



(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 I744254 B

(45)公告日：中華民國 110 (2021) 年 11 月 01 日

(21)申請案號：105134813

(22)申請日：中華民國 105 (2016) 年 10 月 27 日

(51)Int. Cl. : *H01Q1/00 (2006.01)* *H01Q1/48 (2006.01)*

(30)優先權：2015/10/28	美國	62/247,459
2015/11/20	美國	62/258,029
2016/07/14	美國	62/362,210
2016/10/26	美國	15/334,669

(71)申請人：美商羅傑斯公司 (美國) ROGERS CORPORATION (US)
美國

(72)發明人：佩恩斯 克利斯梯 PANCE, KRISTI (US)；史博藍托 卡爾 SPRENTALL, KARL (US)；威廉斯 史汪 P WILLIAMS, SHAWN P. (US)

(74)代理人：陳翠華

(56)參考文獻：

「Mode Excitation in the Coaxial Probe Coupled Three-Layer Hemispherical Dielectric Resonator Antenna」IEEE Transactions on Antennas and Propagation Year: 2011 | Volume: 59, Issue: 12 | Journal Article | Publisher: IEEE Page(s): 4463 - 4469

「Design of Wideband Omnidirectional Two-Layer Transparent Hemispherical Dielectric Resonator Antenna」IEEE Transactions on Antennas and Propagation Year: 2014 | Volume: 62, Issue: 10 | Journal Article | Publisher: IEEE

審查人員：謝裕民

申請專利範圍項數：15 項 圖式數：38 共 173 頁

(54)名稱

寬頻多層介電共振器天線及其製作方法

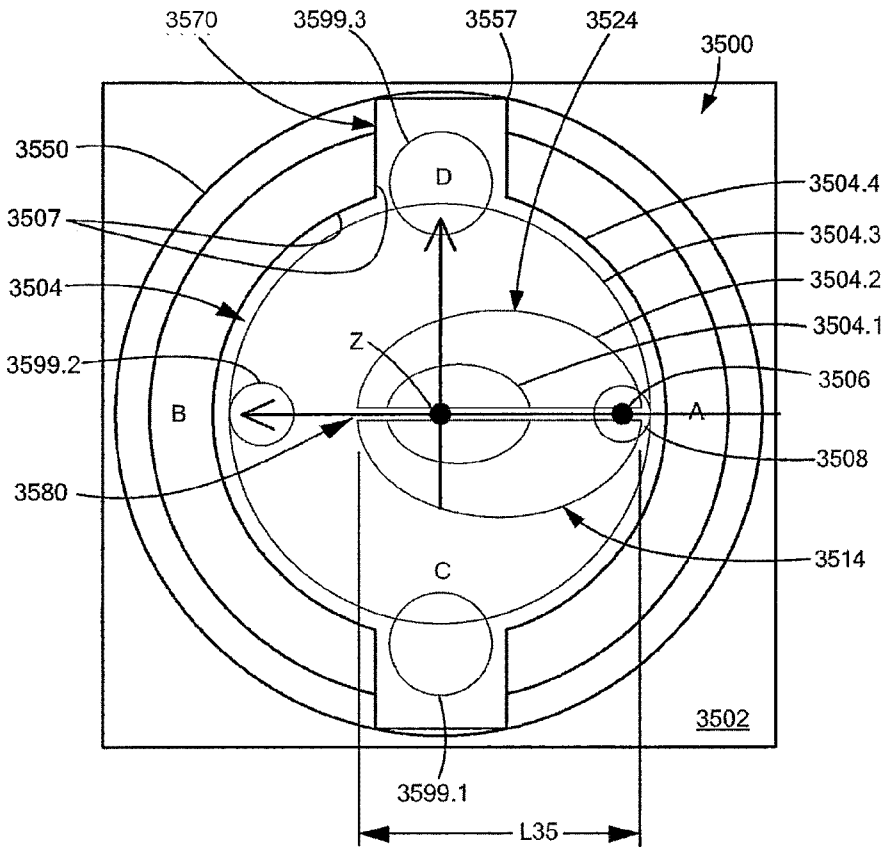
(57)摘要

一種介電共振器天線(DRA)包含：一導電接地結構；複數個為介電材料之體積，設置於導電接地結構上且包含 N 個體積，N 為等於或大於 3 之一整數，該 N 個體積被設置成形成複數個接續且循序之層狀體積 V(i)，i 為自 1 至 N 之一整數，其中體積 V(1)形成一最內第一體積，其中一接續的體積 V(i+1)形成設置於體積 V(i)上方之一層狀殼體，且體積 V(i+1)至少局部地內嵌體積 V(i)，其中體積 V(N)至少局部地內嵌全部體積 V(1)至體積 V(N-1)；其中體積 V(N)之介電材料之一部分使體積 V(1)至體積 V(N-1)之至少一部分分叉；以及一訊號饋源，電磁耦合至該等為介電材料之體積其中之一或多者。

A dielectric resonator antenna (DRA), includes: an electrically conductive ground structure; a plurality of volumes of dielectric materials disposed on the ground structure comprising N volumes, N being an integer equal to or greater than 3, disposed to form successive and sequential layered volumes V(i), i being an integer from 1 to N, wherein volume V(1) forms an innermost first volume, wherein a successive volume V(i+1)

forms a layered shell disposed over and at least partially embedding volume V(i), wherein volume V(N) at least partially embeds all volumes V(1) to V(N-1); wherein a portion of the dielectric material of volume V (N) bifurcates at least a portion of volumes V(1) to V(N-1); and a signal feed electromagnetically coupled to one or more of the plurality of volumes of dielectric materials.

指定代表圖：



第35圖

符號簡單說明：

- 3500 . . . 介電共振器天線
- 3502 . . . 導電接地結構
- 3504 . . . 介電材料體積
- 3504.1 . . . 第一體積 V(1)/內體積 V(1)
- 3504.2 . . . 第二體積 V(2)/內體積 V(2)
- 3504.3 . . . 第三體積 V(3)/外層
- 3504.4 . . . 第四體積/外體積/外層
- 3506 . . . 訊號饋源
- 3507 . . . 外部形狀
- 3508 . . . 開口
- 3514 . . . 第一子體積
- 3524 . . . 第二子體積
- 3550 . . . 導電圍籬
- 3557 . . . 非均勻內部形狀
- 3580 . . . 中心平整槽
- 3599.1 . . . 垂直突出部
- 3599.2 . . . 垂直突出部
- 3599.3 . . . 垂直突出部
- A-B . . . 幾何路徑

C-D . . . 幾何路徑
L35 . . . 長度

※ 申請案號：105134813

※ 申請日：105年10月27日

※IPC 分類：

【發明名稱】 寬頻多層介電共振器天線及其製作方法/ BROADBAND MULTIPLE LAYER DIELECTRIC RESONATOR ANTENNA AND METHOD OF MAKING THE SAME

【中文】

一種介電共振器天線（DRA）包含：一導電接地結構；複數個為介電材料之體積，設置於導電接地結構上且包含N個體積，N為等於或大於3之一整數，該N個體積被設置成形成複數個接續且循序之層狀體積 $V(i)$ ， i 為自1至N之一整數，其中體積 $V(1)$ 形成一最內第一體積，其中一接續的體積 $V(i+1)$ 形成設置於體積 $V(i)$ 上方之一層狀殼體，且體積 $V(i+1)$ 至少局部地內嵌體積 $V(i)$ ，其中體積 $V(N)$ 至少局部地內嵌全部體積 $V(1)$ 至體積 $V(N-1)$ ；其中體積 $V(N)$ 之介電材料之一部分使體積 $V(1)$ 至體積 $V(N-1)$ 之至少一部分分叉；以及一訊號饋源，電磁耦合至該等為介電材料之體積其中之一或多者。

【英文】

A dielectric resonator antenna (DRA), includes: an electrically conductive ground structure; a plurality of volumes of dielectric materials disposed on the ground structure comprising N volumes, N being an integer equal to or greater than 3, disposed to form successive and sequential layered volumes $V(i)$, i being

an integer from 1 to N, wherein volume $V(1)$ forms an innermost first volume, wherein a successive volume $V(i+1)$ forms a layered shell disposed over and at least partially embedding volume $V(i)$, wherein volume $V(N)$ at least partially embeds all volumes $V(1)$ to $V(N-1)$; wherein a portion of the dielectric material of volume $V(N)$ bifurcates at least a portion of volumes $V(1)$ to $V(N-1)$; and a signal feed electromagnetically coupled to one or more of the plurality of volumes of dielectric materials.

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第（35）圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

- 3500 介電共振器天線
- 3502 導電接地結構
- 3504 介電材料體積
- 3504.1 第一體積 $V(1)$ /內體積 $V(1)$
- 3504.2 第二體積 $V(2)$ /內體積 $V(2)$
- 3504.3 第三體積 $V(3)$ /外層
- 3504.4 第四體積/外體積/外層
- 3506 訊號饋源
- 3507 外部形狀
- 3508 開口

3514	第一子體積
3524	第二子體積
3550	導電圍籬
3557	非均勻內部形狀
3580	中心平整槽
3599.1	垂直突出部
3599.2	垂直突出部
3599.3	垂直突出部
A-B	幾何路徑
C-D	幾何路徑
L35	長度

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：

無

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動)

【發明名稱】 寬頻多層介電共振器天線及其製作方法/ BROADBAND MULTIPLE LAYER DIELECTRIC RESONATOR ANTENNA AND METHOD OF MAKING THE SAME

【優先權聲明】

【0001】 本申請案主張2016年10月26日提出申請之第15/334,669號美國非臨時申請案之優先權權利，該美國非臨時申請案主張以下各申請案之優先權權利：2015年10月28日提出申請之第62/247,459號美國臨時申請案；2015年11月20日提出申請之第62/258,029號美國臨時申請案；以及2016年7月14日提出申請之第62/362,210號美國臨時申請案，所有該等申請案皆以引用方式全文併入本文中。

【技術領域】

【0002】 本發明係大致地關於一種介電共振器天線 (dielectric resonator antenna ; DRA)，係具體地關於一種多層介電共振器天線，且更具體地關於一種用於微波及毫米波應用之寬頻多層介電共振器天線。

【先前技術】

【0003】 現有共振器及陣列採用貼片型天線(patch antenna)，儘管此等天線可適用於其預期目的，但其亦具有缺點，例如頻寬有限、效率有限且因此增益有限。已用於提高頻寬之技術通常產生昂貴且複雜之多層式及多貼片型設計，且達成大於25%之頻寬仍具挑戰性。此外，多層設計增加了

單位單元本質損耗，且因此降低了天線增益。另外，貼片型及多貼片型天線陣列因採用複雜之金屬與介電基板組合而使得其難以使用當今可用的例如三維（three-dimensional；3D）列印（亦被稱為積層（additive）製造）等較新製造技術來製作。

【0004】 因此，儘管現有介電共振器天線可適用於其預期目的，但藉由一種可克服上述缺點之介電共振器天線結構將會使介電共振器天線之技術進步。

【發明內容】

【0005】 一實施例包含一種介電共振器天線（dielectric resonator antenna；DRA），其具有：一導電接地結構（electrically conductive ground structure）；複數個為介電材料之體積，設置於該導電接地結構上且包含N個體積，N為等於或大於3之一整數，該N個體積被設置成形成複數個接續且循序之層狀體積 $V(i)$ ， i 為自1至N之一整數，其中該體積 $V(1)$ 形成一最內第一體積，其中一接續的體積 $V(i+1)$ 形成設置於該體積 $V(i)$ 上方之一層狀殼體（layered shell），且該體積 $V(i+1)$ 至少局部地內嵌（embeds）該體積 $V(i)$ ，其中該體積 $V(N)$ 至少局部地內嵌（embeds）全部該體積 $V(1)$ 至該體積 $V(N-1)$ ；其中該體積 $V(N)$ 之該介電材料之一部分使該體積 $V(1)$ 至該體積 $V(N-1)$ 之至少一部分分叉（bifurcates）；以及一訊號饋源（signal feed），電磁耦合至該等為介電材料之體積其中之一或多者。

【0006】 一實施例包含一種介電共振器天線（dielectric resonator antenna；DRA），其具有：一導電接地結構（electrically conductive ground structure）；複數個介電材料體積，設置於該導電接地結構上且具有N個體積，N為等於或大於3之一整數，該N個體積被設置成形成接續且循序之層

狀的複數個體積 $V(i)$ ， i 為自1至 N 之一整數，其中一體積 $V(1)$ 形成一最內體積，其中一接續的體積 $V(i+1)$ 形成設置於一體積 $V(i)$ 上方之一層狀殼體 (layered shell)，且該體積 $V(i+1)$ 至少局部地內嵌 (embeds) 該體積 $V(i)$ ，其中該體積 $V(N)$ 至少局部地內嵌 (embeds) 全部體積 $V(1)$ 至體積 $V(N-1)$ ；以及一訊號饋源 (signal feed)，被設置及結構化成電磁耦合至該等介電材料體積其中之一或多者。

【0007】 一實施例包含一種介電共振器天線，其具有：複數個介電材料體積，包含 N 個體積， N 為等於或大於3之一整數，該 N 個體積被設置成形成接續且循序之層狀的複數個體積 $V(i)$ ， i 為自1至 N 之一整數，其中一體積 $V(1)$ 形成一最內體積，其中一接續的體積 $V(i+1)$ 形成設置於一體積 $V(i)$ 上方且至少局部地內嵌該體積 $V(i)$ 之一層狀殼體，其中一體積 $V(N)$ 至少局部地內嵌全部的該體積 $V(1)$ 至一體積 $V(N-1)$ ；其中該介電共振器天線在藉由一電訊號激發時用以產生佔據與一單元素同倫群 (single element homotopy group) 對應之一拓撲空間之一遠場三維輻射場型，該單元素同倫群係由各自可收縮於該三維輻射場型內之一單一點處之一組閉環路徑 (a family of closed loop paths) 界定。

【0008】 一實施例包含一種介電共振器天線，其具有：複數個介電材料體積，包含 N 個體積， N 為等於或大於3之一整數，該 N 個體積被設置成形成接續且循序之層狀的複數個體積 $V(i)$ ， i 為自1至 N 之一整數，其中一體積 $V(1)$ 形成一最內體積，其中一接續的體積 $V(i+1)$ 形成設置於一體積 $V(i)$ 上方且至少局部地內嵌該體積 $V(i)$ 之一層狀殼體，其中一體積 $V(N)$ 至少局部地內嵌全部的該體積 $V(1)$ 至一體積 $V(N-1)$ ；其中該介電共振器天線在藉由一電訊號激發時用以產生佔據與一雙元素同倫群 (two-element homotopy group) 對

應之一拓撲空間之一遠場三維輻射場型，該雙元素同倫群係由可收縮於一單一點處之一組閉環路徑及不能收縮於一單一點處之一組閉環路徑界定。

【0009】 一實施例包含一種介電共振器天線，其具有：複數個介電材料體積，包含N個體積，N為等於或大於3之一整數，該N個體積被設置成形成接續且循序之層狀的複數個體積 $V(i)$ ， i 為自1至N之一整數，其中一體積 $V(1)$ 形成一最內體積，其中一接續的體積 $V(i+1)$ 形成設置於一體積 $V(i)$ 上方且至少局部地內嵌該體積 $V(i)$ 之一層狀殼體，其中一體積 $V(N)$ 至少局部地內嵌全部的該體積 $V(1)$ 至一體積 $V(N-1)$ ；其中，該等介電材料體積其中之每一層狀體積具有一介電常數 $\epsilon(i)$ ，其中每一相應層之介電常數及體積大小係根據以下關係而定： $\epsilon(i+1)*V(i+1) \approx \epsilon(i)*V(i)$ ；然而， $\epsilon(1)*V(1)$ 除外，其中 $\epsilon(1) \approx$ 空氣介電常數。本文中所使用之數學運算子「 $\approx$ 」意指「約等於」。

【0010】 一實施例包含一種介電共振器天線，其具有：複數個介電材料體積，包含N個體積，N為等於或大於3之一整數，該N個體積被設置成形成接續且循序之層狀的複數個體積 $V(i)$ ， i 為自1至N之一整數，其中一體積 $V(1)$ 形成一最內體積，其中一接續的體積 $V(i+1)$ 形成設置於一體積 $V(i)$ 上方且至少局部地內嵌該體積 $V(i)$ 之一層狀殼體，其中一體積 $V(N)$ 至少局部地內嵌全部的該體積 $V(1)$ 至一體積 $V(N-1)$ ；其中，該等介電材料體積其中之每一層狀體積具有一介電常數 $\epsilon(i)$ ，其中每一相應層之介電常數及體積大小係根據以下關係而定： $\epsilon(i)*V(i) \approx C(f)$ ；其中 $C(f)$ 為一給定頻率下之一常數；然而， $\epsilon(1)*V(1)$ 除外，其中 $\epsilon(1) \approx$ 空氣介電常數。

【0011】 一實施例包含一種介電共振器天線陣列，其具有：複數個如前述介電共振器天線說明中任一項所述之介電共振器天線，被排列成一 $x \times y$ 陣列型樣，其中 x 及 y 為整數。

【0012】 一實施例包含一種用於製造如前述介電共振器天線說明中任一項所述之介電共振器天線元件或由該等介電共振器天線元件形成之陣列之方法，該方法包含：模製該等介電材料體積至少其中之一或全部該等介電材料體積。

【0013】 一實施例包含一種用於製造如前述介電共振器天線說明中任一項所述之介電共振器天線或由該等介電共振器天線形成之陣列之方法，該方法包含：以一預設圖案形成包含一介電組成物之複數個熔合層，以提供該等介電材料體積。

【0014】 一實施例包含一種用於製造如前述介電共振器天線說明中任一項所述之介電共振器天線或由該等介電共振器天線形成之陣列之方法，該方法包含：由具有一第一介電常數之一第一介電材料形成該等介電材料體積其中之一第一體積；以及向該第一體積之一表面施塗一介電組成物，以用具有一第二介電常數之一第二介電材料提供該等介電材料體積其中之一第二體積。

【0015】 結合附圖閱讀以下詳細說明，將會輕易明白上述特徵及優點以及其他特徵及優點。

【圖式簡單說明】

【0016】 參照作為實例性的且非限制性的圖式，其中在圖式中，相同元件之編號相同：

【0017】 第1A圖繪示一實施例中，一介電共振器天線之側視方塊圖；

【0018】 第1B圖繪示與第1A圖所示介電共振器天線相關聯之一輻射場型；

【0019】 第1C圖繪示與第1A圖所示介電共振器天線相關聯之一回波損耗 (return loss) 曲線圖；

【0020】 第2A圖繪示一實施例中，另一介電共振器天線之側視方塊圖；

【0021】 第2B圖繪示與第2A圖所示介電共振器天線相關聯之一輻射場型；

【0022】 第2C圖繪示與第2A圖所示介電共振器天線相關聯之一回波損耗曲線圖；

【0023】 第2D圖繪示第2B圖所示輻射場型在垂直面 (elevation plane) 中之增益；

【0024】 第3A圖至第3G圖繪示為將第1A圖所示介電共振器天線修改成第2A圖所示介電共振器天線所作之逐步概念性修改；

【0025】 第4A圖繪示一實施例中，另一介電共振器天線之側視方塊圖；

【0026】 第4B圖繪示第4A圖所示介電共振器天線之底面俯視方塊圖；

【0027】 第5A圖繪示一實施例中，另一介電共振器天線之側視方塊圖；

【0028】 第5B圖繪示第5A圖所示介電共振器天線之底面俯視方塊圖；

【0029】 第6A圖繪示一實施例中，另一介電共振器天線之側視方塊

圖；

【0030】 第6B圖繪示第6A圖所示介電共振器天線之底面俯視方塊

圖；

【0031】 第7A圖繪示一實施例中，另一介電共振器天線之側視方塊

圖；

【0032】 第7B圖繪示第7A圖所示介電共振器天線之底面俯視方塊

圖；

【0033】 第8A圖繪示一實施例中，另一介電共振器天線之側視方塊

圖；

【0034】 第8B圖繪示與第8A圖所示介電共振器天線相關聯之一輻射場型；

【0035】 第8C圖繪示與第8A圖所示介電共振器天線相關聯之一回波損耗曲線圖；

【0036】 第9A圖繪示一實施例中，另一介電共振器天線之側視方塊圖；

【0037】 第9B圖繪示第9A圖所示介電共振器天線之底面俯視方塊圖；

【0038】 第10A圖繪示一實施例中，另一介電共振器天線之側視方塊圖；

【0039】 第10B圖繪示第10A圖所示介電共振器天線之底面俯視方塊圖；

【0040】 第10C圖繪示與第10A圖所示介電共振器天線相關聯之一輻射場型；

【0041】 第10D圖繪示第10C圖所示輻射場型在垂直面中之增益；

【0042】 第10E圖繪示與第10A圖所示介電共振器天線相關聯之一回波損耗曲線圖；

【0043】 第10F圖繪示一實施例中，與類似於第10A圖但被調諧至一不同運作頻率範圍之一介電共振器天線相關聯之一回波損耗曲線圖；

【0044】 第11A圖以一立體方塊圖繪示一實施例中，採用複數個介電共振器天線之一 2×2 陣列；

【0045】 第11B圖繪示與第11A圖所示陣列相關聯之一輻射場型；

【0046】 第12A圖繪示一實施例中，複數個介電材料層狀體積之繪製示意（artist's rendering）側視方塊圖，其例示該等體積中之電路徑及電路徑長度；

