



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公告本 (11)證書號數：TW I497907 B

(45)公告日：中華民國 104 (2015) 年 08 月 21 日

(21)申請案號：101104411

(22)申請日：中華民國 101 (2012) 年 02 月 10 日

(51)Int. Cl. : H03F3/20 (2006.01) H03F3/60 (2006.01)

(71)申請人：國立臺灣大學(中華民國) NATIONAL TAIWAN UNIVERSITY (TW)

臺北市大安區羅斯福路 4 段 1 號

(72)發明人：何杰睿 HO, CHIEH JUI (TW)；曹恆偉 TSAO, HEN WAI (TW)

(74)代理人：馬靜如

(56)參考文獻：

TW 201036324

US 6259249B1

US 6424227B1

US 2010/0244955A1

審查人員：陳佳韶

申請專利範圍項數：18 項 圖式數：3 共 33 頁

(54)名稱

變壓式功率放大器

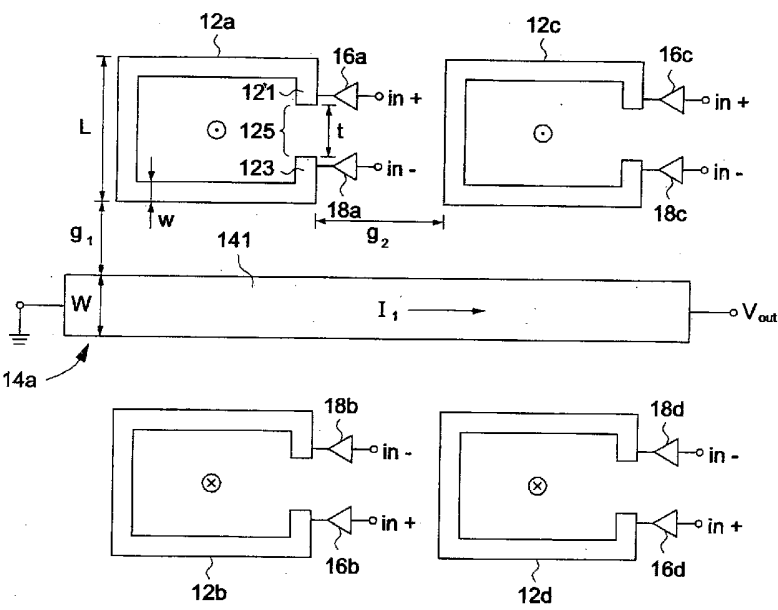
TRANSFORMER POWER AMPLIFIER

(57)摘要

本發明提供一種變壓式功率放大器，包括：一基板、一導體、一環狀線圈、一第一放大器及一第二放大器。其中該導體及該環狀線圈皆設置在該基板上。該導體包括一第一長條部，該環狀線圈鄰近於該第一長條部的一側，該環狀線圈包括一第一輸入端及一第二輸入端，該第一輸入端與該第二輸入端間隔地設置並彼此相對，以形成該環狀線圈的一缺口。該第一放大器電性連接該第一輸入端，該第一放大器接收一第一訊號。該第二放大器電性連接該第二輸入端，該第二放大器接收一第二訊號，該第一訊號與該第二訊號為差動訊號對，以於該環狀線圈上形成一交變電流，該交變電流透過電磁感應於該導體上產生一感應電流。

A transformer power amplifier is disclosed. The transformer power amplifier includes a substrate, a conductor, a circular coil, a first amplifier and a second amplifier. The conductor and the circular coil are disposed on the substrate. The conductor includes a first elongated portion. The circular coil is at one side of the elongated portion. The circular coil has a first terminal and a second terminal, in which the first terminal and the second terminal are spaced apart and opposite with each other to form an opening. The first amplifier is connected to the first terminal for receiving a first signal and the second amplifier is connected to the second terminal for receiving a second signal, in which the first signal and the second signal are differential signals to form an alternative current on the circuit coil and generate an induced current on the conductor.

