

公告本

95年9月21日修(更)正本

I280735

發明專利說明書

中文說明書替換本(95年9月)

(填寫本書件時請先行詳閱申請書後之申請須知，作※記號部分請勿填寫)

※申請案號：092101821 ※IPC分類：H03F 3/68

※申請日期：92.1.28

壹、發明名稱

(中文) 具有增強後退操作點功率及增加功率效率之N路射頻功率放大器

(英文) N-WAY RF POWER AMPLIFIER WITH INCREASED BACKOFF
POWER AND POWER ADDED EFFICIENCY

貳、發明人 (共 1 人)

發明人 1 (如發明人超過一人，請填說明書發明人續頁)

姓名：(中文) 雷門 辛帝 潘葛利

(英文) RAYMOND SYDNEY PENGELLY

住居所地址：(中文) 美國北卡羅林那州希伯夫市崔德維大樓 8 號

(英文) 8 TREADWAY COURT, HILLSBOROUGH, NORTH
CAROLINA 27278, U.S.A.

國籍：(中文) 美國 (英文) U.S.A.

參、申請人 (共 1 人)

申請人 1 (如申請人超過一人，請填說明書申請人續頁)

姓名或名稱：(中文) 美商克立微波責任有限公司

(英文) CREE MICROWAVE, LLC

住居所或營業所地址：(中文) 美國北卡羅林那州杜漢市矽靈康路 4600
號

(英文) 4600 SILICON DRIVE, DURHAM, NORTH
CAROLINA 27703, U.S.A.

國籍：(中文) 美國 (英文) U.S.A.

代表人：(中文) M. 杜德 塔克

(英文) M. TODD TOCKER

捌、聲明事項

☐ 本案係符合專利法第二十條第一項☐第一款但書或☐第二款但書規定之期間，其日期為：_____

☐ 本案已向下列國家（地區）申請專利，申請日期及案號資料如下：

【格式請依：申請國家（地區）；申請日期；申請案號 順序註記】

1. 美國； 2002 年 01 月 28 日； 10/059,866
2. _____
3. _____

☐ 主張專利法第二十四條第一項優先權：

【格式請依：受理國家（地區）；日期；案號 順序註記】

1. 美國； 2002 年 01 月 28 日； 10/059,866
2. _____
3. _____
4. _____
5. _____
6. _____
7. _____
8. _____
9. _____
10. _____

☐ 主張專利法第二十五條之一第一項優先權：

【格式請依：申請日；申請案號 順序註記】

1. _____
2. _____
3. _____

☐ 主張專利法第二十六條微生物：

☐ 國內微生物 【格式請依：寄存機構；日期；號碼 順序註記】

1. _____
2. _____
3. _____

☐ 國外微生物 【格式請依：寄存國名；機構；日期；號碼 順序註記】

1. _____
2. _____
3. _____

☐ 熟習該項技術者易於獲得，不須寄存。

玖、發明說明

(發明說明應敘明：發明所屬之技術領域、先前技術、內容、實施方式及圖式簡單說明)

技術領域

本發明一般係有關射頻功率放大器，且更具體而言，本發明有關一種適用於現代無線通信系統的射頻功率放大器，其要求在採用數位調變的基地台處有寬範圍之輸出功率。

先前技術

基地台處的功率放大器通常遠低於峰值功率之輸出功率位準處操作。但是，後退操作點功率位準降低了發射器中功率放大器的效率。傳統放大器的效率和輸入驅動位準間有直接關係。因此，只有射頻輸入功率位準達到足夠高以驅動放大器成為飽和時，才能獲得高效率(直流至射頻轉換效率)。由於在多載波通信系統中放大器必須盡可能維持線性，故此高效區不能使用。

