 的操作方法包含下列步驟：步驟 S801：將一基頻信號輸入該倍頻裝置 301 而產生一一次諧波、一偶次諧波、及一三次諧波。步驟 S802：抑制該一次諧波與該偶次諧波。步驟 S803：將該三次諧波注入一振盪器 303，以鎖定一振盪頻率 f_c 。本案倍頻裝置 30 的操作方法還包含下列步驟：使該振盪器起振。

請參閱第八圖 (b)，其為本案第二實施例的倍頻裝置的操作流程圖。在第三圖 (b) 中，本案另一種倍頻裝置是該倍頻裝置 30 省略了該振盪器 303。另一種倍頻裝置的操作方法包含下列步驟：步驟 S811：將一基頻

信號輸入該倍頻裝置 301 而產生一一次諧波、一偶次諧波、及一三次諧波。步驟 S812：抑制該一次諧波與該偶次諧波。步驟 S813：輸出該三次諧波。

綜上所述，本案藉由諧波抑制器來抑制一次諧波與偶次諧波，並加強三次諧波，以達到輸出品質較佳的振盪信號。本發明的說明與實施例已揭露於上，然其非用來限制本發明，凡習知此技藝者，在不脫離本本發明的精神與範圍之下，當可做各種更動與修飾，其仍應屬在本發明專利的涵蓋範圍之內。

【圖式簡單說明】

第一圖：習知雙推式振盪器信號的示意圖；

第二圖(a)：習知雙推式振盪器的電路圖；

第二圖(b)：習知注入鎖住式倍頻器的電路圖；

第三圖(a)：本案第一實施例的倍頻裝置的示意圖；

第三圖(b)：本案第一實施例的倍頻裝置的電路圖；

第四圖：本案根據第三圖(b)的輸入電壓與三倍頻電流的關係圖；

第五圖(a)：本案第一實施例的諧波抑制電路抑制偶次諧波的示意圖；

第五圖(b)：本案第一實施例的帶拒濾波器的電路圖；

第五圖(c)：本案第二實施例的倍頻裝置的電路圖；

第六圖：本案第一實施例的量測振盪頻率的電路圖；

第七圖(a)：本案第一實施例的諧波的頻率與電流大小關係圖；

第七圖(b)：本案第一實施例的諧波的頻率與損耗電流關係圖；

第七圖(c)：本案第一實施例的注入振盪器的各諧波電流與頻率關係圖；

第七圖(d)：本案第一實施例的諧波的功率示意圖；

第七圖(e)：本案第一實施例的諧波排斥率的示意圖；

第七圖(f)：本案第一實施例的振盪器與緩衝器的輸出功率的示意圖；

第七圖(g)：本案第一實施例的信號平衡器輸出相位與頻率關係圖；

第八圖(a)：本案第一實施例倍頻裝置的操作流程圖；
及

第八圖(b)：本案第二實施例的倍頻裝置的操作流程圖。

【主要元件符號說明】

201, 202, 211, 212, $M_1, M_2, M_7 \sim M_{18}$ ：電晶體

A, B, C, D, $P_1 \sim P_{22}$, V_{op} , V_{on} ：端點

203, 204, $L_{s1}, L_{s2}, L_{p1}, L_{p2}, L_{buf1}, L_{buf2}$ ：電感

$R_b, R_{b1}, R_{b2}, R_{buf1}, R_{buf2}$ ：電阻

205, 215, 3031：電流源

206：導線

213, 214：緩衝器

$in+, in-$ ：輸入端

$out+, out-$ ：輸出端

- S₁ : 第一基頻信號
S₂ : 第二基頻信號
S₃ : 兩倍頻信號
f₀₁ : 第一基本頻率
f₀₂ : 第二基本頻率
2f₀₁ : 二倍基本頻率
S_{D1} : 輸入信號
S_H : 諧波信號
S_{HD2} : 第一諧波信號分量
S_{HD3} : 第二諧波信號分量
S_{inj} : 注入信號
3f₁ , 3f₂ : 三倍基本頻率
f, f₀ : 基本頻率
3f, 3f₀ : 三倍基本頻率
f_c : 振盪頻率
V_{in} : 差動電壓
V_{inj} : 注入電壓
V_x : 電壓
30, 601 : 倍頻裝置
301 : 諧波產生器
302 : 諧波抑制器
303 : 振盪器
3021 : 一組濾波器
3022 : 諧波抑制電路

30211, 30212 : 帶拒濾波器

M_3, M_5 : 第一電晶體

M_4, M_6 : 第二電晶體

Ld1 : 第一電感

Ld2 : 第二電感

$C_1, C_{p1}, C_{p2}, C_{c1}$: 第一電容

$C_2, C_{g1}, C_{g2}, C_{c2}$: 第二電容

$V_{gs3}, V_{gs4}, V_{gs5}, V_{gs6}$: 輸入電壓

V_{gs-max} : 最大三倍頻電流偏壓

V_{in+} : 非反相基頻信號

V_{in-} : 反相基頻信號

60 : 量測振盪頻率電路

602, 603 : 量測電路

604 : 差動信號平衡電路

6021, 6031 : 第一級緩衝器

6022, 6032 : 低阻抗電路

6023, 6033 : 偏壓電路

6041 : 信號平衡器

七、申請專利範圍：

1. 一種倍頻裝置，包含：

一諧波產生器，接收具有一基本頻率之輸入信號，並產生一諧波信號，該諧波信號包括一第一諧波信號分量及一第二諧波信號分量；

一諧波抑制器，接收該諧波信號，以抑制該第一諧波信號分量，並加強該第二諧波分量；及

一特定諧波應用裝置，接收加強後的該第二諧波信號分量。

2. 如申請專利範圍第 1 項所述的倍頻裝置，其中：

該第一諧波信號分量包括具有該基本頻率的一次諧波及具有該基本頻率的偶數倍的偶次諧波，該第二諧波信號分量包括具有該基本頻率的三倍的三次諧波；

該特定諧波應用裝置為一振盪器，該振盪器具有一振盪頻率，該振盪器被該三次諧波以注入的方式鎖定在該基本頻率的三倍；及

該諧波抑制器包含至少一濾波器及一諧波抑制電路，該濾波器為一帶拒濾波器，該帶拒濾波器包含一電感與一電容，該電感與該電容串聯。

3. 如申請專利範圍第 2 項所述的倍頻裝置，其中該帶拒濾波器包含一第一電容、一電感、及一第二電容，該第一電容與該電感並聯，而該第一電容與該電感並聯後的電路再與該第二電容串聯，該帶拒濾波器抑制該一次諧波。