【0047】 第12B圖繪示解耦（decoupled）之共振，其例示窄頻回應；

【0048】 第12C圖繪示一實施例中，耦合之共振，其例示寬頻回應；

【0049】 第13A圖繪示一實施例中，另一介電共振器天線之側視方塊圖；

【0050】 第13B圖繪示第13A圖所示介電共振器天線之底面俯視方塊圖；

【0051】 第13C圖繪示第13A圖所示介電共振器天線之一中心部之展開圖；

【0052】 第13D圖繪示與第13A圖所示介電共振器天線相關聯之一輻射場型；

【0053】 第13E圖繪示第13D圖所示輻射場型在垂直面中之增益；

【0054】 第13F圖繪示與第13A圖所示介電共振器天線相關聯之一回波損耗曲線圖；

【0055】 第14A圖繪示類似於第13A圖但具有不同尺寸之一圍籬之一介電共振器天線之側視方塊圖；

【0056】 第14B圖繪示第14A圖所示介電共振器天線在垂直面中之增益；

【0057】 第15A圖繪示類似於第13A圖及第14A圖但具有不同尺寸之一圍籬之另一介電共振器天線之側視方塊圖；

【0058】 第15B圖繪示第15A圖所示介電共振器天線在垂直面中之增益；

【0059】 第16圖繪示一實例性介電共振器天線之一模型之側視方塊圖，其例示近場中之輻射模式基頻幾何路徑及電路徑；

【0060】 第17圖繪示一實例性圓柱形或矩形介電共振器天線之一模型之側視方塊圖，其例示相關聯之輻射模式幾何路徑及電路徑；

【0061】 第18圖繪示一實例性半球形介電共振器天線之一模型之側視方塊圖，其例示相關聯之輻射模式幾何路徑及電路徑；

【0062】 第19圖繪示類似於第18圖但具有二種介電材料之一實例性半球形介電共振器天線之一模型之側視方塊圖，其例示相關聯之輻射模式

幾何路徑及電路徑；

【0063】 第20圖繪示類似於第19圖所示但具有一橢圓體形狀中心區域之一實例性半球形介電共振器天線之一模型之側視方塊圖，其例示相關聯之輻射模式幾何路徑及電路徑；

【0064】 第21A圖、第21B圖及第21C圖繪示一純橫向電輻射模式、一純橫向磁輻射模式、及橫向電輻射模式與橫向磁輻射模式之一組合的遠場能量分佈之拓撲結構及同倫群之繪製示意圖；

【0065】 第22A圖、第22B圖及第22C圖分別繪示如第21A圖、第21B圖及第21C圖所示但疊加有多組曲線之同倫群；

【0066】 第23A圖繪示如第17圖所示但具有一接地結構及一被接地圍籬之介電共振器天線；

【0067】 第23B圖繪示如第20圖所示但具有一接地結構及一被接地圍籬之介電共振器天線；

【0068】 第24A圖繪示一接地結構上之一堆疊式圓柱形介電共振器天線之一模型；

【0069】 第24B圖繪示一接地結構上之一三層側向移位式半球形介電共振器天線之一模型；

【0070】 第25圖繪示第24A圖及第24B圖所示模型之所得橫向電輻射模式及橫向磁輻射模式以及其各自之增益及正角（boresight）；

【0071】 第26A圖及第26B圖繪示第24A圖及第24B圖所示模型之所得輻射場型；

【0072】 第27A圖及第27B圖繪示第24B圖所示模型在具有及不具有一圍籬之情況下之所得回波損耗及增益；

【0073】 第28圖繪示第24A圖所示、但具有一圍籬之模型之所得回波損耗及增益；

【0074】 第29圖繪示一實施例中，具有一輔助材料體積 $V(A)$ 之一替代介電共振器天線；

【0075】 第30A圖及第30B圖繪示一實施例中，具有一對準特徵之一替代介電共振器天線；

【0076】 第31圖繪示一實施例中，具有一其他橫向磁模式抑制特徵之一替代介電共振器天線；

【0077】 第32圖、第32A圖、第33圖、第33A圖、第34圖及第34A圖繪示一實施例，複數個尺寸成比例之一介電共振器天線；以及

【0078】 第35圖至第38圖繪示一實施例之一替代介電共振器天線。

【實施方式】

【0079】 本文所揭露實施例包含適用於構建寬頻介電共振器天線（DRA）陣列之不同配置，其中該等不同配置採用一由複數個介電層形成之共同結構，該等介電層具有不同厚度、不同介電常數、或既具有不同厚度亦具有不同介電常數。一多層介電共振器天線之特定形狀相依於為每一層所選之介電常數。每一多層殼體可例如為圓柱形、橢圓形、卵形、圓頂形、或半球形，或者可為適用於本文所揭露目的之任一其他形狀。可藉由在不同層狀殼體內改變介電常數（自核心處之一第一相對最小值、在核心與外層之間達到一相對最大值、返回至外層處之一第二相對最小值）來達

成寬頻寬（例如：大於50%）。可藉由採用一移位式殼體構造或藉由採用與層狀殼體不對稱之一結構來達成一平衡增益。經由一訊號饋源（其可為具有一垂直導線延伸部之一同軸纜線，以達成極寬之頻寬）、經由根據介電共振器天線之對稱性而具有不同長度及形狀之一導電環圈、或者經由一微帶、一波導（waveguide）、或一表面整合式波導來向每一介電共振器天線進行饋送。可使用例如壓縮模製或射出模製、三維材料沉積製程（例如三維列印）、或適用於本文所揭露目的之任一其他製造製程等方法來製造本文所揭露介電共振器天線之結構。

【0080】 本文所揭露介電共振器天線之數個實施例適於在其中希望具有寬頻及高增益之微波及毫米波應用中使用（以替換微波及毫米波應用中之貼片型天線陣列），適於在10 GHz至20 GHz雷達應用中使用、或者適於在回載應用以及77 GHz輻射器及陣列中使用。將參照本文所提供之數個圖來闡述不同實施例。然而，根據本文中之揭露內容將瞭解，存在於一個實施例但不存在於另一實施例中之特徵亦可用於另一實施例中，例如下文所詳述之一圍籬。

【0081】 大致上，本文闡述一組介電共振器天線，其構件包含設置於一導電接地結構上之複數個介電材料體積。該等體積其中之每一體積 $V(i)$ 被配置為一層狀殼體，其中 $i=1$ 至 N ， i 及 N 為整數，其中 N 標示體積總數，該層狀殼體設置於前一體積上方且該層狀殼體至少局部地內嵌前一體積，其中 $V(1)$ 為最內層/最內體積，且 $V(N)$ 為最外層/最外體積。在一實施例中，內嵌下伏體積(underlying volumn)之層狀殼體(例如，一或多個層狀殼體 $V(i>1)$ 至 $V(N)$)係100%完全地內嵌下伏體積。然而，在另一實施例中，內嵌下伏體積之一或多個層狀殼體 $V(i>1)$ 至 $V(N)$ 可有目的地僅至少局部地內嵌下伏

體積。透過層狀殼體係100%完全地內嵌下伏體積之實施例，將瞭解，此種內嵌亦包圍因製造或製程變動、有目的地或因其他方式原因、或者甚至因包含一或多個有用之空隙或孔洞而可能存在於下伏介電層中之微觀空隙。因此，用語「100%完全地」應被理解為意指實質上100%完全地。儘管本文所述實施例將N描述為一奇數，然而應可瞭解本發明之範圍並不受此限制，亦即，N可為一偶數。如本文所述及所示，N等於或大於3。該等介電材料體積其中之複數個直接相鄰（即，緊密接觸）者之介電常數（ ϵ_i ）在一個層與下一層之間不同，且在一系列體積內，其範圍係自 $i=1$ 處之一第一相對最小值、達到 $i=2$ 至 $i=(N-1)$ 處之一相對最大值、返回至 $i=N$ 處之一第二相對最小值。在一實施例中，第一相對最小值等於第二相對最小值。在另一實施例中，第一相對最小值不同於第二相對最小值。在另一實施例中，第一相對最小值小於第二相對最小值。舉例而言，在具有五個層（ $N=5$ ）之一非限制性實施例中，該等介電材料體積（ $i=1$ 至5）之介電常數可如下： $\epsilon_1=2$ 、 $\epsilon_2=9$ 、 $\epsilon_3=13$ 、 $\epsilon_4=9$ 及 $\epsilon_5=2$ 。然而，將瞭解，本發明之一實施例並不限於此等確切介電常數值，而是亦包含適用於本文所揭露目的之任一介電常數。對介電共振器天線之激發係藉由電磁耦合至該等介電材料體積其中之一或多者之一訊號饋源（例如一銅線、一同軸纜線、一微帶、一波導、一表面整合式波導、一導電油墨）而提供。在直接嵌入至介電共振器天線中之彼等訊號饋源中，訊號饋源係經由接地結構中之一開口與接地結構非電性接觸地穿過接地結構而進入該等介電材料體積其中之一中。如本文中所使用，所提及之介電材料包含空氣，其在標準大氣壓（1個大氣壓）及溫度（攝氏20度）下具有大約為1之一相對介電係數（ ϵ_r ）。因此，以非限制方式舉例而言，本文所揭露之該等介電材料體積其中之一或多者可為空氣，例如體積V(1)或體積V(N)。

【0082】 在下文更詳述的用於形成一超寬頻鞭形天線（ultra-broadband whip antenna）之一介電共振器天線之一實施例中，饋送導線電磁耦合至最內層V(1)。在下文亦更詳述的用於形成一寬頻上半空間天線之一介電共振器天線之一實施例中，饋送導線電磁耦合至除最內層以外之一層，例如（但不限於）V(2)。

【0083】 可採用層狀體積之其他變化形式（例如二維形狀之底面、三維形狀之體積、複數個給定體積中一個體積相對於另一體積對稱或不對稱、以及在層狀殼體之最外體積周圍存在或不存在材料）來進一步調整增益或頻寬，以達成一所需結果。現在將參照本文所提供之數個圖來闡述數個實施例，其為與上文所概括說明相一致的介電共振器天線組之一部分。

【0084】 第1A圖繪示一實施例中，一鞭型介電共振器天線100之側視圖，鞭型介電共振器天線100具有一導電接地結構102及設置於接地結構102上之複數個介電材料體積104，該等介電材料體積104包含N個體積，N為等於或大於3之一整數，該N個體積被設置成形成接續且循序之層狀的複數個體積V(i)，i為自1至N之一整數，其中體積V(1)形成一最內體積104.1，其中一接續的體積V(i+1)形成設置於體積V(i)上方之一層狀殼體104.2、104.3、104.4，且體積V(i+1)內嵌體積V(i)，且其中體積V(N)形成一外體積104.5，外體積104.5內嵌全部體積V(1)至V(N-1)。如在第1A圖所示實施例中可見，N=5。然而，將瞭解，本發明之範圍並不限於N=5。在一實施例中，舉例而言，層數目N可為數百、數千或數萬。

【0085】 在此項技術中，已知本文中所使用之術語「接地結構」為一接地平面。然而，將瞭解，接地平面事實上可為平整形狀，但其亦可為不平整形狀。因此，術語「接地結構」旨在包含一平整電性接地結構及一不

平整電性接地結構。

【0086】 該等介電材料體積104其中之複數個直接相鄰體積具有不同介電常數值，該等不同介電常數值之範圍係自體積 $V(1)$ 處之一相對最小值、達到體積 $V(2)$ 至 $V(N-1)$ 其中之一處之一相對最大值、返回至體積 $V(N)$ 處之一相對最小值。下文將進一步論述特定介電常數值。

【0087】 在一實施例中，該等介電材料體積104其中之複數個直接相鄰體積具有不同介電常數值，該等不同介電常數值之範圍係自體積 $V(1)$ 處之一相對最小值、達到 $V((N+1)/2)$ 處之一相對最大值、返回至 $V(N)$ 處之一相對最小值，其中 N 為一奇數。

【0088】 在第1A圖所示實施例中，一訊號饋源106係與接地結構102非電性接觸地設置於接地結構102之一開口108內，其中訊號饋源106完全設置於該等介電材料體積其中之一內並與其電磁耦合。在第1A圖所示實施例中，訊號饋源106完全設置於第一介電材料體積 $V(1)$ 104.1內並與其電磁耦合。在一實施例中，該等介電材料體積其中之每一體積104.1至104.5皆具有一中心縱向軸線105，該等中心縱向軸線105平行於訊號饋源106之一縱向軸線107（亦如第1B圖所示之 z 軸線）且相對於縱向軸線107居中設置，訊號饋源106之縱向軸線107垂直於接地結構102。本文中所使用之片語「垂直於接地結構」旨在表達其中接地結構可被視為具有一電性等效平整接地結構且訊號饋源係垂直於該電性等效平整接地結構而設置之一結構配置。

【0089】 第1A圖所示介電共振器天線100產生第1B圖中所示之寬頻全向環狀（donut shaped）線性極化輻射場型110，輻射場型110具有第1C圖中所示之頻寬及3 dB增益。本文中所使用之術語「dB」係指國際公認術語「dBi—以一各向同性輻射體為基準之分貝單位」。在第1A圖所示以分析法建

模之實施例中，介電共振器天線100之該等介電材料體積104具有8毫米（mm）之一高度且為圓柱形形狀並具有一圓形橫截面。然而，將瞭解，可採用其他尺寸及橫截面形狀來達成一所需輻射場型，同時仍屬於本文所揭露發明之範圍內，例如具有一不同高度或具有一橢圓形橫截面之一介電共振器天線。

【0090】 第2A圖繪示一實施例中，一多層介電共振器天線200之側視圖，多層介電共振器天線200具有一導電接地結構202及設置於接地結構202上之複數個介電材料體積204，該等介電材料體積204包含N個體積，N為等於或大於3之一整數，該N個體積被設置成形成接續且循序之層狀的複數個體積 $V(i)$ ， i 為自1至N之一整數，其中體積 $V(1)$ 形成一最內體積204.1，其中一接續的體積 $V(i+1)$ 形成設置於體積 $V(i)$ 上方之一層狀殼體204.2、204.3、204.4，且體積 $V(i+1)$ 內嵌體積 $V(i)$ ，且其中體積 $V(N)$ 形成內嵌全部體積 $V(1)$ 至 $V(N-1)$ 之一外體積204.5。如在第2A圖所示實施例中可見， $N=5$ 。然而，將瞭解，如前面已提及，本發明之範圍並不限於 $N=5$ 。

【0091】 該等介電材料體積204其中之複數個直接相鄰體積具有不同介電常數值，該等不同介電常數值之範圍係自體積 $V(1)$ 處之一相對最小值、達到體積 $V(2)$ 至 $V(N-1)$ 其中之一處之一相對最大值、返回至體積 $V(N)$ 處之一相對最小值。下文將進一步詳述介電常數值的範例。

【0092】 一訊號饋源206係與接地結構202非電性接觸地設置於接地結構202之一開口208內，其中訊號饋源206完全設置於該等介電材料體積其中除第一介電材料體積 $V(1)$ 204.1以外之一介電材料體積內並與其電磁耦合。在第2A圖所示實施例中，訊號饋源206完全設置於第二介電材料體積 $V(2)$ 204.2內並與其電磁耦合。

【0093】 根據一實施例，如第2A圖及下文進一步詳述之第4A圖中所示，一介電共振器天線包含相對於彼此居中設置之該等介電材料體積204。亦即，該等介電材料體積其中之每一體積204皆具有一中心縱向軸線205，該等中心縱向軸線205彼此共存且垂直於接地結構202。

【0094】 根據另一實施例，如下文亦進一步詳述之第5A圖中所示，一介電共振器天線包含在中心上相對於彼此沿一相同側向方向移位之該等介電材料體積。

【0095】 第2A圖所示介電共振器天線200如第2B圖及第2D圖中所示以將近7 dB之一增益產生寬頻全向上半空間線性極化輻射場型210，輻射場型210如第2C圖中所示在-10 dB下約具有一50%頻寬且在-20 dB下約具有一25%頻寬。如藉由將第1A圖與第2A圖並將第1B圖與第2B圖進行比較可看出，使用由不同介電材料形成的配置類似之複數個層狀殼體並使激發位置不同會產生實質上不同之輻射場型。現在將參照第3A圖至第3G圖來詳述用於引起此等差異之結構特徵及對該等結構特徵之改變。

【0096】 第3A圖繪示第1A圖所示介電共振器天線100，且第3G圖繪示第2A圖所示介電共振器天線200。第3B圖至第3F圖繪示可用以將介電共振器天線100修改成介電共振器天線200之概念性步驟，其中二個介電共振器天線100、200皆具有具上述介電常數 $\epsilon_1=2$ 、 $\epsilon_2=9$ 、 $\epsilon_3=13$ 、 $\epsilon_4=9$ 、及 $\epsilon_5=2$ 之五個介電材料層狀殼體。舉例而言，在第3B圖中，修改型介電共振器天線300.1具有在結構上與介電共振器天線100之發射器部 (launcher portion) 112 類似之一發射器部302.1，但具有相對於介電共振器天線100之波導部114被修改之一波導部304.1。藉由如第3B圖中所示而修改波導部304.1，場線306.1相對於介電共振器天線100中之場線而彎曲，此會改變輻射場型模式而產生

混合對稱性 (mixed symmetry) 及混合極化作用 (mixed polarization)。在第3C圖中，波導部304.2被進一步修改成使場線更加彎曲，以產生進一步的混合對稱性、混合場型模式及混合線性-圓形極化作用。在第3C圖所示實施例中，使波導部304.2彎曲會產生一孔洞366（例如，空氣），且產生看似具有其中嵌入有孔洞366之九個介電材料層狀殼體之一結構。藉由如第3D圖所示完成波導部304.3之半迴路以使其現在耦合至接地結構308，會得到輻射場型之線性極化作用。在第3D圖所示實施例中，孔洞366現在被九個介電材料層狀殼體完全封圍。在第3E圖中，移除了中心孔洞366（繪示於第3D圖中）及四個介電材料內部層（繪示於第3D圖中），此形成一介電共振器天線300.4，介電共振器天線300.4具有同樣具上述介電常數 $\epsilon_1=2$ 、 $\epsilon_2=9$ 、 $\epsilon_3=13$ 、 $\epsilon_4=9$ 及 $\epsilon_5=2$ 之五個介電材料層狀殼體。然而，相較於介電共振器天線100，介電共振器天線300.4具有不再相對於介電材料層狀殼體居中設置之一訊號饋源310。第3E圖所示實施例以線性極化作用得到提高之頻寬，但具有一不對稱輻射場型。藉由如第3F圖所示將訊號饋源310置於第二殼體V(2)中，會得到輻射場型之一更佳匹配及改良之對稱性。第3G圖繪示最終轉換步驟：修改介電材料層狀殼體之比例以得出介電共振器天線200之結構，此得到一種如第2B圖所示具有一寬頻全向上半空間線性極化輻射場型之多層介電共振器天線設計。

【0097】 自上述內容可看出，對於一給定介電共振器天線而言，改變介電材料層狀殼體之配置及訊號饋源在層狀殼體內之佈置可得到實質上不同的經修整輻射場型。現在將參照第4圖至第12圖來闡述歸屬於本發明範圍內之其他介電共振器天線實施例。

【0098】 第4A圖及第4B圖繪示一介電共振器天線400，其類似於介電

共振器天線200，但具有三個而非五個介電材料層狀殼體。類似於介電共振器天線200，介電共振器天線400具有一接地結構402以及設置於接地結構402上之複數個介電材料體積404。在第4A圖及第4B圖所示非限制性實施例中，第一體積V(1) 404.1具有一介電常數 $\epsilon_1=2.1$ ，第二體積V(2) 404.2具有一介電常數 $\epsilon_2=9$ ，且第三體積V(3) 404.3具有一介電常數 $\epsilon_3=13$ 。類似於第2A圖所示實施例，第4A圖所示實施例具有完全設置於第二體積V(2) 404.2內之一訊號饋源406。亦類似於第2A圖所示實施例，第4A圖所示實施例使該等介電材料體積404相對於彼此居中設置，其中每一體積之一各自中心縱向軸線405彼此共存且垂直於接地結構402而定向。如第4B圖所示，該等介電材料體積404具有一橢圓橫截面形狀，此為非限制性的（乃因本文所揭露之其他實施例並非具有一橢圓橫截面形狀），而是僅旨在例示使用不同形狀來達成不同輻射場型。在第4A圖及第4B圖所示以分析法建模之實施例中，介電共振器天線400之該等介電材料體積404具有5.4毫米之一高度及沿著橢圓縱向軸線為7.2毫米之一外尺寸。

【0099】 第5A圖及第5B圖繪示一介電共振器天線500，其類似於介電共振器天線400，但其中複數個介電材料體積504其中之每一體積（層狀殼體504.1、504.2、504.3）具有彼此平行且在中心上相對於彼此沿一相同側向方向側向移位之一中心縱向軸線505.1、505.2、505.3，且每一體積耦合至一接地結構502，其中一訊號饋源506設置於第二體積V(2) 504.2內，且其中每一中心縱向軸線505.1至505.3垂直於接地結構502。藉由使該等殼體移位，可圍繞z軸線達成一更平衡增益。藉由使增益平衡，可預見的是，一單一介電共振器天線之增益可接近8dB，同時輻射場型達成近場球對稱性。

【0100】 第6A圖及第6B圖繪示一介電共振器天線600，其類似於介電

共振器天線400，但其中複數個介電材料體積604（層狀殼體604.1、604.2、604.3）係嵌入至一容器（例如介電常數介於1與3間之一介電材料）616內，且其中該等介電材料體積604其中之每一體積皆具有一中心縱向軸線605，該等中心縱向軸線605彼此平行且相對於彼此居中設置，且該等介電材料體積604在中心上相對於容器616之一中心縱向軸線617沿一側向方向移位，且耦合至一接地結構602，其中一訊號饋源606設置於第二體積V(2) 604.2內。容器616之中心縱向軸線617係垂直於接地結構602且平行於該等介電材料體積604其中之每一體積之中心軸向軸線605而設置。此種使該等介電材料體積相對於彼此居中設置且在中心上相對於容器沿一側向方向移位之配置為另一種達成一所需平衡增益之方式。在第6A圖及第6B圖所示以分析法建模之實施例中，介電共振器天線600之該等介電材料體積604具有沿著橢圓縱向軸線為8毫米之一外尺寸，且容器616具有16毫米之一底面直徑。