一種提供已改進之後退操作點功率位準的傳統功率放大器設計稱為 Doherty 放大器，其結合來自主放大器的功率與來自輔助放大器或峰值放大器的功率。參考 W.H. Doherty 所著「一種用於調變波的新型、高效率功率放大器」，1936 年版無線電工程雜誌第 24 卷第 9 號之第 1163-1182 頁。在傳統的 Doherty 組態中，載波放大器 10 和峰值放大器 12 係設計以最佳效率傳送最大功率至一個負載 R，如圖 1(A) 所示。主放大器或載波放大器為普通之 B 類放大器，而峰值放大器係設計為僅放大超過某最低臨限

值之信號。對於一個 LDMOS 功率電晶體來說，此可藉由將電晶體直流偏壓至其夾止電壓之下，以近似 C 類操作之方式達成。兩個放大器的輸出係藉由阻抗為 R 的一個四分之一波傳輸線連接，且最佳負載 R 一半之負載被加於峰值放大器之輸出。射頻輸入功率係在峰值放大器之輸入處均分且延遲四分之一波均分，藉此確保位於負載 $R/2$ 處之二放大器的輸出功率將會同相。

將 B 類主放大器運作於其最佳負載兩倍之負載阻抗，可讓 Doherty 放大器於壓縮前達到高效率。在其最大功率一半處，此放大器壓縮且達到峰值效率。第二放大器或峰值放大器僅在輸入信號之峰值時起作用，並用以調變顯現於主放大器輸出之負載阻抗。當第二放大器釋放出其全部功率時，會再次達到其最高效率。因此，第一放大器係保持於飽和邊緣係為了一個 6 分貝範圍的對外功率，並維持效率接近峰值。

當進入 Doherty 放大器的輸入射頻功率不足以開啟峰值放大器時，所有輸出功率係由主放大器或載波放大器供應。當峰值放大器關閉時，其輸出阻抗非常高並且載波放大器之輸出功率係整體傳送到負載 $R/2$ ，如圖 1(B) 所示。橫跨四分之一波轉換器實際呈現給載波放大器之負載為 $2R$ 。因此，裝置電流只達電壓飽和時最大功率電流所能釋放的一半。此導致該裝置傳送其最大輸出功率的一半。由於電流的射頻部分和直流部分均係其峰值的一半，當載波放大器以最高線性效率向負載供應其最大輸出功率的一半

時，其效率為最高。

當提供充分的輸入射頻功率以允許峰值放大器達到飽和(如圖1(A)所示)時，兩個並聯放大器係平均地向負載 $R/2$ 傳送最大輸出功率。顯現於各放大器之負載即為最佳負載 R ，並且四分之一波轉換器兩端之負載亦保持為 R 。峰值放大器係設計為當載波放大器剛開始飽和時開始操作。最高線性效率係在此點獲得。隨著輸入的射頻驅動進一步增加，峰值放大器開始打開並向負載傳送輸出功率。由峰值放大器供應的額外電流具有增加四分之一波轉換器輸出端的負載阻抗之作用。轉換器之載波放大器端的有效改變將減小顯現之負載阻抗，並能在其電壓維持飽和時致能載波放大器傳送更多功率。由於峰值放大器之工作因數係相對較小，故界限間的效率與最大值之間僅會有些許減少。

已經嘗試過擴大Doherty放大器之高效操作範圍。如Iwamoto等人已在載波及峰值放大器中採用比例縮放電晶體或不同大小之電晶體，連同輸入端之一不等功率分離器，來產生一個12分貝的後退操作點電路。參考Iwamoto等人所著「一種具有橫跨寬功率範圍之高效率的延伸Doherty放大器」見2001年亞利桑納州，Phoenix之電氣和電子工程協會之MTT-S文摘。當總輸出功率較低(少於10瓦)時，該技術顯然很好用，但當輸出功率處於10到100瓦CW範圍內時，僅有限地改進。

本發明使射頻功率放大器之高效操作範圍得到擴大。

發明內容

根據本發明，一種射頻功率放大器包括一個用於最大後退操作點功率操作的主放大器或載波放大器，以及複數個經適當偏壓的輔助或峰值放大器，以開始順序地操作用於增加功率需求。在將會維持峰值效率的功率範圍內，各峰值放大器均能使功率範圍增加6分貝。由於需要一個N路分離器以提供輸入信號至主放大器和N-1峰值放大器，分離器功率之有限損耗會造成效率降低。