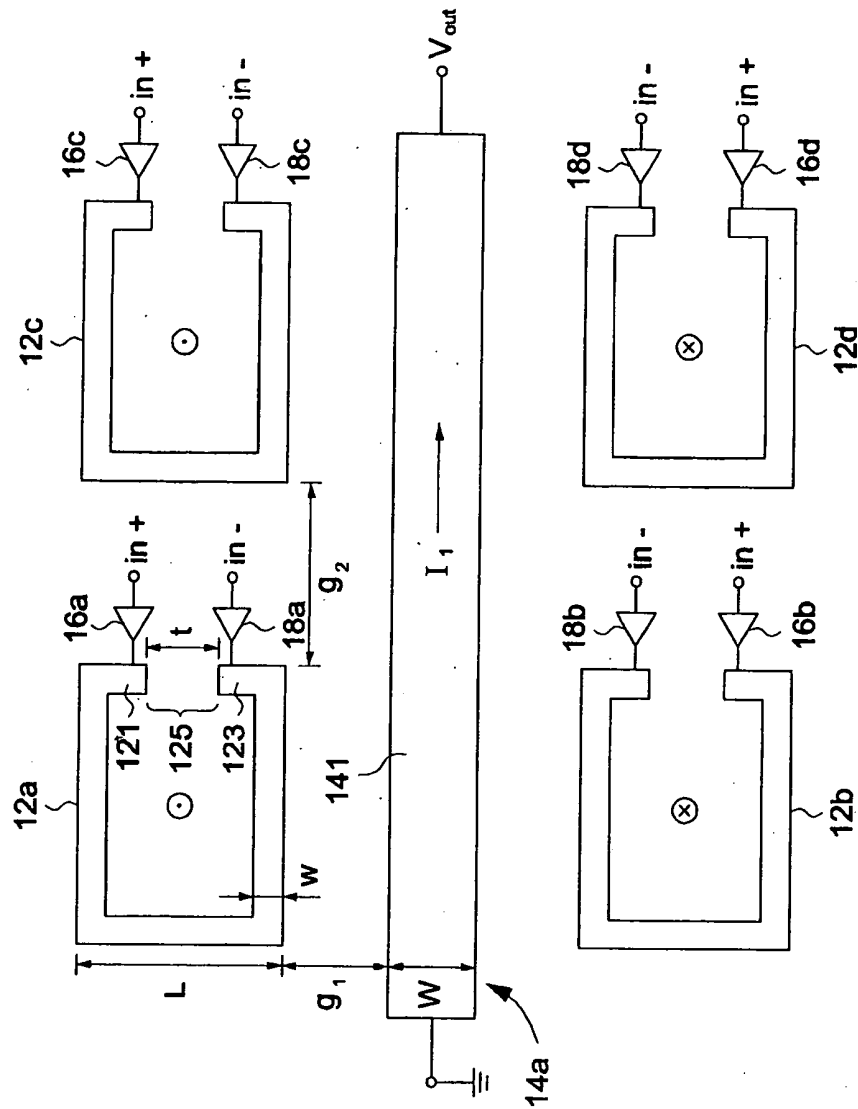
1A



第1A圖

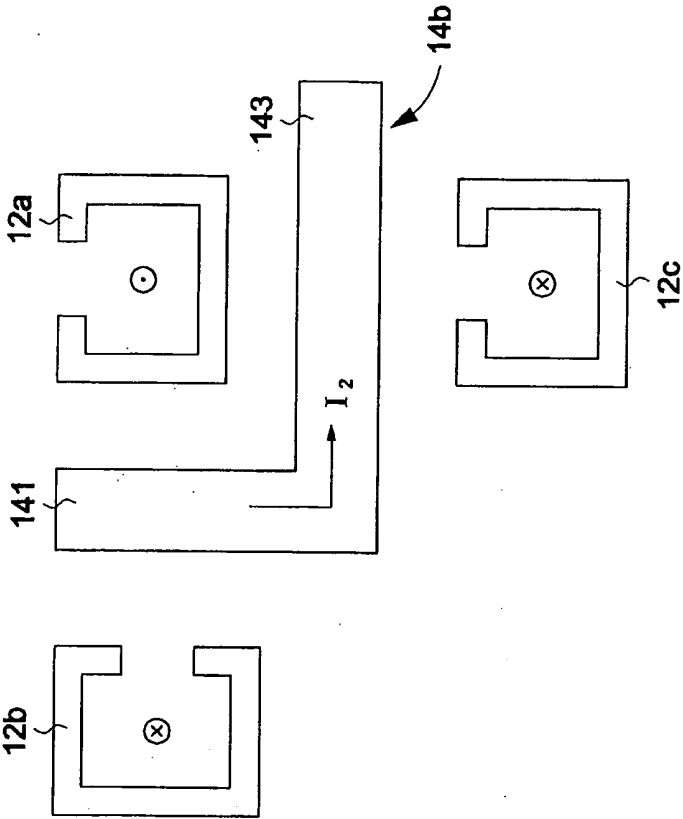
- 1A . . . 變壓式功率放大器
- 12a、12b、12c、12d . . . 環狀線圈
- 121 . . . 第一端
- 123 . . . 第二端
- 125 . . . 缺口
- 14a . . . 導體
- 141 . . . 長條部
- 16a . . . 放大器
- 18a . . . 放大器
- V_{out} . . . 輸出電壓
- I₁ . . . 感應電流
- W、w . . . 線寬
- L . . . 長度
- g₁、g₂、t . . . 間距