【0101】 參照第6A圖及第6B圖，值得提及的是，在一實施例中，該等介電材料體積604在其中界定具有一第一方向之一第一幾何路徑且在其中界定具有一第二方向之一第二幾何路徑，該第一方向係自訊號饋源606延伸至該等介電材料體積604之一徑向對置側，該第二方向正交於第一幾何路徑之第一方向，由於該等介電材料體積604之橢圓體形狀，第二幾何路徑之一有效介電常數小於第一幾何路徑之一有效介電常數。藉由將沿著第二幾何路徑之有效介電常數調整為小於沿著第一幾何路徑之有效介電常數，電場線之主路徑將係沿著偏好之第一幾何路徑（沿橢圓體長軸線之一方向自訊號饋源朝徑向對置側），所得介電共振器天線600將沿著第一幾何路徑提供一偏好之橫向電（Transverse Electric；TE）模式輻射且將沿著不偏好之第二幾何路徑（沿橢圓體短軸線之一方向正交於第一幾何路徑）提供對非所需橫向電模式輻射之抑制，電場線之一非所需第二幾何路徑將沿正交於

主要第一幾何路徑之一方向。並且，根據本文所揭露之全部內容，將瞭解，上文所述將沿著第二幾何路徑之有效介電常數調整成小於沿著第一幾何路徑之有效介電常數之方案將與所用訊號饋源之類型無關。

【0102】 實際上，本文參照介電共振器天線100、200、400及500所述之介電材料層狀體積亦可嵌入至一各自之容器116、216、416及516內，且可出於本文所揭露目的而以一種本文所揭露方式相對於相關聯之容器居中設置或側向移位。任意及所有此等組合皆應被視為屬於本文所揭露發明之範圍內。

【0103】 根據上述內容將瞭解，在一些例項中，容器116或本文參照其他各圖所揭露之任一其他所列舉容器可為最外體積 $V(N)$ ，其中術語「容器」及術語「最外體積 $V(N)$ 」在本文中用於更具體地描述本文所揭露之各複數個介電材料體積間之幾何關係。

【0104】 另一種達成一所需平衡增益之方式繪示於第7A圖及第7B圖中，該等圖繪示一介電共振器天線700，介電共振器天線700包含設置於接地結構702上之一容器716，容器716由介電常數介於1與3間之一已固化樹脂構成，其中複數個介電材料體積704（層狀殼體704.1、704.2、704.3）嵌入至容器716內且一訊號饋源706設置於第二體積 $V(2)$ 704.2內，其中該等介電材料體積704其中之每一體積皆具有一中心縱向軸線705，該等中心縱向軸線705相對於彼此居中設置且相對於容器716之一縱向軸線717居中設置，且其中該等介電材料體積704其中之外體積 $V(3)$ 704.3具有一不對稱形狀（如由一傾斜頂部718及一平直頂部720所示），此不對稱形狀用於將所發射輻射場型重塑形，以產生一所需平衡增益。容器716之中心縱向軸線717係垂直於接地結構702且平行於該等介電材料體積704其中之每一體積之中心縱向軸

線705而設置。儘管僅將外體積V(3) 704.3繪示為具有一不對稱形狀，然而將瞭解，其他各層亦可形成為一不對稱形狀。然而，申請人藉由進行分析法建模已發現，僅在外層V(N)中形成一不對稱形狀便足以改變輻射場型而達成一所需平衡增益。

【0105】 第8A圖中繪示第1A圖所示鞭型介電共振器天線之一變化形式，第8A圖繪示一介電共振器天線800，其中複數個介電材料體積804其中之每一體積（層狀殼體804.1、804.2、804.3）及被嵌入之訊號饋源806皆形成一拱並被嵌入至介電常數介於1與3間之一容器816中，且其中該等介電材料體積804其中之每一拱形體積之二端803、805設置於接地結構802上。使該等介電材料體積804及被嵌入訊號饋源806彎曲以形成一拱會提供一種具有一更短高度（例如：6毫米，相較於8毫米）之介電共振器天線。此種配置可用於耦合至磁場且如第8B圖所示提供一良好增益及一良好輻射場型對稱性，但如第8C圖所示在-10 dB下具有約14%之一窄頻寬。

【0106】 第9A圖及第9B圖繪示一實施例中，一介電共振器天線之另一變化形式。此處，介電共振器天線900被構造成使得複數個介電材料體積904其中之每一體積皆具有一半球形狀且被一同設置於具有一半球形狀之一容器916中，容器916設置於接地結構902上且由介電常數介於1與3間（例如：2.1）之一已固化樹脂構成。在介電共振器天線900之實施例中，訊號饋源906設置於第一介電材料體積V(1) 904.1內並與其電磁耦合，訊號饋源906架拱於第一介電材料體積V(1) 904.1內，且相對於第一體積V(1) 904.1之一天頂軸線905偏離中心地進入第一體積V(1)。在第9A圖、第9B圖所示介電共振器天線900之實施例中，存在三個介電材料層狀殼體904。在一實施例中，第一體積V(1) 904.1具有一介電常數 $\epsilon_r=2.1$ ，第二體積V(2) 904.2具有一介電

常數 $\epsilon_2=9$ ，且第三體積V(3) 904.3具有一介電常數 $\epsilon_3=13$ 。容器916之相對低介電常數用於在介電共振器天線900之一外層上提供上述相對最小介電常數。如第9A圖及第9B圖所示，該等介電材料體積904其中之每一體積皆具有一天頂軸線905，該等天頂軸線905相對於彼此居中設置，且該等介電材料體積在中心上相對於容器916之一天頂軸線917沿一側向方向移位，此同樣達成一平衡增益。在第9A圖及第9B圖所示以分析法建模之實施例中，介電共振器天線900之該等介電材料體積904具有為8.5毫米之一底面直徑，且容器916具有為15毫米之一底面直徑。

【0107】 由於第8A圖及第9A圖所示實施例之拱形訊號饋源806及906，每一相應介電共振器天線800、900係耦合至磁場，而非如在彼等不具有一拱形訊號饋源之實施例中耦合至電場。

【0108】 現在參照第10A圖至第10F圖，該等圖繪示一實施例中，一介電共振器天線之另一形式。第10A圖及第10B圖繪示一介電共振器天線1000，類似於上述實施例，介電共振器天線1000具有複數個介電材料體積層狀殼體1004且具有設置於第二體積V(2) 1004.2內之一訊號饋源1006，但其中該等介電材料體積1004其中之每一體積具有相對於其各自縱向軸線（例如：參見與體積V(1) 1004.1相關聯之軸線1005.1）縱長地定向之一長形圓頂形狀，且更包含圍繞該等介電材料體積1004沿圓周設置之一導電圍籬1050（本文中亦被稱為且在此項技術中被公認為一導電電磁反射體，其在本文中可被簡稱為一圍籬或反射體），其中圍籬1050與接地結構1002電性連接並形成接地結構1002之一部分。在一實施例中，介電共振器天線1000具有各自介電常數為 $\epsilon_1=2$ 、 $\epsilon_2=9$ 、 $\epsilon_3=13$ 、 $\epsilon_4=15$ 、及 $\epsilon_5=3$ 之五個介電材料層1004。在介電共振器天線1000之實施例中，第一體積V(1) 1004.1相對於圍籬1050

之圓周之一中心居中設置，且所有其他體積V(2) 1004.2至V(5) 1004.5皆沿一相同方向（在第10A圖、第10B圖所示視圖中係向左）側向移位。根據一實施例，將介電常數不同之介電材料層狀殼體組合、加上圓頂形狀、加上側向移位且加上圍籬會得到具有10 GHz共振之一高增益多層介電共振器天線，其具有如第10C圖所示之一所需輻射場型、如第10D圖所示為7.3 dB之一已實現增益、及如第10E圖所示之一所需回波損耗。在第10圖及第10B圖所示以分析法建模之實施例中，圍籬1050具有為2.5公分（cm）之一平面圖最大直徑，且最外體積V(5)具有為8毫米之一高度。在一實施例中，圍籬/反射體1050之一高度等於或大於該等介電材料體積1004之整體高度之0.2倍且等於或小於該等介電材料體積1004之整體高度之3倍、或者等於或小於該等介電材料體積1004之整體高度之0.8倍。

【0109】 如第10A圖所示，圍籬1050具有相對於z軸線向外傾斜且相對於接地結構1002形成一夾角 α 之複數個側壁，此情形用於在圍籬1050之內邊界內抑制訊號共振。在一實施例中，夾角 α 等於或大於90度且等於或小於135度。然而，將瞭解，可對圍籬1050之側壁採用其他形狀來達成相同或類似最終結果，例如自接地結構1002向上向外彎曲之一拋物線形側壁。另外，圍籬1050可為一實心圍籬、一穿孔式圍籬、一網狀圍籬、一隔開柱式圍籬、複數個通孔（via）、一導電油墨圍籬、或適用於本文所揭露目的之任一其他導電圍籬結構。如第10A圖所示，圍籬1050之高度為訊號饋源1006之高度之約1.5倍，然而，視所需輻射場型而定，其可更高或更短。在一實施例中，圍籬1050之高度等於或大於訊號饋源1006之高度且等於或小於訊號饋源1006之高度之1.5倍。倘若為一單位單元或單位/單一介電共振器天線，則圍籬之高度及角度與所用材料之介電常數（本文中亦被稱作Dk）共同界定天線縱橫比（antenna aspect ratio）。視所需尺寸、頻寬及增益規格而定，可提

供具有不同縱橫比之天線。舉例而言，可預見的是，將一相對高圍籬與一所界定圍籬角度相組合會在一相對寬之頻帶寬度內提供一相對高增益。可預見的是，圍籬高度與圍籬角度之其他組合會提供其他有利之天線效能特性，可鑒於本文所提供之所揭露材料之教示內容而輕易地以分析法對此進行建模。

【0110】 在介電共振器天線1000之實施例中，藉由在一平整接地結構1002上採用複數個移位式層狀體積殼體1004而達成一平衡增益，例如參見第10C圖及第10D圖。可預見的是，其他幾何圖形亦將提供類似結果，例如將移位量更小之複數個層狀體積1004與一不平整接地結構（如虛線1003所示）耦合，該不平整接地結構將用於使場線（來自移位量更小之殼體）彎曲成關於z軸線更加對稱。對本文所示實施例之任意及所有此等變化形式皆被視為屬於本文所揭露發明之範圍內。

【0111】 第10F圖繪示與介電共振器天線1000類似但被調諧成以1700 MHz至2700 MHz運作之一介電共振器天線之一回波損耗回應。

【0112】 就以不同頻率運作之不同介電共振器天線之高度而言，用以在約10 GHz下運作之一介電共振器天線可具有為約5毫米至8毫米之一高度，而用以在約2 GHz下運作之一介電共振器天線可具有為約25毫米至35毫米之一高度。在一實施例中，第10A圖所示分析模型具有為約20毫米之一圍籬底徑，以產生第10C圖所示輻射場型。

【0113】 現在參照第11A圖，其繪示一實施例中，採用四個與介電共振器天線600類似之介電共振器天線1100.1、1100.2、1100.3、1100.4（被統稱為介電共振器天線1100）之一實例性2×2陣列1099，其沿著第11B圖所示輻射場型之z軸線產生為14.4 dB之一增益。在一實施例中，第11A圖所示分

析模型具有約60毫米×60毫米之整體x及y尺寸，以產生第11B圖所示輻射場型。更具體而言，每一介電共振器天線1100具有嵌入至一容器（例如介電常數介於例如1與3間之一介電材料）內之複數個介電材料體積，且其中類似於上文參照介電共振器天線600所述，該等介電材料體積相對於彼此居中設置並在中心上相對於該容器沿一側向方向移位。如上文結合介電共振器天線1000所述，每一介電共振器天線1100皆具有一導電圍籬1150，導電圍籬1150環繞每一各自之介電共振器天線1100。第11A圖所示以分析法建模之實施例產生第11B圖所示輻射場型，可看出該輻射場型在 $z=0$ 處或附近具有複數個不對稱副瓣1160。此等不對稱副瓣1160歸因於該分析模型環繞每一圓柱形介電共振器天線1100（隔著圓柱形幾何圖形之容器）具有一矩形圍籬1150，且可預見的是，可藉由採用相對於圓柱形介電共振器天線1100具有更均勻對稱性之一圍籬幾何圖形來達成對副瓣1160之一減少及對已實現增益之一提高（在第11B圖中為14.4 dB）。

【0114】 根據上述內容，將瞭解，可構造出具有任一數目之由本文所述任一介電共振器天線或其與本文所揭露實施例相一致之任一變化形式構成之x×y陣列組件的其他陣列。舉例而言，可將第11A圖所示2×2陣列1099擴展成具有多於128×128或更多陣列元素且整體x及y尺寸例如大於約1英尺×1英尺（30.5公分×30.5公分）或更大尺寸之一陣列。任一陣列1099之一整體高度可等於或大於1毫米且等於或小於30毫米。儘管本文所示x、y陣列1099已被闡述為x等於y，然而，將瞭解，本發明亦涵蓋x不等於y之陣列結構且該等陣列結構被視為屬於本文所揭露發明之範圍內。因此，第11A圖係以一種非限制性方式而呈現，以表示一由本文所揭露任意介電共振器天線元素形成且具有與本文所揭露目的相一致之任一數目之x及y陣列元素之陣列1099。作為另一實例，申請人已以分析法建模出一由本文所揭露介電共

振器天線形成且整體x及y尺寸為32公分×32公分之128×128陣列，其中所得聚焦定向增益（focused directional gain）為約50 dB。任意及所有此等組合皆被視為屬於本文所揭露發明之範圍內。

【0115】 現在參照第12A圖，其繪示設置於一導電接地結構1202上之複數個介電材料體積1204之一實例性實施例之繪製示意圖，該實施例類似於本文所揭露介電材料體積之其他實施例。參照第12A圖，該等介電材料體積其中之複數個個別者間之共振耦合可係藉由將該等體積其中之複數個相鄰者設置成彼此直接緊密接觸來解釋。舉例而言，第12A圖所示實施例具有四個介電材料體積V(1)至V(4) 1204.1、1204.2、1204.3、及1204.4。每一體積內之虛線表示一訊號路徑且界定一共振。一給定路徑之電長度「主導性地」界定共振頻率。可藉由調整層厚度來精調每一共振頻率。可藉由將用於界定基頻共振 $\lambda/2$ 之複數個相對靠近之電長度（ $\sim d \cdot \sqrt{\epsilon}$ ）耦合來達成本文所揭露之一多共振系統。本文所使用之數學運算子「 $\sim$ 」意指「大約」。可藉由自相對最低介電常數材料（相對較大殼體厚度）至相對最高介電常數材料（相對最小殼體厚度）之複數個強耦合電路徑來達成本文所揭露之寬頻回應。第12B圖及第12C圖繪示當將解耦之共振耦合時頻寬之改變。本文所揭露實施例係藉由以下方式而依據此種耦合共振原理運作：採用複數個介電材料體積作為彼此直接緊密接觸之層狀殼體，以在相關聯之介電共振器天線中產生強耦合電路徑，進而在微波及毫米波應用中達成寬頻效能。

【0116】 現在參照第13A圖至第13F圖，其繪示一實施例之一介電共振器天線之另一形式。第13A圖至第13C圖繪示一介電共振器天線1300或其一部分（第13C圖中），介電共振器天線1300具有複數個介電材料體積層狀殼體1304及設置於一接地結構1302下方之一微帶訊號饋源（微帶）1306，

其中微帶1306與接地結構1302之間設置有一介電基板1360。在第13A圖至第13C圖所示實施例中，該等介電材料體積1304其中之每一體積具有一半球形狀，其中一導電圍籬1350圍繞該等介電材料體積1304沿圓周設置，其中圍籬1350與接地結構1302電性連接並形成接地結構1302之一部分且具有如上結合圍籬1050所述之一構造。在一實施例中，介電共振器天線1300具有五個各自介電常數為 $\epsilon_1=2$ 、 $\epsilon_2=9$ 、 $\epsilon_3=13$ 、 $\epsilon_4=14$ 及 $\epsilon_5=2$ 之介電材料層1304。然而，本發明之範圍並不限於五個層，而是可包含任一數目之層。在介電共振器天線1300之實施例中，該等介電材料體積1304中之五個體積V(1) 1304.1至V(5) 1304.5其中之每一者相對於圍籬1350之圓周之一中心居中設置。接地結構1302在其中形成有一槽式開孔1362，其中微帶1306與槽式開孔1362之縱長尺寸係如第13B圖之平面圖中所示而彼此正交設置。在一實施例中，該槽式開孔具有為10毫米（mm）之一長度及為0.6毫米之一寬度，但可具有不同尺寸，此視所需效能特性而定。在一實施例中，微帶1306具有50歐姆之一阻抗，且基板1360具有0.1毫米之一厚度。介電共振器天線1300在本文中亦被稱作一開孔耦合微帶介電共振器天線。在一實施例中，如本文所揭露，將介電常數不同之介電材料層狀殼體相組合、加上半球形狀、加上圍籬會得到第13D圖所示輻射場型、第13E圖所示約為7.3 dB之一已實現增益、第13F圖所示大於30%之一頻寬。可預見的是，藉由為不同層選擇不同介電常數及厚度，可使頻寬大得多。在一實施例中，接地結構1302具有不止一個槽式開孔1362，該等槽式開孔1362可供微帶訊號饋源1306使用且用於將該等介電材料體積1304與圍籬1350對準。在某些實施例中，可以一波導（例如一表面整合式波導）來替換該微帶。

【0117】 第14A圖及第15A圖分別繪示與介電共振器天線1300具有一類似構造之介電共振器天線1400及1500，其二者皆具有微帶訊號饋源，但

分別具有相較於彼此且相較於第13A圖所示圍籬1350係尺寸不同之圍籬1450及1550。三個介電共振器天線1300、1400及1500之間共有之一特徵為仍然相同之該等介電材料體積1304。在第14A圖所示實施例中，圍籬1450具有為25.4毫米之一平面圖最大直徑及為4毫米之一高度，此使得介電共振器天線1400具有如第14B圖所示為5.5dB之一已實現增益。在第15A圖所示實施例中，圍籬1550具有為30毫米之一平面圖最大直徑及為6毫米之一高度，此使得介電共振器天線1500具有如第15B圖所示為9.5dB之一已實現增益。藉由將介電共振器天線1300、1400及1500之類似構造（其中每一介電共振器天線具有相同之複數個介電材料體積但具有不同圍籬尺寸）進行比較，將瞭解，可藉由調整圍籬之尺寸來改變及調節已實現增益（及輻射場型），以產生一所需效能特性。可預見的是，藉由如本文所述而改變圍籬幾何圖形，頻寬可隨著增益提高而降低。

【0118】 現在參照第16圖至第28圖，該等圖用於例示一介電共振器天線中橫向電（Transverse Electric；TE）模式電路徑與橫向磁（Transverse Magnetic；TM）模式幾何路徑間之相互作用、以及介電共振器天線對稱性在整體天線效能中所起之作用。

【0119】 介電共振器天線具有已為人所熟知且按照橫向電模式及橫向磁模式分類之複數個輻射模式。另一選擇為，可按照基頻橫向電-磁偶極（fundamental TE-magnetic dipole）及基頻橫向磁-電偶極（fundamental TM-electric dipole）來表示輻射模式並將其分類。可以成對偶極來表示非輻射模式，而可以不成對偶極來表示輻射模式。在各種模式中，基頻輻射TE₀₁及TM₀₁模式對介電共振器天線整體效能發揮重要作用。天線頻寬包含：一阻抗（匹配）頻寬，係在-10dB匹配下所界定；以及一輻射頻寬，可完全不

同且係藉由針對所需模式考量3dB增益頻寬來加以界定。通常，輻射頻寬為匹配頻寬之一分率。各介電共振器天線層之對稱性藉由偏好或不偏好正交之基頻橫向電輻射模式及基頻橫向磁輻射模式而在整體天線效能中發揮作用。

【0120】 基於對稱性輔助電路徑進行簡化之計算可深入瞭解預期介電共振器天線效能。橫向電模式及橫向磁模式係由在幾何上不同之路徑所偏好，該等路徑係藉由共振器形狀及對稱性而增強或抑制且具有在拓撲上亦極為不同之輻射場型。幾何路徑及電路徑間之差異愈大，橫向電輻射模式與橫向磁輻射模式在頻率上隔開愈遠，且其優先方向上之增益之區別愈明顯。相反，使幾何路徑接近暗示使頻率接近，且使得天線之指向性較低並降低橫向電輻射效能及橫向磁輻射效能。

【0121】 圓柱形及矩形層狀介電共振器天線傾向於使橫向電幾何路徑及電路徑與橫向磁幾何路徑及電路徑接近，進而使得頻率接近且得到可具有一良好匹配頻寬但在任一種模式皆不會良好地進行輻射之一介電共振器天線。藉由使用一半球形層狀介電共振器天線設計，幾何路徑之區別變得更為明顯，此暗示頻率間隔開且橫向電與橫向磁相互作用較少。輻射場型亦變得在拓撲上區別更為明顯，且相關聯之增益更高，進而得到一種可具有一更小匹配頻寬但提高了輻射頻寬及增益之天線。

【0122】 本文所揭露介電共振器天線設計之一實施例具有改良之橫向電模式輻射效能，同時垂直路徑（與橫向磁模式相關聯）藉由嵌入式低介電常數（ D_k ）材料或填充空氣之橢圓體而實質上或完全受到抑制。下文更詳述之簡化計算亦為橫向電輻射頻寬提供為約60%之一上限。此上限表明可在橫向電頻率與橫向磁頻率之間達成之最大間隔。在本文所提供之簡化