在一個較佳具體實施例中係提供一4路放大器，其包括一個主放大器和三個峰值放大器，均由一個4路功率分離器驅動。就理論而言，該放大器使有效功率範圍擴大18分貝。在採用了諸如寬帶CDMA(W-CDMA)或OFDM之調變方案的數位通信系統中，此有效功率範圍的擴大非常重要，其中峰值對平均功率比可高達13分貝。與2路放大器配置相比，4路組態亦使總功率增加了3分貝。因此一個120瓦的峰值放大器可以由一個4路配置提供，其中各放大器路徑(一個載波放大器和3個峰值放大器)採用30瓦電晶體。

自以下詳細說明及隨附申請專利範圍，並結合圖示，將可更易於清楚本發明及其目的與特性。

實施方式

本發明可視為Doherty功率放大器的修改，其中增加複數個峰值放大器，並為主載波放大器和N-1峰值放大器提供了一個N路分離器。為易於實際構造該放大器，位於峰

值放大器的輸入上，及載波放大器之輸出上的傳統 Doherty 放大器之四分之一波轉換器可互換，而不影響性能。載波放大器輸入上僅需要一個單一 90° (四分之一波) 相位長度，且因此可以輕易地透過一多路功率分配器實施多峰值放大器。

圖 2 係依據本發明之功率放大器的一個具體實施例的功能方塊圖，其包括一個載波放大器 20 和三個峰值放大器 21、22 及 23，峰值放大器透過 90° 轉換器 24、25 和 26 連接至輸出負載 28。一個單一 90° 轉換器 30 將一個 4 路分離器 32 連接到載波器 20。藉由將各峰值放大器上的直流偏壓設定為適當值，增加的峰值放大器允許 Doherty 之作用得到擴大。對於在第一放大器上增加之各峰值放大器來說，其在維持峰值效率之功率範圍內將會有 6 dB 之對應增加。由於在 N 路分離器中之有限損失，會導致效率有些許降低。4 路放大器將有效功率之範圍擴大至 18 dB 的理論值。如上所述，此擴大對於應用調變方案的數位通信系統非常重要，其峰值對平均功率比可高達 13 dB。與 2 路傳統 Doherty 電路相比，4 路組態使總功率增加了 3 dBm。因此一個 120 瓦峰值放大器可以由一個 4 路 Doherty 配置提供，其中各放大器路徑 (一個載波放大器和 3 個峰值放大器) 採用 30 瓦電晶體。

圖 3 係圖 2 之放大器詳圖，其採用來自 Ultra RF 受讓人之 30 瓦 LDMOSFET 功率電晶體進行模擬，包括一個主放大器電晶體 40 和 3 個峰值放大器電晶體 41 至 43。輸入信號之 4

路分離器係藉由2路分離器44、46和48提供。主電晶體放大器40包括一個 90° 轉換器50，其將分離器46與輸入匹配電路52連接起來。閘極偏壓54、汲極偏壓56、一輸出匹配電路58和一個偏移微帶相位長度60串聯地與相位分離器46和輸出62處之間的放大器連接，其包括一轉換器64和電阻66。各峰值放大器均有一個 90° 轉換器66，其將放大器電路與該負載相連，如圖2所示。輸出匹配電路58中可包括一個諧波終端，如接地電感器和電容器，以便將輸出諧波反射回到電晶體輸出並藉此增加峰值效率。各峰值放大器電路均有類似輸入和輸出電路，隨著輸入信號強度的增加，閘極偏壓電路提供峰值放大器之順序操作。

