

# 發明專利說明書

公告本

(本說明書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※ 申請案號：95104656

※ 申請日期：95.2.10

※IPC 分類：H01F27/28

H01F 5/00

## 一、發明名稱：(中文/英文)

嵌入式環形線圈電感器

EMBEDDED TOROIDAL INDUCTOR

## 二、申請人：(共 1 人)

姓名或名稱：(中文/英文)

美商賀利實公司

HARRIS CORPORATION

代表人：(中文/英文)

史考特 T 米昆

MIKUEN, SCOTT T.

住居所或營業所地址：(中文/英文)

美國佛羅里達州美爾鉢市西那沙路1025號

1025 WEST NASA BOULEVARD, MELBOURNE, FL 32919, U. S. A.

國籍：(中文/英文)

美國 U.S.A.

三、發明人：(共 4 人)

姓 名：(中文/英文)

1. 麥可 D 普里斯柯契  
PLESKACH, MICHAEL D.
2. 安德瑞 J 湯瑪森  
THOMSON, ANDREW J.
3. 巴亞度 A 帕洋  
PAYAN, BAYARDO A.
4. 泰瑞 普洛沃  
PROVO, TERRY

國 籍：(中文/英文)

1. 美國 U.S.A.
2. 美國 U.S.A.
3. 美國 U.S.A.
4. 美國 U.S.A.

#### 四、聲明事項：

主張專利法第二十二條第二項  第一款或  第二款規定之事實，其事實發生日期為： 年 月 日。

申請前已向下列國家(地區)申請專利：

【格式請依：受理國家(地區)、申請日、申請案號 順序註記】

有主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

1. 美國；2005年02月10日；11/055,154

2.

無主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

1.

2.

主張專利法第二十九條第一項國內優先權：

【格式請依：申請日、申請案號 順序註記】

主張專利法第三十條生物材料：

須寄存生物材料者：

國內生物材料 【格式請依：寄存機構、日期、號碼 順序註記】

國外生物材料 【格式請依：寄存國家、機構、日期、號碼 順序註記】

不須寄存生物材料者：

所屬技術領域中具有通常知識者易於獲得時，不須寄存。

其中  $h$  係該電感高度、 $a$  係該電感內徑，及  $b$  係該電感之一外徑。

然而，在小型 RF 電路中，環形線圈電感器的實施特別困難。因此，小型 RF 電路中的電感器通常欲實施為表面安裝組件或直接形成在一 RF 基板表面上的平面螺線。平面螺線電感器將遭受一嚴重的缺點，相較於一環形線圈電感器，其無法實質地拘限其所產生的磁場。儘管表面安裝的環形線圈電感器的工作良好，但這種組件所需電路板的面積係一構成該 RF 系統整個尺寸的重要因素。事實上，被動表面安裝裝置的使用通常需要一大於所需之電路板，以包含電路元件。

頒與 Krone 等人的第 5,781,091 號美國專利揭露一電子電感裝置及在一堅硬覆銅環氧樹脂疊層中製造該電子電感裝置的方法。該製程包含在一環氧樹脂疊層中鑽製一系列的間隔孔，將該覆銅整個從該板蝕去，將一環形線圈鐵磁鐵心定位在各間隔孔內，及以一纖維充填的環氧樹脂充填各孔的剩餘部分。此技術包含許多額外處理步驟，這些步驟通常不屬於傳統步驟中所包含在形成一傳統環氧樹脂電路板的一部分。這些額外步驟自然包含其他費用。另外，這種技術不適用於其他型式的基板，例如下面所說明的陶瓷型式基板。

在  $850\sim 1000^{\circ}\text{C}$  所鍛燒的玻璃陶瓷基板通常被稱作低溫共同烘製陶瓷 (LTCC)。這類材料具有許多優點，使其特別適用於 RF 系統的基板。例如，來自 Dupont<sup>®</sup> 的低溫共同烘製

(LTCC)。這種LTCC材料具有若干優點，使其特別適用於RF系統的基板。例如，來自Dupont®的低溫951共同烘製的Green Tape™係與Au及Ag相容，且其具有一熱膨脹係數(TCE)及適合許多應用的相對強度。其他形式的陶瓷材料也可使用。該陶瓷膠帶的尺寸可依據該特別應用由多種因素決定。例如如果該環形線圈電感器形成一大型RF電路，該陶瓷膠帶的尺寸可加以選擇以容納該RF電路，其中該環形電感器形成一組件。

第一複數個導電通孔102可在該基板層100中形成，如步驟1504所示。此步驟可利用任意適當技術實行。例如，通孔可以藉由貫穿、雷射切割或蝕刻鑽孔於該基板層100中形成。在步驟1510，該等鑽孔可以導電性塗膏及或任何其他適合導電元件充填。

如圖1及2所示，該第一複數個導電通孔102可與一中心軸線212沿徑向間隔一第一距離a，以便界定一環形線圈電感器之內圓周。在步驟1506及1510中，一第二複數個導電通孔104可沿該中心軸線徑向間隔一第二距離b形成，以便界定一中間圓周。同樣地，在步驟1508及1510中，一第三複數個導電通孔106可沿該中心軸線徑向間隔一第三距離c形成，以便界定一外圓周。如圖2所示，該通孔可實質上延伸於該基板層100之相反表面214、216之間。一或多個通孔108可被提供以界定一組用於該環形線圈電感器的電接點。

在一配置中，該基板層100包含複數個例如像陶瓷膠帶

層這類的次層，步驟1504-1510可在個別次層上形成。在步驟1520，該各別導電通孔可對齊且該等次層可堆疊以形成該基板層100。再者，另外必須瞭解的是，雖然步驟1504、1506及1508分別在圖15中，這種步驟可在一單一處理步驟中實施。同樣地，步驟1512及1514可在一單一處理步驟以及步驟1516與1518中實施。

現在參考圖3及4，該製程可在步驟1512及1514中繼續，其係藉由沉積一第一導電軌跡320及一第二複數個導電軌跡322在該基板層100上實行。表面214上的導電軌跡320可在實質上沿徑向緊鄰之各別第一及第三導電通孔之間形成電氣連接。同樣地，表面214上的導電軌跡322可在實質上沿徑向緊鄰之各別第二及第三導電通孔之間形成電氣連接。

在步驟1516及1518中，第三複數個導電軌跡324及第四複數個導電軌跡326可提供在一第二基板層430的表面432上。該第二基板層430也可由任意適當的基板材料形成，例如LTCC。該第三導電軌跡324可經配置使得當該二基板層如圖所示對齊及堆疊時，表面432上的軌跡324將在圓周偏離的第一複數個導電通孔102及第三複數個導電通孔106間提供一電連接。同樣地，表面432上的軌跡326將在圓周偏離的第二複數個導電通孔104及第三複數個導電通孔106之間提供一電連接。此外，與該通孔108接觸的軌跡328可被提供以界定該組環形線圈電感器的電接點。

該導電軌跡320、322、324、326、328可由任意適當的

導電塗膏或與該共同烘製製程所選擇基板材料相容的墨水形成。這種材料可從多種來源購得。再者，必須注意的是，雖然二基板層100及430，如圖4所示，具有導電軌跡配置在各膠帶的一側上，本發明不限於此。習於此技者將要瞭解，導電軌跡320、322、324、326、328也可配置在一單層基板層100的相反側上，且這種可替代配置也符合本發明範圍。