計算中，假設一相對最高介電係數 $\epsilon_r=9$ 。然而，可預見的是，藉由轉變成更高 Dk 之材料，輻射頻寬將會進一步提高。在一實施例中，存在一空腔將往往因更多地影響橫向磁模式（藉由對稱性考量）而減小橫向電與橫向磁頻率距離。下文更詳述之一半經驗公式近似地預測橫向電及橫向磁增益與頻率間隔或路徑/對稱性因數 α 之關係。

【0123】 就輻射場型而言，不成對輻射磁偶極（橫向電模式）得到端射（end-fire）輻射場型，而不成對輻射電偶極（橫向磁模式）得到側射（broadside）輻射場型。

【0124】 現在參照第16圖，其繪示設置於一導電接地結構1602上之一實例性半球形介電共振器天線1600之一模型，以用於例示近場中之幾何基頻路徑及電基頻路徑。中心垂直箭頭1604表示橫向磁輻射模式（電偶極），其產生磁場1606以及基頻場路徑1604（中心路徑）及靠近半球形介電共振器天線1600之一外區域的基頻場路徑1608，且拱形箭頭1610表示靠近半球形介電共振器天線1600之一外區域的橫向電輻射模式（磁偶極）及相關聯基頻場路徑。可藉由以下方式來達成一實施例之一優點：抑制橫向磁模式並放大橫向電模式，進而使得可達成頻率間隔且因此將優先方向上之增益（端射）區別開並提高輻射頻寬。

【0125】 現在參照第17圖，其繪示高度為「 a 」且直徑為「 $2a$ 」之一實例性圓柱形/矩形介電共振器天線1700之一模型。橫向電模式場線由元件符號1702、1704及1706繪示（路徑1），且橫向磁模式場線由元件符號1708、1710及1712繪示（路徑2）。認識到，電路徑界定處於 $\lambda/2$ 之共振（半波長共振），出於本文所揭露目的，橫向電模式半波長共振（路徑1）及橫向磁模式半波長共振（路徑2）之方程式可由以下界定（「 $\equiv$ 」）：

【0126】 橫向電半波長共振 $\equiv 2a\sqrt{\epsilon_r} + \pi a\sqrt{\epsilon_{\text{Air}}}$ 方程式1；以及

【0127】 橫向磁半波長共振 $\equiv 3a\sqrt{\epsilon_r}$ 方程式2

【0128】 假設介電共振器天線1700之 $\epsilon_r=9$ （如同前述以簡化合理化計算）會為方程式1及2之二個路徑提供以下結果：

【0129】 路徑1： $6a+\pi a=(6+\pi)a\approx\lambda_{\text{TE}}/2$ 方程式3；以及

【0130】 路徑2： $9a\approx\lambda_{\text{TM}}/2$ 方程式4

【0131】 取路徑1對路徑2之比率會得出如下結果：

【0132】 路徑1/路徑2 $=(6+\pi)a/9a\approx 1.01$ 方程式5

【0133】 因此，圓柱形/矩形介電共振器天線之橫向電模式及橫向磁模式之電路徑幾乎相同，進而使得橫向電共振與橫向磁共振彼此接近，俾若橫向電模式共振處於10 GHz，則橫向磁模式共振將非常接近於10 GHz。最終結果係，此等圓柱形/矩形介電共振器天線具有自彼此挪用能量且產生不良增益之橫向電共振及橫向磁共振。

【0134】 現在參照第18圖，其繪示整體高度為「R」且基底直徑為「2R」之一實例性半球形介電共振器天線1800之一模型。橫向電模式場線由元件符號1802標示（路徑1），且橫向磁模式場線由元件符號1804及1806標示（路徑2）。類似於上文，出於本文所揭露目的，橫向電模式半波長共振（路徑1）及橫向磁模式半波長共振（路徑2）之方程式可由以下界定：

【0135】 橫向電半波長共振 $\equiv \pi R\sqrt{\epsilon_r}$ 方程式6；以及

【0136】 橫向磁半波長共振 $\equiv (R+\pi R/2)\sqrt{\epsilon_r}$ 方程式7

【0137】 同樣假設介電共振器天線1800之 $\epsilon_r=9$ （如同前述以簡化合理

化計算) 會為方程式6及7之二個路徑提供以下結果：

【0138】 路徑1： $3\pi R \approx \lambda_{TE}/2$ 方程式8；以及

【0139】 路徑2： $3((2+\pi)/2)R \approx \lambda_{TM}/2$ 方程式9

【0140】 取路徑1對路徑2之比率會得出如下結果：

【0141】 路徑1/路徑2= $\pi R/(((2+\pi)/2)R) \approx 1.22$ 方程式10

【0142】 在第18圖所示實施例中，若橫向電共振處於10 GHz，則橫向磁共振將處於大約12.2 GHz，此為較第17圖所示實施例更好之一間隔，但仍留有提高空間。

【0143】 現在參照第19圖，其繪示整體高度為「R」且基底直徑為「2R」之一實例性半球形介電共振器天線1900之一模型，半球形介電共振器天線1900類似於第18圖所示實施例，但具有由空氣或由一低Dk材料形成之一中心區域1902。橫向電模式場線由元件符號1904標示（路徑1），且橫向磁模式場線由元件符號1906、1908及1910標示（路徑2）。類似於上文，出於本文所揭露目的，橫向電模式半波長共振（路徑1）及橫向磁模式半波長共振（路徑2）之方程式可由以下界定：

【0144】 橫向電半波長共振 $\equiv \pi R \sqrt{\epsilon_r}$ 方程式11；

以及

【0145】 橫向磁半波長共振 $\equiv \left(\frac{R}{2}\right) \sqrt{\epsilon_{Air}} + \left(\frac{R}{2}\right) \sqrt{\epsilon_r} + \pi R/2 \sqrt{\epsilon_r}$ 方程式12

【0146】 同樣假設介電共振器天線1900之 $\epsilon_r=9$ （如同前述以簡化合理化計算）會為方程式11及12之二個路徑提供以下結果：

【0147】 路徑1： $3\pi R \approx \lambda_{TE}/2$ 方程式13；以及

【0148】 路徑2： $(1/2+3/2+(3/2)\pi)R \approx \lambda_{TM}/2$ 方程式14

【0149】 取路徑1對路徑2之比率會得出如下結果：

【0150】 路徑1/路徑2= $3\pi R/(((4+3\pi)/2)R) \approx 1.4$ 方程式15

【0151】 在第19圖所示實施例中，若橫向電共振處於10 GHz，則橫向磁共振將處於大約14 GHz，此為較第17圖及第18圖所示實施例更好之一間隔，但仍留有提高空間。

【0152】 現在參照第20圖，其繪示整體高度為「R」且基底直徑為「2R」之一實例性半球形介電共振器天線2000之一模型，半球形介電共振器天線2000類似於第18圖及第19圖所示實施例，但具有一中心區域2002，中心區域2002不僅係由空氣或由一低Dk材料形成，而且被形成為具有一垂直定向（軸向定向）橢圓體形狀。儘管第20圖中（或某些其他後續圖中）未具體例示一訊號饋源，但根據本文所揭露之全部內容將瞭解，在第20圖所示實施例中以一種本文所揭露方式採用一訊號饋源，以出於本文所揭露目的而對介電共振器天線2000進行電磁激發。橫向電模式場線由元件符號2004標示（路徑1），且橫向磁模式場線由元件符號2006及2008標示（路徑2）。類似於上文，出於本文所揭露目的，橫向電模式半波長共振（路徑1）及橫向磁模式半波長共振（路徑2）之方程式可由以下界定：

【0153】 橫向電半波長共振 $\equiv \pi R \sqrt{\epsilon_r}$ 方程式16；以及

【0154】 橫向磁半波長共振 $\equiv R \sqrt{\epsilon_{Air}} + \pi R/2 \sqrt{\epsilon_r}$ 方程式17

【0155】 同樣假設介電共振器天線2000之 $\epsilon_r=9$ （如同前述以簡化合理化計算）會為方程式16及17之二個路徑提供以下結果：

【0156】 路徑1： $3\pi R \approx \lambda_{TE}/2$ 方程式18；以及

【0157】 路徑2： $(1 + (3/2)\pi)R \approx \lambda_{TM}/2$ 方程式19

【0158】 取路徑1對路徑2之比率會得出如下結果：

【0159】 路徑1/路徑2= $3\pi R/((2+3\pi)/2)R \approx 1.65$ 方程式20

【0160】 在第20圖所示實施例中，若橫向電共振處於10 GHz，則橫向磁共振將處於大約16.5 GHz，此為較第17圖、第18圖及第19圖所示實施例實質上更好之間隔。

【0161】 自上述之第17圖至第20圖所示實例性實施例可看出，當藉由利用具有一中心內部區域之一半球形橢圓體層狀介電共振器天線而實質上或完全抑制橫向磁模式之中心路徑時，可達成一實質上提高之頻率間隔，該中心內部區域不僅係由空氣或由一低Dk材料形成，而且係被形成為具有一垂直定向（軸向定向）橢圓體形狀，或軸向對稱性適用於本文所揭露目的且用於在該區域中有效地抑制橫向磁模式路徑之任一其他形狀。

【0162】 儘管第19圖及第20圖所示實施例僅繪示具有介電常數不同於且低於外區域（本文中亦由元件符號1900、2000來標示）之一內區域1902、2002的一雙層介電共振器天線1900、2000，然而，將瞭解，此僅用於例示目的並用於呈現簡化之計算，且本文所揭露發明之範圍並不限於僅二個層而是包含與本發明及本文所揭露目的相一致的等於或大於三個層之任一數目之層。

【0163】 橫向電模式與橫向磁模式之頻率接近度界定遠場區中能量分佈之拓撲性質。此的直接實際含義為在相對寬廣角度內存在一「平滑」增益。相反地，一「不平穩（bumpy）」天線增益可大幅影響資料傳輸品質。可藉由在天線能量所分佈之空間內所界定之閉合曲線來對本質天線指向性

質及增益進行拓撲表徵。橫向電輻射模式及橫向磁輻射模式具有可由同倫群 (homotopy group) 表示之極為不同之拓撲結構。一純橫向電模式可由一種類型之曲線表示，通常與高增益相關聯且可為一極具指向性模式。一純橫向磁模式可由二種類型之曲線表示，且其指向性通常不如橫向電模式。遠場能量分佈之一混合對稱性暗示橫向電模式與橫向磁模式之間存在一相互作用，可由多於二種類型之曲線表示，且通常與低增益相關聯。

【0164】 第21A圖及第21B圖分別繪示一純橫向電輻射模式2110及一純橫向磁輻射模式2120之遠場三維增益橫截面及同倫群之繪製示意圖。儘管被繪示為平坦二維圖，但遠場輻射場型為三維的。因此，2110及2120之相關聯同倫群更確切地係對應於三維閉環路。更明確地，2110表示一似球體形狀之輻射場型及相關聯同倫群，而2120表示一似圓環面形狀之輻射場型及相關聯同倫群。如可看出，第21A圖及第21B圖所示二種拓撲具有實質上不同之輻射場型，此表明橫向電模式與橫向磁模式具有遠隔開之頻率。第21C圖繪示將遠場三維輻射場型橫截面及同倫群2110與2120組合以產生輻射場型及同倫群2130之繪製示意圖，此種組合使得橫向電模式與橫向磁模式在頻率上緊密接近，且天線在指向性上低於一純橫向電模式天線或一純橫向磁模式天線。

【0165】 基頻橫向電模式及基頻橫向磁模式之三維輻射場型由複數個不同拓撲空間組成，該等不同拓撲空間可藉由同倫群來加以分類。同倫群係在閉環路組上加以界定。最簡單之同倫群為由可收縮於一個點處之環路組構成之同倫群，其具有僅一個元素，即1。第22A圖及第22B圖分別繪示閉環路組之同倫群2110及2120之繪製示意圖，且另外繪示了與每一群相關聯之曲線組之繪製示意圖。在第22A圖中，所有閉環路皆屬於同一組。在純

橫向電輻射模式中，所有曲線2210可收縮（可縮攏、可縮合）於天線輻射能量分佈（其為橫向電輻射模式之一典型遠場結構）內之一單一點（由內橢圓及中心點表示）處。在拓撲上，該等曲線可由具有僅一個元素（即1）之同倫群（亦被稱作一單元素同倫群）表示。實際上，此意味著，與天線相關聯之增益及指向性可被「改動（massage）」成極高的。在第22B圖中，繪示了二個曲線組：一第一組2220，具有與曲線2210類似之單點可收縮性；以及一第二組2230，不能收縮於單一點處，乃因第22B圖所示單一點2231並未包含於天線輻射能量分佈內。該二類曲線形成具有二個元素之相關聯同倫群，該二個元素為：1（可收縮於一個點處之曲線）；以及另一非顯然元素（nontrivial element），具有不能收縮於一個點處之曲線。實際上，此意味著，存在一些固有困難使得我們不能在我們想要的任一形狀下「改動」天線增益及指向性。第22B圖所示能量分佈為橫向磁輻射模式之遠場結構所特有的。此處，相關聯增益亦可係高的，但並非像橫向電模式中那樣高。

【0166】 第22C圖繪示將同倫群2110與2120組合以得到同倫群2130之繪製示意圖，同倫群2130類似於第21C圖所示者，但上面疊加有曲線組2210、2220、2230。第22C圖所示之其他曲線組2240及2250為同倫群2120之側射輻射場型與同倫群2110之端射輻射場型之間交互作用之結果。結果為一三維場型或拓撲空間，其可由具有諸多元素（各類曲線）之一同倫群表示。同倫群2130之混合對稱性及諸多元素係與橫向電模式與橫向磁模式在頻率上緊密接近相關聯。可藉由界定遠場同倫群結構之可收縮曲線組在拓撲上表示遠場輻射場型，其中曲線組之數目（ n ）界定各自同倫群之類別。對於一純橫向電輻射模式（例如由同倫群2110所示）， n 等於1。對於一純橫向磁輻射模式（例如由同倫群2120所示）， n 等於2。對於一混合對稱性橫向電-橫向磁輻射模式（例如由同倫群2130所示）， n 大於2。如藉由將同倫群

2110、2120及2130彼此進行比較可看出，隨著類別數目 n （曲線組）增加，一天線會變得具有更低指向性（更多場被抵消）。就類別數目 n 而言，可由下式來估計一天線之平均增益：

$$\text{【0167】 平均增益} \approx 1/(n^\delta); \quad \text{方程式21}$$

【0168】 其中 n 界定類別數目，且 $\delta > 2$ ，其中 δ 之實際值相依於天線結構及大小。

【0169】 基於本文所揭露之對稱性考量，可將橫向電模式增益及橫向磁模式增益之一經驗公式界定為：

$$\text{【0170】 } \text{Gain}_{\text{TE,TM}} \equiv 6\text{dB} - [5(0.6 - \alpha)] \text{ dB} \quad \text{方程式22}$$

$$\text{【0171】 其中 } \alpha \equiv (f_{\text{TM}} - f_{\text{TE}})/f_{\text{TE}} \quad \text{方程式23}$$

【0172】 且其中 f_{TE} 為橫向電輻射模式之頻率，且 f_{TM} 為橫向磁輻射模式之頻率。在以上方程式中， α 為頻差百分比，其表示橫向電輻射模式及橫向磁輻射模式中分別被激發之電路徑之差、相依於輻射結構之對稱性且滿足以下關係：

$$\text{【0173】 } 0 \leq \alpha \leq 0.6 \quad \text{方程式24}$$

【0174】 變數 α 亦將輻射頻寬之上限界定為60%，如參照第20圖以及上文對第20圖之相關聯說明所述，具體而言，方程式20顯示出更接近於65%。

【0175】 認識到方程式22為一根據經驗導出之公式，應注意，值「6 dB」與天線接地結構之大小相關並由其決定，值「0.6」與上文所述最大頻寬60%相關，且值「5」用於在 $\alpha=0$ 時強制達成一3dB增益。如藉由方程式22可看出，在 $\alpha=0$ 時，天線增益在所有方向上皆為大約3 dB，橫向電頻率與橫

向磁頻率重合，且無任何輻射方向爲主導性的。在 $\alpha=0.6$ 時，橫向電頻率與橫向磁頻率係遠隔開的且二者分別具有高增益。

【0176】 利用方程式21及22，可將橫向電模式增益及橫向磁模式增益之一替代經驗公式界定爲：

【0177】 $\text{Gain}_{\text{TE,TM}} \equiv 6\text{dB} - [5(0.6 - 0.6/n^{\delta})]\text{dB} = 6\text{dB} - [3(1 - 1/n^{\delta})]\text{dB}$ 方程式25

【0178】 如上文所述，在方程式25中， $n=1$ 表示一純橫向電輻射模式， $n=2$ 表示一純橫向磁輻射模式，且 $n>2$ 表示一橫向電、橫向磁混合輻射模式。

【0179】 返回參照第19圖及相關聯方程式，可如下爲二個同心半球形層之特殊情形形成一更通用公式：

【0180】 橫向電半波長共振（路徑1） $\equiv \pi R \sqrt{\epsilon_1}$ 方程式26；以及

【0181】 橫向磁半波長共振（路徑2） $\equiv$

【0182】 $\beta R \sqrt{\epsilon_2} + (1 - \beta) R \sqrt{\epsilon_1} + \pi R / 2 \sqrt{\epsilon_1}$ 方程式

27

【0183】 其中

【0184】 R 係如上所界定；

【0185】 ϵ_1 表示外層之一高Dk材料；

【0186】 ϵ_2 表示內層之一低Dk材料；以及

【0187】 β 爲一參數，其中 $0 \leq \beta \leq 1$ 。

【0188】 $\beta=0$ 之情形表示與第18圖所示者類似之一實心半球體，且

$\beta=1$ 之情形表示與第19圖所示者類似之一半球形層狀介電共振器天線。

【0189】 路徑1對路徑2之比率得出如下結果：

【0190】 路徑1/路徑2=

【0191】 $\pi R\sqrt{\epsilon_1} / [\beta R\sqrt{\epsilon_2} + (1 - \beta)R\sqrt{\epsilon_1} + \pi R/2\sqrt{\epsilon_1}] =$ 方程式

28

【0192】 $\pi\sqrt{\epsilon_1} / [\beta\sqrt{\epsilon_2} + (1 - \beta)\sqrt{\epsilon_1} + \pi/2\sqrt{\epsilon_1}]$ 方程式

29

【0193】 如根據方程式29可看出，對於此種特殊情形，比率（路徑1/路徑2）與介電共振器天線之半徑R無關。

【0194】 對於 $\beta = 0$ 之情形

【0195】 路徑1/路徑2= $[\frac{2\pi}{2+\pi}]$ 方程式30

【0196】 對於 $\beta = \frac{1}{2}$ 之情形

【0197】 路徑1/路徑2= $[\frac{2\pi\sqrt{\epsilon_1}}{\sqrt{\epsilon_2} + (\pi+1)\sqrt{\epsilon_1}}]$ 方程式31

【0198】 對於 $\beta = 1$ 之情形（所揭露實施例類型）

【0199】 路徑1/路徑2= $[\frac{2\pi\sqrt{\epsilon_1}}{2\sqrt{\epsilon_2} + \pi\sqrt{\epsilon_1}}]$ 方程式32

【0200】 關於此種具有二個介電材料同心半球形層之特殊情形的橫向電模式與橫向磁模式之頻率間隔，就路徑而言，亦可將頻率間隔百分比寫成如下：

【0201】 $\frac{f_{TM} - f_{TE}}{f_{TE}} = \frac{\Delta f}{f_{TE}} =$ 方程式33

【0202】 $\frac{\frac{c}{\lambda_{TM}} - \frac{c}{\lambda_{TE}}}{\frac{c}{\lambda_{TE}}} = \frac{\frac{1}{\lambda_{TM}} - \frac{1}{\lambda_{TE}}}{\frac{1}{\lambda_{TE}}} =$ 方程式34

$$\text{【0203】} \quad \frac{\frac{\lambda_{TE}-\lambda_{TM}}{\lambda_{TM}\lambda_{TE}}}{\frac{1}{\lambda_{TE}}} = \frac{\lambda_{TE}-\lambda_{TM}}{\lambda_{TM}} = \text{方程式35}$$

$$\text{【0204】} \quad (\text{路徑1-路徑2})/\text{路徑2} = \text{方程式36}$$

$$\text{【0205】} \quad \frac{\pi R\sqrt{\varepsilon_1}-(\beta R\sqrt{\varepsilon_2}+(1-\beta)R\sqrt{\varepsilon_1}+\frac{\pi R}{2}\sqrt{\varepsilon_1})}{\beta R\sqrt{\varepsilon_2}+(1-\beta)R\sqrt{\varepsilon_1}+\frac{\pi R}{2}\sqrt{\varepsilon_1}} = \text{方程式37}$$

$$\text{【0206】} \quad \frac{\pi R\sqrt{\varepsilon_1}-(\beta R\sqrt{\varepsilon_2}+(1-\beta)R\sqrt{\varepsilon_1}+\frac{\pi R}{2}\sqrt{\varepsilon_1})}{\beta R\sqrt{\varepsilon_2}+(1-\beta)R\sqrt{\varepsilon_1}+\frac{\pi R}{2}\sqrt{\varepsilon_1}} = \text{方程式38}$$

$$\text{【0207】} \quad \frac{\pi R\sqrt{\varepsilon_1}-2\beta R\sqrt{\varepsilon_2}-2(1-\beta)R\sqrt{\varepsilon_1}}{2\beta R\sqrt{\varepsilon_2}+2(1-\beta)R\sqrt{\varepsilon_1}+\pi R\sqrt{\varepsilon_1}} = \text{方程式39}$$

$$\text{【0208】} \quad \frac{[\pi-2(1-\beta)]\sqrt{\varepsilon_1}-2\beta\sqrt{\varepsilon_2}}{[\pi+2(1-\beta)]\sqrt{\varepsilon_1}+2\beta\sqrt{\varepsilon_2}} = \text{方程式40}$$

$$\text{【0209】} \quad = \begin{cases} 22\% \text{ for } \beta = 0, \varepsilon_1 = 9, \varepsilon_2 = 1 \\ 40\% \text{ for } \beta = \frac{1}{2}, \varepsilon_1 = 9, \varepsilon_2 = 1 \\ 65\% \text{ for } \beta = 1, \varepsilon_1 = 9, \varepsilon_2 = 1 \\ (\beta = 1, \text{所揭露實施例類型}) \end{cases} \text{方程式41}$$