4. 如申請專利範圍第 2 項所述的倍頻裝置，其中：

該諧波抑制電路包含複數個電晶體與複數個電容，該複數個電晶體為雙載子電晶體及場效應電晶體的其中之一；

該複數個電晶體包含一第一電晶體與一第二電晶體，該第一電晶體具有一第一閘極、一第一汲極、及一第一源極，而該第二電晶體具有一第二閘極、一第二汲極、及一第二源極；

該複數個電容包含一第一電容與一第二電容，該第一電容具有一第一端點與一第三端點，而該第二電容具有一第二端點與一第四端點；

該第一閘極與該第四端點連接，該第二閘極與該第三端點連接，該第一源極與該第一端點連接，而該第二源極與該第四端點連接；及

該諧波抑制電路抑制該偶次諧波。

5. 如申請專利範圍第 1 項所述的倍頻裝置，其中：

該諧波產生器為一差動電路；

該輸入信號包含一非反相基頻信號與一反相基頻信號；

該諧波產生器包含複數個電晶體、複數個電感、及複數個電容；

該複數個電晶體包含一第一電晶體與一第二電晶體，該第一電晶體具有一第一閘極、一第一汲極、及一第一源極，而該第二電晶體具有一第二閘極、一第二汲極、及一

第二源極；

該複數個電感包含一第一電感與一第二電感，該第一電感具有一第一端點與一第三端點，而該第二電感具有一第二端點與一第四端點；

該複數個電容包含一第一電容與一第二電容，該第一電容具有一第五端點與一第七端點，而該第二電容具有一第六端點與一第八端點；

該第一汲極與該第一端點連接，該第二汲極與該第二端點連接，該第一源極及該第二源極皆接地，該第五端點與該第一閘極連接，而該第六端點與該第二閘極連接；

該非反相基頻信號輸入該第七端點，而該反相基頻信號輸入該第八端點；及

該複數個電感加強該三次諧波。

6. 一種倍頻裝置，包含：