同樣必須注意的是，額外基板層(未顯示)也可堆疊在該基板層100的表面214上及/或該第二基板層430的表面438上。例如，該基板層100及430可插在複數個額外基板層之間，以便該導電通孔102、104、106及導電軌跡320、322、324、326嵌入一最終基板結構內。在步驟1520中，多種基板層可利用傳統處理技術使彼此堆疊及對齊。

該等導電通孔102、104、106及導電軌跡320、322、324、326共同界定一三維導電環形線圈540，如圖5所示。該環形線圈係由該等通孔102、104、106及導電軌跡320、322、324、326的三維組合形成，且用於瞭解從圖1-4所說明配置所產生的環形線圈結構。關於這點，必須瞭解的是，本發明在此不限於圖1-4所說明之通孔102、104、106及導電軌跡320、322、324、326的精確配置或圖案。相反地，該基板層中所形成通孔及軌跡的任何圖案均可被使用，只要其大致上產生與圖5所示這種實質上的環形線圈配置，由此瞭解許多微小變化係可行的。

例如，如上述，表面214上的導電軌跡320在實質上徑向

磁或順磁性的材料，藉由形成該鐵心區域之至少一部分選擇性地修改，使得此一材料的相對導磁率大於1。從方程式(2)明顯得知，提供具有一大於1之相對導磁率的區域434可使得該環形線圈電感器相對於一具有導磁率等於1的鐵心區域434產生一增加的電感。

任意適當構件皆可用以形成具有一大於1之導磁率的鐵心區域434。例如，該基板層100可提供為具有一所想要導磁率的材料。在一可替代實施例中，該基板100可被形成使得該高導磁率區域特別包括該環形鐵心區域434。可用以修正該區域434電氣特徵的材料範例包括間、次材料及LTCC材料，這些材料具有一大於1的導磁率。再者，具有導磁率大於1的許多其他材料係為習於此技者所熟知，且本發明不限於此。

在RF電路板中，通常想要包括一或多個接地平面。例如，至少一導電層436可配置在該基板層430下方。然而，本發明不受此限制。例如，一導電層(未顯示)可配置在該基板100上方。一或多個基板層(未顯示)可將該導電層與該導電軌跡320、322、324、326、328隔離。

圖8說明一整合在一基板內之環形線圈電感器的另一實施例，其用於瞭解本發明。圖9係沿線9-9所取的圖8之基板截面圖，且圖10係沿線10-10所取的圖8之基板截面圖。參考圖8-10的各圖，導電通孔可利用任意適當技術形成於該基板800中。特別地，一第一複數個導電通孔802可與一中心軸線810徑向間隔一第一距離 $a$ ，以便界定一環形線圈

一複數個導電通孔 802 及第四複數個導電通孔 808 間提供一電連接。同樣地，表面 1202 上的軌跡 1112 可在圓周偏離的第三複數個導電通孔 806 及第四複數個導電通孔 808 間提供一電連接。表面 1202 上的軌跡 1114 可在圓周偏離的第二複數個導電通孔 804 及第四複數個導電通孔 808 間提供一電連接。

圖 14 中的示意圖也用於瞭解由圖 8-13 所說明之配置產生的環形線圈結構 1400。關於這點，必須瞭解的是，本發明在此不限於圖 8-13 所示通孔及導電軌跡的精確配置或圖案。相反地，該基板層中所形成之任何通孔及軌跡的圖案可被使用，只要其大致上在與圖 14 所示類似型式之一實質的環形線圈配置中產生，由此瞭解許多微小變化係可行的。

在圖 8-13 所示實施例中，由包含通孔 802 與 808 以及導電軌跡 1102 與 1110 的線匝所界定之截面積 1204 大於由包含通孔 804 與 808 以及導電軌跡 1104 與 1114 的線匝所界定之截面積 1306。同樣地，該截面積 1306 大於由包含通孔 806 與 808 以及導電軌跡 1106 與 1112 的線匝所界定之截面積 1308。此實施例的電感可表示為：

$$(3) \quad L = \frac{\mu h}{2\pi} \left[ N_1^2 \ln \frac{b}{a} + (N_1 + N_2)^2 \ln \frac{c}{b} + (N_1 + N_2 + N_3)^2 \ln \frac{d}{c} \right]$$

其中  $\mu$  係該基板 800 的導磁率， $N_1$  係由通孔 802 與 808 以及導電軌跡 1102 與 1110 所界定的線匝數且  $N_2$  係由通孔 804 與 808 以及導電軌跡 1104 與 1114 所界定的線匝數， $N_3$  係由通



804, 806, 808	
212	中心軸線
214, 216, 432, 438, 1108, 1202	表面
320, 322, 324, 326, 328, 336, 620, 624, 1102, 1104, 1106, 1110, 1112, 1114, 1116	導電軌跡
430	第二基板層
434	環形線圈鐵心區域
436	導電層
440, 442, 706, 1204, 1306, 1308	截面積
540	環形線圈
702	內通孔
704	外通孔
810	中心軸線
1400	環形線圈結構
1502, 1504, 1506, 1508, 1510, 1512, 1514, 1516, 1518, 1520, 1522	步驟
a	第一徑向距離
b	第二徑向距離
c	第三徑向距離
d	第四徑向距離
h	電感器高度

## 五、中文發明摘要：

一種環形線圈電感器包括一基板(100)、一界定於該基板內之環形線圈鐵心區域(434)，及一包括沿該環形線圈鐵心區域形成之第一複數個線匝及沿該環形線圈鐵心區域形成之第二複數個線匝的環形線圈。該第二複數個線匝所界定之一截面積(440)可大於由該第一複數個線匝所界定之一截面積(442)。該基板及該環形線圈可在一共同烘製過程中形成，以形成一具有該環形線圈至少部分嵌入其中的整合基板結構。該第一及第二複數個線匝可以交替順序配置。該環形線圈鐵心區域可以一基板材料形成，該基板材料具有一大於該基板至少一其他部分的導磁率。