【0210】 對於具有本文所揭露結構之一實施例，將方程式41（ $\beta=1$ ）與方程式20進行比較顯示出橫向電模式與橫向磁模式間之65%頻率間隔之一致性。

【0211】 現在參照第23A圖及第23B圖，該等圖用於將分別由第17圖與第20圖所示但具有一圍籬式接地結構（類似於第13A圖、第14A圖及第15A圖所示者）之各實施例之橫向電模式場線及橫向磁模式場線進行比較。在第23A圖中，介電共振器天線1700（例如參見第17圖）安放於一導電接地結構2310上，其中導電側面圍籬2320電性連接至接地結構2310且環繞介電共振器天線1700。如第23A圖所示，圍籬2320之存在及靠近使橫向電模式場線及橫向磁模式場線二者變形，並亦可引入其他路徑及輻射模式而不利地影響介電共振器天線1700之效能。除橫向電模式場線1702、1704及1706（例如，亦參見第17圖）以外，圍籬2320亦引入橫向電模式場線2330及2340。

並且，除橫向磁模式場線1708、1710及1712（例如：亦參見第17圖）以外，圍籬2320亦引入橫向磁模式場線2350及2360。相較而言，參見第23B圖，其中介電共振器天線2000（例如：參見第20圖）安放於一導電接地結構2370上，其中導電側面圍籬2380電性連接至接地結構2370且環繞介電共振器天線2000，然而，如可看出，圍籬2380之存在及靠近並不使橫向電模式場線2004及橫向磁模式場線2006、2008（例如：參見第20圖）變形或並不引入其他路徑。在具有接地結構2370及圍籬2380之介電共振器天線2000之情形中，橫向電輻射模式變為介電共振器天線-空腔輻射模式，空腔2390為圍籬2380內之區域，其中空腔2390可大幅改良輻射場型及介電共振器天線增益，在空腔2390對稱性與介電共振器天線2000對稱性緊密匹配之情況下尤其如此。

【0212】 現在參照第24A圖及第24B圖。第24A圖繪示一堆疊式圓柱形介電共振器天線2402之一模型2400，介電共振器天線2402位於一接地結構2404上且具有一偏移式饋線2406。繪示三個介電層2408.1、2408.2、2408.3，其具有各自之介電係數 ϵ_1 、 ϵ_2 、 ϵ_3 、各自之損耗正切 $\tan(\delta\epsilon_1)$ 、 $\tan(\delta\epsilon_2)$ 、 $\tan(\delta\epsilon_3)$ ，以及各自之高度尺寸H1、H2、H3，如第24A圖所呈現。第24A圖中亦呈現堆疊式介電共振器天線2402之直徑、接地結構2404之大小及饋線2406之相關聯尺寸。第24B圖繪示一實施例中，一三層半球形介電共振器天線2452之一模型2450。類似於第24A圖，介電共振器天線2452安放於一接地結構2454上且具有一偏移式饋線2456。類似於第10A圖所示介電共振器天線1004，三個介電層2458.1、2458.2、2458.3相對於彼此在軸向上偏移（側向移位），但其中僅具有三個層，而非如第10A圖所示具有五個層。介電層2458.1、2458.2、2458.3、接地結構2454及饋線2456之其他材料及結構性質類似於或至少在模型上相當於參照第24A圖所示模型2400所呈現者。

【0213】 二個模型2400及2450之所得橫向電輻射模式及橫向磁輻射模式繪示於第25圖中，且二個模型2400及2450之相關聯輻射場型繪示於第26A圖及第26B圖中。第25圖例示與具有介電共振器天線2402且得到僅為約3.1dB之一增益之混合對稱性模型2400（如由標記m8所識別且在所呈現表中所標註）相較，具有介電共振器天線2452之模型2450在橫向電輻射模式與橫向磁輻射模式之間具有更佳頻率間隔且具有為約7.2 dB之一增益（如由標記m5所識別且在所呈現表中所標註）。第26A圖（x平面分佈）及第26B圖（y平面分佈）例示，具有介電共振器天線2452之模型2450之指向性顯著高於（約6.5倍至3倍於）具有介電共振器天線2402之模型2400，如分別由標記m1及m2所識別且如所呈現表中所標註。

【0214】 第27A圖及第27B圖藉助於具有介電共振器天線2452之模型2450在如第24B圖所示不具有一圍籬形成空腔（fence-producing cavity）以及如第23B圖所示具有一圍籬形成空腔2390之情況下繪示本文所揭露實施例之S(1,1)回波損耗及增益。第27A圖及第27B圖（與第27A圖相較，在峰值下具有更高解析度）例示，具有介電共振器天線2452之模型2450之增益因存在一圍籬2380而提高至約10.1倍至7.2倍，如分別由第27B圖所示標記m8及m5所識別及在所呈現表中所標註。

【0215】 相較而言，第28圖繪示具有第24A圖所示介電共振器天線2402但具有如第23A圖所示圍籬形成空腔2365之模型2400之S(1,1)回波損耗及增益。第28圖例示，在存在一圍籬2320（參照第23A圖最佳所見）之情況下，具有介電共振器天線2402之模型2400之所得增益具有多個輻射模式2901、2902、2903、2904，進而使得場不完美處得以增強。

【0216】 鑒於上述內容且尤其參照第16圖至第28圖並結合其他各圖

及相關聯說明，本文所提供揭露內容之一實施例包含一種介電共振器天線，其具有複數個介電材料體積，其中該等體積其中之每一體積為半球形或圓頂形。在一實施例中，該等介電材料體積其中之每一體積相對於每一其他體積在軸向上居中。在另一實施例中，該等介電材料體積其中之每一體積在中心上相對於每一其他體積沿一相同側向方向移位。在一實施例中，第一體積V(1)具有一垂直定向橢圓體形狀。在一實施例中，第一體積V(1)之垂直定向橢圓體形狀在軸向上係相對於該等體積之一中心z軸線定向。在一實施例中，第一體積V(1)具有等於空氣介電常數之一介電常數。在一實施例中，該等介電材料體積之一周邊處之一周邊幾何路徑（例如：參見第20圖中之2008）具有在該周邊幾何路徑中支援一橫向磁輻射模式之一介電常數，且該等介電材料體積內之一中心幾何路徑（例如：參見第20圖中之2006）具有在該中心幾何路徑中抑制橫向磁輻射模式之一介電常數。在一實施例中，中心幾何路徑中之橫向磁輻射模式得到完全抑制。在一實施例中，該等介電材料體積具有一第一電路徑且具有一第二幾何路徑，該第一電路徑具有由一橫向電半波長共振界定之一第一路徑長度，該第二幾何路徑具有由一橫向磁半波長共振界定之一第二路徑長度，該第一路徑長度對該第二路徑長度之一比率等於或大於1.6。儘管上文特別參照第16圖至第28圖所述之上述實施例係個別地加以闡述，然而，將瞭解，其他實施例包含與本文揭露內容相一致的本文所述特徵之任意及所有組合。

【0217】 現在參照第29圖，其繪示一介電共振器天線2900，介電共振器天線2900類似於第20圖（不存在一圍籬/反射體）及第23B圖（具有一圍籬/反射體）所示介電共振器天線2000且具有一圓頂形頂部，但被例示有一訊號饋源2906。介電共振器天線2900具有複數個介電材料體積2904，其中包含一第一體積2904.1、一第二體積2904.2及一第三體積2904.3，每一體積皆

具有一圓頂形頂部。然而，將瞭解，介電共振器天線2900可具有適用於本文所揭露目的之任一數目之介電材料體積。在一實施例中，介電共振器天線2900具有環繞該等介電材料體積2904之一導電圍籬2950，導電圍籬2950與接地結構2902電性連接並形成接地結構2902之一部分。介電共振器天線2900亦包含設置於該等介電材料體積2904內之一輔助材料體積V(A) 2960，體積V(A) 2960被設置成與訊號饋源2906徑向對置且嵌入或至少局部地嵌入至該等介電材料體積2904中訊號饋源2906所設置於或訊號饋源2906與之進行訊號通訊之同一體積V(i) 2904.2中，體積V(A) 2960具有較其所嵌入之體積V(i) 2904.2小之體積大小，體積V(A) 2960之一介電常數不同於其所設置於的體積V(i) 2904.2之介電常數。體積V(A) 2960與介電共振器天線2900之其他特徵相結合用於影響遠場輻射場型，俾使所得遠場輻射場型及相關聯增益具有對稱形狀。在第29圖所示實施例中，體積V(i)為第二體積V(2) 2904.2。在一實施例中，體積V(A) 2960係100%完全地嵌入至其所嵌入之體積V(2) 2904.2中。在一實施例中，體積V(A) 2960設置於接地結構2902上。在一實施例中，體積V(A) 2960之一高度等於或大於該等介電材料體積2904之高度之十分之一且等於或小於該等介電材料體積2904之高度之三分之一。在一實施例中，體積V(A) 2960具有一圓形柱、一圓頂或一彎曲結構之一形狀，但可為適用於本文所揭露目的之任一形狀。在一實施例中，體積V(A) 2960為一金屬結構。在另一實施例中，體積V(A) 2960為空氣。為影響遠場輻射場型之對稱性，體積V(A) 2960具有較其所嵌入之體積V(i)（在第29圖中為體積V(2)）之介電常數大之一介電常數。

【0218】 現在參照第30A圖及第30B圖，其繪示一介電共振器天線3000，介電共振器天線3000具有複數個介電材料體積3004及一導電圍籬3050，導電圍籬3050與接地結構3002電性連接並形成接地結構3002之一部

分，介電共振器天線3000類似於第13A圖所示介電共振器天線1300，但其中體積3004.1、3004.2、3004.3及3004.4具有替代形狀及配置，且圍籬3050具有一非均勻內部形狀3057以提供至少一個對準特徵3070（在第30A圖及第30B圖中被繪示為具有二個對準特徵3070.1及3070.2）。如圖所示，該等介電材料體積3004、或在一實施例中外體積3004.4具有與圍籬3050之非均勻內部形狀3057及至少一個對準特徵3070互補之一互補外部形狀3007，俾使圍籬3050與該等介電材料體積3004藉由至少一個對準特徵3070及互補之形狀3007、3057而相對於彼此具有一定義且固定的對準。藉由在圍籬3050與該等介電材料體積3004之間提供複數個互補之對準特徵，複數個介電共振器天線3000之一陣列將彼此更好地對準，進而使得增益及遠場輻射場型對稱性得以提高。在一實施例中，介電共振器天線3000具有複數個垂直突出部（結構特徵）3099.1、3099.2、3099.3，該等垂直突出部為接地結構3002之一部分並自接地結構3002隆起進入外層3004.3、3004.4其中之一或多者中，以達成機械穩定性。

【0219】 現在參照第31圖，其繪示一介電共振器天線3100，介電共振器天線3100類似於第29圖所示介電共振器天線2900，但不存在一輔助介電材料體積V(A)，例如第29圖所示體積V(A) 2960。介電共振器天線3100被繪示為具有複數個介電材料體積3104，其中包含第一體積3104.1、第二體積3104.2及第三體積3104.3。如圖所示，第一體積V(1) 3104.1具有一下部分3109.1及一上部分3109.2，其中下部分3109.1之一橫截面3109.3寬於上部分3109.2之橫截面3109.4。類似於本文所示及所述之其他介電共振器天線，第一體積V(1) 3104.1之上部分3109.2具有一垂直定向之至少局部橢圓體形狀，且下部分3109.1具有一錐形形狀，該錐形形狀係在下部分3109.1與上部分3109.2間之分界線處自至少局部橢圓體形狀開始由窄至寬地過渡至接地

結構3102。在一實施例中，錐形形狀或漏斗形狀之高度等於或大於體積V(1) 3104.1之高度之十分之一且等於或小於體積V(1) 3104.1之高度之二分之一。儘管本文提及了一錐形或漏斗形下部分3109.1，然而，將瞭解，下部分3109.1可具有適用於本文所揭露目的之任一形狀，只要其具有較上部分3109.2寬之一橫截面即可。在一實施例中，一導電圍籬3150環繞該等介電材料體積3104且與接地結構3102電性連接並形成接地結構3102之一部分。已發現，藉由將第一體積V(1) 3104.1之下部分3109.1成形為寬於上部分3109.2，第一體積V(1) 3104.1會在第一體積V(1) 3104.1之中心幾何路徑中進一步抑制寄生（spurious）橫向磁輻射模式之來源，而不會影響介電共振器天線3100之橫向電模式路徑。

【0220】 現在參照第32圖至第34圖，其一同用於例示本文所揭露介電共振器天線組之一優點。藉由按比例縮小介電共振器天線組件之尺寸，相關聯天線發生共振之中心頻率會以相同比例因數按比例增大。為提供此種按比例縮放之一實例，將類似於第30A圖及第30B圖所示介電共振器天線3000之一介電共振器天線以分析法建模。第32圖、第32A圖、第33圖、第33A圖、第34圖及第34A圖分別以一立面圖（俯視圖）及一平面圖（仰視圖）二者以及一回波損耗S(1,1)曲線圖來繪示介電共振器天線3200、3300及3400，該曲線圖顯示所得10dB頻寬百分比。如可看出，每一介電共振器天線3200、3300及3400皆具有相同整體構造（將參照第32圖所示介電共振器天線3200來描述）、但具有不同尺寸（將一同參照第32圖、第33及第34圖來詳述）。

【0221】 如第32圖所示，介電共振器天線3200具有複數個介電材料體積3204：一第一體積V(1) 3204.1嵌入至一第二體積V(2) 3204.2內，且一第三體積V(3) 3204.3內嵌體積V(1) 3204.1及V(2) 3204.2。第32圖之立面圖繪示該

等介電材料體積3204其中之每一體積具有一圓頂形頂部。第32圖之平面圖繪示每一體積V(1) 3204.1及V(2) 3204.2具有一橢圓形橫截面，其中體積V(2) 3204.2相對於體積V(1) 3204.1側向移位。第32圖之平面圖亦繪示體積V(3) 3204.3具有一圓形橫截面，體積V(1) 3204.1、V(2) 3204.2及V(3) 3204.3其中之任一者皆不共有一相同中心z軸線。該等介電材料體積3204設置於一接地結構3202上且由一導電圍籬3250環繞，導電圍籬3250與接地結構3202電性連接並形成接地結構3202之一部分。該立面圖繪示圍籬3250具有複數個傾斜側壁，且該平面圖繪示圍籬3250具有一圓形周界，此模仿了體積V(3) 3204.3之圓形橫截面。一訊號饋源3206穿過接地結構3202中之一經電性隔離通孔3208且朝第二體積V(2) 3204.2之一側邊緣被嵌入至第二體積V(2) 3204.2內。在參照第32圖所示及建模之實施例中，介電共振器天線3200具有自接地結構3202之底部至該等介電材料3204之頂部為15毫米之一整體高度，且設置於一接地結構3202上，接地結構3202具有x及y尺寸為20毫米×20毫米之一平面圖底面，其中該等介電材料體積3204及圍籬3250佔用該20毫米×20毫米底面之一顯著部分。分別由第33圖及第34圖所示之介電共振器天線3300及3400具有與第32圖所示介電共振器天線3200相同之以分析法建模之構造，只不過具有不同比例之尺寸。因此，不必詳細（重複）地闡述分別由第33圖及第34圖所示之介電共振器天線3300及3400之實施例便能完全地理解本所揭露標的物。

【0222】 在參照第33圖所示及建模之實施例中，介電共振器天線3300具有自接地結構之底部至該等介電材料之頂部為2.5毫米之一整體高度，且設置於一接地結構上，該接地結構具有x及y尺寸為3.36毫米×3.36毫米之一平面圖底面，此表示介電共振器天線3300之大小與介電共振器天線3200相較減小至1/6。

【0223】 在參照第34圖所示及建模之實施例中，介電共振器天線3400具有自接地結構之底部至該等介電材料之頂部為1.67毫米之一整體高度上且設置於一接地結構上，該接地結構具有x及y尺寸為2.24毫米×2.24毫米之一平面圖底面，此表示介電共振器天線3400之大小與介電共振器天線3200相較減小至1/9。

【0224】 藉由將第32A圖、第33A圖及第34A圖中針對三個尺寸成比例之介電共振器天線3200、3300及3400所示之三個回波損耗 $S(1,1)$ 曲線圖進行比較可看出，介電共振器天線3200之中心頻率為10GHz，介電共振器天線3300之中心頻率為60 GHz（相對於介電共振器天線3200，在中心頻率上增大至6倍而在整體大小上減小至1/6），且介電共振器天線3400之中心頻率為90 GHz（相對於介電共振器天線3200，在中心頻率上增大至9倍而在整體大小上減小至1/9）。根據上述內容，將瞭解，將本文所揭露介電共振器天線之大小按比例縮小將得到一有利結果：經按比例縮小介電共振器天線之中心頻率共振會以相同比例因數按比例增大，且反之亦然。

【0225】 藉由將第32A圖、第33A圖及第34A圖中針對三個尺寸成比例之介電共振器天線3200、3300及3400所示之三個回波損耗 $S(1,1)$ 曲線圖進行比較可看出，根據下式所界定之無因次10 dB頻寬百分比對於所有三個介電共振器天線3200、3300及3400而言為一致的（在此情形中為44%）： $2(f_1-f_2)/(f_1+f_2)$ ，其中 f_1 界定相關聯10 dB回波損耗之下限頻率，且 f_2 界定相關聯10 dB回波損耗之上限頻率，此表明本文所揭露介電共振器天線之無因次頻寬百分比為一尺度不變量（scale invariant quantity）。

【0226】 進一步將第32A圖、第33A圖及第34A圖中針對三個尺寸成比例之介電共振器天線3200、3300及3400所示之三個回波損耗 $S(1,1)$ 曲線圖

進行比較，介電共振器天線回波損耗之整體分佈曲線亦為實質上尺度不變的，此使得能夠基於具有一初始中心頻率的一具基礎尺寸比例之天線而預測具任一尺寸比例之天線之一天線效能，乃因經按比例放大或縮小之天線將具有與該具基礎尺寸比例之天線相同或實質上相同之電磁效能。申請人預計，對於本文所揭露之效率等於或大於95%之一實質上無損介電共振器天線，亦具有此有利結果。

【0227】 現在參照第35圖至第38圖，其繪示上文所述介電共振器天線結構之一替代介電共振器天線結構。第35圖繪示類似於第30圖所示介電共振器天線3000之一介電共振器天線3500之平面圖，且第36圖繪示類似於第29圖所示介電共振器天線2900但不存在輔助體積V(A) 2960之一介電共振器天線3600之平面圖，其中二個介電共振器天線3500、3600具有其他差異，現在將闡述該等差異。

【0228】 每一介電共振器天線3500、3600具有設置於一接地結構3502、3602上之複數個介電材料體積3504、3604，該等介電材料體積3504、3604具有N個體積，N為等於或大於3之一整數，該N個體積被設置成形成複數個接續且循序之層狀體積V(i)，i為自1至N之一整數，其中體積V(1)形成一最內第一體積，其中一接續的體積V(i+1)形成設置於體積V(i)上方之一層狀殼體，且體積V(i+1)至少局部地內嵌體積V(i)，其中體積V(N)至少局部地內嵌全部體積V(1)至體積V(N-1)。在第35圖及第36圖所示實施例中，N等於3，此分別提供一第一體積3504.1、3604.1、一第二體積3504.2、3604.2、以及一第三體積3504.3、3604.3，各該體積皆具有一圓頂形頂部（參照第29圖及第30圖中所示之立面圖看得最清楚）。一導電圍籬3550、3650環繞該等介電材料體積3504、3604，且與接地結構3502、3602電性連接並形成接地結

構3502、3602之一部分。一訊號饋源3506、3606電磁耦合至該等介電材料體積3504、3604其中之一或多者，且在此例項中具體而言係電磁耦合至第二體積V(2) 3504.2、3604.2。訊號饋源3506、3606與接地結構3502、3602非電性接觸地設置於接地結構3502、3602之一開口3508、3608內，且設置於該等介電材料體積3504、3604中訊號饋源3506、3606電磁耦合至且在此例項中被嵌入的那一個之內。

【0229】 與本文中所揭露之其他介電共振器天線一樣，一實施例包含如下配置：該等介電材料體積3504、3604其中之複數個直接相鄰體積具有複數個不同介電常數值，該等不同介電常數值之範圍係自體積V(1)處之一第一相對最小值、達到體積V(2)至體積V(N-1)其中之一處之一相對最大值、返回至體積V(N)處之一第二相對最小值，其中 $N > 3$ （例如，參見介電共振器天線3500，其具有一第四體積3504.4，第四體積3504.4內嵌第三體積3504.3）。另一選擇為，該等介電材料體積3504、3604其中之複數個直接相鄰體積具有複數個不同介電常數值，該等不同介電常數值之範圍係自體積V(1)處之一第一相對最小值、達到體積V((N+1)/2)處之一相對最大值、返回至體積V(N)處之一第二相對最小值，其中N為一奇數。在一實施例中，第一相對最小值等於第二相對最小值。在其中 $N=3$ 之一實例性實施例（例如第36圖所示介電共振器天線3600）中，第一體積V(1)具有低於第二體積V(2)之一介電常數，且第二體積V(2)具有高於第三體積V(3)之一介電常數。適用於本文所揭露目的之實例性介電常數值包含本文中前面所述值其中之一者、或者適用於本文所揭露目的之任一其他值。