一諧波產生器，接收具有一基本頻率之輸入信號，並產生一諧波信號，該諧波信號包括一第一諧波信號分量及一第二諧波信號分量；及

一諧波抑制器，接收該諧波信號，以抑制該第一諧波信號分量，並輸出該第二諧波信號分量。

7. 如申請專利範圍第 6 項所述的倍頻裝置，其中：

該第一諧波信號分量包括具有該基本頻率的一次諧波及具有該基本頻率的偶數倍的偶次諧波，該第二諧波信號分量包括具有該基本頻率的三倍的三次諧波；

該倍頻裝置更包含至少一緩衝器，該緩衝器輸出該三

次諧波；

該諧波抑制器包含至少一濾波器及一諧波抑制電路；

該濾波器抑制該一次諧波；及

該諧波抑制電路抑制該偶次諧波。

8. 一種倍頻裝置的操作方法，該方法包含下列步驟：

(a) 將一基頻信號輸入該倍頻裝置而產生一一次諧波、一偶次諧波、及一三次諧波；

(b) 抑制該一次諧波與該偶次諧波；及

(c) 將該三次諧波注入一振盪器，以鎖定一振盪頻率。

9. 如申請專利範圍第 9 項所述的方法還包含下列步驟：

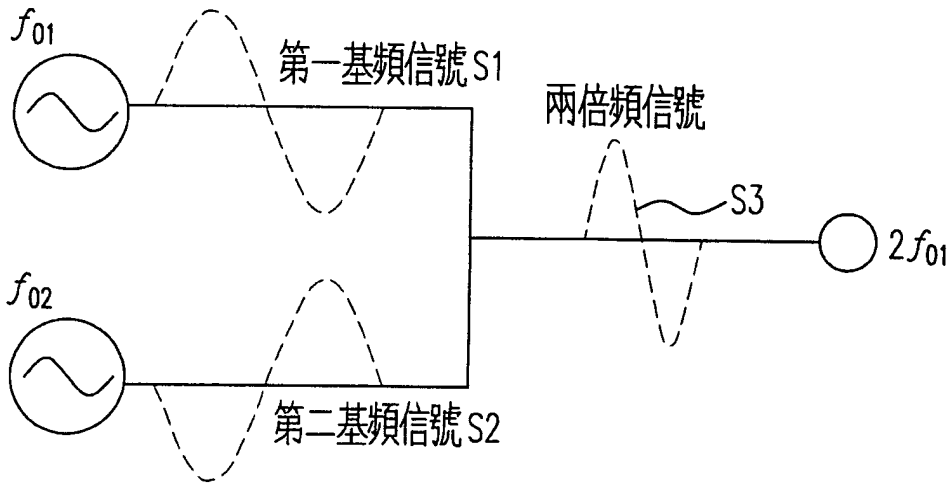
使該振盪器起振。

10. 一種倍頻裝置之操作方法，該方法包含下列步驟：

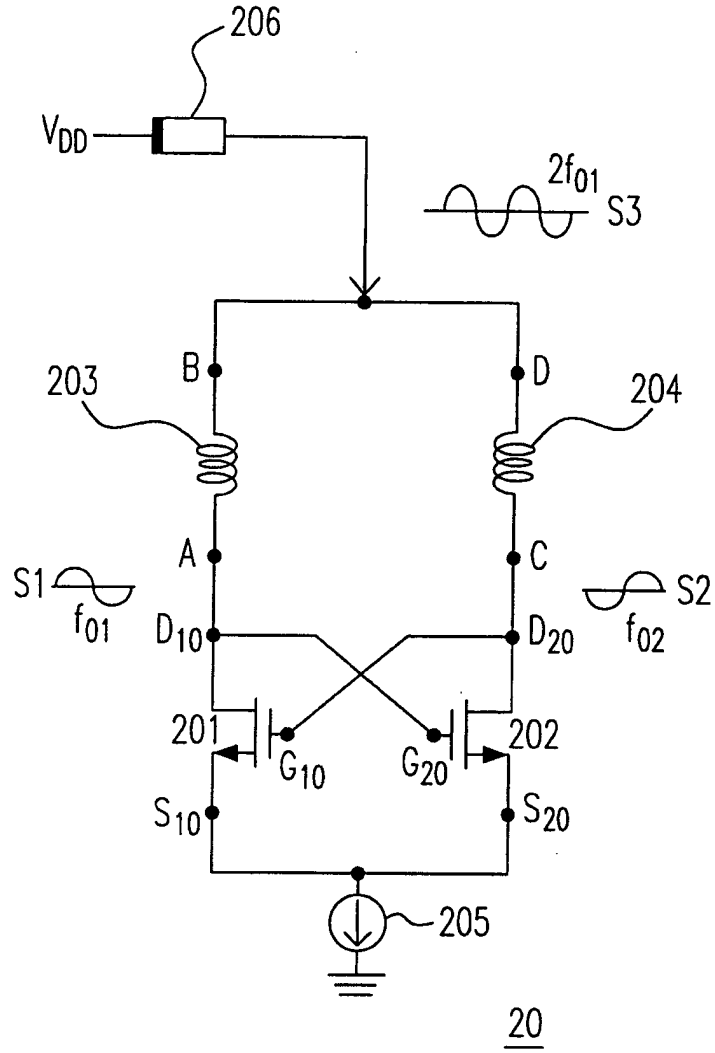
(a) 將一基頻信號輸入該倍頻裝置以產生一一次諧波、一偶次諧波、及一三次諧波；

(b) 抑制該一次諧波與該偶次諧波；及

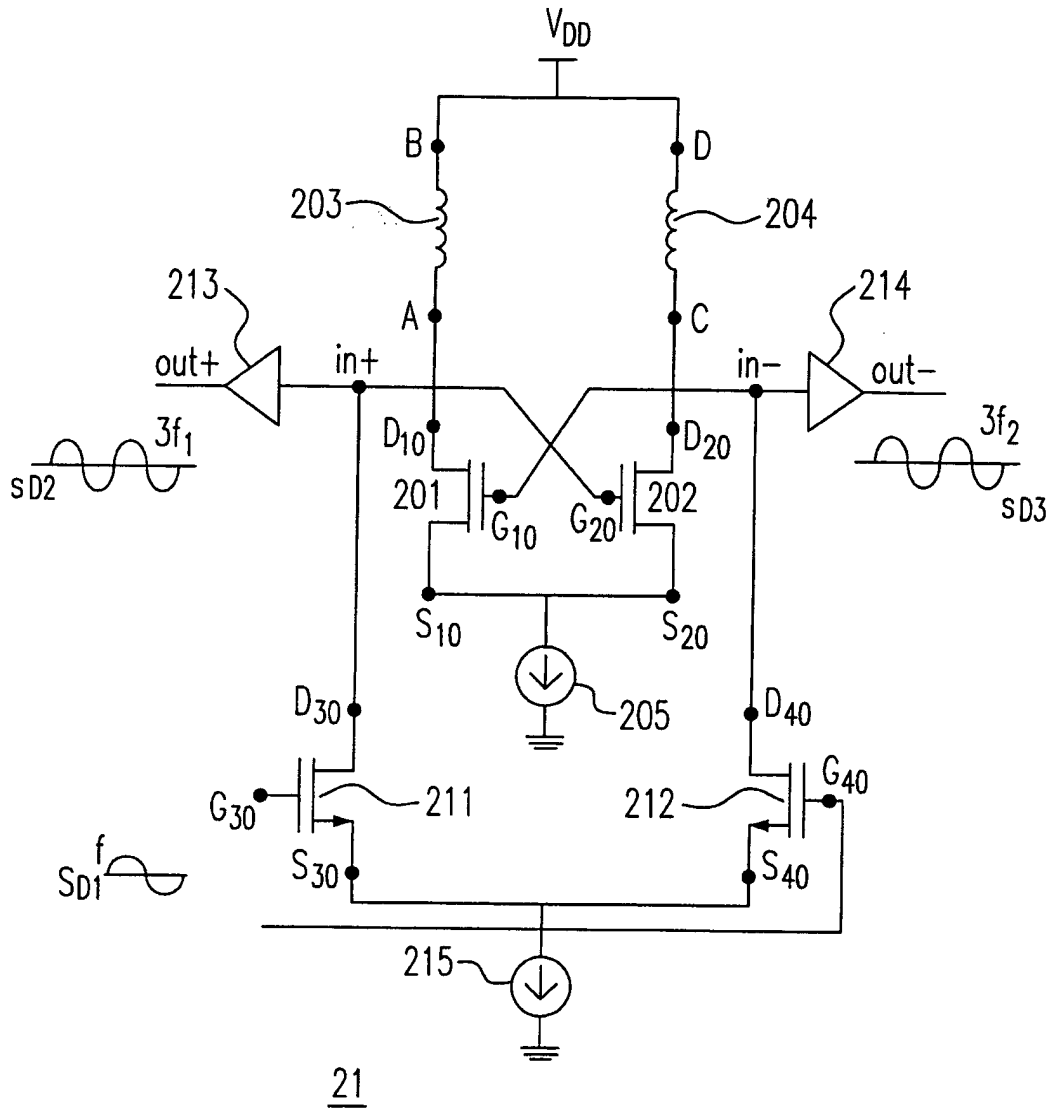
(c) 輸出該三次諧波。



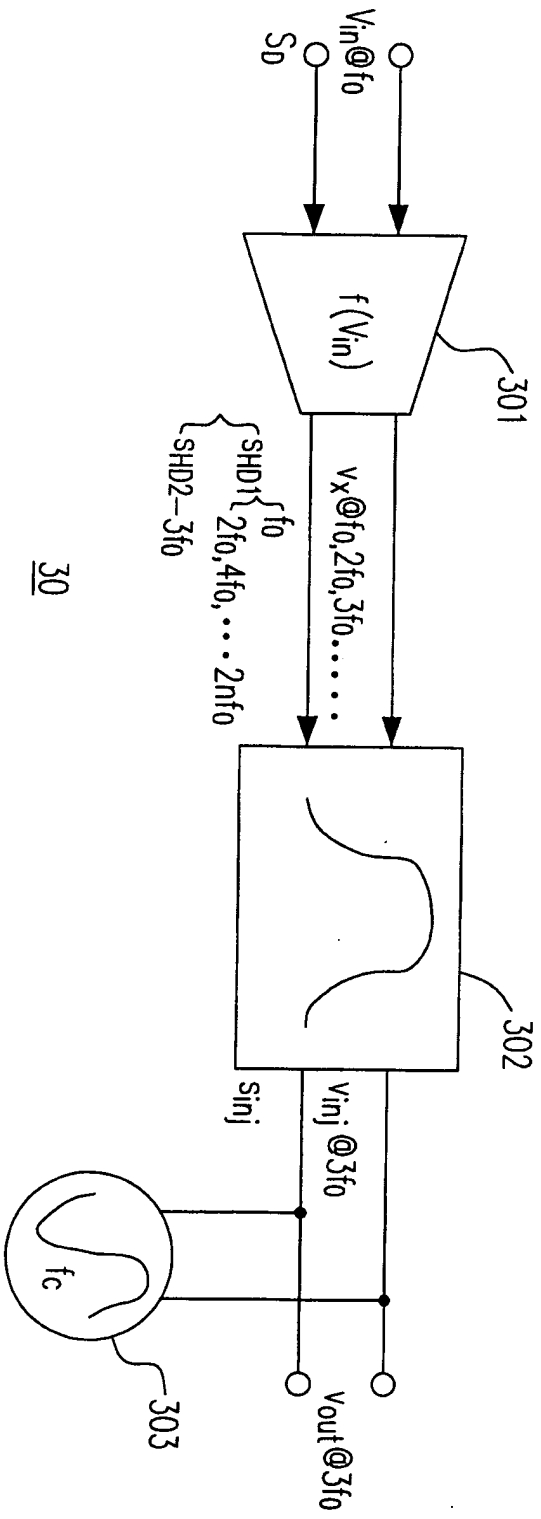
第一圖



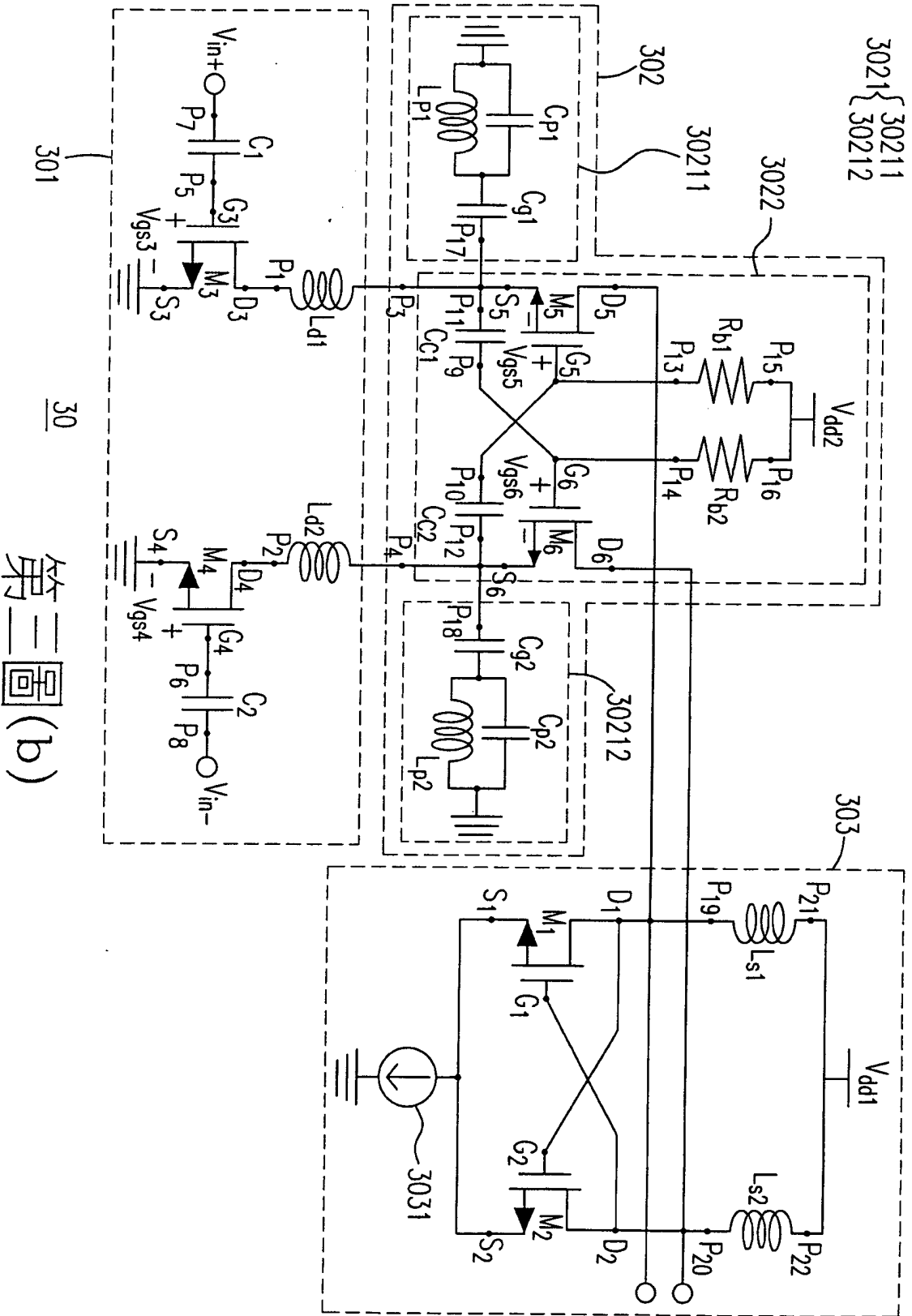
第二圖(a)