八、圖式：

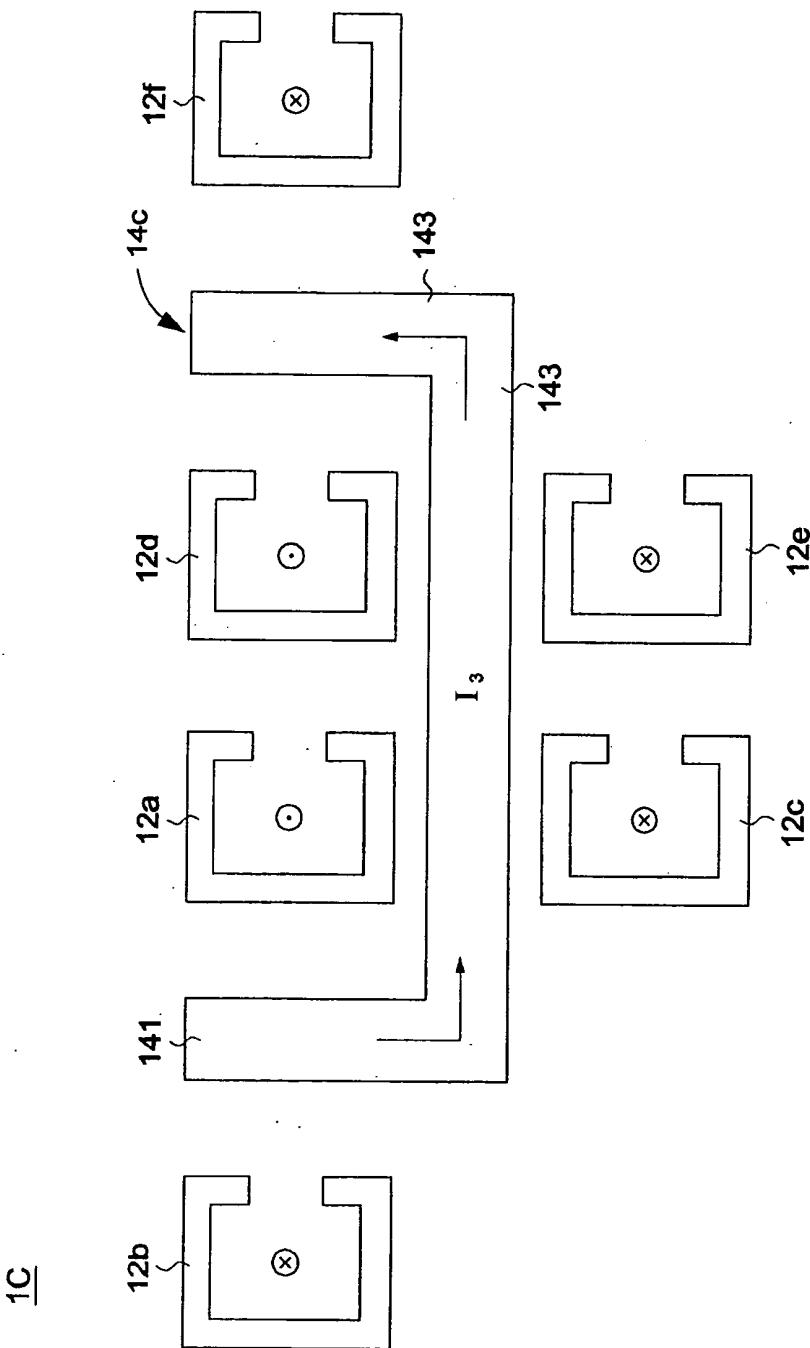


第1A圖

1B

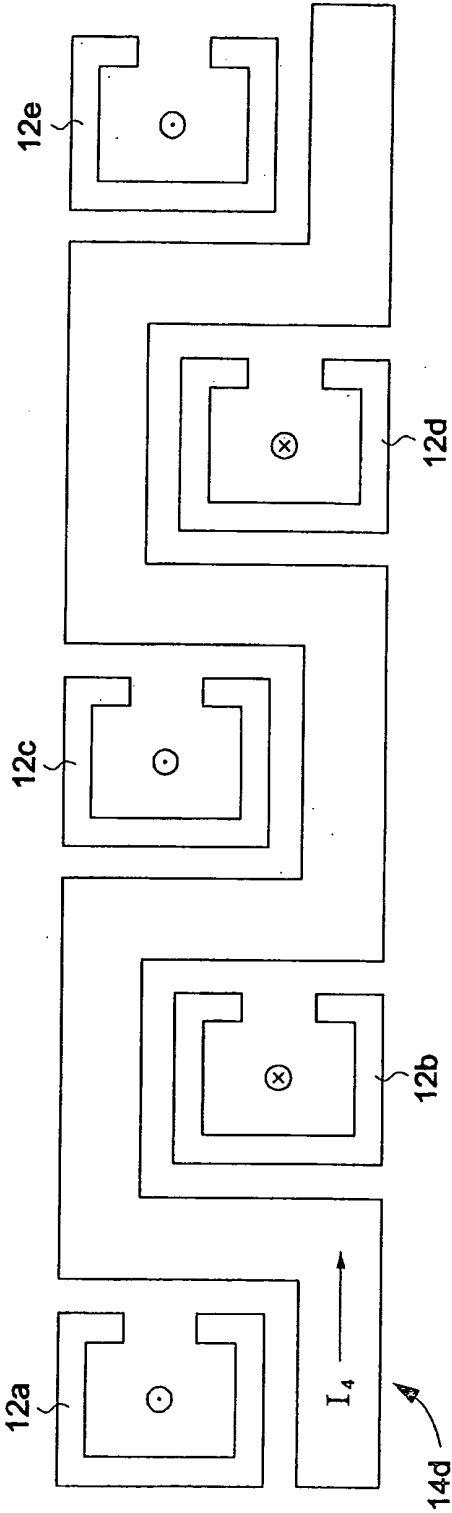


第1B圖



第1C圖

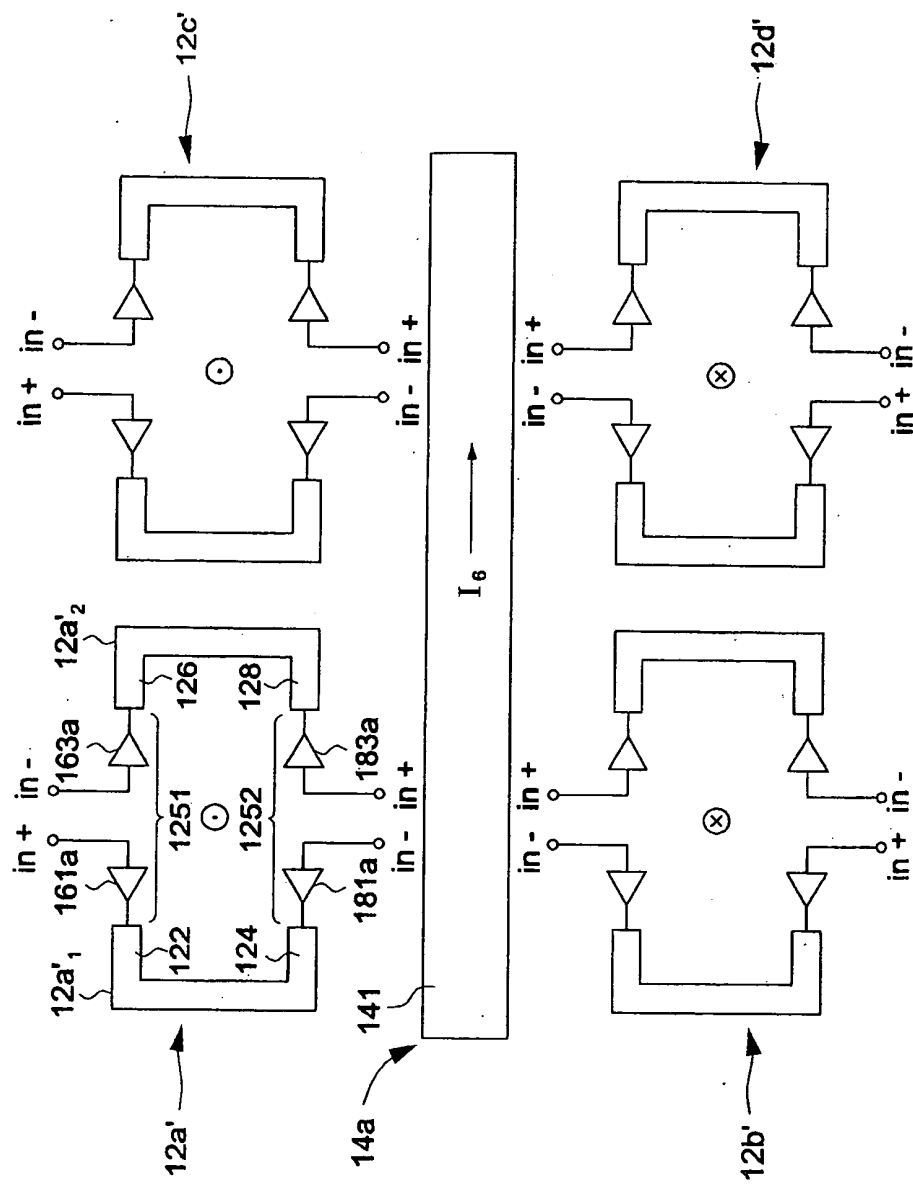
1D



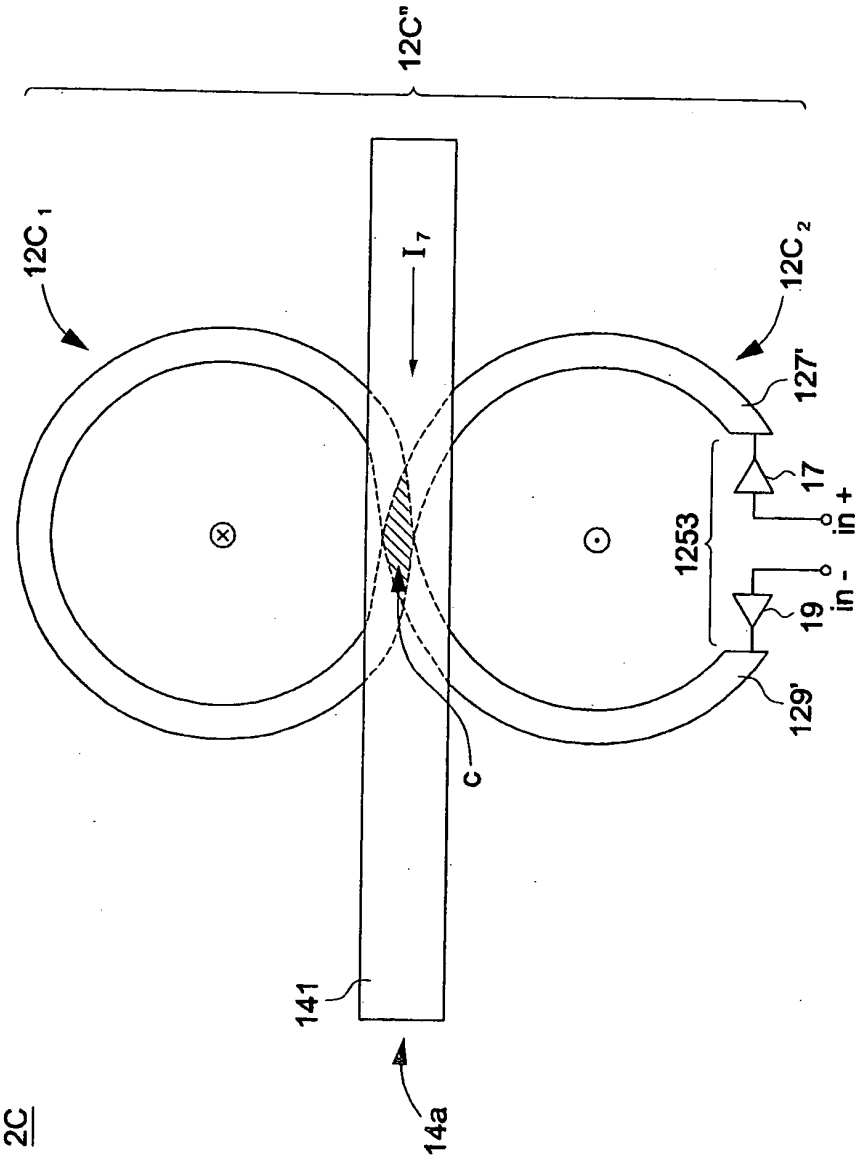
第1D圖



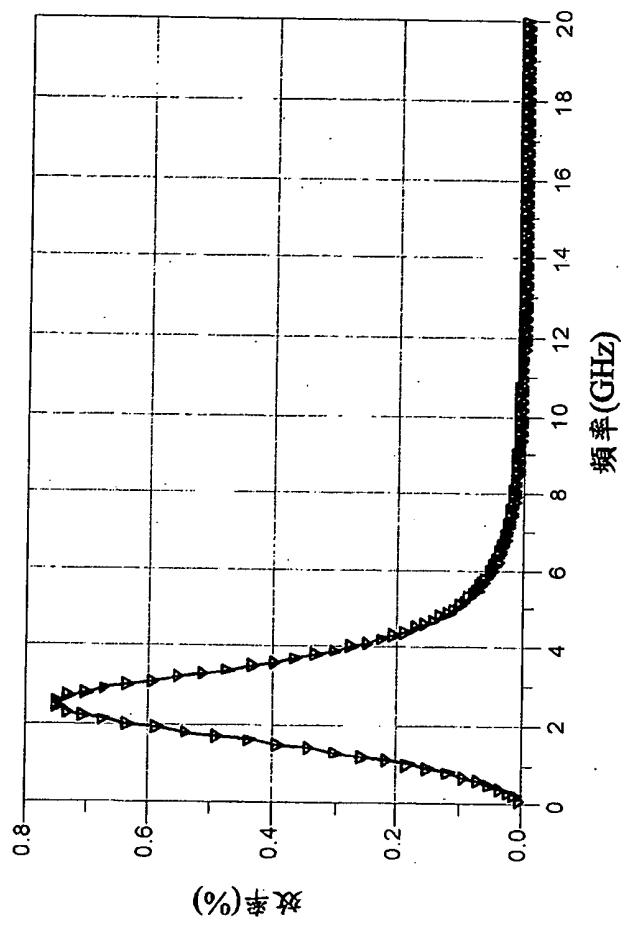
第2A圖



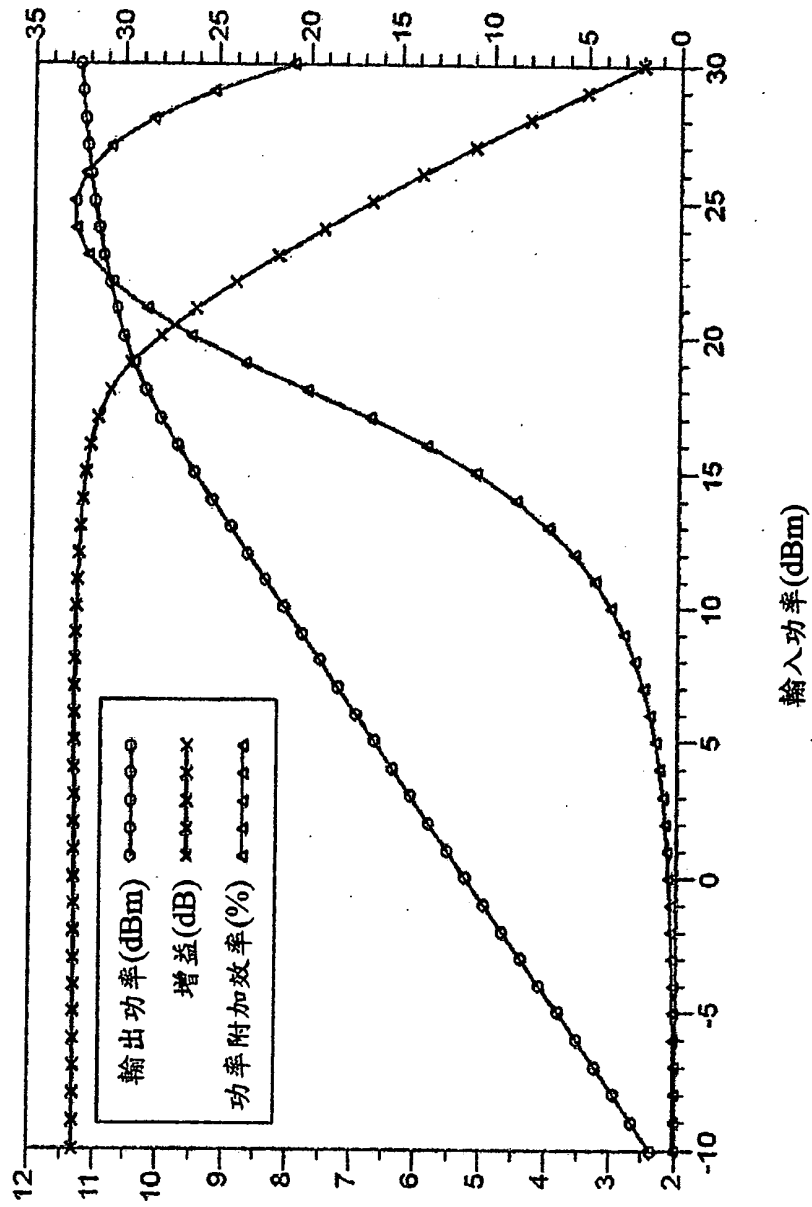
第2B圖



第2C圖



第3A圖



第3B圖

六、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明係有關於一種積體電路設計，尤有關於一種主動串列變壓式功率放大器。

【先前技術】

隨著行動電話、無線網路、數位電視等的普及，無線通訊技術快速地進展，以滿足廣大的需求，於是，高品質而低成本的功率放大器已成為一項極為熱門的電子技術。然而，如果要使用成本較低且發展成熟的 CMOS 製程，勢必需要克服其較低的崩潰電壓(breakdown voltage)和較高的基材損耗(substrate loss)的問題，因此，透過變壓器進行功率合成，能達到縮小單一電晶體並提升輸出功率的效果。