## 六、英文發明摘要：

十一、圖式：

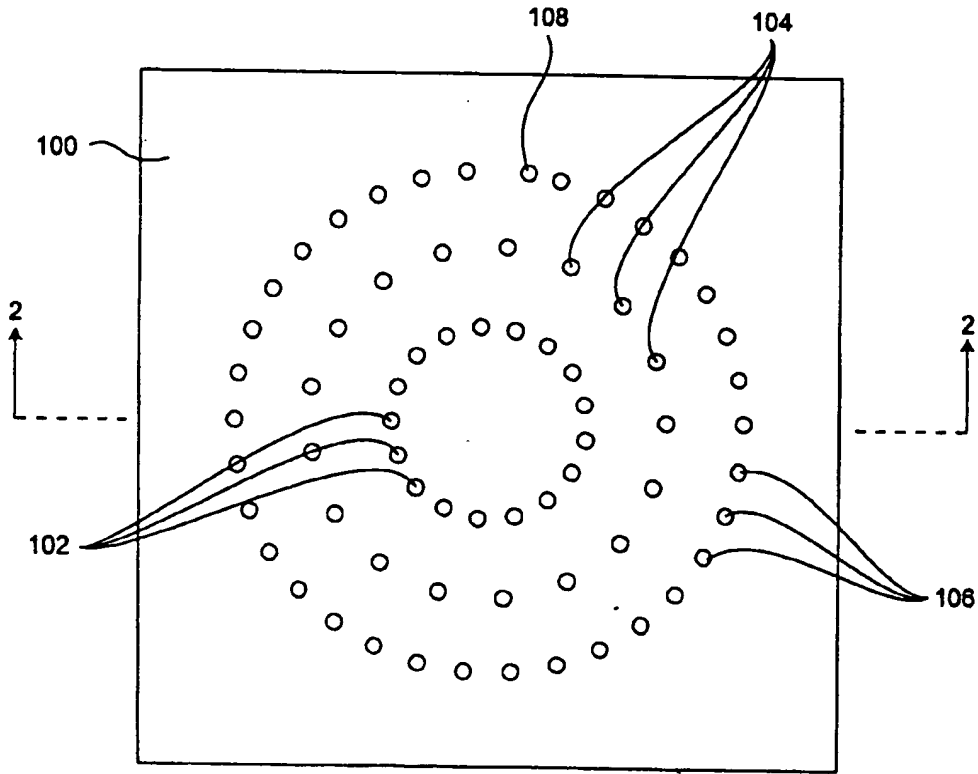


圖 1

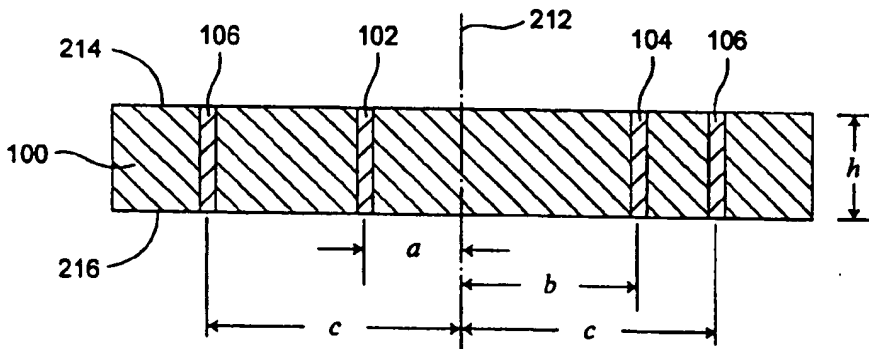


圖 2

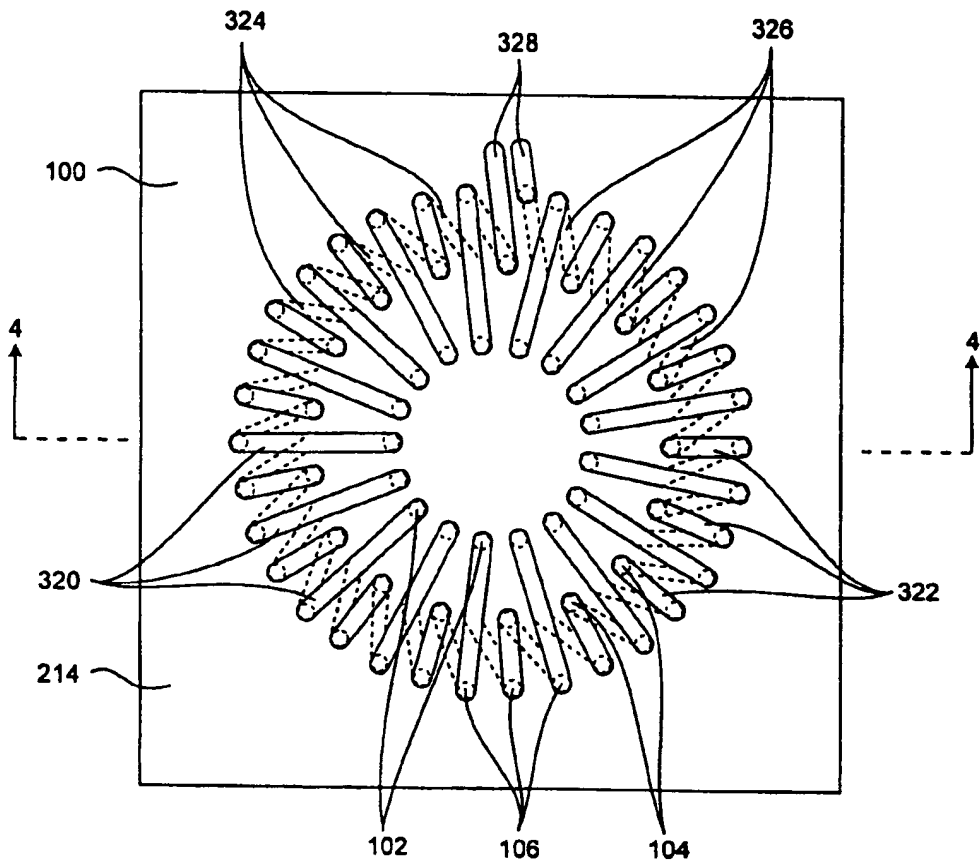


圖 3

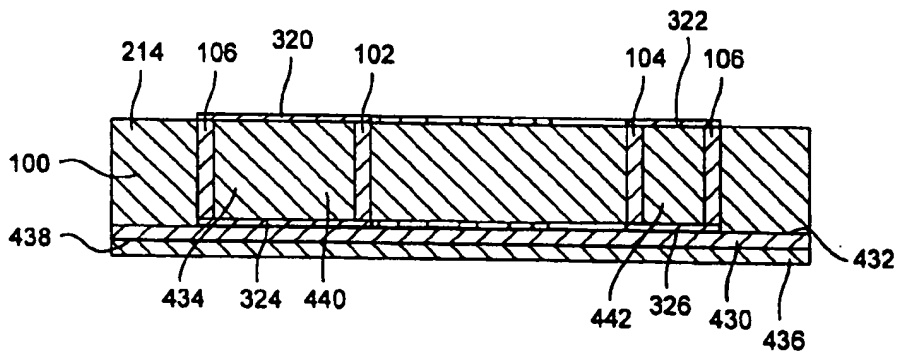


圖 4

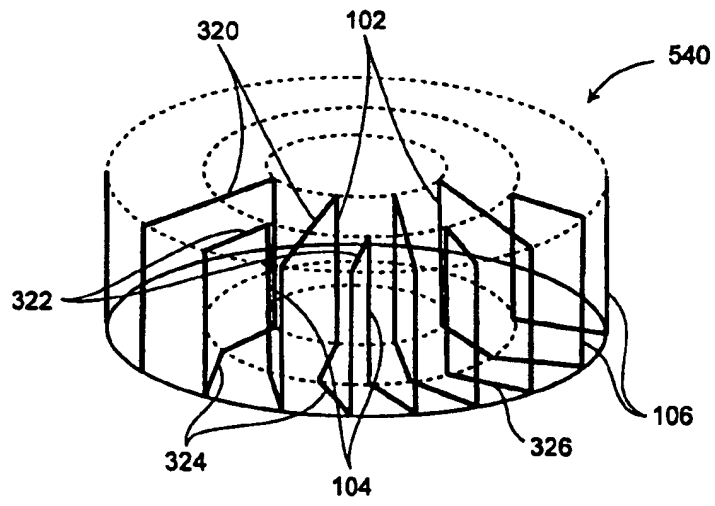


圖 5

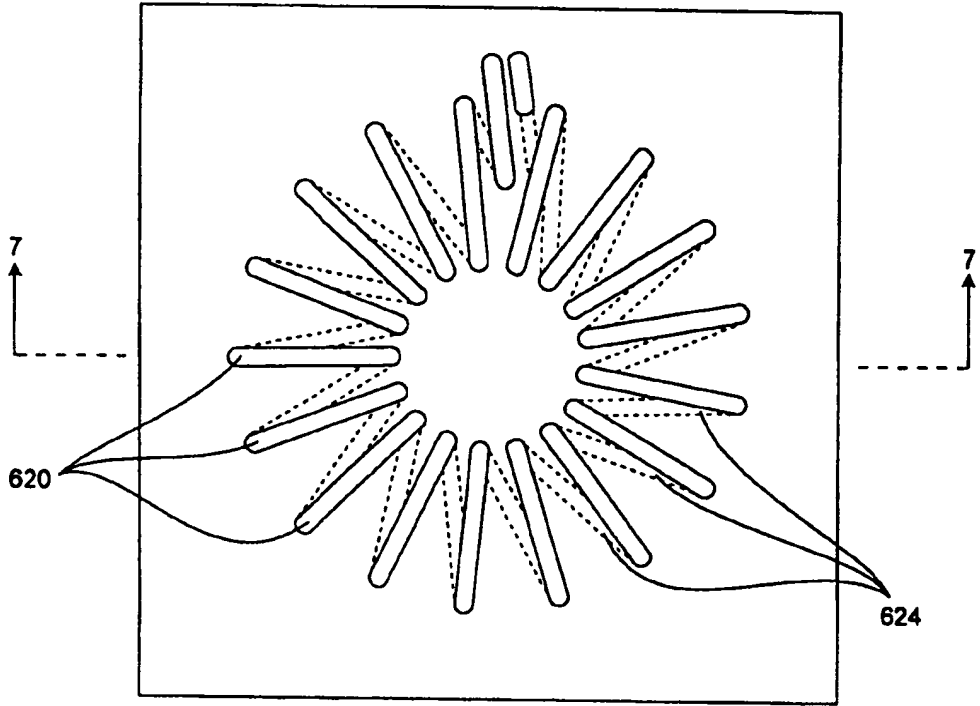


圖 6

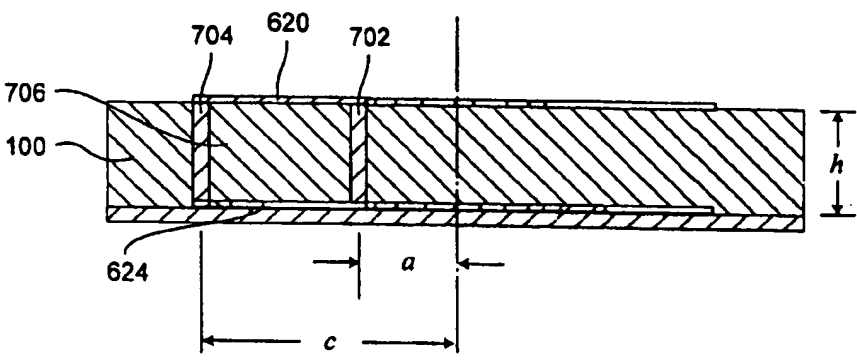


圖 7

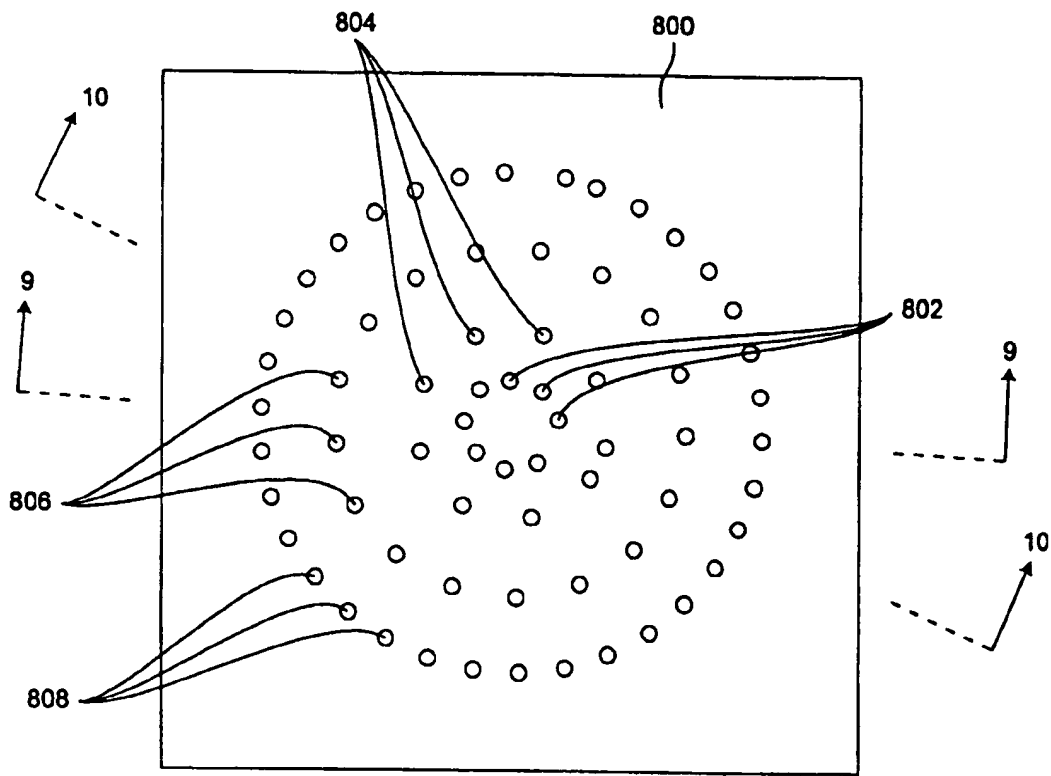


圖 8

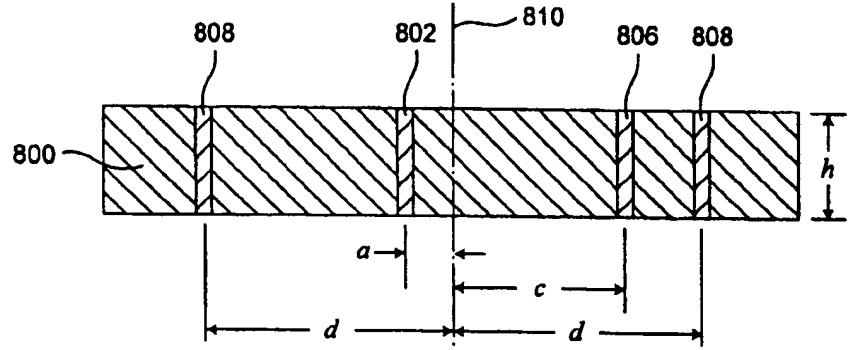


圖 9

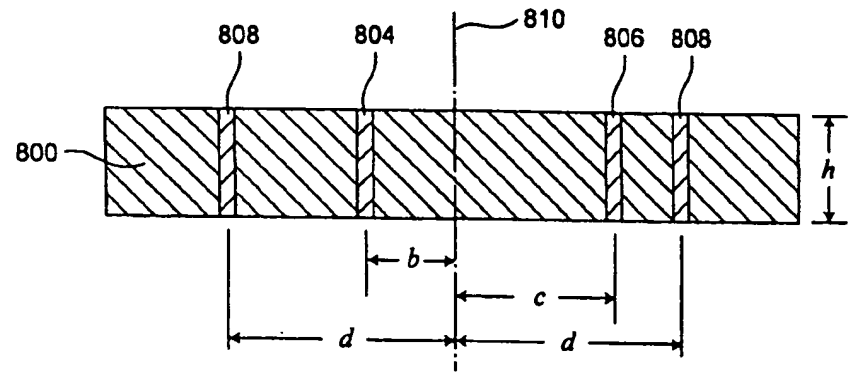


圖 10

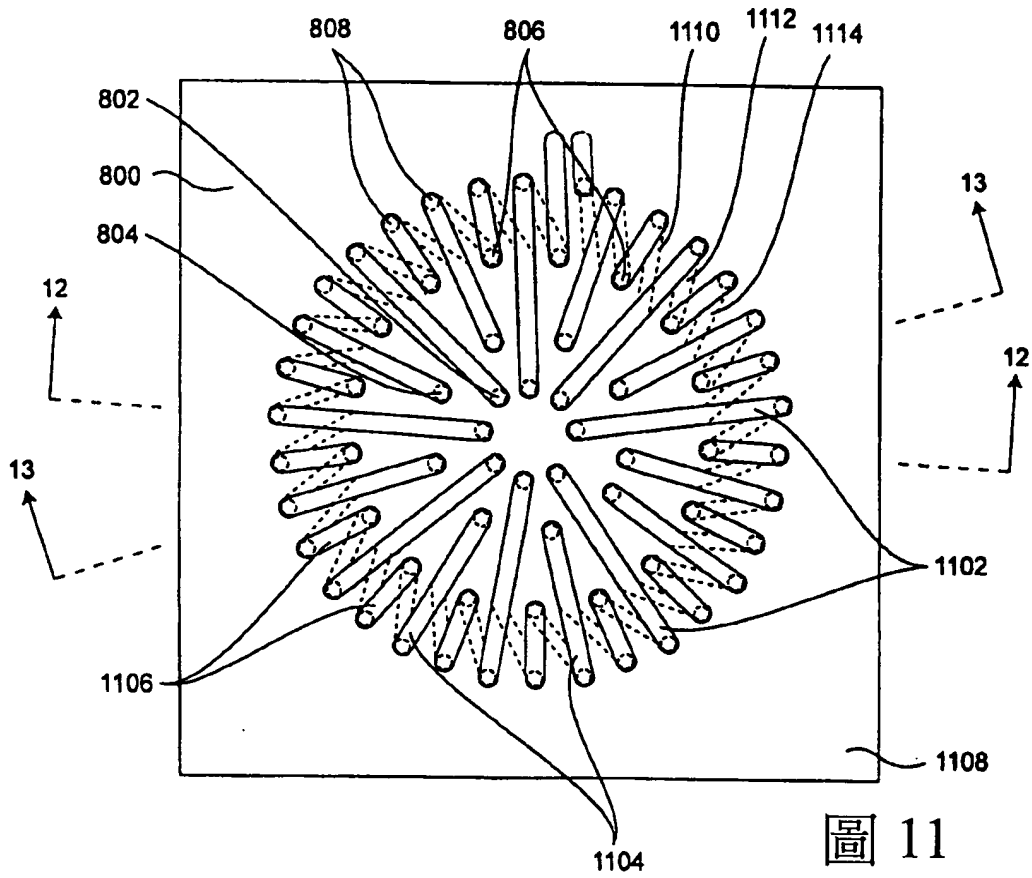


圖 11