第二圖(b)



第三圖(a)



第三圖(b)

30

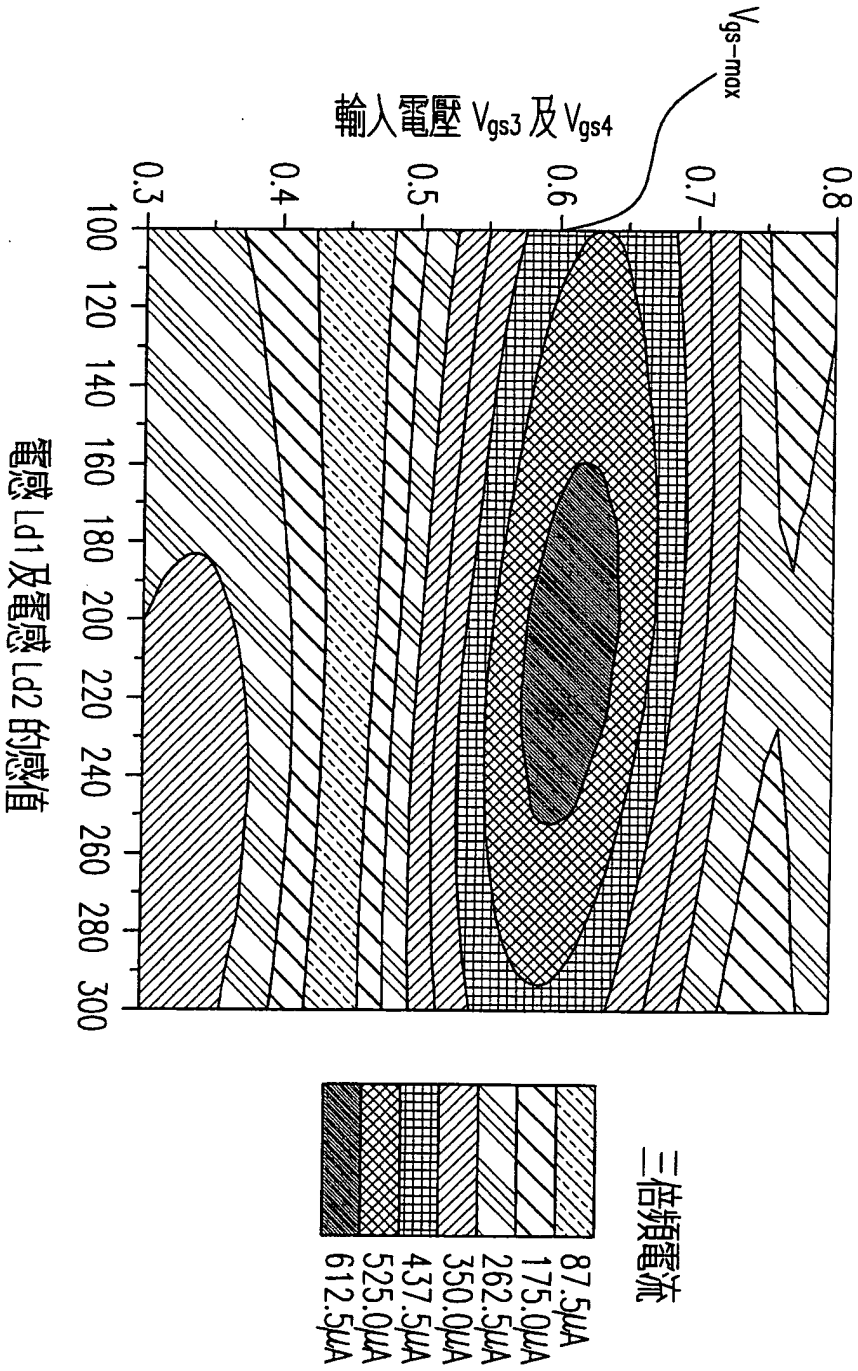
301

302 { 30211
30212

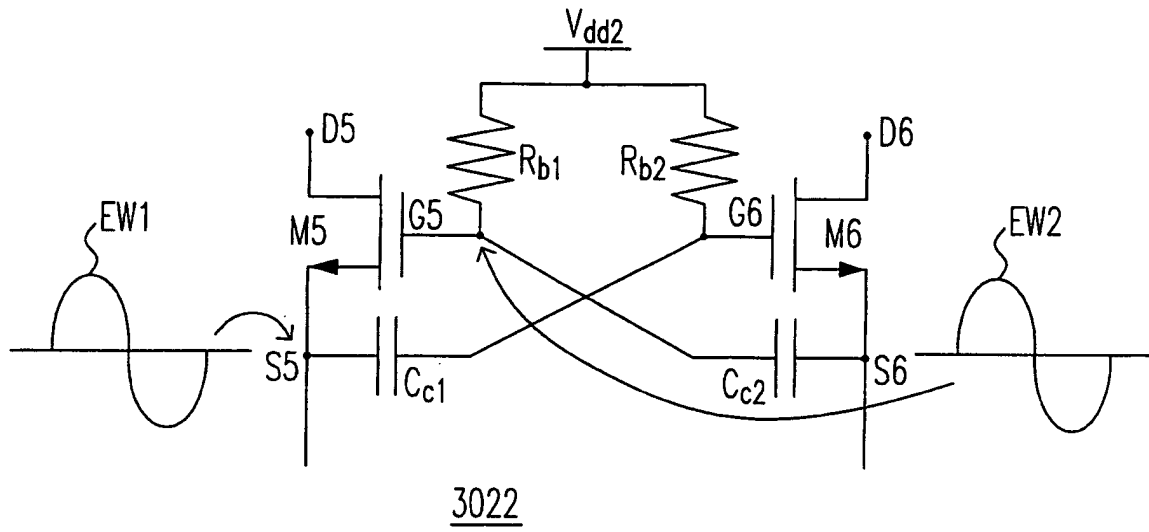
3022

303