然而，傳統變壓器的結構在整合多個電晶體或者實行較高比例的阻抗轉換時，必須使用一個相當大的二次側繞組，此二次側繞組通常為一個迴圈，如此將造成 Q 值(品質係數)的下降，且當整合電晶體越多時，問題更加地嚴重。

而近幾年來大眾感興趣的分散式主動變壓器，雖然有著良好的性能和阻抗特性，但在電晶體數量增多時，會造成面積大幅地增加。加上分散式主動變壓器的結構缺乏設計彈性，難以應用於系統單晶片上。

【發明內容】

有鑑於先前技術之缺點，本發明之一目的係在提供一種變壓式功率放大器，藉由設計一次側與二次側的導體結構來降低晶片的上下金屬層間或同層金屬側壁的耦合電容效應，以提升 Q 值並增進效率。

依據本發明的一實施例，提供一種變壓式功率放大器，包括：一基板、一導體、一環狀線圈、一第一放大器及一第二放大器。其中該導體及該環狀線圈皆設置在該基板上。該導體包括一第一長條部，該環狀線圈鄰近於該第一長條部的一側，該環狀線圈包括一第一輸入端及一第二輸入端，該第一輸入端與該第二輸入端間隔地設置並彼此相對，以形成該環狀線圈的一缺口。該第一放大器電性連接該第一輸入端，該第一放大器接收一第一訊號。該第二放大器電性連接該第二輸入端，該第二放大器接收一第二訊號，該第一訊號與該第二訊號為差動訊號對，以於該環狀線圈上形成一交變電流，該交變電流透過電磁感應於該導體上產生一感應電流。