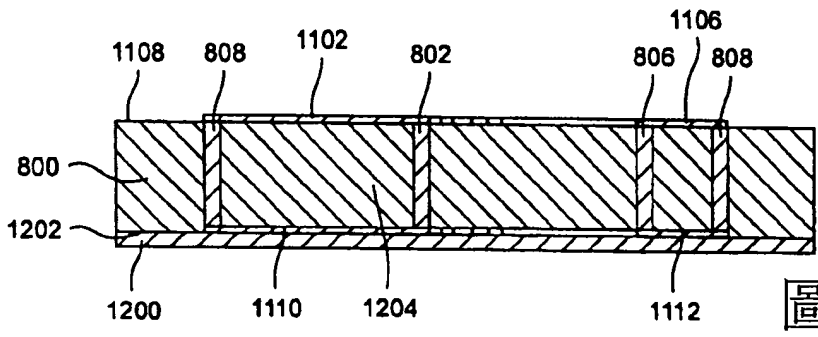


圖 12

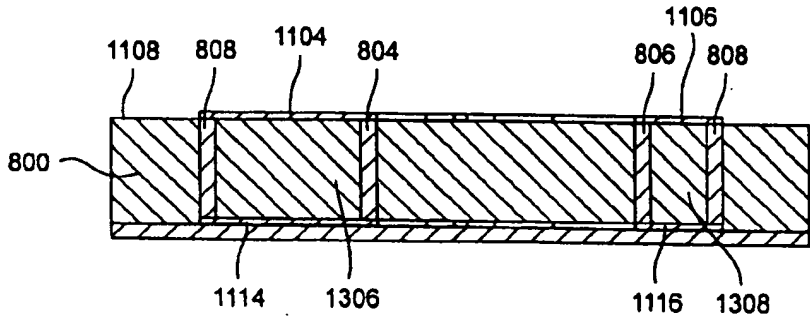


圖 13

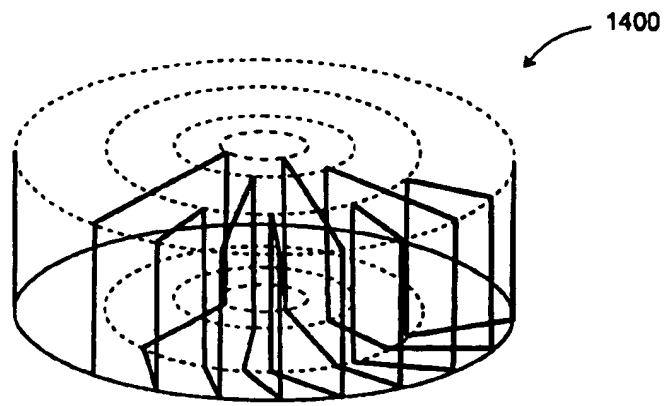


圖 14

**七、指定代表圖：**

(一)本案指定代表圖為：第( 3 )圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

100	基板層
102,104,106	導電通孔
214	表面
320, 322, 324, 326, 328	導電軌跡

**八、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：**

(無)

## 九、發明說明：

### 【先前技術】

如所習知，一磁場每次在一導體中產生一電流。一電感器係一被動電氣組件，此組件包括一系列的導電繞組或線圈(之後稱"線匝")，當一電流在這些線匝中建立時，該等繞組或線圈共同在一指定區域內界定該磁場。一電感器在該磁場中儲存能量的能力係由一電感L所說明，該電感大致上與線匝數的平方 $N^2$ 及該磁場所建立區域中導磁率 $\mu$ 成比例。該導磁率 $\mu$ 通常藉由相對導磁率 $\mu_r$ 討論，該相對導磁率係該導磁率 $\mu$ 對於自由空間導磁率 $\mu_0$ 的比率，即

$$\mu_r = \frac{\mu}{\mu_0}$$

通常電感器纏繞在一具有大於空氣導磁率(即 $\mu_r > 1.0$ )的鐵磁性鐵心上，以便對於一已知匝數提供一較大的電感。這種鐵心可由多種形狀獲得，其範圍從單純的圓柱桿至環形線圈。已知環形線圈可提供某些優點，因為對於一已知導磁率及線匝數而言，其比電磁線圈(柱形)鐵心提供一較高的電感。環形線圈也具有實質上包含在該鐵心內由該電感器所產生磁場的優點，以便限制RF滲漏及減少與其他相鄰組件的耦合與干擾。對於一典型環形線圈電感器而言，該電感係由下列方程式獲得：

$$L = \frac{\mu N^2 h}{2\pi} \ln \frac{b}{a}$$

的 Green Tape™ 係與 Au 及 Ag 相容，且其具有的熱膨脹係數 (TCE) 及相對強度適合許多應用。其他 LTCC 陶瓷膠帶產品可取自美國賓州 19406-2625 普魯士國王市教會東路 416 號的電子科學實驗室。LTCC 產品的製造者典型另外提供與其 LTCC 產品相容的金屬塗膏，以界定金屬軌跡及通孔。