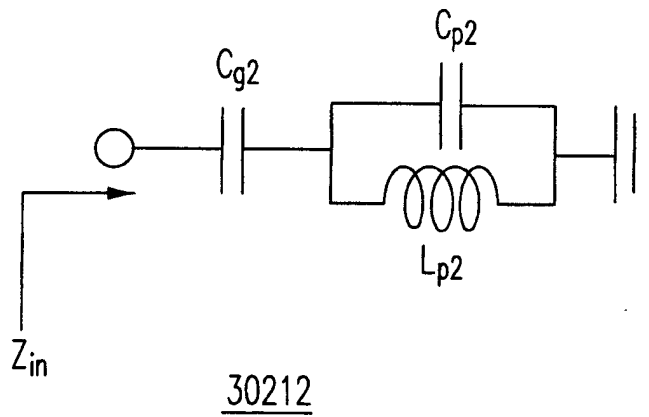
3031



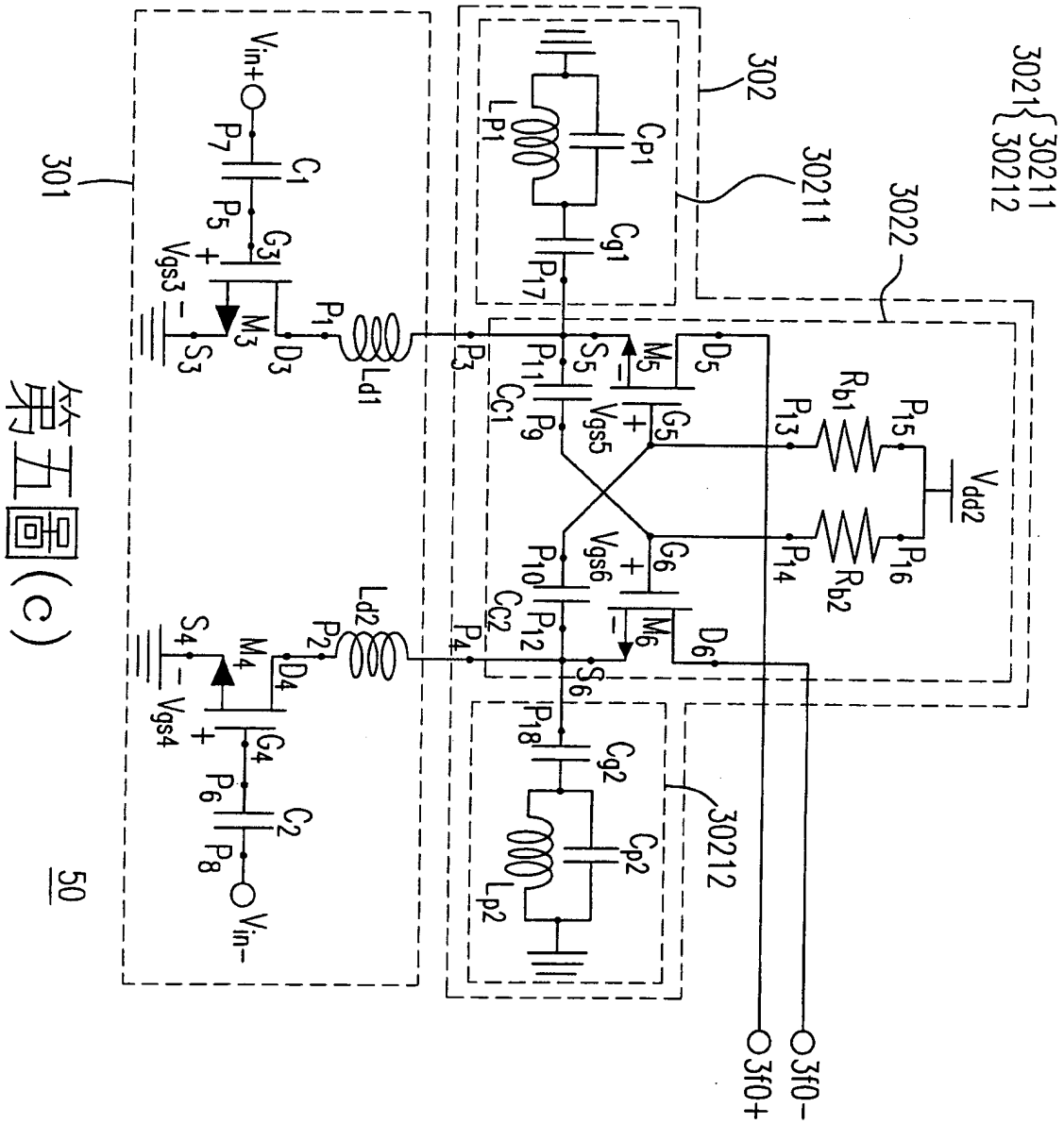
第四圖



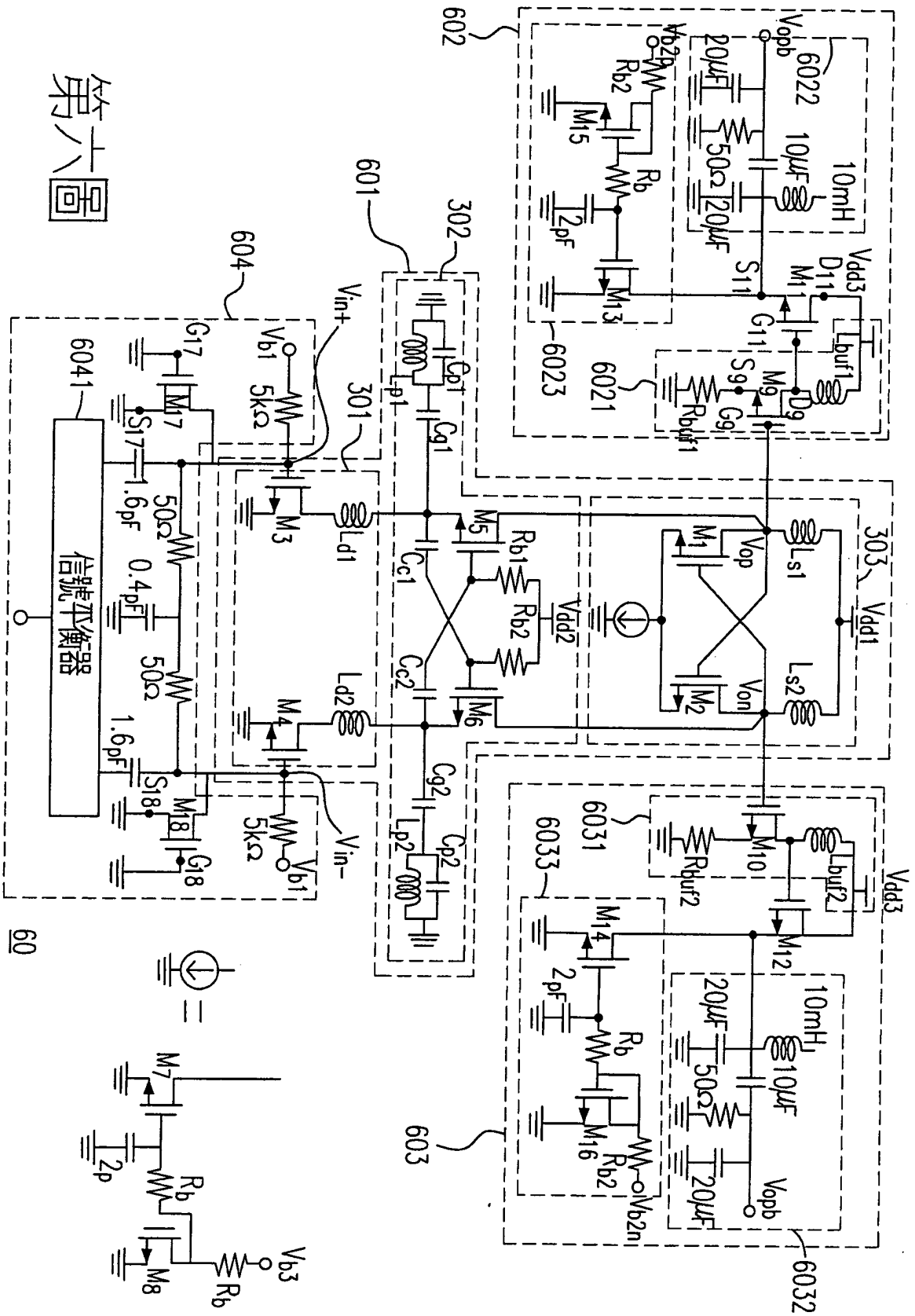
3022
第五圖(a)