依據本發明的一實施例，提供另一種變壓式功率放大器，包括：一基板、一導體、一第一導線體、一第二導線體、一第一放大器、一第二放大器、一第三放大器及一第四放大器。其中該導體、該第一導線體及該第二導線體皆設置在該基板上。該導體包括一第一長條部。該第一導線體具有一第一輸入端及一第二輸入端，該第二導線體具有一第三輸入端及一第四輸入端，該第一輸入端與該第三輸入端間隔地設置並彼此相對，該第二輸入端與該第四輸入端間隔地設置並彼此相對，該第一導線體與該第二導線體形成具有二缺口的一環狀線圈。該第一放大器及該第二放大器分別電性連接該第一輸入端及該第二輸入端，該第一放大器接收一第一訊號，該第二放大器接收一第二訊號，該第一訊號及該第二訊號為差動訊號對。該第三放大器及該第四放大器分別電性連接該第三輸入端及該第四輸入端，該第三放大器接收該第一訊號，該第四放大器接收該第二訊號，以於該環狀線圈上形成一交變電流，該交變電流透過電磁感應於該導體上產生一感應電流。

依據本發明的一實施例，提供另一種變壓式功率放大器，包括：一基板、一導體、一第一環狀線圈、一第二環狀線圈、一第一放大器及一第二放大器。其中該基板、該第一環狀線圈及該第二環狀線圈皆設置在該基板上。該導體包括一第一長條部。該第一環狀線圈設置在該基板上並鄰近於該第一長條部的一側，該第一環狀線圈包括一第一輸入端及一第二輸入端，該第一輸入端與該第二輸入端間隔地設置並彼此相對，以形成該第一環狀線圈的一缺口。該第二環狀線圈該第一長條部的另一側，該第二環狀線圈包括一第三輸入端及一第四輸入端，該第三輸入端與該第四輸入端間隔地設置並彼此相對，以形成該第二環狀線圈的一缺口。該第一放大器電性連接該第一輸入端及該第三輸入端，該第二放大器電性連接該第二輸入端及該第四輸入端，以於該第一環狀線圈上形成一第一交變電流，於該第二環狀線圈上形成一第二交變電流，該第一交變電流與該第二交變電流方向相反，且分別透過電磁感應於該導體上產生一感應電流。

依據本發明的一實施例，提供另一種變壓式功率放大器，包括：一基板、一導體、一第一環狀線圈、一第二環狀線圈、一第一放大器、一第二放大器、一第三放大器及一第四放大器。該導體、該第一環狀線圈及該第二環狀線圈設置在該基板上。該導體包括一第一長條部，該第一環狀線圈鄰近於該第一長條部的一側，該第二環狀線圈鄰近於該第一長條部的另一側。該第一環狀線圈包括一第一輸入端及一第二輸入端，該第一輸入端與該第二輸入端間隔地設置並彼此相對，以形成該第一環狀線圈的一缺口。該第二環狀線圈包括一第三輸入端及一第四輸入端，該第三輸入端與該第四輸入端間隔地設置並彼此相對，以形成該第二環狀線圈的一缺口。該第一放大器電性連

接該第一輸入端，該第二放大器電性連接該第二輸入端，以於該第一環狀線圈上形成一第一交變電流，該第三放大器電性連接該第三輸入端，該第四放大器電性連接該第四輸入端，以於該第二環狀線圈上形成一第二交變電流，該第一交變電流與該第二交變電流方向相反，且分別透過電磁感應於該導體上產生一感應電流。

依據本發明的一實施例，提供另一種變壓式功率放大器，包括：一基板、一導體、一 8 字形導線體、一第一放大器及一第二放大器。該導體及該 8 字形導線體設置在該基板上。該導體包括一第一長條部。該 8 字形導線體包括一第一環狀線圈、一第二環狀線圈、一交叉部及一第一輸入端及一第二輸入端，該交叉部連接該第一環狀線圈及該第二環狀線圈，該交叉部越過該第一長條部，該第一環狀線圈及該第二環狀分別鄰近於該第一長條部的兩側，該第一輸入端與該第二輸入端間隔地設置並彼此相對，以形成該 8 字形導線體一缺口。該第一放大器電性連接該第一輸入端，該第一放大器接收一第一訊號。該第二放大器電性連接該第二輸入端，該第二放大器接收一第二訊號，該第一訊號與該第二訊號為差動訊號對，以於該 8 字形導線體上形成一交變電流，使該第一環狀線圈及該第二環狀線圈分別產生相反方向的一第一磁場及一第二磁場，該第一磁場及該第二磁場透過電磁感應於該導體上產生一感應電流。

是故，由上述可以得知，本發明的變壓式功率放大器具有極佳的設計彈性，可以高度整合進系統單晶片的設計之中。

【實施方式】

為進一步說明各實施例，本發明乃提供有圖式。此些圖式

乃為本發明揭露內容之一部分，其主要係用以說明實施例，並可配合說明書之相關描述來解釋實施例的運作原理。配合參考這些內容，本領域具有通常知識者應能理解其他可能的實施方式以及本發明之優點。圖中的元件並未按比例繪製，而類似的元件符號通常用來表示類似的元件。

首先，請參考第 1A 圖，第 1A 圖顯示依據本發明變壓式功率放大器的第一實施例之示意圖。如第 1A 圖所示，變壓式功率放大器 1A 包括一基板(圖未示)、一導體 14a、至少一環狀線圈、複數個放大器 16a-16d 及 18a-18d，至少一環狀線圈舉例來說包括一第一環狀線圈 12a、一第二環狀線圈 12b、一第三環狀線圈 12c 及一第四環狀線圈 12d。導體 14a 及多個環狀線圈 12a、12b、12c、12d 皆透過半導體製程設置在基板上，且形成於積體電路中之相同或不同金屬層，也就是說，導體 14a 及多個環狀線圈 12a、12b、12c、12d 在基板上可具有不同的結構高度。而多個放大器 16a-16d 及 18a-18d 則透過電性連接整合於基板上。根據一實施例，基板可為陶瓷基板、矽基板或印刷線路板等。

導體 14a 包括一第一長條部 141，此第一長條狀部 141 作為變壓式功率放大器 1A 的二次側。多個環狀線圈 12a、12b、12c、12d 可作為變壓式功率放大器 1A 的一次側，且多個環狀線圈 12a、12b、12c、12d 的每一個可以是相同的(identical)，分別位於第一長條部 141 的兩側邊，然不以此為限。實際上若只有單一個環狀線圈(例如第一環狀線圈 12a)位於一長條狀部 141 的一側即可作為變壓式功率放大器 1A 的一次側。第一環狀線圈 12a 包括一導線體，此導線體包括一第一輸入端 121 及一第二輸入端 123，第一輸入端 121 與第二輸入端 123 間隔地設置並彼此相對，以形成環狀線圈的一缺口 125，也就是說，

第一輸入端 121 與第二輸入端 123 之間的距離 t 相當於缺口 125 的寬度 t 。須注意的是，多個環狀線圈 12a、12b、12c、12d 的每一個結構不限於第 1A 圖所示為單匝線圈，亦可以是 N 匝線圈，其中 N 為正整數。

多個環狀線圈 12a、12b、12c、12d 可以是具有缺口的圓形、方形或多邊形等。第一長條部 141 的延伸方向可以沿一直線延伸，即第一長條部 141 的結構可以是一長方形，第一長條部 141 的水平延伸方向亦可以沿一曲線延伸，即第一長條部 141 的結構可以是一波浪狀或圓弧狀，然不以此為限。