傳統 LTCC 處理的流程包括 (1) 從該整細膠帶上切割綠色 (未烘製) 的陶瓷膠帶、(2) 貫穿電氣通孔所需的孔、(3) 以導體塗膏充填通孔及屏蔽印刷製圖導體、(4) 堆疊、對齊及層疊個別膠帶層、(5) 烘製該堆疊層以燒結粉末且使其密集化，及 (6) 將該烘製陶瓷切割成個別基板。

LTCC 處理需要共同烘製的材料在化學上及對於熱膨脹係數 (CTE) 可相容。典型地，可用之 LTCC 材料的範圍已被限制。例如，LTCC 材料僅可用在一有限範圍的可滲透率值的範圍，且通常不包括具有大於 1 之相對導磁率值的材料。然而最近，材料發展已經開始擴展到可用 LTCC 的材料範圍。再者，與標準 LTCC 製程相容的高導磁率陶瓷膠帶材料已逐漸可從市場購得。

### 【發明內容】

本發明關於一種整合於一基板內之環形線圈電感器及其製造方法。該方法可包括在一基板中形成第一複數個導電通孔，該等通孔與一中心軸線徑向間隔一第一距離，以便界定一內圓周。第二複數個導電通孔可在該基板中形成，該等通孔與該中心軸線徑向間隔一第二距離，以便界定一中間圓周，該第二距離大於該第一距離。第三複

數個導電通孔可與該中心軸線徑向間隔形成，以便界定一外圓周，該第三距離大於該第二距離。

第一複數個導電軌跡可在與該中心軸線垂直界定的第一平面中配置，該第一複數個導電軌跡在實質上徑向緊鄰的第一與第三複數個導電通孔之間形成一電連接。第二複數個導電軌跡可配置在該第一平面中，該第二複數個導電軌跡在實質上徑向緊鄰的第二與第三複數個導電通孔之間形成一電連接。第三複數個導電軌跡可在與該第一平面間隔且與該中心軸線垂直界定的第二平面中配置，以便在圓周偏離的第一與第三導電通孔之間界定一電連接。最後，第四複數導電軌跡可在該第二平面中配置，以便在圓周偏離的第二與第三導電通孔之間界定一電連接，以及界定一三維環形線圈。

該方法可包括共同烘製該基板及該環形線圈以形成一具有該環形線圈至少部分地嵌入其中之整合基板結構的步驟。該方法尚可包括形成該環形線圈內所界定一材料基板之至少一環形鐵心區域，該材料具有至少一電氣特徵與該基板之至少一其他部分不同。例如，該材料可為低溫的共同烘製陶瓷(LTCC)，此陶瓷材料具有一高於一包含該基板其他區域之材料的導磁率。在該環形鐵心區域中的基板及材料可共同烘製在一起以形成一體成型之基板結構。該基板也可藉由堆疊複數個基板層且選擇至少一基板層形成，使其具有一相對導磁率高於該環形線圈內所界定基板之環形鐵心區域內至少部分所包含的相對導磁率。

在一實施例中，該方法可包括在該基板中形成第四複數個導電通孔，該等導電通孔與該中心軸徑向間隔一第四距離，以便界定一第三內圓周，該第四距離少於該第一距離。第五複數個導電軌跡在實質上徑向緊鄰的第四與第三複數個導電通孔間形成一電連接。第六複數個導電軌跡可配置在該第二平面中，以便在圓周偏離的第四與第三複數個導電通孔間界定一電連接。

本發明尚關於一包括一基板之印刷電路板，該基板具有一界定於該基板內之環形鐵心區域及一環形線圈。該環形線圈可包括一沿該環形鐵心區域形成的第一複數個線匝，及一沿該環形鐵心區域形成的第二複數個線匝，該第二複數個線匝所界定之一截面積大於該第一複數個線匝所界定的截面積。

該基板及環形線圈可在一共同烘製製程中形成，以形成一具有該環形線圈至少部分地嵌入其中的整合基板結構。該第一及第二複數個線匝可以交替順序配置且包含在該基板的所有點上。該環形鐵心區域可由一基板材料組成，該基板材料所具有一大於該基板至少一其他部分之一第二基板材料的導磁率。該環形線圈尚可包括一沿該環形鐵心區域形成的第三複數個線匝，該第三複數個線匝所界定之截面積大於該第二複數個線匝所界定之截面積。

本發明尚關於一環形線圈電感器，該電感器包括一基板、一界定於該基板內之環形鐵心區域及一環形線圈，該環形線圈包括一沿該環形鐵心區域形成之第一複數個線匝

及一沿該環形鐵心區域形成之第二複數個線匝。該第二複數個線匝所可界定之一截面積大於該第一複數個線匝所界定之一截面積。該基板及該環形線圈可在一共同烘製製程中形成以形成一具有該環形線圈至少部分地嵌入其中的整合基板結構。該第一及第二複數個線匝可以交替順序配置。該環形鐵心區域可由一基板材料形成，該基板材料具有一大於該基板至少一其他部分的導磁率。第三複數個線匝可沿該環形鐵心區域形成，該第三複數個線匝所界定之截面積大於該第二複數個線匝所界定之截面積。

### 【實施方式】

本發明關於一種具有一基板之環形線圈電感器及其製造方法。如在此所界定，一環形線圈電感器係一具有繞組之電感器，該繞組界定一封閉路徑以實質地包含該電感器所產生的磁通。因而，該電感器繞組所界定的區域不限於環形，也包括碟形或具有其他適合界定一封閉路徑的形狀，以實質上包含該電感器所產生的磁通。

該方法將參考圖 1-2 及圖 15 的流程圖加以說明。該方法可由步驟 1502 開始，藉以形成一適合尺寸的基板層 100。該基板層 100 可由任意適當基板材料形成且可包括任何數目的次層(sub-layer)，以此適當地取得一所想要的基板厚度。例如，該基板層 100 可包括一或多層未烘製的陶瓷膠帶。該陶瓷膠帶可為多種可購得的任何玻璃陶瓷基板。例如，該陶瓷膠帶可為一玻璃陶瓷基板，其設計在 800°C 至 1,050°C 燒結。這類材料通常指的是低溫共同烘製的陶瓷

緊鄰之各別第一及第三複數個導電通孔之間形成電連接。然而，必須注意的是，如在此所用名詞，徑向緊鄰的導電通孔不必徑向精密地對齊。這種徑向緊鄰的通孔也可彼此在圓周上偏離某些角度。圓周偏離的通孔非徑向對齊。這樣，由此將要瞭解，本發明不欲限制該等導電軌跡320、322、324、326及通孔102、104、106的任何特定幾何，只要這些元件的組合界定一連續的環形線圈。