【0230】 如參照第35圖及第36圖之二個平面圖可看出，每一相應第三體積V(3) 3504.3、3604.3具有一圓形橫截面，介電共振器天線3500之第一體

積 $V(1)$ 3504.1及第二體積 $V(2)$ 3504.2具有一橢圓形橫截面，該等橢圓形橫截面相對於彼此且相對於第三體積 $V(3)$ 3504.3之中心側向移位，介電共振器天線3600之第一體積 $V(1)$ 3604.1具有一圓形橫截面，且介電共振器天線3600之第二體積 $V(2)$ 3604.2具有一經截短圓形橫截面，該經截短圓形橫截面之一整體寬度 W_{36} 小於其整體長度 L_{36} 。

【0231】 介電共振器天線3500及3600與介電共振器天線3000及2900間之一顯著差異分別在於在內體積 $V(1)$ 3504.1、3604.1及 $V(2)$ 3504.2、3604.2之介電材料中存在槽。更具體而言，將 z 軸線包圍在內而定向且與訊號饋源3506、3606成一直線設置之一中心平整槽3580、3680貫穿內體積之相對較高介電性材料（具體而言，相對於體積 $V(2)$ ）引入為相對較低介電性材料之一平整體積。除上述橫截面輪廓及上述顯著差異之外，介電共振器天線3500及介電共振器天線3600之其他結構特徵皆實質上相同。

【0232】 藉由將第35圖及第36圖所示平面圖進行比較可看出，二個介電共振器天線3500、3600具有內體積 $V(1)$ 3504.1、3604.1及 $V(2)$ 3504.2、3604.2，內體積 $V(1)$ 3504.1、3604.1及 $V(2)$ 3504.2、3604.2由體積 $V(3)$ 3504.3、3604.3之介電材料之一部分完全分叉。如圖所示，中心平整槽3580、3680分別以長度 L_{35} 、 L_{36} 延伸穿過相應之第一體積 $V(1)$ 3504.1、3604.1及第二體積 $V(2)$ 3504.2、3604.2之整個橫截面。被分叉之內體積 $V(1)$ 3504.1、3604.1及 $V(2)$ 3504.2、3604.2形成各自之分別彼此互成鏡像之第一子體積3514、3614及第二子體積3524、3624。在更一般意義上，一實施例包含一介電共振器天線，其中體積 $V(N)$ 使體積 $V(1)$ 至體積 $V(N-1)$ 分叉之部分形成體積 $V(1)$ 至體積 $V(N-1)$ 之彼此互成鏡像之一第一子體積及一第二子體積。在一實施例中，體積 $V(N)$ 使體積 $V(1)$ 至體積 $V(N-1)$ 分叉之部分係以穿過訊號

饋源3506、3606並將該等介電材料體積3504、3604其中之每一者之中心垂直z軸線包圍在內之一方式設置，此有助於對第一子體積與第二子體積提供上述鏡像對稱性。

【0233】 可預見的是，以所揭露方式貫穿內體積引入為相對低介電性材料之一槽（即，以為相對低介電性材料之一平整體積使為相對高介電性材料之內體積分叉，該平整體積將z軸線包圍在內並穿過訊號饋源）之一結果將使得沿著C-D幾何路徑之有效介電常數相較於沿著A-B幾何路徑之有效介電常數減小。

【0234】 藉由將沿著C-D幾何路徑之有效介電常數調整為小於沿著A-B幾何路徑之有效介電常數，電場線之主路徑將沿著偏好之A-B路徑，所得介電共振器天線將沿著A-B路徑提供一偏好之橫向電模式輻射且將沿著不偏好之C-D路徑提供對非所需寄生橫向電模式輻射之抑制而不會影響基頻橫向電模式，電場線之一非所需次要C-D路徑將沿正交於偏好之主A-B路徑之一方向。

【0235】 第36圖亦將介電共振器天線3600繪示成其第二體積V(2) 3604.2具有一經截短圓形橫截面且其第一體積V(1) 3604.1具有一圓形橫截面，該經截短圓形橫截面具有一寬度W36及一長度L36，其中 $W36 < L36$ ，該圓形橫截面實質上嵌入於第二體積V(2)內，但在切向上被設置成具有寬度W36。因此，沿著C-D幾何路徑之有效介電常數相對於A-B幾何路徑進一步減小，此乃因C-D路徑中相對於A-B路徑具有一更少量之更高介電常數材料，此更增強對沿著不偏好之C-D路徑之非所需寄生橫向電模式輻射之抑制，而不會影響沿著偏好之A-B幾何路徑之基頻橫向電模式輻射。

【0236】 由於C-D路徑可支援不同之共振模式，因而我們可將該等共

振模式分成兩個群組：1)「非所需」橫向電模式；以及2)其他寄生共振模式。藉由沿著A-B路徑方向引入一槽而在A-B路徑與C-D路徑之間形成一顯著對比，可預見的是，我們可沿著A-B路徑方向「輸送 (channel)」橫向電模式之全部或大量能量，此定義了對處於所要橫向電模式之輻射之一極精確極化。該槽並非旨在切割沿著A-B路徑方向之任何電場線。此外，該槽往往會抑制可由C-D路徑支援之任何其他「真正」寄生共振模式。此處，「真正」寄生共振意指具有與橫向電模式不同之一場配置之任一其他模式。值得提及的是，對寄生共振模式之一初步清除係藉由較早所述之設置於中心之圓頂形空氣體積來達成，該圓頂形空氣體積用於抑制非所需橫向磁模式（例如，參見第20圖及上文中之相關聯說明）。儘管槽及/或其他C-D路徑潤飾可對橫向磁模式僅具有微小（二階）效應，但該等槽旨在進一步清除其他非所需共振效應或其他非所需共振模式。

【0237】 第35圖之介電共振器天線3500中所示之另一特徵係圍籬3550具有一非均勻內部形狀3557以提供至少一個對準特徵3570，且該等介電材料體積3504、或在一實施例中外體積3504.4具有與圍籬3550之非均勻內部形狀3557及至少一個對準特徵3570互補之一互補外部形狀3507，俾使圍籬3550及該等介電材料體積3504藉由至少一個對準特徵3570及互補之形狀3507、3557而相對於彼此具有一定義且固定的對準。藉由給介電共振器天線3500在圍籬3550與該等介電材料體積3504之間提供互補之對準特徵，一陣列中之複數個介電共振器天線3500將彼此更好地對準，進而使得增益及遠場輻射場型對稱性得以提高。介電共振器天線3500中所示之另一特徵係垂直突出部3599.1、3599.2、3599.3，垂直突出部3599.1、3599.2、3599.3自接地結構3502隆起進入外層3504.3、3504.4其中之一或多者中、或者另一選擇為自一或多個外層3504.3、3504.4之材料向下延伸至接地結構中之孔洞

中，以達成機械穩定性。儘管此等其他特徵僅繪示於第35圖之介電共振器天線3500中，然而，將瞭解，本文中所揭露之任一介電共振器天線皆可具有此等類似之其他特徵。任何及所有此等組合皆涵蓋於本文中並被視為屬於本文所揭露發明之範圍內。

【0238】 現在參照第37圖及第38圖，其分別繪示介電共振器天線3700及3800，介電共振器天線3700及3800相對於第36圖中所示之介電共振器天線3600在槽構形上具有變化。在第37圖及第38圖二者中，介電共振器天線3700及3800具有一類似之由複數個介電材料體積3704、3804形成之配置，該配置類似於第36圖中所示由該等介電材料體積3604形成之配置，但存在一顯著差異。在第37圖所示介電共振器天線3700中，體積V(3) 3704.3材料之中心平整槽3780僅局部地延伸穿過下伏體積V(2) 3704.2及V(1) 3704.1，此由體積V(2) 3704.2的接近訊號饋源3706之剩餘材料3790證明。並且，在第38圖所示介電共振器天線3800中，中心平整槽3880側接有為體積V(3) 3804.3材料之平行的平整槽3881及3882，體積V(3) 3804.3材料將下伏體積V(1) 3804.1及V(2) 3804.2材料完全分割開。因此，沿著C-D幾何路徑之有效介電常數相對於A-B幾何路徑進一步減小，此乃因C-D路徑中相對於A-B路徑具有一更少量之更高介電常數材料，此更增強對沿著不偏好之C-D路徑之非所需寄生橫向電模式輻射、以及其他「真正寄生」共振模式之抑制，而不會影響沿著偏好之A-B幾何路徑之基頻橫向電模式輻射。值得提及的是，沿著C-D路徑之橫向電模式線有時可能是所需的，乃因其會增加另一極化度。然而，此處，意圖係抑制沿著C-D路徑之橫向電模式線，且更準確地，將沿著C-D路徑之橫向電模式線稱為「非所需」而非「寄生」。

【0239】 根據上述內容將瞭解，本文所揭露實施例包含以下：一介電

共振器天線3500，其中體積 $V(N)$ 3504.3之介電材料之一部分3580使體積 $V(1)$ 3504.1至體積 $V(N-1)$ 3504.2之至少一部分分叉；一介電共振器天線3600，其中體積 $V(N)$ 3604.3之介電材料使體積 $V(1)$ 3604.1至體積 $V(N-1)$ 3604.2分叉之部分3680係以一長度 L_{36} 使全部體積 $V(1)$ 3604.1至體積 $V(N-1)$ 3604.2之一整個橫截面分叉；一介電共振器天線3500，其中訊號饋源3506與接地結構3502非電性接觸地設置於接地結構3502之一開口3508內，且設置於該等介電材料體積3504中導電訊號饋源3506電磁耦合至的那一個之內；一介電共振器天線3500，其中訊號饋源3506電磁耦合至體積 $V(2)$ 3504.2；一介電共振器天線3500，其中體積 $V(N)$ 3504.3使體積 $V(1)$ 3504.1至體積 $V(N-1)$ 3504.2分叉之部分形成體積 $V(1)$ 3504.1至體積 $V(N-1)$ 3504.2之一第一子體積3514及一第二子體積3524，第一子體積3514與第二子體積3524彼此互成鏡像；一介電共振器天線3500，其中體積 $V(N)$ 3504.3使體積 $V(1)$ 3504.1至體積 $V(N-1)$ 3504.2分叉之部分係以穿過訊號饋源3506並將該等介電材料體積3504其中之每一者之中心垂直 z 軸線包圍在內之一方式設置；一介電共振器天線3500，其中體積 $V(N)$ 3504.3使體積 $V(1)$ 3504.1至體積 $V(N-1)$ 3504.2分叉之部分係以體積 $V(N)$ 3504.3之介電材料使體積 $V(1)$ 3504.1至體積 $V(N-1)$ 3504.2分裂；一介電共振器天線3500，其中該等介電材料體積3504其中之複數個直接相鄰體積具有不同介電常數值，該等不同介電常數值之範圍係自體積 $V(1)$ 3504.1處之一第一相對最小值、達到體積 $V(2)$ 3504.2至體積 $V(N-1)$ 3504.3其中之一處之一相對最大值、返回至體積 $V(N)$ 3504.4處之一第二相對最小值，其中 $N>3$ ；一介電共振器天線3500，其中該等介電材料體積3504其中之複數個直接相鄰體積具有不同介電常數值，該等不同介電常數值之範圍係自體積 $V(1)$ 3504.1處之一第一相對最小值、達到體積 $V((N+1)/2)$ 3504.2處之一相對最大值、返回至體積 $V(N)$ 3504.3處之一第

二相對最小值，其中N爲一奇數；一介電共振器天線3500，其中第一相對最小值等於第二相對最小值；一介電共振器天線3500，更具有一導電圍籬3550，導電圍籬3550被設置成圍繞該等介電材料體積3504且與接地結構3502電性連接並形成接地結構3502之一部分；一介電共振器天線3500，其中導電圍籬3550之一高度不超過該等介電材料體積3504之高度；一介電共振器天線3500，其中圍籬3550具有一非均勻內部形狀3557，以提供至少一個對準特徵3570；一介電共振器天線3500，其中該等介電材料體積3504、或在一實施例外體積3504.4具有與圍籬3550之非均勻內部形狀3557及至少一個對準特徵3570互補之一互補外部形狀3507，俾使圍籬3550及該等介電材料體積3504藉由至少一個對準特徵3570及互補之形狀3507、3557而相對於彼此具有一定義且固定的對準；一介電共振器天線3500，在圍籬3550與該等介電材料體積3504之間具有互補之對準特徵，以提供由彼此更好對準之複數個介電共振器天線3500形成之一陣列，進而使得增益及遠場輻射場型對稱性得以提高；一介電共振器天線3500，具有垂直突出部3599.1、3599.2、3599.3，垂直突出部3599.1、3599.2、3599.3自接地結構3502隆起進入外層3504.3、3504.4其中之一或多者中，以達成機械穩定性；以及一介電共振器天線，其中導電接地結構3502包含一或多個開口3508。

【0240】 供在介電體積或殼體（爲方便起見，下文中稱作體積）中使用之介電材料被選擇成提供所需電性質及機械性質。該等介電材料通常包含一熱塑性或熱固性聚合物基質及一填充劑組成物，該填充劑組成物含有一介電填充劑。每一介電層基於該介電體積之體積大小可包含30體積百分比（vol%）至100 vol%之一聚合物基質及0 vol%至70 vol%之一填充劑組成物、具體而言30 vol%至99 vol%之一聚合物基質及1 vol%至70 vol%之一填充劑組成物、更具體而言50 vol%至95 vol%之一聚合物基質及5 vol%至50

vol%之一填充劑組成物。聚合物基質及填充劑被選擇成提供介電常數與本文所揭露目的相一致且在10吉赫 (gigaHertz ; GHz) 下耗散因數 (dissipation factor) 小於0.006、具體而言小於或等於0.0035之一介電體積。可藉由IPC-TM-650 X一帶條線法 (band strip line method) 或藉由開口式共振器法 (Split Resonator method) 來量測耗散因數。

【0241】 每一介電體積包含一低極性、低介電常數及低損耗聚合物。該聚合物可包含1,2-聚丁二烯 (polybutadien ; PBD)、聚異戊二烯 (polyisoprene)、聚丁二烯-聚異戊二烯共聚物、聚醚醯亞胺 (polyetherimide ; PEI)、含氟聚合物 (例如聚四氟乙烯 (polytetrafluoroethylene ; PTFE))、聚醯亞胺 (polyimide)、聚醚醚酮 (polyetheretherketone ; PEEK)、聚醯胺醯亞胺 (polyamidimide)、聚對苯二甲酸乙二醇酯 (polyethylene terephthalate ; PET)、聚萘二甲酸乙二醇酯 (polyethylene naphthalate)、聚對苯二甲酸伸環己基酯 (polycyclohexylene terephthalate)、聚苯醚 (polyphenylene ether)、基於烷基化聚苯醚之聚合物或包含上述各項至少其中之一的一組合。亦可使用低極性聚合物與較高極性聚合物之組合，非限制性實例包含環氧樹脂與聚(苯撐醚)、環氧樹脂與聚(醚醯亞胺)、氰酸酯與聚(苯撐醚)、以及1,2-聚丁二烯與聚乙烯。

【0242】 含氟聚合物包含氟化均聚物 (例如：聚四氟乙烯及聚三氟氯乙烯 (polychlorotrifluoroethylene ; PCTFE)) 以及氟化共聚物 (例如四氟乙烯或三氟氯乙烯與一單體之共聚物，該單體例如為六氟丙烯或全氟烷基乙烯基醚、偏二氟乙烯、氟乙烯、乙烯、或包含上述各項至少其中之一的一組合)。含氟聚合物可包含由此等含氟聚合物中不同的至少一者形成之一組合。

【0243】 聚合物基質可包含熱固性聚丁二烯或聚異戊二烯。本文中所使用之術語「熱固性聚丁二烯或聚異戊二烯」包含具有衍生自丁二烯、異戊二烯或其組合之單元的均聚物及共聚物。衍生自其他可共聚單體之單元亦可以例如接枝形式存在於聚合物中。實例性可共聚單體包含（但不限於）：乙烯基芳香族單體，例如取代及未取代單乙烯基芳香族單體，例如苯乙烯、3-甲基苯乙烯、3,5-二乙基苯乙烯、4-*n*-丙基苯乙烯、 α -甲基苯乙烯、 α -甲基乙烯基甲苯、對羥基苯乙烯、對甲氧基苯乙烯、 α -氯代苯乙烯、 α -溴苯乙烯、二氯苯乙烯、二溴苯乙烯、四氯苯乙烯等；以及取代及未取代二乙烯基芳香族單體，例如二乙烯基苯、二乙烯基甲苯等。亦可使用包含上述可共聚單體其中至少之一的組合。實例性熱固性聚丁二烯或聚異戊二烯包含（但不限於）丁二烯均聚物、異戊二烯均聚物、丁二烯-乙烯基芳香族共聚物（例如丁二烯-苯乙烯、異戊二烯-乙烯基芳香族共聚物（例如異戊二烯-苯乙烯共聚物））等。

【0244】 熱固性聚丁二烯或聚異戊二烯亦可被改性。舉例而言，該等聚合物可係羥基封端的、甲基丙烯酸酯封端的、羧酸酯封端的等。可使用反應後聚合物，例如丁二烯或異戊二烯聚合物之環氧樹脂改性、馬來酸酐改性或胺甲酸乙酯改性聚合物。亦可例如藉由二乙烯基芳香族化合物（例如二乙烯基苯）來使該等聚合物交聯，例如，使聚丁二烯-苯乙烯與二乙烯基苯交聯。各實例性材料依其製造商（例如：日本東京（Tokyo, Japan）之Nippon Soda公司、及賓夕法尼亞州埃克斯頓（Exton, PA）之Cray Valley Hydrocarbon Specialty Chemicals公司）皆可被廣泛地歸類為「聚丁二烯」。亦可使用組合，例如聚丁二烯均聚物與聚(丁二烯-異戊二烯)共聚物之一組合。包含間規聚丁二烯之組合亦可為有用的。

【0245】 熱固性聚丁二烯或聚異戊二烯在室溫下可為液體或固體。液體聚合物可具有大於或等於5,000克/莫耳 (g/mol) 之一數目平均分子量 (number average molecular weight; M_n)。液體聚合物可具有小於5,000克/莫耳、具體而言1,000克/莫耳至3,000克/莫耳之一數目平均分子量。具有至少90 wt% 1,2加成之熱固性聚丁二烯或聚異戊二烯由於可供用於發生交聯反應之側基乙烯基之數目較大而在固化時可展現出較大交聯密度。

【0246】 基於總體聚合物基質組成物，聚丁二烯或聚異戊二烯可以相對於總體聚合物基質組成物高達100 wt%、具體而言高達75 wt%、更具體而言10 wt%至70 wt%、甚至更具體而言20 wt%至60 wt%或70 wt%之一量存在於聚合物組成物中。

【0247】 可添加可與熱固性聚丁二烯或聚異戊二烯共固化之其他聚合物，以達成特定性質或處理改性。舉例而言，為提高介電材料之介電強度及機械性質隨時間之穩定性，可在系統中使用一較低分子量乙烯-丙烯彈性體。本文中所使用之一乙烯-丙烯彈性體為共聚物、三元聚合物、或主要包含乙烯及丙烯之其他聚合物。乙烯-丙烯彈性體可進一步被歸類為EPM共聚物（即，乙烯與丙烯單體之共聚物）或EPDM三元聚合物（即，乙烯、丙烯與二烯單體之三元聚合物）。具體而言，乙烯-丙烯-二烯三元聚合物橡膠具有飽和主鏈，其中主鏈外可存在不飽和以輕易地發生交聯反應。可使用其中二烯為二環戊二烯之液體乙烯-丙烯-二烯三元聚合物橡膠。

【0248】 乙烯-丙烯橡膠之分子量可小於10,000克/莫耳黏度平均分子量 (viscosity average molecular weight; M_v)。乙烯-丙烯橡膠可包含：黏度平均分子量為7,200克/莫耳之乙烯-丙烯橡膠，可以商標名TRILENE™ CP80自路易斯安那州巴吞魯日 (Baton Rouge, LA) 之Lion Copolymer公司購得；

黏度平均分子量為7,000克/莫耳之液體乙烯-丙烯-二環戊二烯三元聚合物橡膠，可以商標名TRILENE™ 65自Lion Copolymer公司購得；以及黏度平均分子量為7,500克/莫耳之液體乙烯-丙烯-亞乙基降冰片烯三元聚合物，可以名稱TRILENE™ 67自Lion Copolymer公司購得。

【0249】 可使乙烯-丙烯橡膠之一存在量有效地隨時間維持介電材料之性質、尤其係介電強度及機械性質之穩定性。通常，相對於聚合物基質組成物之總重量，此等量係高達20 wt%、具體而言4 wt%至20 wt%、更具體而言6 wt%至12 wt%。

【0250】 另一種類型之可共固化聚合物為含聚丁二烯或聚異戊二烯之不飽和彈性體。此種組分可為主要為1,3-加成丁二烯或異戊二烯與乙烯系不飽和單體之無規或嵌段共聚物，該單體例如為乙烯基芳香族化合物（例如苯乙烯或 α -甲基苯乙烯）、丙烯酸酯或甲基丙烯酸酯（例如甲基丙烯酸甲酯）、或丙烯腈。該彈性體可為固體熱塑性彈性體，其包含線性或接枝型嵌段共聚物，該線性或接枝型嵌段共聚物具有聚丁二烯或聚異戊二烯鏈段及熱塑性鏈段，該熱塑性鏈段可衍生自例如苯乙烯或 α -甲基苯乙烯等單乙烯基芳香族單體。此種類型之嵌段共聚物包含：苯乙烯-丁二烯-苯乙烯三嵌段共聚物，例如，可以商標名VECTOR 8508M™自德克薩斯州休斯頓市（Houston, TX）之Enichem Elastomers America公司購得、可以商標名SOL-T-6302™自德克薩斯州休斯頓市（Houston, TX）之Enichem Elastomers America公司購得之彼等、及可以商標名CALPRENE™ 401自Dynasol Elastomers公司購得之彼等；以及苯乙烯-丁二烯二嵌段共聚物、及含苯乙烯及丁二烯之混合三嵌段與二嵌段共聚物，例如可以商標名KRATON D1118自Kraton Polymers公司（德克薩斯州休斯頓市）購得之彼等。KRATON D1118為一種含苯乙