如第 1A 圖所示，多個環狀線圈 12a、12b、12c、12d 的每一個輪廓為具有缺口 125 的方形結構，而第一長條部 141 為一長方形，根據一實施例，第一長條部 141 的線寬 W 可介於 $50 \sim 70 \mu\text{m}$ ，第一環狀線圈 12a 的線寬 w 可介於 $15 \sim 25 \mu\text{m}$ ，第一環狀線圈 12a 的邊長 L 可介於 $100 \sim 150 \mu\text{m}$ ，缺口 125 的寬度 t 介於 $30 \sim 50 \mu\text{m}$ ，第一環狀線圈 12a 與第一長條部 141 的間距 g_1 約為 $1 \sim 50 \mu\text{m}$ ，多個環狀線圈 12a、12b、12c、12d 彼此的間距 g_2 約為 $10 \sim 20 \mu\text{m}$ ，然不以此為限，實際實施時，可依照所需的 Q 值對線寬 W 、線寬 w 、邊長 L 及間距 g_1 等參數作調整。

實際實施時，變壓式功率放大器 1A 是接收來自一平衡-不平衡轉換器，藉由平衡-不平衡轉換器將一輸入訊號轉成差動訊號對，然後依差動訊號的正負號將訊號輸入多個放大器 16a-16d 及 18a-18d，其中多個放大器分別為放大器對 16a、18a、放大器對 16b、18b、放大器對 16c、18c、放大器對 16d、18d。更詳細地來說，第一放大器 16a 的一端電性連接第一環狀線圈 12a 的第一輸入端 121，第一放大器 16a 的另一端接收一第一訊號；第二放大器 18a 的一端電性連接第一環狀線圈

12a 的第二輸入端 123，第二放大器 18a 的另一端接收一第二訊號，第一訊號及第二訊號即為來自平衡-不平衡轉換器的差動訊號對。舉例來說，第一放大器 16a 為正相輸入，第二放大器 18a 為反相輸入，以於第一環狀線圈 12a 上形成一逆時針方向的交變電流，此交變電流透過電磁感應於導體 14a 上產生一感應電流 I_1 ，導體 14a 的兩端可為雙端輸出，或如第 1A 圖所示為單端輸出，而另一端接地，輸出的訊號 V_{out} 為變壓訊號。放大器 16a、18a 的極性可交換，以得到相反方向的感應電流。

類似的配置用於第二環狀線圈 12b、第三環狀線圈 12c 及第四環狀線圈 12d。舉例來說，若第一環狀線圈 12a 上形成的交變電流為逆時針方向，第二環狀線圈 12b 上形成一順時針方向的交變電流，第三環狀線圈 12c 上形成逆時針方向的交變電流，而第四環狀線圈 12d 上形成一順時針方向的交變電流，各交變電流的大小相等。同時使用多個環形線圈 12a、12b、12c、12d 相較於單一一個第一環狀線圈 12a 提供了導體 14a 更佳的耦合，且多個環形線圈 12a、12b、12c、12d 在導體 14a 上耦合的功率可合成。

根據一實施例，變壓式功率放大器 1A 還包括複數條導線(圖未示)，每條導線可分別接收一直流電源，並分別提供至多個環形線圈 12a、12b、12c、12d。根據另一實施例，導線亦可連接到第一環形線圈 12a 的第一放大器 16a 或第二放大器 18a，類似的配置用於第二環狀線圈 12b、第三環狀線圈 12c 及第四環狀線圈 12d。

接著，請參考第 1B 圖，第 1B 圖顯示依據本發明變壓式功率放大器的第二實施例之示意圖。變壓式功率放大器 1B 與第一實施例的變壓式功率放大器 1A 大致相同，即具有一導體 14b、多個環狀線圈 12a、12b、12c 及多個放大器對(圖省略)，

多個環狀線圈 12a、12b、12c 分別設置在導體 14b 的兩側。兩者差異在於，導體 14b 還包括一第二長條部 143，第二長條部 143 連接於第一長條部 141，第二長條部 143 可傾斜或垂直於第一長條部 141，也就是說，第二長條部 143 與第一長條部 141 之間夾一預設角度，例如大於等於 90 度或小於等於 90 度，如第 1B 圖所示，導體 14b 呈一 L 型。

根據一實施例，變壓式功率放大器 1B 包括單一個第一環狀線圈 12a，第一環狀線圈 12a 鄰近於第一長條部 141 及第二長條部 143，由第一環狀線圈 12a 作為一次側，即可於導體 14b 產生一感應電流 I_2 ，其餘環狀線圈 12b、12c 以導體 14b 為對稱軸分別設置於導體 14b 的兩側，以得到較佳的耦合。

圖式省略的放大器與多個環狀線圈 12a、12b、12c 的連接方式可參考第一實施例。

請參考第 1C 圖，第 1C 圖顯示依據本發明變壓式功率放大器的第三實施例之示意圖。變壓式功率放大器 1C 與第二實施例的變壓式功率放大器 1B 大致相同，即具有一導體 14c、多個環狀線圈 12a-12f 及多個放大器對(圖省略)，多個環狀線圈 12a-12f 分別設置在導體 12c 的兩側。兩者差異在於導體 14c，導體 14c 還包括一第三長條部 145，第二長條部 143 的兩端分別連接第一長條部 141 及第三長條部 145，第一長條部 141 與第三長條部 145 相對地設置，形成近似 U 型的導體 14c。

根據一實施例，變壓式功率放大器 1C 包括單一個第一環狀線圈 12a，第一環狀線圈 12a 位於第一長條部 141 與第三長條部 145 之間且鄰近於第二長條部 143，由第一環狀線圈 12a 作為一次側，便可於導體 14c 上產生一感應電流 I_3 ，其餘環狀線圈 12b-12f 以導體 14c 為對稱軸分別設置於導體 14c 的兩

側，以得到較佳的耦合。

同樣地，圖式省略的放大器與多個環狀線圈 12a-12f 的連接方式可參考第一實施例。

請參考第 1D 圖，第 1D 圖顯示依據本發明變壓式功率放大器的第四實施例之示意圖。變壓式功率放大器 1D 可為第二實施例的變壓式功率放大器 1B 與第三實施例的變壓式功率放大器 1C 的合成，變壓式功率放大器 1D 具有一鋸齒狀導體 14d、多個環狀線圈 12a-12e 及多個放大器對(圖省略)，多個環狀線圈 12a-12e 分別設置在導體 14d 的兩側，透過多個放大器對連接於多個環狀線圈 12a-12e，以於導體 14d 產生一感應電流 I_4 。

另外，參考第 2A 圖，第 2A 圖顯示依據本發明變壓式功率放大器的第五實施例之示意圖。第五實施例的變壓式功率放大器 2A 與第一實施例的變壓式功率放大器 1A 大致相同，即包括一導體 14a、多個環狀線圈 12a-12d 及多個放大器對 16a、18a、16b、18b，導體 14a 包括至少一長條部 141，多個環狀線圈 12a-12d 分別設置在導體 14a 的兩側。兩者差異在於，位於導體 14a 的多個環狀線圈 12a-12d 是兩兩並聯。

具體來說，第一環狀線圈 12a 與第二環狀線圈 12b 並聯，第一放大器 16a 電性連接第一環狀線圈 12a 的第一輸入端 121 以及第二環狀線圈 12b 的第三輸入端 127，第二放大器 18a 電性連接第一環狀線圈 12a 的第二輸入端 123 以及第二環狀線圈 12b 的第四輸入端 129，以於第一環狀線圈 12a 上形成一第一交變電流，於第二環狀線圈 12b 上形成一第二交變電流，第一交變電流與第二交變電流方向相反，更具體地來說，若第一環狀線圈 12a 上所載的第一交變電流產生一出紙面的第一磁場時，第二環狀線圈 12b 上所載的第二交變電流則產生一入紙面