一旦所有通孔102、104、106、108及導電軌跡320、322、324、326、328被完成，該等基板層100及430，通孔及軌跡可共同烘製於步驟1522中，以便將堆疊的基板層燒結及密合。該烘製操作可根據適合所使用基板材料的特別型式的溫度及時間實施。

如圖1-4所示，該等通孔102可沿著該環形線圈電感器的內圓周緊密地間隔，以便增加導電軌跡320的數目。值得注意的是，該等通孔104及導電軌跡322可在緊鄰的軌跡320間配置，但不妨礙該等通孔102的置放。此配置提供該環形線圈電感器的線匝數大於將以其他方式所取得者，因此提供該環形線圈電感器一增加的電感位準。

例如，參考圖6及7，如果僅包括由內通孔702及外通孔704所界定之線匝的環形線圈電感器，其中導電軌跡620、624配置其間，該電感將由下列方程式獲得：

$$(1) \quad L = \frac{\mu N_1^2 h}{2\pi} \ln \frac{c}{a}$$

其中 $\mu$ 係該基板100的導磁率； $N_1$ 係該等通孔702與704以及

各別導電軌跡 620 與 624 所界定的線匝數；h 係該電感器的高度(該基板 100 的厚度)；a 係一第一徑向距離，如圖 7 所示，其等於圖 2 所示的第一徑向距離 a；及 c 係圖 7 所示的第二徑向距離，其等於圖 2 所示的第三徑向距離 c。

方程式(1)假設該環形線圈的各線匝透過為常數的環形線圈電感器之環形鐵心區域界定一截面積 706。然而，對於圖 1-4 所示實施例，由包含通孔 102 與 106 以及導電軌跡 320 與 324 的線匝所界定之截面積 440 大於由包含通孔 104 與 106 以及導電軌跡 322 與 326 的線匝所界定之截面積 442。因此，方程式(1)可能無法精確地計算圖 1-4 所示環形線圈電感器的電感。此實施例的電感可表示為：

$$(2) \quad L = \frac{\mu h}{2\pi} \left[ N_1^2 \ln \frac{b}{a} + (N_1 + N_2)^2 \ln \frac{c}{b} \right]$$

其中 b 係圖 2 所示的第二徑向距離， $N_1$  係由通孔 102 與 106 以及導電軌跡 320 與 326 所界定的線匝數，且  $N_2$  係由通孔 104 與 106 以及導電軌跡 322 與 326 所界定的線匝數。通常，圖 1-4 中所示且由方程式(2)所說明電感器將具有一大於圖 6-7 且由方程式(1)所說明電感器的電感。

該製程也可包括提供一或多個該基板層 100 所選擇區域，以便具有與該基板層至少一其他區域不同的至少一電氣特徵。提供這種區域的舉例製程係說明於 2003 年 9 月 5 日所提出之共同讓與的美國專利申請案第 10/657,054 號，茲以引用方式將其併入本文。例如，該環形線圈之通孔及導電軌跡所界定之環形鐵心區域 434 的導磁率可以一具有鐵

電感器的內圓周。一第二複數個導電通孔 804 可與一中心軸線 810 徑向間隔一第二距離  $b$ ，以便界定一中間圓周，且一第三複數個導電通孔 806 可與一中心軸線 810 徑向間隔一第三距離  $c$ ，以便界定一第二中間圓周。最後，一第四複數個導電通孔 808 可與一中心軸線 810 徑向間隔一第四距離  $d$ ，以便界定一外圓周。

圖 11 係圖 8 基板在導電軌跡及一第二層被加上後，形成一環形線圈電感器的俯視圖。圖 12 係圖 11 之基板沿線 12-12 所取的截面圖，且圖 13 係圖 11 之基板沿線 13-13 所取的截面圖。參考圖 11-13，一第一複數個導電軌跡 1102、一第二複數個導電軌跡 1104、一第三複數個導電軌跡 1106 可配置在該基板層 800 上。該等導電軌跡 1102 可配置在該基板層 100 的表面 1108 上，以便在實質上徑向緊鄰之各別第一複數個導電通孔 802 及第四複數個導電通孔 808 間形成電連接。同樣地，表面 1108 上的導電軌跡 1104 可在實質上徑向緊鄰之個別第二複數個導電通孔 804 及第四複數個導電通孔 808 間形成電連接。最後，表面 1108 上的導電軌跡 1106 可在實質上徑向緊鄰之各別第三複數個導電通孔 806 及第四複數個導電通孔 808 間形成電連接。

第四複數個導電軌跡 1110、第五複數個導電軌跡 1112、第六複數個導電軌跡 1114 及第七複數個導電軌跡 1116 可提供在一第二基板層 1200 的表面 1202 上。該第四複數個導電軌跡 1110 可經配置，使得當該二基板層 800、1200 如所示對齊及堆疊時，表面 1202 上的軌跡 1110 可在圓周偏離的第

孔 806 與 808 以及導電軌跡 1106 與 1112 所界定的線匝數，h 係該電感器高度(該基板 800 厚度)，a 係圖 9 中所示之第一徑向距離，b 係圖 10 中所示之第二徑向距離，c 係圖 10 中所示之第三徑向距離及 d 係圖 10 中所示之第四徑向距離。再者，圖 8-13 中所示且由方程式(3)所說明電感器將具有一高於圖 6-7 且由方程式(1)所說明電感器的電感。

本發明較佳實施例已圖示化及說明，但可明白本發明不因此受到限制。許多修改、變化、差異、替代及等效技術將為習於此技者瞭解，但不可偏離本發明之文後請求項所說明的精神及範圍。例如，雖然該第一實施例揭露一嵌入式環形線圈電感器，該電感器基本上在一基板表面上包含以一徑向配置方式所插合的二長度的導電軌跡，且該第二實施例揭露一環形線圈電感器，該電感器基本上在一基板表面上包含三個長度的插合導電軌跡，但本發明不限於此。更確切而言，該環形線圈可包括任何數目具有不同長度的導電軌跡，以界定四或多個具有不同截面積的線匝。用於計算此一電感器之電感的一般方程式可表示如下：

(4)

$$L = \frac{\mu h}{2\pi} \left[ N_1^2 \ln \frac{x_2}{x_1} + (N_1 + N_2)^2 \ln \frac{x_3}{x_2} + (N_1 + N_2 + N_3)^2 \ln \frac{x_4}{x_3} + \dots + (N_1 + N_2 + N_3 + \dots + N_n)^2 \ln \frac{x_{n+1}}{x_n} \right]$$