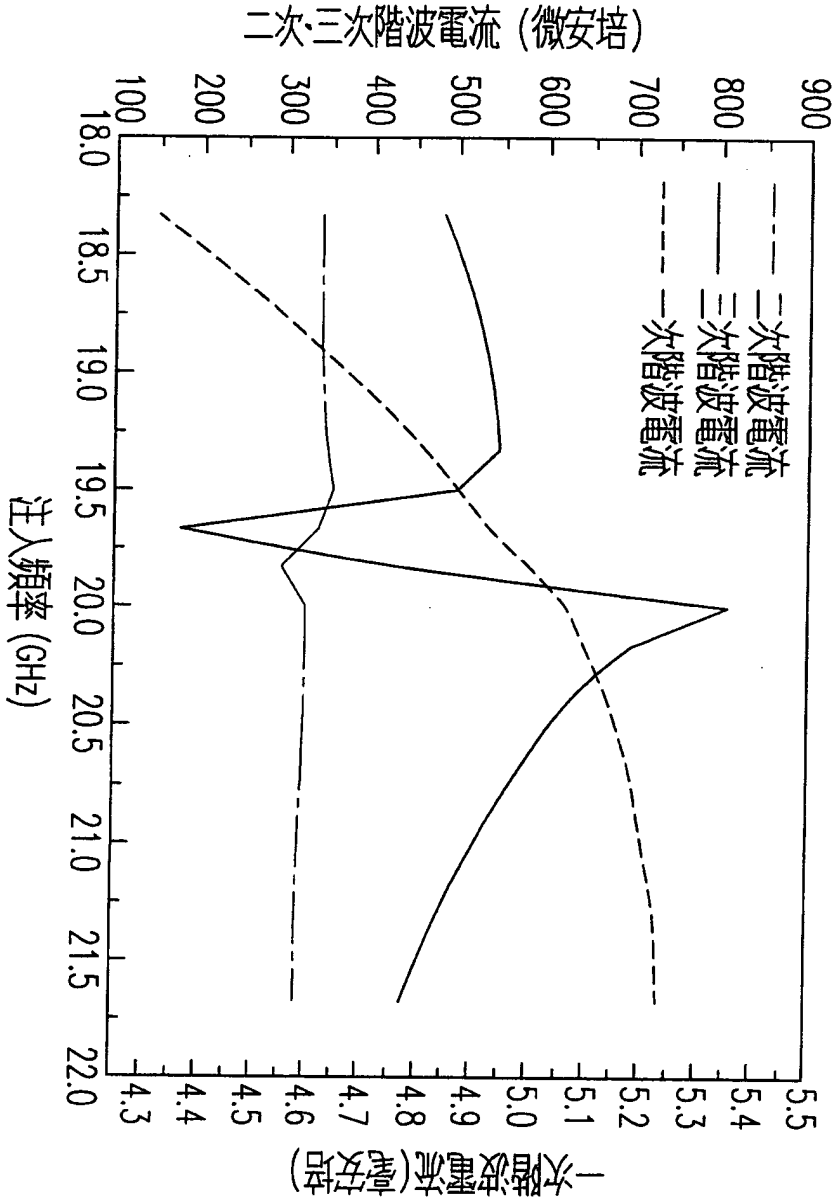
30212
第五圖(b)



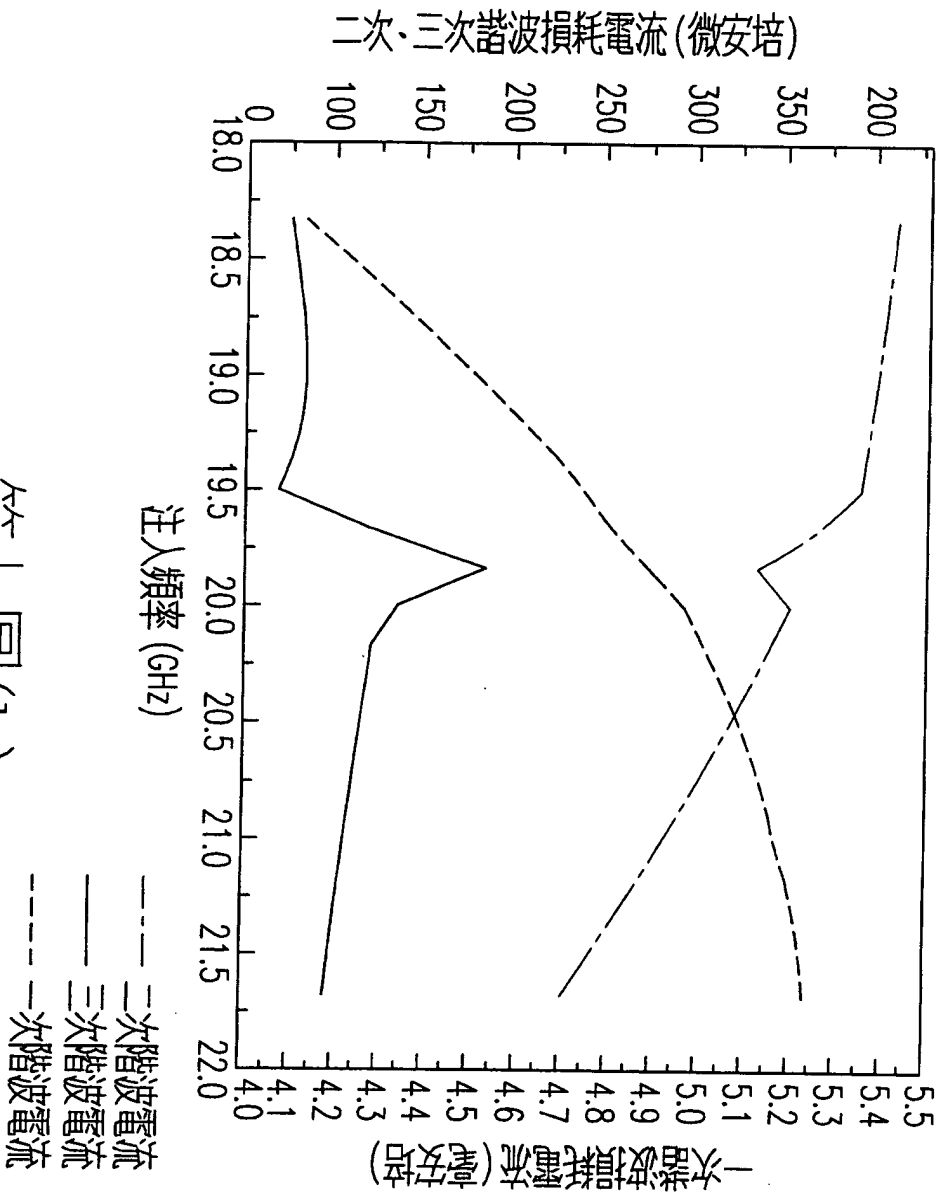
第五圖(c)