圖3之4路放大器採用透過UMTS頻帶(2110-2170 MHz)之Agilent ADS模擬器來模擬輸出功率、增加功率效率(PAE)和增益。圖4顯示輸入射頻功率相對於輸出射頻功率，以及增加功率效率於輸入功率範圍從23 dBm延伸至43 dBm(200毫瓦至20瓦)，且飽和輸出接近150瓦(52 dBm)。當輸出功率位準後退至42 dBm(後退10 dBm)時，PAE為46%。對於同樣的後退操作點功率，傳統放大器之PAE將不到10%。傳統的2路Doherty放大器之對應PAE為23%。對峰值放大器選擇偏壓而言，電晶體在正確點位順序地開啟是很重要的，以保持放大器整個動態範圍的增益線性。

表1顯示傳統2路Doherty放大器、具有Iwamoto等人所述不等功率分離器的2路Doherty放大器、一個根據本發明之一具體實施例的3路放大器(具有兩個峰值放大器的主放

大器)以及一個4路分離器(具有三個峰值放大器的主放大器)間之比較。應注意,相對傳統方法而言,4路放大器在PAE中之改進達到2倍。

組態	SS增益, dB	P1dB, dBm	PAE@P1 dB, %	PAE@7dB後退, %	PAE@10dB後退, %	電路複雜程度
具有不等功率分離器之180瓦2路Doherty	13.5	52	65	31.5	20.3	中等
具有「Upton」相位長度之3x60瓦2路Doherty	11	53.2	55	32	23	高
2x90瓦之3路Doherty	11	52.4	62	45	35	高
2x120瓦之4路Doherty	11	53.9	63	52	44	高

一個依據本發明之N路Doherty放大器在寬範圍輸入/輸出功率位準內針對線性功率放大器之增加功率效率方面提供主要改進。因各電晶體之功率要求與功率電晶體N之數目成反比,故該放大器特別適用於高功率放大器。在傳統的2路Doherty組態中,迫使各電晶體之峰值功率需求為總輸出功率的一半。這種狀況導致載波放大器和峰值放大器之輸入及輸出阻抗非常小並導致難以實際應用。使用本發明,各電晶體需要具有一 $1/N$ 輸出功率的峰值功率需求,因此使得當N大於2時輸入和輸出阻抗較高。此外,由於使用較小的個別電晶體,由放大器中剩餘之無效率產生的熱會在較大實體區域內分佈,因而減少總熱阻。

雖然已參照特定4路放大器的具體實施例對本發明作

了說明，不過該說明僅係對本發明之闡述，而非構成限制。熟悉此項技術人士可以在不脫離隨附申請專利範圍所定義的精神及範疇下，進行各種修改及應用。

圖式簡單說明

圖 1(A)和圖 1(B)係傳統 Doherty 放大器之示意圖。

圖 2 係根據本發明的一具體實施例之 4 路功率放大器之示意圖。

圖 3 係圖 2 之 4 路放大器之更詳細示意圖。

圖 4 係顯示用於依據圖 2 和圖 3 之模擬功率放大器的輸出功率對於輸入功率和增加功率效率之圖式。

圖式代表符號說明

10	載波放大器
12	峰值放大器
14	90°轉換器
20	載波放大器
21	峰值放大器
22	峰值放大器
23	峰值放大器
24	90°轉換器
25	90°轉換器
26	90°轉換器
28	負載/阻抗
30	90°轉換器
32	4路分離器

- 40 主放大器電晶體
- 41 峰值放大器電晶體
- 42 峰值放大器電晶體
- 43 峰值放大器電晶體
- 44 2路分離器
- 46 2路分離器
- 48 2路分離器
- 50 90°轉換器
- 52 輸入匹配電路
- 54 閘極偏壓
- 56 汲極偏壓
- 58 輸出匹配電路
- 60 偏移微帶相位長度
- 62 輸出端
- 64 轉換器
- 66 90°轉換器或輸出電阻