的第二磁場，，且分別透過電磁感應於導體 14a 上產生同一方向的一感應電流 I_5 。同樣地，第三環狀線圈 12c 與第四環狀線圈 12d 並聯，放大器對 16b、18b 可以類似的連接關係連接第三環狀線圈 12c 與第四環狀線圈 12d。

參考第 2B 圖，第 2B 圖顯示依據本發明變壓式功率放大器的第六實施例之示意圖。第六實施例的變壓式功率放大器 2B 與第一實施例 1A 大致上相同，變壓式功率放大器 2B 包括一導體 14a、複數個環狀線圈 12a'、12b'、12c'、12d' 及複數個放大器 161a、181a、163a、183a，導體 14a 包括至少一長條部 141，多個環狀線圈 12a'、12b'、12c'、12d' 分別設置在導體 14a 的兩側。兩者差異在於，多個環狀線圈 12a'、12b'、12c'、12d' 分別是由複數個導線體圍繞而成，也就是說，每個環狀線圈具有一個以上的缺口，此外，放大器 161a、181a、163a、183a 的個數與連接方式亦不相同。

具體來說，如第 2B 圖所示，第一環狀線圈 12a' 包括一第一導線體 12a'₁ 及一第二導線體 12a'₂，第一導線體 12a'₁ 具有一第一輸入端 122 及一第二輸入端 124，第二導線體 12a'₂ 具有一第三輸入端 126 及一第四輸入端 128，其中第一輸入端 122 與第三輸入端 126 間隔地設置並彼此相對，以定義出缺口 1251；第二輸入端 124 與第四輸入端 128 間隔地設置並彼此相對，以定義出缺口 1252，藉此，第一導線體 12a'₁ 與第二導線體 12a'₂ 形成具有二缺口 1251、1252 的第一環狀線圈 12a'。

第一放大器 161a 電性連接第一導線體 12a'₁ 的第一輸入端 122，第二放大器 181a 電性連接第一導線體 12a'₁ 的第二輸入端 124；第三放大器 163a 電性連接第二導線體 12a'₂ 的第三輸入端 126，第四放大器 183a 電性連接第二導線體 12a'₂ 的第四輸入端 128。藉此，於第一環狀線圈 12a' 上形成一逆時針的交

變電流，此交變電流透過電磁感應於導體 14a 上產生一感應電流 I_6 。類似的配置用於第二環狀線圈 12b'、第三環狀線圈 12c' 及第四環狀線圈 12d'。

另外，第 2C 圖顯示依據本發明變壓式功率放大器的第七實施例之示意圖。第七實施例的變壓式功率放大器 2C 與第一實施例大致上相同，變壓式功率放大器 2C 包括一導體 14a、複數個環狀線圈 12c₁、12c₂ 及複數個放大器 17、19，導體 14a 包括至少一長條部 141，多個環狀線圈 12c₁、12c₂ 分別設置在導體 14a 的兩側。

兩者差異在於，多個環狀線圈 12c₁、12c₂ 實際上為一具有缺口 1253 的 8 字形導線體 12c''，具體來說，8 字形導線體 12c'' 的交叉部 c 越過導體 14a 的長條部 141，例如形成於導體 14a 的下方層或上方層，藉此，於導體 14a 的兩側分別形成第一環狀線圈 12c₁ 及第二環狀線圈 12c₂。此外，缺口 1253 可位於第一環狀線圈 12c₁ 或第二環狀線圈 12c₂，也就是說，8 字形導線體 12c'' 具有一第一端 127' 及一第二端 129'，第一端 127' 與第二端 129' 間隔地設置並彼此相對，以形成缺口 1253。

第一放大器 127' 電性連接至第一端 127'，第二放大器 129' 電性連接至第二端 129'，以分別於第一環狀線圈 12c₁ 及第二環狀線圈 12c₂ 上形成方向相反的交流電流，且分別透過電磁感應於導體 14a 上產生一感應電流 I_7 。

最後，請參考第 3A 圖及第 3B 圖。第 3A 圖顯示依據本發明一實施例之變壓式功率放大器的被動效率相對於頻率的特性曲線圖。第 3B 圖顯示依據本發明一實施例之變壓式功率放大器的增益、輸出功率及功率附加效率相對於輸入功率的特性曲線圖。

如第 3A 圖所示，變壓式功率放大器操作在 2.4GHz 下時，擁有超過 75% 的被動效率。如第 3B 圖所示，變壓式功率放大器的飽和輸出功率達 2 瓦(W)，且最大功率附加效率(PAE)接近 33%。

是故，由上述實施例可以得知，本發明的變壓式功率放大器藉由設計一次側與二次側的導體結構來降低晶片的上下金屬層間或同層金屬側壁的耦合電容效應，以提升 Q 值並增進效率。此外，變壓式功率放大器的結構簡單，具有極佳的設計彈性，可高度整合進系統晶片之設計之中。

以上敘述依據本發明多個不同實施例，其中各項特徵可以單一或不同結合方式實施。因此，本發明實施方式之揭露為闡明本發明原則之具體實施例，應不拘限本發明於所揭示的實施例。進一步言之，先前敘述及其附圖僅為本發明示範之用，並不受其限圍。其他元件之變化或組合皆可能，且不悖于本發明之精神與範圍。

【圖式簡單說明】

第 1A 圖為依據本發明變壓式功率放大器的第一實施例之示意圖。

第 1B 圖為依據本發明變壓式功率放大器的第二實施例之示意圖。

第 1C 圖為依據本發明變壓式功率放大器的第三實施例之示意圖。

第 1D 圖為依據本發明變壓式功率放大器的第四實施例之示意圖。

第 2A 圖為依據本發明變壓式功率放大器的第五實施例之示意圖。

第 2B 圖為依據本發明變壓式功率放大器的第六實施例之示意圖。

第 2C 圖為依據本發明變壓式功率放大器的第七實施例之示意圖。

第 3A 圖為依據本發明一實施例之變壓式功率放大器的效率相對於頻率的特性曲線圖。

第 3B 圖為依據本發明一實施例之變壓式功率放大器的增益、輸出功率及功率附加效率相對於輸入功率的特性曲線圖。

【主要元件符號說明】

1A、1B、1C、1D、2A、2B、2C 變壓式功率放大器

12a、12a'、12b、12b'、12c、12c'、12c₁、12c₂、12d、12d'、

12e 環狀線圈

12a'₁、12b'₂、12c'' 導線體

121、122、126、127、127' 第一端

123、124、128、129、129' 第二端

125、1251、1252、1253 缺口

14a、14b、14c、14d 導體

141、143、145 長條部

16a、161a、163a、16b、16c、16d、17 放大器

18a、181a、183a、18b、18c、18d、19 放大器

c 交叉部

V_{out} 輸出電壓

I₁、I₂、I₃、I₄、I₅、I₆、I₇ 感應電流

W、w 線寬

L 長度

g_1 、 g_2 、t 間距

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：101104411

※ 申請日：101.2.10

※ IPC 分類：H03F 3/20 (2006.01)
H03F 3/60 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