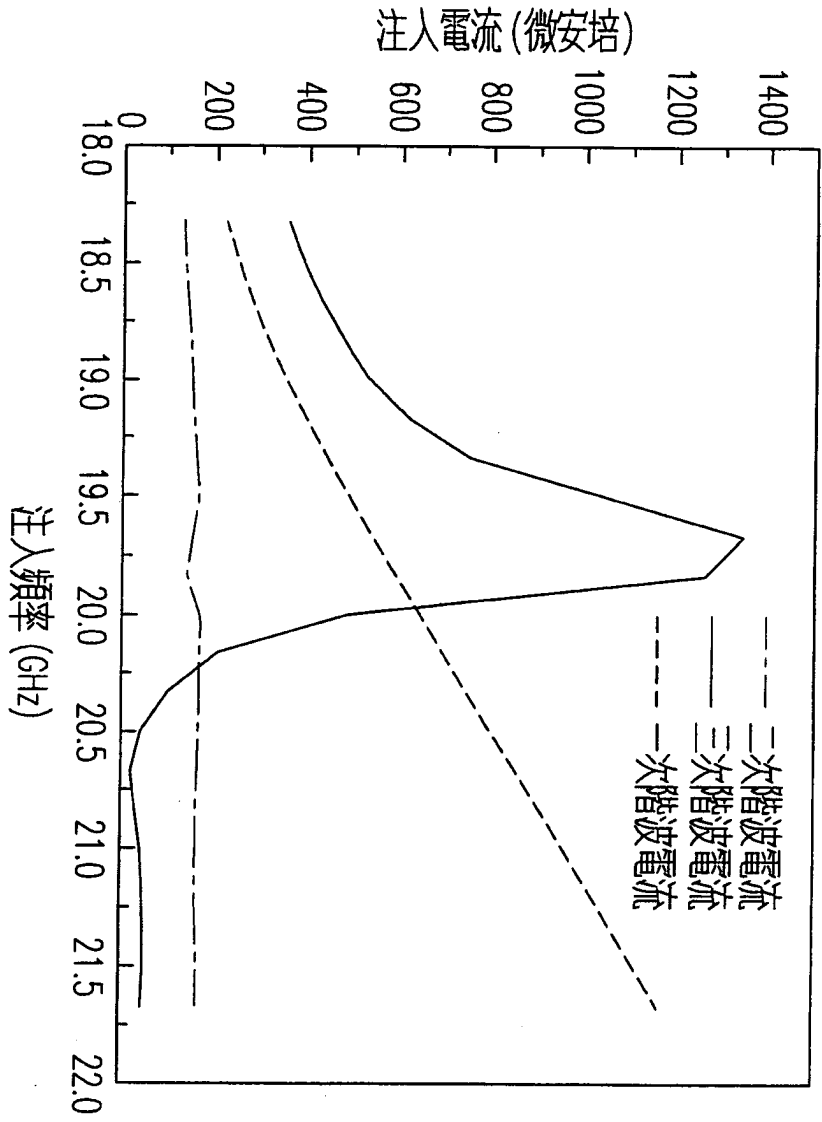
第六圖



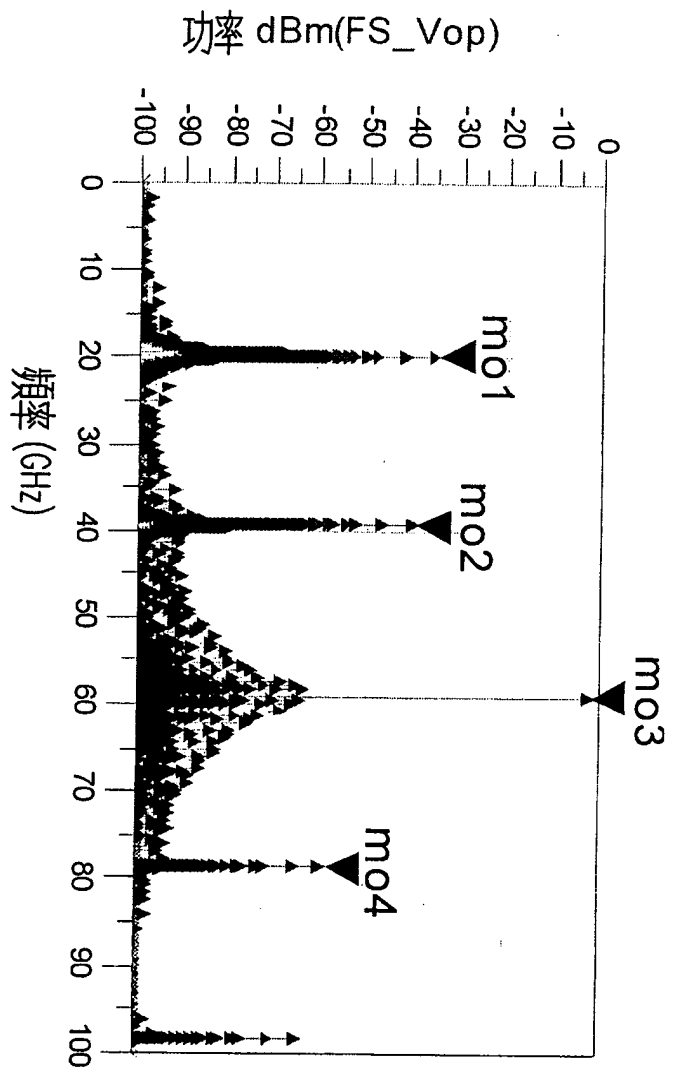
第七圖(a)



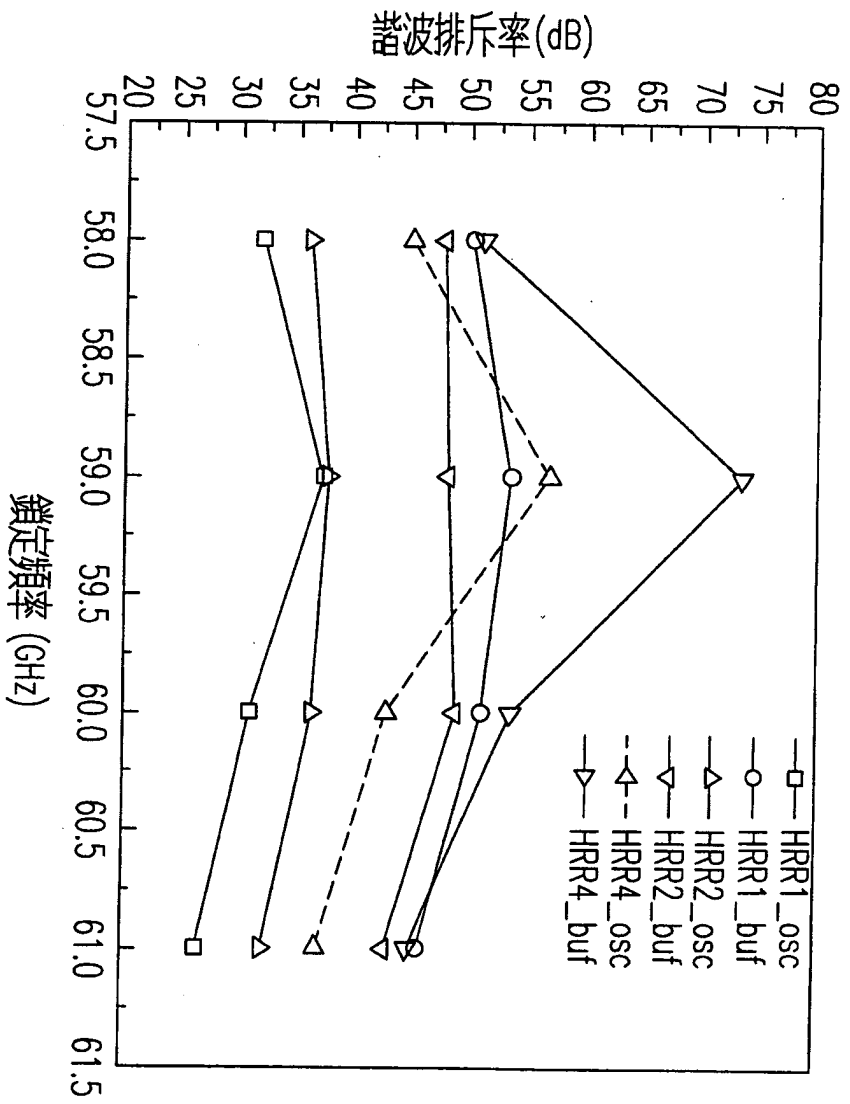
第七圖(b)