肆、中文發明摘要

本發明揭示一種用於以改進效率在功率之寬範圍內放大射頻信號的射頻功率放大器，其包括一主放大器，其係用於在功率之第一範圍內放大射頻信號，且具有一低於功率之寬範圍的最大值之功率飽和位準。複數個輔助放大器係與主放大器並聯連接，其中各輔助放大器被偏壓，以便在主放大器達到飽和後順序地提供已放大輸出信號。輸入信號係透過一信號分離器施加於該主放大器和複數個輔助放大器，而一用於從主放大器和輔助放大器接收已放大輸出信號的輸出包括一電阻式負載 $R/2$ 。已分離的輸入信號係透過一 90° 轉換器施加於主放大器，且該等輔助放大器之輸出係透過 90° 轉換器施加至一輸出負載。在未飽和下操作時，主放大器傳送功率至一 $2R$ 負載，且主放大器傳送電流至該負載，該電流係在最大功率處且該放大器係飽和時之電流的一半。

伍、英文發明摘要

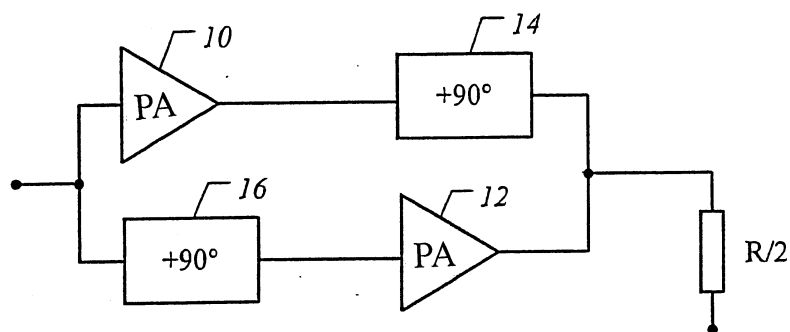
拾、申請專利範圍

1. 一種用以在功率之寬範圍內放大一射頻信號之射頻功率放大器，其包括：
 - a) 一主放大器，其係用以在功率之一第一範圍內放大該射頻信號，且具有一低於該功率的寬範圍之最大值的功率飽和位準，
 - b) 複數個輔助放大器，其係與該主放大器並聯連接，各該複數個輔助放大器均被偏壓，以便在該主放大器達到飽和後順序地提供一已放大的輸出信號，
 - c) 一信號分離器，其係用於分離一輸入信號並將該分離輸入信號施加於該主放大器和施加於該複數個輔助放大器，以及
 - d) 一輸出，其係用以從該主放大器及從該複數個輔助放大器接收並結合已放大之輸出信號。
2. 如申請專利範圍第1項之射頻功率放大器，其中各輔助放大器之有效功率放大率擴大了6分貝。
3. 如申請專利範圍第2項之射頻功率放大器，其中該複數個輔助放大器為三個峰值放大器，且該已擴大有效功率放大率係約18分貝。
4. 如申請專利範圍第3項之射頻功率放大器，其中該主放大器及輔助放大器之每一項包括一橫向DMOS電晶體。
5. 如申請專利範圍第4項之射頻功率放大器，其中該信號分離器包括與該主放大器之輸入連接的一四分之一波轉換器，且該輸出包括一電阻負載，其係與該主放大