烯及丁二烯之混合二嵌段/三嵌段共聚物，其含有33 wt%之苯乙烯。

【0251】 選用含聚丁二烯或聚異戊二烯之彈性體可更包含類似於上述者之一第二嵌段共聚物，只不過聚丁二烯或聚異戊二烯鏈段被氫化，藉此形成一聚乙烯鏈段（倘若為聚丁二烯）或一乙烯-丙烯共聚物鏈段（倘若為聚異戊二烯）。當結合上述共聚物使用時，可產生韌度較大之材料。此種類型之一實例性第二嵌段共聚物為KRATON GX1855（可自Kraton Polymers公司購得，被認為係苯乙烯-高1,2-丁二烯-苯乙烯嵌段共聚物與苯乙烯-(乙烯-丙烯)-苯乙烯嵌段共聚物之一組合）。

【0252】 含聚丁二烯或聚異戊二烯之不飽和彈性體組分可以相對於聚合物基質組成物之總重量為2 wt%至60 wt%、具體而言5 wt%至50 wt%、更具體而言10 wt%至40 wt%或50 wt%之一量存在於聚合物基質組成物中。

【0253】 為達成特定性質或處理改性而可添加之又一些可共固化聚合物包含（但不限於）乙烯之均聚物或共聚物（例如聚乙烯與環氧乙烷共聚物）；天然橡膠；降冰片烯聚合物，例如聚雙環戊二烯；氫化苯乙烯-異戊二烯-苯乙烯共聚物及丁二烯-丙烯腈共聚物；不飽和聚酯等等。此等共聚物在聚合物基質組成物中之含量通常小於總體聚合物之50 wt%。

【0254】 為達成特定性質或處理改性，亦可添加自由基可固化單體，例如，以提高固化後系統之交聯密度。舉例而言，可適用於交聯劑之實例性單體包含二-、三-或更高乙烯系不飽和單體，例如二乙烯基苯、三聚氰酸三烯丙酯、鄰苯二甲酸二烯丙酯及多官能丙烯酸酯單體（例如，可自賓夕法尼亞州紐頓廣場（Newtown Square, PA）之Sartomer USA公司購得之SARTOMER™聚合物）或其組合，所有該等單體皆可在市面上購得。在使用時，交聯劑可以基於聚合物基質組成物中總體聚合物之總重量高達20

wt%、具體而言1 wt%至15 wt%之一量存在於聚合物基質組成物中。

【0255】 可將一固化劑添加至聚合物基質組成物，以加速具有烯反應性位點之多烯之固化反應。固化劑可包含有機過氧化氫（例如：過氧化二異丙苯）、過苯甲酸第三丁基酯、2,5-二甲基-2,5-雙(第三丁基過氧基)己烷、 α,α -二-雙(第三丁基過氧基)二異丙基苯、2,5-二甲基-2,5-二(第三丁基過氧基)乙炔-3或包含上述各項至少其中之一的一組合。可使用碳-碳鍵引發劑，例如，2,3-二甲基-2,3-二苯基丁烷。固化劑或引發劑可單獨地或組合地使用。基於聚合物基質組成物中聚合物之總重量，固化劑之量可為1.5 wt%至10 wt%。

【0256】 在某些實施例中，聚丁二烯或聚異戊二烯聚合物係羧基官能化的。可使用在分子中具有（i）一碳-碳雙鍵或一碳-碳三鍵及（ii）至少一個羧基之多官能化合物來達成官能化，其中包含羧酸、羧酸酐、羧醯胺、羧酸酯、或羧醯鹵。一特定羧基為羧酸或羧酸酯。可提供羧酸官能基之多官能化合物之實例包含馬來酸、馬來酸酐、反丁烯二酸及檸檬酸。具體而言，可在熱固性組成物中使用聚丁二烯與馬來酸酐之加成物。適宜之馬來酐化聚丁二烯聚合物例如可以商標名RICON 130MA8、RICON 130MA13、RICON 130MA20、RICON 131MA5、RICON 131MA10、RICON 131MA17、RICON 131MA20、及RICON 156MA17而自Cray Valley公司購得。適宜之馬來酐化聚丁二烯-苯乙烯共聚物例如可以商標名RICON 184MA6自Sartomer公司購得。RICON 184MA6為丁二烯-苯乙烯共聚物與馬來酸酐之加成物，其具有為17 wt%至27 wt%之苯乙烯含量及為9,900克/莫耳之數目平均分子量。

【0257】 聚合物基質組成物中各種聚合物（例如，聚丁二烯或聚異戊

二烯聚合物及其他聚合物)之相對量可相依於所使用之特定導電金屬接地板層、所需之電路材料性質及類似考量因素。舉例而言,使用聚(伸芳基醚)可使得與一導電金屬組件(例如,一銅或鋁組件,例如一訊號饋源、接地組件、或反射體組件)之接合強度提高。使用聚丁二烯或聚異戊二烯聚合物可提高複合物之耐高溫性,例如,當此等聚合物被羧基官能化時即如此。使用彈性嵌段共聚物可起到使聚合物基質材料之各組分相容之作用。根據一特定應用之所需性質,可在不進行過度實驗之情況下為每一組分確定適當量。

【0258】 至少一個介電體積可更包含一微粒介電填充劑,該微粒介電填充劑被選擇成用於調整介電體積之介電常數、耗散因數、熱膨脹係數(coefficient of thermal expansion; CTE)、及其他性質。舉例而言,該介電填充劑可包含二氧化鈦(金紅石及銳鈦礦)、鈦酸鋇、鈦酸鋇、二氧化矽(包含熔融非晶形二氧化矽)、金剛砂、矽灰石、 $\text{Ba}_2\text{Ti}_9\text{O}_{20}$ 、實心玻璃球體、合成玻璃或陶瓷空心球體、石英、氮化硼、氮化鋁、碳化矽、氧化鋁、氧化鋁、三水合氧化鋁、氧化鎂、雲母、滑石、奈米黏土、氫氧化鎂、或包含上述各項至少其中之一的一組合。可使用一單一次級填充劑或複數種次級填充劑之一組合來達成對各性質之一所需平衡。

【0259】 視需要,可以一含矽塗層(例如,一有機官能烷氧基矽烷偶合劑)對填充劑進行表面處理。可使用鋇酸鹽或鈦酸鹽偶合劑。此等偶合劑可改良填充劑在聚合物基質中之分散並降低成品介電共振器天線之吸水性。基於填充劑之重量,填充劑組分可包含5 vol%至50 vol%之微球體及70 vol%至30 vol%之熔融非晶形二氧化矽來作為次級填充劑。

【0260】 視需要,每一介電體積亦可含有適用於使該體積耐燃之一阻

燃劑。此等阻燃劑可係鹵代或非鹵代的。阻燃劑可以基於介電體積之體積大小為0 vol%至30 vol%之一量存在於介電體積中。

【0261】 在一實施例中，阻燃劑為無機的且以粒子形式存在。一實例性無機阻燃劑為體積平均粒徑為1奈米（nm）至500奈米、較佳地為1奈米至200奈米、或5奈米至200奈米、或10奈米至200奈米之金屬水合物；另一選擇為，體積平均粒徑為500奈米至15微米，例如，1微米至5微米。金屬水合物為例如Mg、Ca、Al、Fe、Zn、Ba、Cu、Ni、或包含上述各項至少其中之一的一組合等金屬之水合物。尤其較佳者為Mg、Al或Ca之水合物，例如，氫氧化鋁、氫氧化鎂、氫氧化鈣、氫氧化鐵、氫氧化鋅、氫氧化銅、及氫氧化鎳；以及鋁酸鈣水合物、二水石膏、硼酸鋅水合物及偏硼酸鋁水合物。可使用此等水合物之複合物，例如，含Mg且含Ca、Al、Fe、Zn、Ba、Cu、及Ni其中之一或多者之水合物。較佳之複合金屬水合物具有式 $MgM_x(OH)_y$ ，其中M為Ca、Al、Fe、Zn、Ba、Cu、或Ni，x為0.1至10，且y係自2至32。可塗覆或以其他方式處理阻燃劑粒子，以改良分散及其他性質。

【0262】 作為無機阻燃劑之替代方案或除無機阻燃劑以外，亦可使用有機阻燃劑。無機阻燃劑之實例包含三聚氰胺氰尿酸鹽、細粒徑三聚氰胺聚磷酸鹽、各種其他含磷化合物（例如芳香族亞磷酸酯、二磷酸酯、磷酸酯、及磷酸鹽）、某些聚倍半矽氧烷、矽氧烷及鹵代化合物（例如六氫內亞甲基四氫酞酸（HET acid）、四溴鄰苯二甲酸及二溴新戊二醇）。一阻燃劑（例如一含溴阻燃劑）可以每百份樹脂（parts per hundred parts of resin；phr）20份至每百份樹脂60份、具體而言每百份樹脂30份至每百份樹脂45份之一量存在。溴化阻燃劑之實例包含Saytex BT93W（乙撐雙四溴鄰苯二甲醯亞

胺)、Saytex 120 (十四溴二苯氧基苯) 及 Saytex 102 (十溴二苯醚)。阻燃劑可與增效劑組合使用, 例如, 一鹵代阻燃劑可與例如三氧化銻等增效劑組合使用, 且一含磷阻燃劑可與例如三聚氰胺等含氮化合物組合使用。

【0263】 每一介電材料體積係由包含聚合物基質組成物及填充劑組成物之一介電組成物形成。可藉由將一介電組成物直接澆注至接地結構層上來形成每一體積, 或者可製作一介電體積, 可將該介電體積沉積至接地結構層上。製作每一介電體積之方法可係基於所選聚合物。舉例而言, 在聚合物包含一含氟聚合物 (例如聚四氟乙烯) 之情況下, 可將該聚合物與一第一載液 (first carrier liquid) 混合。組合可包含聚合物粒子在第一載液中之分散液, 例如, 聚合物或聚合物之一單體或低聚前驅物之液體微滴在第一載液中之乳液、或者聚合物在第一載液中之溶液。若聚合物為液體, 則可不需要第一載液。

【0264】 對第一載液 (若存在) 之選擇可係基於特定聚合物、及聚合物將以何種形式被引入介電體積。若期望將聚合物作為一溶液引入, 則選擇特定聚合物之一溶劑作為載液, 例如, N-甲基-2-吡咯烷酮 (N-methyl pyrrolidone; NMP) 將為適用於聚醯亞胺溶液之一載液。若期望將聚合物作為一分散液引入, 則載液可包含該聚合物不溶於其中之一液體, 例如, 水將為適用於聚四氟乙烯粒子分散液之一載液且將為適用於聚醯胺酸乳液或丁二烯單體乳液之一載液。

【0265】 視需要, 可將介電填充劑組分分散於一第二載液中或與第一載液混合 (或者在不使用第一載液之情況下, 與液體聚合物混合)。第二載液可為與第一載液相同之液體, 或者可為不同於第一載液且可與第一載液混溶之一液體。舉例而言, 若第一載液為水, 則第二載液可包含水或醇。

第二載液可包含水。

【0266】 填充劑分散液可包含一表面活性劑，該表面活性劑之一量能有效地調節第二載液之表面張力，以使第二載液能夠潤濕硼矽酸鹽微球體。實例性表面活性劑化合物包含離子型表面活性劑及非離子型表面活性劑。已發現TRITON X-100TM為供在水性填充劑分散液中使用之一實例性表面活性劑。填充劑分散液可包含10 vol%至70 vol%之填充劑及0.1 vol%至10 vol%之表面活性劑，且其餘部分包含第二載液。

【0267】 可將聚合物與第一載液之組合、以及第二載液中之填充劑分散液相組合，以形成一澆注混合物。在一實施例中，澆注混合物包含10 vol%至60 vol%之聚合物與填充劑組合、以及40 vol%至90 vol%之第一載液與第二載液組合。如下所述，澆注混合物中聚合物與填充劑組分之相對量可被選擇成在最終組成物中提供所需量。

【0268】 可藉由添加一黏度調節劑（該黏度調節劑係基於其在一特定載液或複數種載液之組合中之相容性而選擇）來調整澆注混合物之黏度，以延緩空心球體填充劑自介電複合材料之分離（即，沉澱或浮離）並提供黏度與傳統製造設備相容之一介電複合材料。適於在水性澆注混合物中使用之實例性黏度調節劑包含例如聚丙烯酸化合物、植物膠及纖維素系化合物。適宜黏度調節劑之特定實例包含聚丙烯酸、甲基纖維素、聚氧化乙烯、瓜爾豆膠、槐樹豆膠、羧甲基纖維素鈉、海藻酸鈉、及黃蓍膠。可逐應用地進一步提高（即，超出最低黏度）經黏度調整之澆注混合物之黏度，以使介電複合材料適應所選製造技術。在一實施例中，當在室溫值下量測時，經黏度調整之澆注混合物可展現出10厘泊（centipoise；cp）至100,000厘泊、具體而言100厘泊至10,000厘泊之一黏度。

【0269】 另一選擇為，若載液之黏度足以提供在所關注時間週期期間不會分離之一澆注混合物，則可省去黏度調節劑。具體而言，倘若存在極小粒子（例如：等效球徑小於0.1微米之粒子），則可能不需要使用一黏度調節劑。

【0270】 可向接地結構層上澆注一層經黏度調整之澆注混合物，或者可滴塗該澆注混合物並然後使其成形。澆注可係藉由例如以下方法來達成：滴塗（dip coating）、流塗（flow coating）、逆輥塗覆（reverse roll coating）、輥式刮刀塗覆（knife-over-roll）、板式刮刀塗覆（knife-over-plate）、計量棒塗覆（metering rod coating）等。

【0271】 可例如藉由蒸發或藉由熱分解而自所澆注體積移除載液及處理助劑（即，表面活性劑及黏度調節劑），以由聚合物及包含微球體之填充劑固結成一介電體積。

【0272】 可更將由聚合物基質材料與填充劑組分形成之體積加熱，以調節該體積之物理性質，例如，對一熱塑性組成物進行燒結或使一熱固性組成物固化或後固化。

【0273】 在另一種方法中，可藉由一膏糊擠出與壓延製程（paste extrusion and calendaring process）來製成一聚四氟乙烯複合介電體積。

【0274】 在又一實施例中，可澆注介電體積並然後使其局部地固化（「B階段」）。可儲存並隨後使用此等B階段體積。

【0275】 可在導電接地層與介電層之間設置一黏附層。該黏附層可包含：聚(伸芳基醚)；以及羧基官能化聚丁二烯或聚異戊二烯聚合物，包含丁二烯單元、異戊二烯單元、或丁二烯與異戊二烯單元、以及為0 wt%至小於

或等於50 wt%之可共固化單體單元；其中黏合層之組成物不同於介電體積之組成物。黏合層可以每平方米2克至15克之一量存在。聚(伸芳基醚)可包含羧基官能化聚(伸芳基醚)。聚(伸芳基醚)可為聚(伸芳基醚)與環酐之反應產物或聚(伸芳基醚)與馬來酸酐之反應產物。羧基官能化聚丁二烯或聚異戊二烯聚合物可為羧基官能化丁二烯-苯乙烯共聚物。羧基官能化聚丁二烯或聚異戊二烯聚合物可為聚丁二烯或聚異戊二烯聚合物與環酐之反應產物。羧基官能化聚丁二烯或聚異戊二烯聚合物可為馬來酐化聚丁二烯-苯乙烯或馬來酐化聚異戊二烯-苯乙烯共聚物。

【0276】 在一實施例中，適用於例如聚丁二烯或聚異戊二烯等熱固性材料之一多步製程可包含在攝氏150度至攝氏200度之溫度下進行一過氧化氫固化步驟，且然後可使經局部固化（B階段）堆疊在一惰性氣氛下經受一高能電子束輻照固化（電子束固化）步驟或一高溫固化步驟。使用一二階段固化法可對所得複合物賦予一通常高之交聯程度。在第二階段中所使用之溫度可為攝氏250度至攝氏300度、或者為聚合物之分解溫度。此種高溫固化可在一烘箱中實施，但亦可在一壓機中執行（即，作為對初始製作與固化步驟之一延續）。特定製作溫度及壓力將相依於特定黏合劑組成物及介電組成物，且此項技術中之通常知識者在不進行過度實驗之情況下便可輕易確定出該等溫度及壓力。

【0277】 可在任何二或更多個介電層之間設置一接合層，以將各層黏附。該接合層係基於所需性質而選擇，且可例如為一低熔點熱塑性聚合物或用於接合二個介電層之其他組成物。在一實施例中，該接合層包含一介電填充劑以調整其介電常數。舉例而言，該接合層之介電常數可被調整成改良或以其他方式修改介電共振器天線之頻寬。

【0278】 在某些實施例中，藉由對介電組成物進行模製以形成介電材料來形成介電共振器天線、陣列或其一組件（具體而言各介電體積至少其中之一）。在某些實施例中，全部體積皆係模製而成。在其他實施例中，除初始體積 $V(i)$ 外之全部體積係模製而成。在又一些實施例中，僅最外體積 $V(N)$ 係模製而成。可使用模製方法與其他製造方法之一組合，例如三維列印或噴墨列印。

【0279】 模製法容許將介電體積（視需要）與另一（些）介電共振器天線組件（作為一嵌入式特徵或一表面特徵）一起迅速且高效地進行製造。舉例而言，可將一金屬、陶瓷、或其他嵌件（insert）放置於模具中，以將介電共振器天線之一組件（例如一訊號饋源、接地組件或反射體組件）作為一嵌入式特徵或一表面特徵來提供。另一選擇為，可將一嵌入式特徵三維列印或噴墨列印至一體積上，隨後進行進一步模製；或者，可將一表面特徵三維列印或噴墨列印至介電共振器天線之一最外表面上。亦可將至少一個體積直接模製於接地結構上或模製於包含介電常數介於1與3間之一材料之容器中。

【0280】 模具可具有包含一經模製或經機加工陶瓷之一模具嵌件，以提供封裝或最外殼體 $V(N)$ 。使用一陶瓷嵌件可導致較低損失，進而使得效率更高；由於模製用氧化鋁之直接材料成本低而降低成本；使製造簡單且可控制（約束）聚合物之熱膨脹。此亦可提供一平衡熱膨脹係數（CTE），俾使整體結構與銅或鋁之熱膨脹係數相匹配。

【0281】 可在一不同模具中模製每一體積，且隨後組裝該等體積。舉例而言，可在一第一模具中模製一第一體積，且可在一第二模具中模製一第二體積，然後組裝該等體積。在一實施例中，第一體積不同於第二體積。

分開式製造容許輕易地關於形狀或組成對每一體積進行定製。舉例而言，可改變介電材料之聚合物、添加劑之類型或添加劑之量。可施塗一黏合層，以將一個體積之一表面接合至另一體積之一表面。

【0282】 在其他實施例中，可將一第二體積模製於一第一已模製體積中或上。可使用一後烘或層壓循環自各體積之間移除任何空氣。每一體積亦可包含一不同類型或量之添加劑。在使用一熱塑性聚合物之情況下，第一體積及第二體積可包含熔化溫度不同或玻璃轉化溫度（glass transition temperature）不同之聚合物。在使用一熱固性組成物之情況下，可在模製第二體積之前使第一體積局部或完全地固化。

【0283】 亦可使用一熱固性組成物作為一個體積（例如：第一體積）並使用一熱塑性組成物作為另一體積（例如：第二體積）。在此等實施例其中之任一者中，可改變填充劑以調整每一體積之介電常數或熱膨脹係數（CTE）。舉例而言，可補償每一體積之熱膨脹係數或介電常數，俾使共振頻率隨著溫度變化而保持恆定。在一實施例中，內體積可包含填充有二氧化矽與微球體（微氣球）之一組合的一低介電常數（ <3.5 ）材料，進而在與外體積相匹配之熱膨脹係數性質下達成一所需介電常數。

【0284】 在某些實施例中，模製法係，對包含熱塑性聚合物或熱固性組成物以及介電材料之任何其他組分之一可射出組成物進行射出模製（injection molding），以提供至少一個介電材料體積。可分開地射出模製且然後組裝每一體積，或者可將一第二體積模製於一第一體積中或上。舉例而言，該方法可包含：在具有一外模殼（outer mold form）及一內模殼之一第一模具中反應射出模製（reaction injection molding）一第一體積；移除該內模殼並將其替換成一第二內模殼，該第二內模殼界定一第二體積之一內

尺寸；以及在第一體積中射出模製一第二體積。在一實施例中，第一體積為最外殼體 $V(N)$ 。另一選擇為，該方法可包含：在具有一外模殼及一內模殼之一第一模具中射出模製一第一體積；移除該外模殼並將其替換成一第二外模殼，該第二外模殼界定一第二體積之一外尺寸；以及將第二體積射出模製於第一體積上。在一實施例中，第一體積為最內體積 $V(1)$ 。