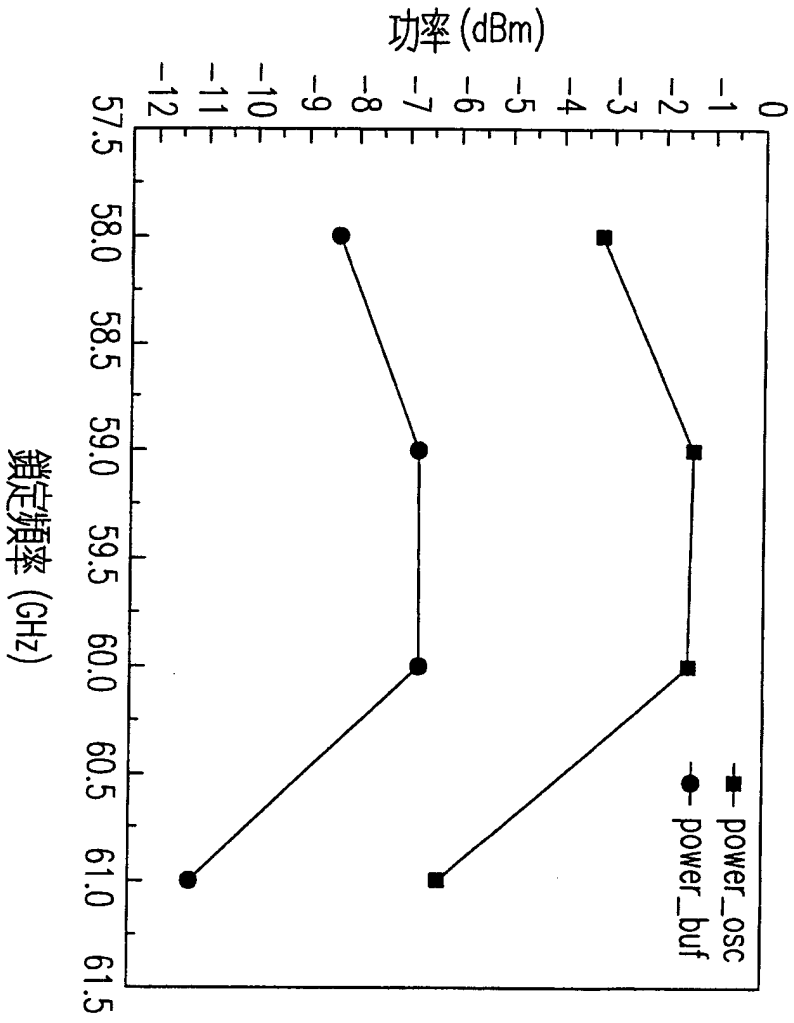
第七圖(c)



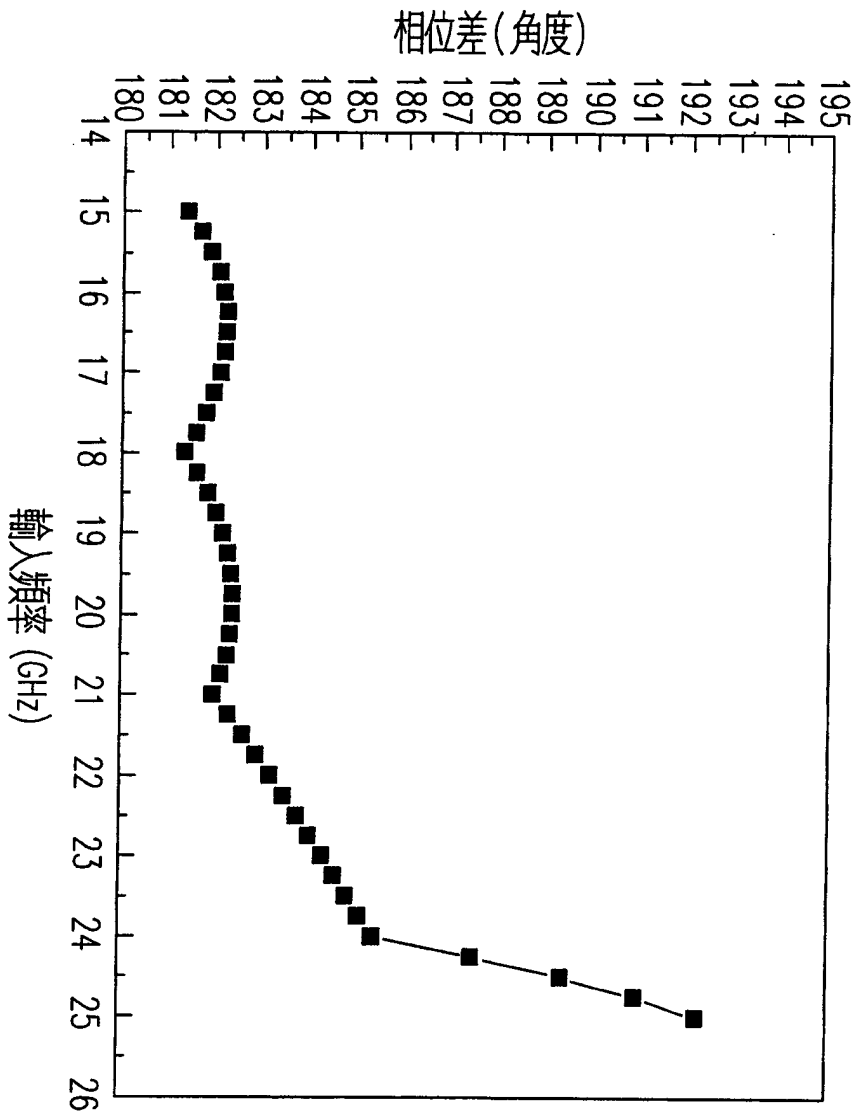
第七圖(d)



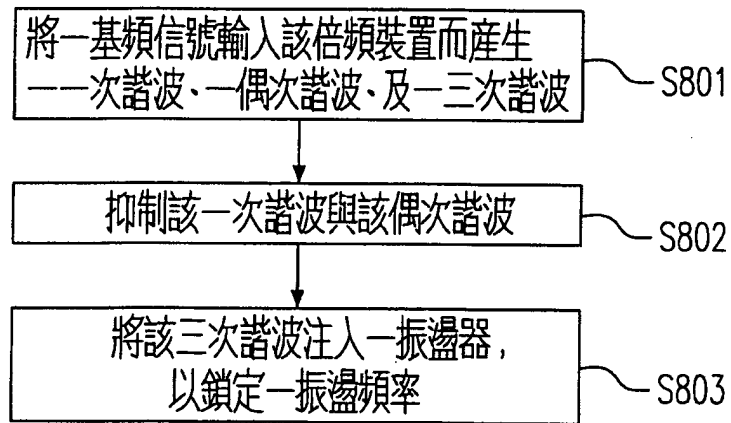
第七圖(e)



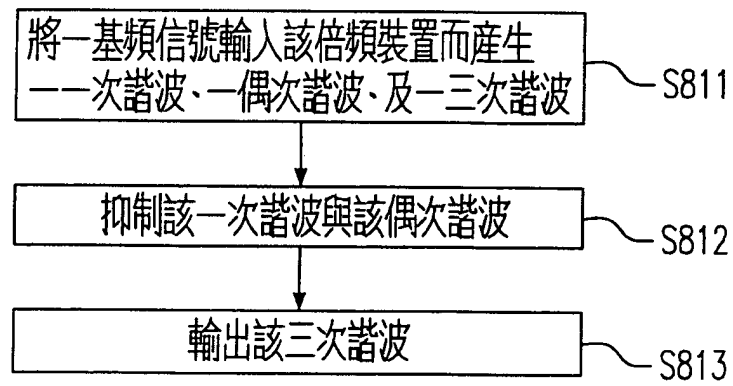
第七圖(f)



第七圖(g)



第八圖(a)



第八圖(b)