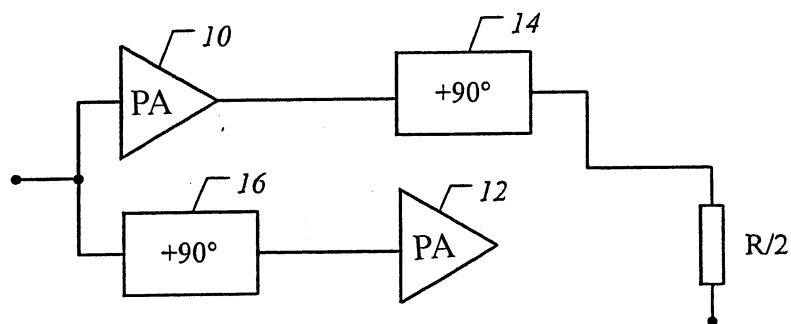
器之輸出連接並透過一四分之一波轉換器與各輔助放大器之該輸出連接。

6. 如申請專利範圍第5項之射頻功率放大器，其中該電阻負載為 $R/2$ ，且各放大器係透過阻抗為 R 的一四分之一波傳輸線與該負載連接。
7. 如申請專利範圍第6項之射頻功率放大器，其中在低於飽和時該主放大器提供電流至一 $2R$ 負載，藉以使電流為該放大器飽和時之最大功率電流的一半。
8. 如申請專利範圍第1項之射頻功率放大器，其中該主放大器和輔助放大器之每一項包括一橫向DMOS電晶體。
9. 如申請專利範圍第1項之射頻功率放大器，其中該輸出包括一電阻負載，其係與該主放大器之輸出連接，並透過一四分之一波轉換器與各輔助放大器之該輸出連接。
10. 如申請專利範圍第9項之射頻功率放大器，其中該電阻負載為 $R/2$ ，且各放大器係透過阻抗為 R 的一四分之一波傳輸線與該負載連接。
11. 如申請專利範圍第10項之射頻功率放大器，其中在低於飽和時該主放大器提供電流至一 $2R$ 負載，藉以使電流為該放大器飽和時之最大功率電流的一半。

拾壹、圖式



(先前技術) 圖 1(A)



(先前技術) 圖 1(B)