其中 n 係具有不同截面積之線匝組數，N 係該各別線匝組中的線匝數，及 x 係界定一特別環形線圈區域之內外徑之各別通孔的徑向距離。

### 【圖式簡單說明】

## 十、申請專利範圍：

### 1. 一種形成一電感器之方法，其包含：

在一基板中形成第一複數個導電通孔，該等導電通孔與一中心軸線徑向間隔一第一距離，以便界定一內圓周；

在該基板中形成第二複數個導電通孔，該等導電通孔與該中心軸線徑向間隔一第二距離，以便界定一中間圓周；該第二距離大於該第一距離；

在該基板中形成第三複數個導電通孔，該等導電通孔與該中心軸線徑向間隔一第三距離，以便界定一外圓周；該第三距離大於該第二距離；

形成配置於一第一平面中之第一複數個導電軌跡，該第一平面係與該中心軸線垂直界定，該第一複數個導電軌跡在實質上沿徑向緊鄰之該第一及第三複數個導電通孔間形成一電連接；

形成配置於該第一平面中之第二複數個導電軌跡，該第二複數個導電軌跡在實質上沿徑向緊鄰之該第二及第三複數個導電通孔間形成一電連接；

形成配置於一第二平面中之第三複數個導電軌跡，該第二平面與該第一平面間隔且與該中心軸線垂直界定，以便在沿圓周偏離之該第一及第三複數個導電通孔間界定一電連接；及

形成配置於該第二平面中之第四複數個導電軌跡，以便在沿圓周偏離之該第二及第三複數個導電通孔間界定

- 一 三維環形線圈。
2. 如請求項1之方法，尚包含共同烘製該基板及該環形線圈，以形成一具有該環形線圈至少部分地嵌入其中的一整合基板結構。
3. 如請求項1之方法，尚包含形成該基板之至少一環形鐵心區域，該區域界定於該環形線圈內，該基板環形鐵心區域之材料具有與該基板至少一其他部分不同之至少一電氣特徵。
4. 如請求項3之方法，尚包含共同烘製該基板及該材料以形成一整合基板結構。
5. 一種電感器，其包含：
  - 第一複數個導電通孔，其形成於一基板中且與一中心軸線徑向間隔一第一距離，以便界定一內圓周；
  - 第二複數個導電通孔，其形成於該基板中且與該中心軸線沿徑向間隔一第二距離，以便界定一中間圓周，該第二距離大於該第一距離；
  - 第三複數個導電通孔，其形成於該基板中且與該中心軸線沿徑向間隔一第三距離，以便界定一外圓周，該第三距離大於該第二距離；
  - 第一複數個導電軌跡配置於一與該中心軸線垂直界定的第一平面中，該第一複數個導電軌跡在實質上沿徑向緊鄰之該第一及第三複數導電通孔間形成一電連接；
  - 第二複數個導電軌跡配置於該第一平面中，該第二複數個導電軌跡在實質上沿徑向緊鄰之該第二及第三複數

導電通孔間形成一電連接；

第三複數個導電軌跡配置於一第二平面中，該第二平面與該第一平面間隔且與該中心軸線垂直界定，以便在圓周偏離之該第一及第三複數導電通孔間界定一電連接；及

第四複數個導電軌跡配置於該第二平面中，以便在圓周偏離之該第二及第三複數導電通孔間界定一電連接，以及界定一三維環形線圈。

6. 如請求項5之電感器，其中該基板、該導電通孔及該導電軌跡包含一具有該環形線圈至少部分地嵌入其中之一一整合基板結構。
7. 如請求項5之電感器，其中界定於該環形線圈內之該基板之至少一環形鐵心區域包含一材料，該材料具有與該基板至少一其他部分不同之至少一電氣特徵。
8. 如請求項7之電感器，其中該材料與該基板一體成型。
9. 一種環形線圈電感器，其包含：
  - 一基板；
  - 一環形線圈鐵心區域，其界定於該基板內；及
  - 一單一連續環形線圈，其包含沿該環形線圈鐵心區域形成之第一複數個線匝及沿該環形線圈鐵心區域所形成的第二複數個線匝，該第二複數個線匝界定一截面積，該截面積大於由該第一複數個線匝所界定之截面積。
10. 如請求項9之環形線圈電感器，其中該基板及該單一連續環形線圈包含一具有該單一連續環形線圈至少部分地嵌入其中之一一整合基板結構。

98-05-06

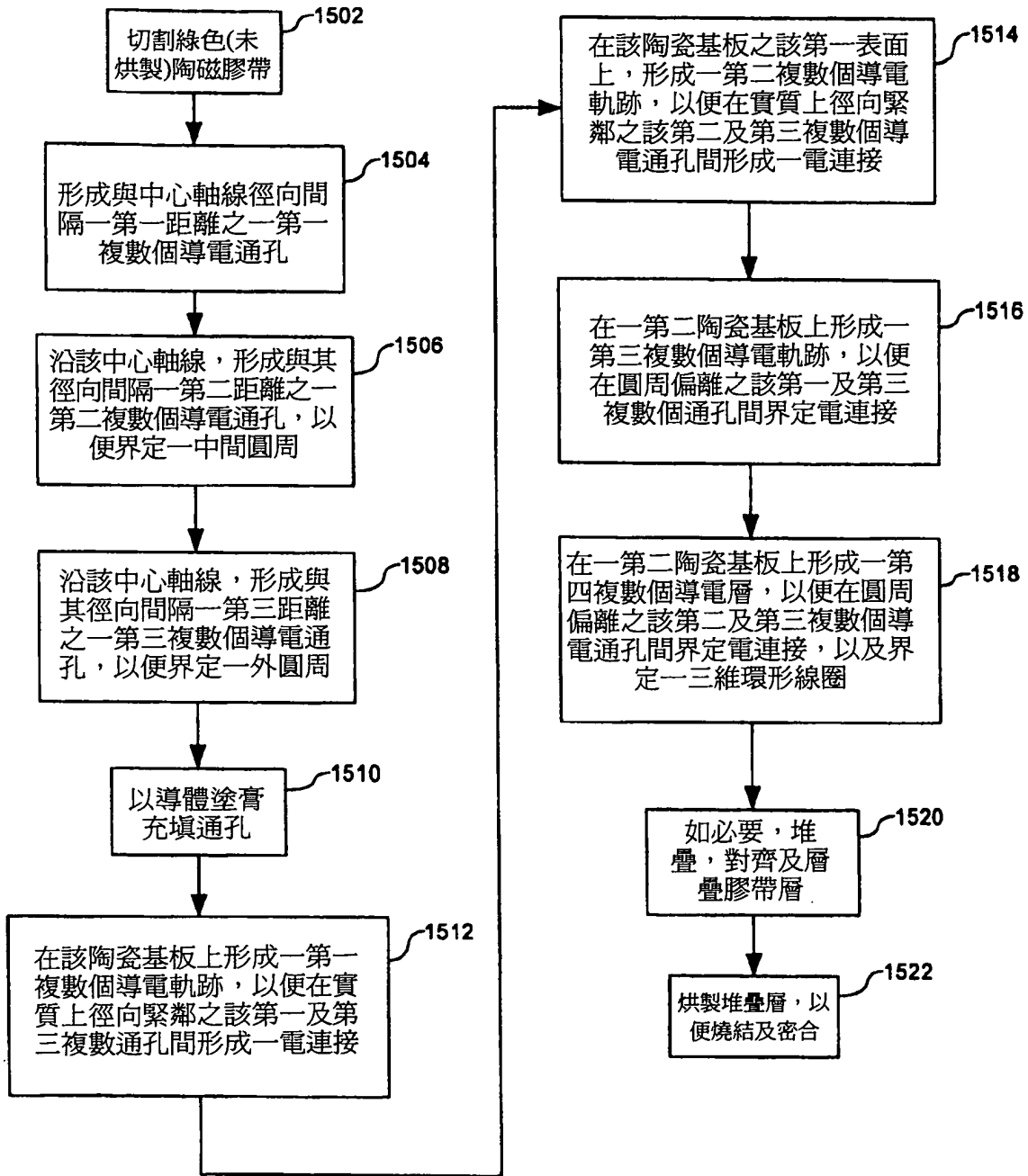


圖 15