變壓式功率放大器

TRANSFORMER POWER AMPLIFIER

二、中文發明摘要：

本發明提供一種變壓式功率放大器，包括：一基板、一導體、一環狀線圈、一第一放大器及一第二放大器。其中該導體及該環狀線圈皆設置在該基板上。該導體包括一第一長條部，該環狀線圈鄰近於該第一長條部的一側，該環狀線圈包括一第一輸入端及一第二輸入端，該第一輸入端與該第二輸入端間隔地設置並彼此相對，以形成該環狀線圈的一缺口。該第一放大器電性連接該第一輸入端，該第一放大器接收一第一訊號。該第二放大器電性連接該第二輸入端，該第二放大器接收一第二訊號，該第一訊號與該第二訊號為差動訊號對，以於該環狀線圈上形成一交變電流，該交變電流透過電磁感應於該導體上產生一感應電流。

三、英文發明摘要：

A transformer power amplifier is disclosed. The transformer power amplifier includes a substrate, a conductor, a circular coil, a first amplifier and a second amplifier. The conductor and the circular coil are disposed on the substrate. The conductor includes a first elongated portion. The circular coil is at one side

of the elongated portion. The circular coil has a first terminal and a second terminal, in which the first terminal and the second terminal are spaced apart and opposite with each other to form an opening. The first amplifier is connected to the first terminal for receiving a first signal and the second amplifier is connected to the second terminal for receiving a second signal, in which the first signal and the second signal are differential signals to form an alternative current on the circuit coil and generate an induced current on the conductor.

七、申請專利範圍：

1. 一種變壓式功率放大器，包括：

一基板；

一導體，設置在該基板上，該導體包括一第一長條部；

至少一第一環狀線圈，設置在該基板上並鄰近於該第一長條部的一側，該至少一第一環狀線圈的每一個包括一第一輸入端及一第二輸入端，該第一輸入端與該第二輸入端間隔地設置並彼此相對，以形成每一個該第一環狀線圈的一缺口；

至少一第二環狀線圈，設置在該基板上並鄰近於該第一長條部的另一側，該至少一第二環狀線圈的每一個包括一第三輸入端及一第四輸入端，該第三輸入端與該第四輸入端間隔地設置並彼此相對，以形成每一個該第二環狀線圈的一缺口；及

一第一放大器及一第二放大器，該第一放大器電性連接該第一輸入端及該第三輸入端，該第二放大器電性連接該第二輸入端及該第四輸入端，以於該第一環狀線圈上形成一第一交變電流，於該第二環狀線圈上形成一第二交變電流，該第一交變電流與該第二交變電流方向相反，且分別透過電磁感應於該導體上產生一感應電流。

2. 如申請專利範圍第 1 項之變壓式功率放大器，其中每一個該第一環狀線圈及每一個該第二環狀線圈的結構分別為具有缺口的圓形、方形或多邊形。

3. 如申請專利範圍第 1 項之變壓式功率放大器，其中該長條部沿一直線延伸。

4. 如申請專利範圍第 1 項之變壓式功率放大器，其中該長條部

沿一曲線延伸。

5. 如申請專利範圍第 1 項之變壓式功率放大器，其中該導體還包括一第二長條部，該第二長條部連接於該第一長條部，該第二長條部傾斜或垂直於該第一長條部。
6. 如申請專利範圍第 1 項之變壓式功率放大器，其中該導體還包括一第二長條部及一第三長條部，該第二長條部連接於該第一長條部及該第三長條部。
7. 一種變壓式功率放大器，包括：
 - 一基板；
 - 一導體，設置在該基板上，該導體包括一第一長條部；
 - 一至少一第一環狀線圈，設置在該基板上並鄰近於該第一長條部的一側，該至少一第一環狀線圈的每一個包括一第一輸入端及一第二輸入端，該第一輸入端與該第二輸入端間隔地設置並彼此相對，以形成每一個該第一環狀線圈的一缺口；
 - 一至少一第二環狀線圈，設置在該基板上並鄰近於該第一長條部的另一側，該至少一第二環狀線圈的每一個包括一第三輸入端及一第四輸入端，該第三輸入端與該第四輸入端間隔地設置並彼此相對，以形成每一個該第二環狀線圈的一缺口；及
 - 一第一放大器、一第二放大器、一第三放大器，及一第四放大器，該第一放大器電性連接該第一輸入端，該第二放大器電性連接該第二輸入端，以於每一個該第一環狀線圈上形成一第一交變電流，該第三放大器電性連接該第三輸入端，該第四放大器電性連接該第四輸入端，以於每一個該第二環狀線圈上形成一第二交變電流，該第一交變電流與該第二交變電流方向相反，且分別透過電磁感應於該導體上產生

一感應電流。

8. 如申請專利範圍第 7 項之變壓式功率放大器，其中每一個該第一環狀線圈及每一個該第二環狀線圈的結構分別為具有缺口的圓形、方形或多邊形。
9. 如申請專利範圍第 7 項之變壓式功率放大器，其中該長條部沿一直線延伸。
10. 如申請專利範圍第 7 項之變壓式功率放大器，其中該長條部沿一曲線延伸。
11. 如申請專利範圍第 7 項之變壓式功率放大器，其中該導體還包括一第二長條部，該第二長條部連接於該第一長條部，該第二長條部傾斜或垂直於該第一長條部。
12. 如申請專利範圍第 7 項之變壓式功率放大器，其中該導體還包括一第二長條部及一第三長條部，該第二長條部連接於該第一長條部及該第三長條部。
13. 一種變壓式功率放大器，包括：
 - 一基板；
 - 一導體，設置在該基板上，該導體包括一第一長條部；
 - 一 8 字形導線體，包括一第一環狀線圈、一第二環狀線圈、一交叉部及一第一輸入端及一第二輸入端，該交叉部連接該第一環狀線圈及該第二環狀線圈，該交叉部越過該第一長條部，該第一環狀線圈及該第二環狀分別鄰近於該第一長條部的兩側，該第一輸入端與該第二輸入端間隔地設置並彼此相對，以形成該 8 字形導線體一缺口；
 - 一第一放大器，電性連接該第一輸入端，該第一放大器

接收一第一訊號；及

一第二放大器，電性連接該第二輸入端，該第二放大器接收一第二訊號，該第一訊號與該第二訊號為差動訊號對，以於該 8 字形導線體上形成一交變電流，使該第一環狀線圈及該第二環狀線圈分別產生相反方向的一第一磁場及一第二磁場，該第一磁場及該第二磁場透過電磁感應於該導體上產生一感應電流。

14. 如申請專利範圍第 13 項之變壓式功率放大器，其中該第一環狀線圈及該第二環狀線圈的結構分別為圓形、方形或多邊形，且該缺口位於該第一環狀線圈或該第二環狀線圈。
15. 如申請專利範圍第 13 項之變壓式功率放大器，其中該長條部沿一直線延伸。
16. 如申請專利範圍第 13 項之變壓式功率放大器，其中該長條部沿一曲線延伸。
17. 如申請專利範圍第 13 項之變壓式功率放大器，其中該導體還包括一第二長條部，該第二長條部連接於該第一長條部，該第二長條部傾斜或垂直於該第一長條部。
18. 如申請專利範圍第 13 項之變壓式功率放大器，其中該導體還包括一第二長條部及一第三長條部，該第二長條部連接於該第一長條部及該第三長條部。

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第 (1A) 圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

1A 變壓式功率放大器

12a、12b、12c、12d 環狀線圈

121 第一端

123 第二端

125 缺口

14a 導體

141 長條部

16a 放大器

18a 放大器

V_{out} 輸出電壓

I_l 感應電流

W、w 線寬

L 長度

g_1 、 g_2 、t 間距

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

無