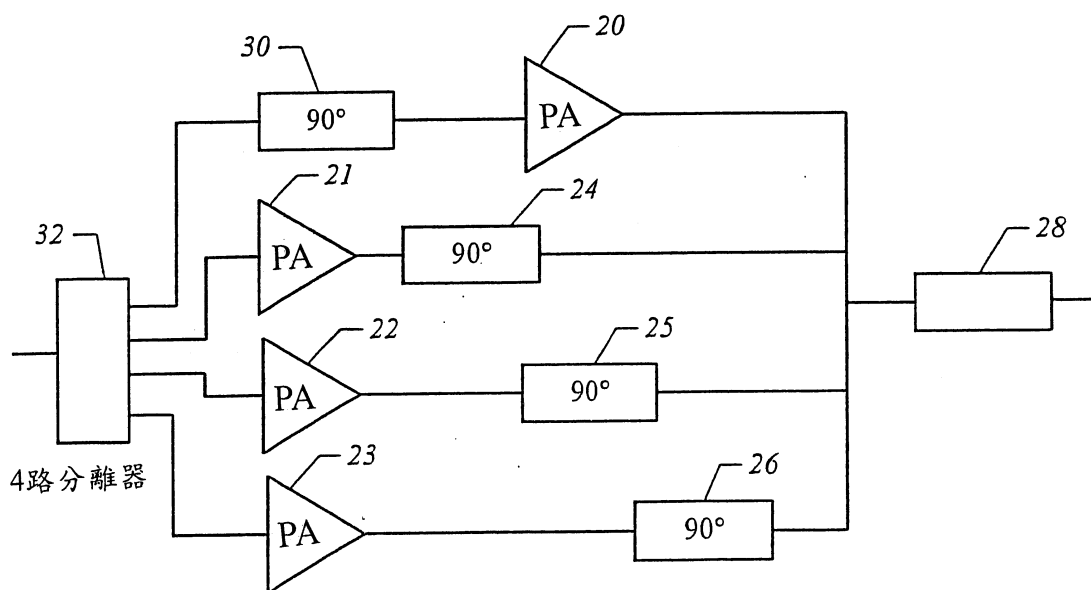


圖 2

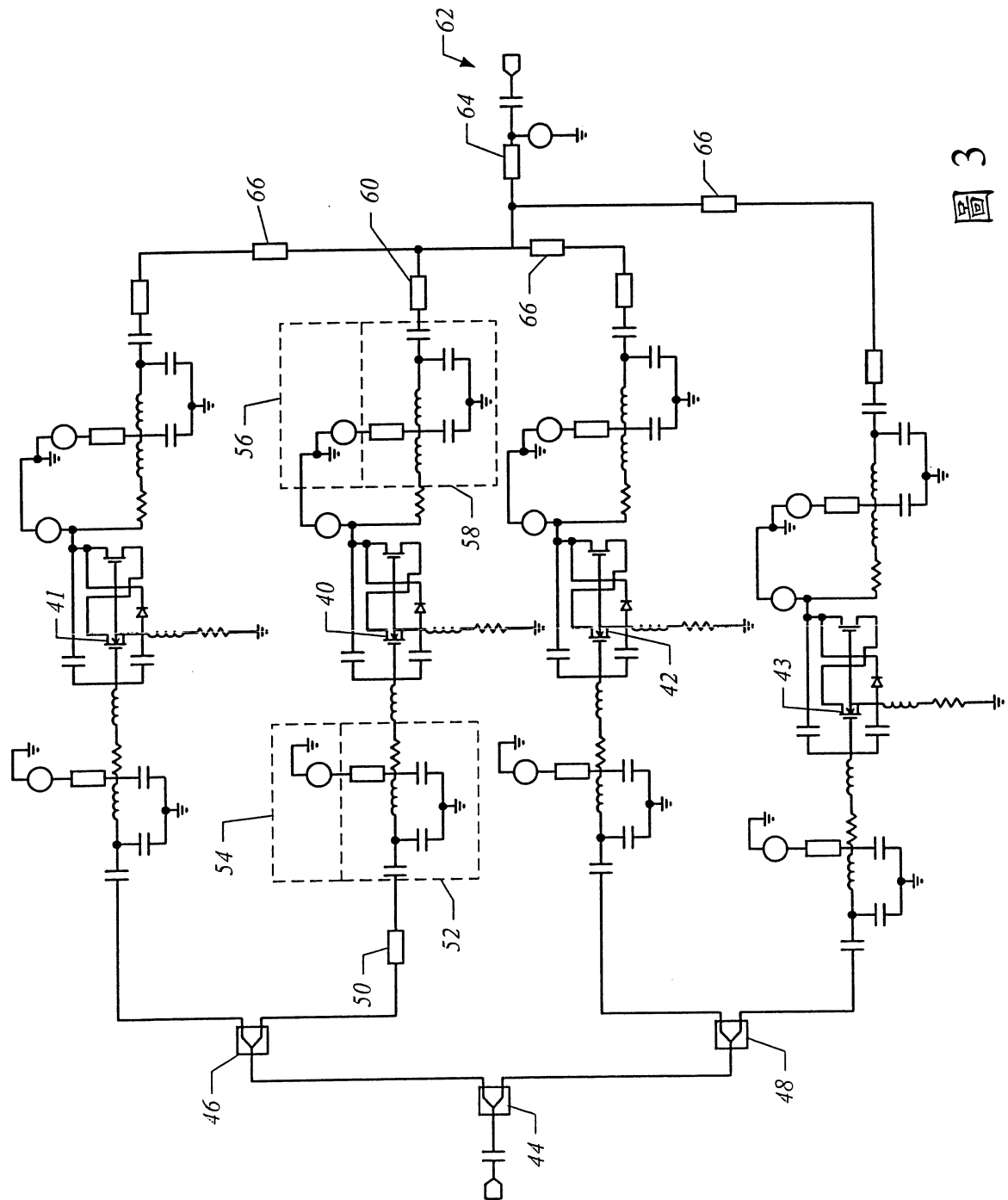
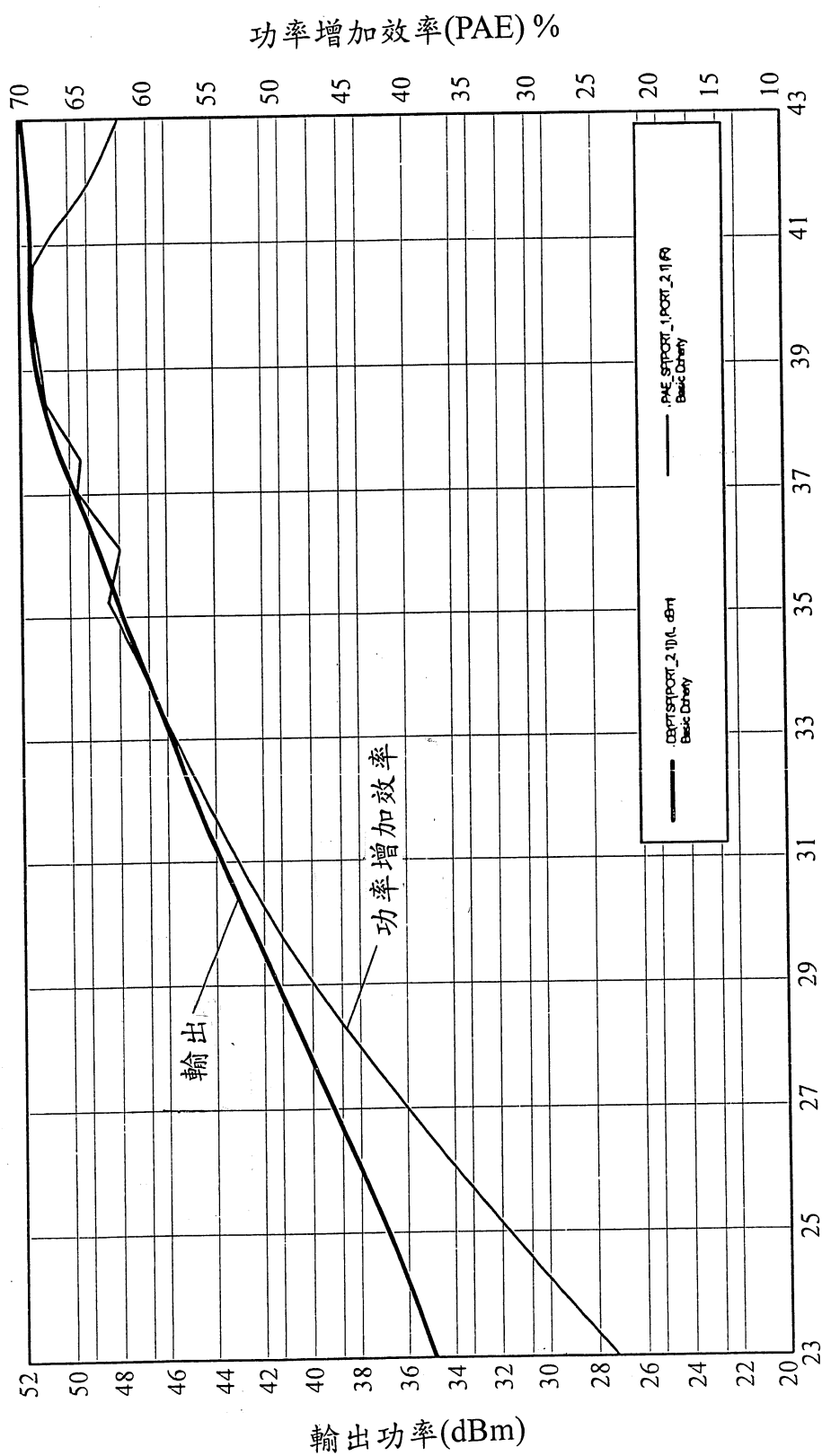


圖 3

輸入功率與輸出功率、功率增加效率之比較



輸入功率(dBm)

圖 4

陸、(一)、本案指定代表圖為：第 2 圖

(二)、本代表圖之元件代表符號簡單說明：

- 20 載波放大器
- 21 峰值放大器電路
- 22 峰值放大器
- 23 峰值放大器
- 24 90° 轉換器電路
- 25 90° 轉換器
- 26 90° 轉換器
- 28 負載/阻抗
- 30 90° 轉換器
- 32 4路分離器

柒、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：