【0285】 可藉由首先將陶瓷填充劑與矽烷相組合以形成一填充劑組成物且然後將填充劑組成物與熱塑性聚合物或熱固性組成物混合來製備可射出組成物。對於一熱塑性聚合物，可使該聚合物在與陶瓷填充劑及矽烷其中之一或二者混合之前、之後或期間熔化。然後，可在一模具中對可射出組成物進行射出模製。所使用之熔化溫度、射出溫度及模具溫度相依於熱塑性聚合物之熔化溫度及玻璃轉化溫度，且可例如為攝氏150度至攝氏350度、或攝氏200度至攝氏300度。模製步驟可係在65千帕(kiloPascal; kPa)至350千帕之一壓力下進行。

【0286】 在某些實施例中，可藉由對一熱固性組成物進行反應射出模製來製備介電體積。反應射出模製尤其適於使用一第一已模製體積來模製一第二已模製體積，此乃因交聯反應可顯著更改第一已模製體積之熔體特性。反應射出模製可包含將至少二個流混合以形成一熱固性組成物，並將熱固性組成物射出至模具中，其中一第一流包含觸媒，且第二流視需要包含一活化劑。第一流及第二流其中之一或二者或一第三流可包含一單體或一可固化組成物。第一流及第二流其中之一或二者或一第三流可包含一介電填充劑及一添加劑其中之一或二者。可在射出熱固性組成物之前將介電填充劑及添加劑其中之一或二者添加至模具。

【0287】 舉例而言，一種製備體積之方法可包含混合一第一流與一第

二流，該第一流包含觸媒及一第一單體或可固化組成物，該第二流包含選用活化劑及一第二單體或可固化組成物。第一單體或可固化組成物與第二單體或可固化組成物可相同或不同。第一流及第二流其中之一或二者可包含介電填充劑。介電填充劑可係作為一第三流而添加，例如，第三流更包含一第三單體。可在射出第一流及第二流之前便使介電填充劑處於模具中。引入該等流其中之一或多者之步驟可係在一惰性氣體（例如，氮氣或氬氣）下進行。

【0288】 混合步驟可係在一射出模製機器之一頭部空間(head space)中、或在一管路內混合器(inline mixer)中、或在向模具中射出期間進行。混合步驟可係在高於或等於攝氏0度(°C)至攝氏200度、具體而言攝氏15度至攝氏130度、攝氏0度至攝氏45度、更具體而言攝氏23度至攝氏45度之一溫度下進行。

【0289】 可使模具維持於高於或等於攝氏0度至攝氏250度、具體而言攝氏23度至攝氏200度或攝氏45度至攝氏250度、更具體而言攝氏30度至攝氏130度或攝氏50度至攝氏70度之一溫度。填充一模具可花費0.25分鐘至0.5分鐘，在此時間期間，模具溫度可下降。在模具被填充之後，熱固性組成物之溫度可例如自為攝氏0度至攝氏45度之一第一溫度提高至為攝氏45度至攝氏250度之一第二溫度。模製步驟可係在65千帕(kPa)至350千帕之一壓力下進行。模製步驟可進行少於或等於5分鐘、具體而言少於或等於2分鐘、更具體而言進行2秒鐘至30秒鐘。在聚合完成之後，可在模具溫度下或在一降低之模具溫度下移除基板。舉例而言，脫模溫度(release temperature) T_r 可較模製溫度 T_m 低攝氏10度或以上 ($T_r \leq T_m - \text{攝氏}10\text{度}$)。

【0290】 在自模具中取出體積之後，可對其進行後固化。後固化步驟

可在攝氏100度至攝氏150度、具體而言攝氏140度至攝氏200度之一溫度下進行達多於或等於5分鐘。

【0291】 在另一實施例中，可藉由進行壓縮模製（compression molding）以形成一介電材料體積或具有一嵌入式特徵或一表面特徵之一介電材料體積來形成介電體積。可分開地壓縮模製且然後組裝每一體積，或可將一第二體積壓縮模製於一第一體積中或上。舉例而言，該方法可包含：在具有一外模殼及一內模殼之一第一模具中壓縮模製一第一體積；移除該內模殼並將其替換成一第二內模殼，該第二內模殼界定一第二體積之一內尺寸；以及在第一體積中壓縮模製一第二體積。在某些實施例中，第一體積為最外殼體 $V(N)$ 。另一選擇為，該方法可包含：在具有一外模殼及一內模殼之一第一模具中壓縮模製一第一體積；移除該外模殼並將其替換成一第二外模殼，該第二外模殼界定一第二體積之一外尺寸；以及將第二體積壓縮模製於第一體積上。在此實施例中，第一體積可為最內體積 $V(1)$ 。

【0292】 壓縮模製法可結合熱塑性或熱固性材料使用。對一熱塑性材料進行壓縮模製之條件（例如模具溫度）相依於熱塑性聚合物之熔化溫度及玻璃轉化溫度，且可例如為攝氏150度至攝氏350度、或攝氏200度至攝氏300度。模製步驟可係在65千帕（kPa）至350千帕之一壓力下進行。模製步驟可進行少於或等於5分鐘、具體而言少於或等於2分鐘、更具體而言進行2秒鐘至30秒鐘。可對一熱固性材料進行壓縮模製，之後固化至B階段，以產生一B階段材料或一完全固化之材料；或者可在該熱固性材料已被固化至B階段之後對其進行壓縮模製，並使其在模具中或在模製之後完全固化。

【0293】 在又一些實施例中，可藉由以一預設圖案形成複數個層並使該等層熔合（即，藉由三維列印）來形成介電體積。本文中所使用之三維

列印與噴墨列印之區別在於，形成了複數個熔合層（三維列印），而非形成一單一層（噴墨列印）。總層數可例如自10層至100,000層、或自20層至50,000層、或自30層至20,000層不等。將呈預定圖案之該等層熔合以提供物品。本文中所使用之「熔合（fused）」係指已被形成且藉由任何三維列印製程而接合之複數個層。可使用在三維列印期間能有效地整合、接合或固結該等層之任一方法。在某些實施例中，熔合步驟係在形成各該層期間進行。在某些實施例中，熔合步驟係在後續各層被形成時或在全部層被形成之後進行。如此項技術中已知，可依據所需物品之一三維數位表示形式來確定預設圖案。

【0294】 三維列印法容許將介電體積（視需要）與另一（些）介電共振器天線組件（作為一嵌入式特徵或一表面特徵）一起迅速且高效地進行製造。舉例而言，可在列印期間放置一金屬、陶瓷、或其他嵌件，以將介電共振器天線之一組件（例如一訊號饋源、接地組件或反射體組件）作為一嵌入式特徵或一表面特徵來提供。另一選擇為，可將一嵌入式特徵三維列印或噴墨列印至一體積上，隨後進行進一步列印；或者，可將一表面特徵三維列印或噴墨列印至介電共振器天線之一最外表面上。亦可將至少一個體積直接三維列印至接地結構上或三維列印至包含介電常數介於1與3間之一材料之容器中。

【0295】 可將一第一體積與一第二體積分開地形成，並組裝第一體積與第二體積，視需要在第一體積與第二體積之間設置一黏合層。另一選擇為或另外，可將一第二體積列印於一第一體積上。因此，該方法可包含：形成第一複數個層，以提供一第一體積；以及在第一體積之一外表面上形成第二複數個層，以在第一體積上提供一第二體積。第一體積為最內體積

V(1)。另一選擇為，該方法可包含：形成第一複數個層，以提供一第一體積；以及在第一體積之一內表面上形成第二複數個層，以提供第二體積。在一實施例中，第一體積為最外體積V(N)。

【0296】 可使用各種各樣之三維列印方法，例如，熔融沉積成型（fused deposition modeling；FDM）、選擇性雷射燒結（selective laser sintering；SLS）、選擇性雷射熔化（selective laser melting；SLM）、電子束熔化（electronic beam melting；EBM）、大面積積層製造（Big Area Additive Manufacturing；BAAM）、ARBURG塑膠自由成形技術（ARBURG plastic free forming technology）、層壓物件製造（laminated object manufacturing；LOM）、泵浦沉積（pumped deposition；亦稱為受控膏糊擠出，如例如在<http://nscrypt.com/micro-dispensing>處所述）、或其他三維列印方法。三維列印可用於製造原型（prototype）或可用作一製作製程。在某些實施例中，體積或介電共振器天線係僅藉由三維列印或噴墨列印來製造，俾使形成介電體積或介電共振器天線之方法不包含一擠出、模製或層壓製程。

【0297】 材料擠出技術尤其適用於熱塑性材料，且可用於提供複雜之特徵。材料擠出技術包含例如熔融沉積成型、泵浦沉積及熔絲製作（fused filament fabrication）、以及ASTM F2792-12a中所述之其他技術等技術。在熔融材料擠出技術中，可藉由將一熱塑性材料加熱至能夠被沉積之一可流動狀態以形成一層來製作一物品。該層可在x-y軸線上具有一預定形狀且在z軸線上具有一預定厚度。可將可流動材料如上所述作為路面之形式、或者藉由一模子（die）來沉積以提供一特定輪廓。該層隨著其被沉積而冷卻及凝固。將一後續熔融熱塑性材料層熔合至前一所沉積層，並使其在溫度下降時凝固。擠出多個後續層會構建出所需形狀。具體而言，可依據一物品

之一三維數位表示形式、藉由將可流動材料作為一或多個路面之形式在一x-y平面中沉積於一基板上以形成該層來形成該物品。然後使施配器（例如，一噴嘴）相對於基板之位置沿著一z軸線（垂直於x-y平面）遞增，且然後根據數位表示形式重複該過程以形成一物品。因此，所施配材料被稱作一「成型材料（modeling material）」以及一「構建材料（build material）」。

【0298】 在某些實施例中，各層係自二或更多個噴嘴擠出，每一噴嘴擠出一不同組成物。若使用多個噴嘴，則該方法可較使用一單一噴嘴之方法更快地製作出產品物件，且可能夠在使用不同聚合物或複數種聚合物之摻合物、不同顏色、或紋理等方面提高靈活性。因此，在一實施例中，可在使用二個噴嘴進行沉積期間改變一單一層之一組成或性質，或者可改變二個相鄰層之組成或性質。舉例而言，可使一個層具有一高體積百分比之介電填充劑，可使一後續層具有一中間體積百分比之介電填充劑，且可使位於該後續層之後的一層具有一低體積百分比之介電填充劑。

【0299】 材料擠出技術可更用於沉積熱固性組成物。舉例而言，可將至少二個流混合並將其沉積，以形成層。一第一流可包含觸媒，且一第二流可視需要包含一活化劑。第一流及第二流其中之一或二者或一第三流可包含單體或可固化組成物（例如：樹脂）。第一流及第二流其中之一或二者或一第三流可包含一介電填充劑及一添加劑其中之一或二者。可在射出熱固性組成物之前將介電填充劑及添加劑其中之一或二者添加至模具。

【0300】 舉例而言，一種製備體積之方法可包含混合一第一流與一第二流，該第一流包含觸媒及一第一單體或可固化組成物，該第二流包含選用活化劑及一第二單體或可固化組成物。第一單體或可固化組成物與第二單體或可固化組成物可相同或不同。第一流及第二流其中之一或二者可包

含介電填充劑。介電填充劑可係作為一第三流而添加，例如，該第三流更包含一第三單體。沉積該等流其中之一或多者之步驟可係在一惰性氣體（例如，氮氣或氬氣）下進行。混合步驟可係在沉積之前、在一管路內混合器中、或在層沉積期間進行。可在沉積之前、在層沉積期間或在沉積之後起始完全或局部固化（聚合物反應或交聯反應）。在一實施例中，局部固化係在沉積層之前或期間起始，且完全固化係在沉積層之後或在沉積用於提供體積之該等層之後起始。

【0301】 在某些實施例中，可視需要使用此項技術中已知之一支撐材料來形成一支撐結構。在此等實施例中，可在製造物品期間選擇性地施配構建材料及支撐材料，以提供該物品及一支撐結構。支撐材料可係以一支撐結構之形式存在，例如，一鷹架（scaffolding），其可在成層製程完成至所需程度時被機械移除或被洗掉。

【0302】 亦可使用立體光固化成型技術（Stereolithographic technique），例如選擇性雷射燒結（SLS）、選擇性雷射熔化（SLM）、電子束熔化（EBM）、及對黏結劑或溶劑進行粉床噴射（powder bed jetting）以按一預設圖案形成複數個接續層。立體光固化成型技術尤其適用於熱固性組成物，乃因可藉由使每一層發生聚合或交聯反應而進行逐層增堆（layer-by-layer buildup）。

【0303】 在又一種用於製造一介電共振器天線或陣列或其一組件之方法中，可藉由向第一體積之一表面施塗一介電組成物來形成一第二體積。施塗步驟可係藉由塗覆、澆注或噴塗（例如藉由滴塗、旋塗、噴塗、刷塗、輥塗、或包含上述各項至少其中之一的一組合）而進行。在某些實施例中，在一基板上形成複數個第一體積、施塗一遮罩，並施塗用以形成

第二體積之介電組成物。此種技術可適用於其中第一體積為最內體積 $V(1)$ 且基板為一接地結構或直接用於製造一天線陣列之其他基板的情況。

【0304】 如上所述，介電組成物可包含一熱塑性聚合物或一熱固性組成物。可使熱塑性材料熔化、或溶解於一適宜溶劑中。熱固性組成物可為一液體熱固性組成物、或可溶解於一溶劑中。可在施塗介電組成物之後藉由加熱、空氣乾燥或其他技術來移除溶劑。可在施塗之後使熱固性組成物固化至B階段或使其完全聚合或固化，以形成第二體積。可在施塗介電組成物期間起始聚合或固化。

【0305】 介電組成物之各組分被選擇成提供所需性質（例如介電常數）。通常，第一介電材料之一介電常數與第二介電材料之一介電常數不同。

【0306】 在某些實施例中，第一體積為最內體積 $V(1)$ ，其中後續各體積其中之一或多者（包含全部）係如上所述而施塗。舉例而言，位於最內體積 $V(1)$ 之後的全部體積可係藉由以向第一體積施塗一介電組成物開始而依序施塗一介電組成物至相應體積 $V(i)$ 其中之一下伏體積而形成。在其他實施例中，該等體積其中之僅一者係以此種方法施塗。舉例而言，第一體積可為體積 $V(N-1)$ ，且第二體積可為最外體積 $V(N)$ 。

【0307】 儘管本文所提供附圖其中之數者繪示了某些尺寸，但將瞭解，提供所標註尺寸僅係為了參照以分析法建模之相關聯實施例進行非限制性說明起見，乃因本發明涵蓋適用於本文所揭露目的之其他尺寸。

【0308】 作為非限制性地參考本文所揭露實例性實施例之另一實例，本文所提供之某些附圖繪示具有平坦頂部之複數個介電材料體積，其具有一居中配置之訊號饋源或一軸向偏移之訊號饋源，且其中該等介電材

料體積之 z 軸線橫截面在形狀上為橢圓形，而其他各圖繪示具有半球形或圓頂形頂部之複數個介電材料體積，其中訊號饋源不存在特定位置，且其中該等介電材料體積之 z 軸線橫截面在形狀上為圓形或橢圓性，而其他各圖繪示環繞一介電共振器天線（應理解為本文中所揭露之任一介電共振器天線）存在一圍籬/反射體，且其他各圖在一般意義上繪示該等介電材料體積，例如參見第20圖。依據全部上述內容，將瞭解，一個圖或一組圖所示實施例中之某些特徵（例如，介電材料體積/層之數目、該等介電材料體積之外部形狀、訊號饋源之位置、該等介電材料體積之橫截面形狀、或一圍籬/反射體之存在與否）亦可用於並未具體繪示此等特徵之其他各圖或各組圖所示之實施例中，乃因本文所揭露特徵之組合之數目為無盡的且無需提供例示便能使熟習此項技術者瞭解，本文在不必以一完整替代實施例矩陣具體例示所有此類特徵之情況下便可清晰且簡明地揭露此等組合。任意及所有此類組合皆涵蓋於本文中且被視為屬於在隨附申請專利範圍中所呈現之所主張發明之範圍內。

【0309】 儘管本文中已揭露了與一介電共振器天線或一介電共振器天線陣列有關之特徵之某些組合，但將瞭解，此某些組合僅用於例示目的，且此等特徵其中之任一者或僅一些之任一組合可明確地或等效地被個別地採用、或者與本文所揭露之任一其他特徵相結合地被採用、以任一組合形式被採用、及根據一實施例被全部採用。任意及所有此類組合皆涵蓋於本文中且被視為屬於本文所揭露發明之範圍內。舉例而言，本文所揭露之該等介電材料體積在不存在本文所揭露之一接地結構、一訊號饋源及/或一圍籬之情況下可用作一電子濾波器或共振器。此種濾波器或共振器構造或適用於本文所揭露之複數個介電材料體積之任一其他裝置皆涵蓋於本發明中，且被視為屬於本文所揭露發明之範圍內。

【0310】 鑒於上述內容，本文所揭露之某些實施例可包含以下優點其中之一或多者：在微波及毫米應用中適用於寬頻及高增益陣列之一多層介電設計；適用於利用三維列印製作製程之一多層介電設計；效率可高於95%之一超高效多層設計；可在完整微波與毫米頻率範圍內替換傳統貼片型天線之一多層設計；一單一單元（單一介電共振器天線）之增益可高達8 dB及甚至更高；其中可達成50%或更高頻寬之一介電共振器天線；能夠根據多個層中所使用材料之介電常數而設計最佳化共振器形狀；以及能夠使用不同技術來使一單一單元之增益平衡，其中包含對接地結構進行修改。

【0311】 儘管本文已參照一特定介電共振器天線論述了某些尺寸值及介電常數值，但將瞭解，此等值僅用於例示目的，且適用於本文所揭露目的之任一值皆可被採用，此並不背離本文所揭露發明之範圍。

【0312】 本文所揭露之所有範圍皆包含端點值，且該等端點值可彼此獨立地組合。「組合（combination）」包含摻合物、混合物、合金、反應產物等。用語「第一」、「第二」等並不表示存在任一次序、數量或重要性，而是僅用於將一個元件與另一元件區別開。除非本文中另有指示或與上下文明顯相矛盾，否則用語「一（a及an）」及「該（the）」並不表示對數量之一限制，而是應理解為涵蓋單數及複數二種形式。除非另有說明，否則「或」意指「或」。

【0313】 儘管本文中已闡述了與一天線有關之各特徵之某些組合，但將瞭解，此某些組合僅用於例示目的，且此等特徵其中之一者之任一組合可明確地或等效地被個別地採用、或者與本文所揭露之任一其他特徵相結合地被採用、以任一組合形式被採用、及根據一實施例被全部採用。任意及所有此類組合皆涵蓋於本文中且被視為屬於本發明之範圍內。

【0314】 鑒於全部上述內容，將瞭解，本發明之實施例包含以下實施例。

【0315】 實施例1：一種介電共振器天線（dielectric resonator antenna；DRA），具有：一導電接地結構（electrically conductive ground structure）；複數個介電材料體積，設置於該接地結構上且具有N個體積，N為等於或大於3之一整數，該N個體積被設置成形成接續且循序之層狀的複數個體積 $V(i)$ ， i 為自1至N之一整數，其中一體積 $V(1)$ 形成一最內第一體積，其中一接續的體積 $V(i+1)$ 形成設置於一體積 $V(i)$ 上方之一層狀殼體（layered shell），且體積 $V(i+1)$ 局部地內嵌該體積 $V(i)$ ，其中一體積 $V(N)$ 至少局部地內嵌全部的該體積 $V(1)$ 至一體積 $V(N-1)$ ；以及一訊號饋源（signal feed），被設置及結構化成電磁耦合至該等介電材料體積其中之一或多者。

【0316】 實施例2：如實施例1所述之介電共振器天線，其中該接續的體積 $V(i+1)$ 形成設置於該體積 $V(i)$ 上方之該層狀殼體，且該體積 $V(i+1)$ 100%完全地內嵌該體積 $V(i)$ 。

【0317】 實施例3：如任一前述實施例所述之介電共振器天線，其中該體積 $V(N)$ 100%完全地內嵌全部之該體積 $V(1)$ 至該體積 $V(N-1)$ 。

【0318】 實施例4：如任一前述實施例所述之介電共振器天線，其中該訊號饋源係與該接地結構非電性接觸地設置於該接地結構之一開口內，且設置於該等介電材料體積其中之一內。

【0319】 實施例5：如任一前述實施例所述之介電共振器天線，其中：該介電共振器天線在由該訊號饋源上之一電訊號激發時用以產生佔據與一單元素同倫群（homotopy group）對應之一拓撲空間之一遠場三維輻射場

型，該單元素同倫群係由各自可收縮於該三維輻射場型內之一單一點處之一組閉環路徑界定。

【0320】 實施例6：如任一前述實施例所述之介電共振器天線，其中：該介電共振器天線在由該訊號饋源上之一電訊號激發時用以產生佔據與一雙元素同倫群對應之一拓撲空間之一遠場三維輻射場型，該雙元素同倫群係由可收縮於一單一點處之一組閉環路徑及不能收縮於一單一點處之一組閉環路徑界定。

【0321】 實施例7：如任一前述實施例所述之介電共振器天線，其中：該等介電材料體積其中之每一層狀體積具有一介電常數 $\epsilon(i)$ ，其中每一相應層之介電常數及體積大小係根據以下關係而定： $\epsilon(i+1)*V(i+1) \approx \epsilon(i)*V(i)$ ；不過 $\epsilon(1)*V(1)$ 除外，其中 $\epsilon(1) \approx$ 空氣介電常數。

【0322】 實施例8：如任一前述實施例所述之介電共振器天線，其中：該等介電材料體積其中之每一層狀體積具有一介電常數 $\epsilon(i)$ ，其中每一相應層之介電常數及體積大小係根據以下關係而定： $\epsilon(i)*V(i) \approx C(f)$ ；其中 $C(f)$ 為一給定頻率下之一常數；然而， $\epsilon(1)*V(1)$ 除外，其中 $\epsilon(1) \approx$ 空氣介電常數。

【0323】 實施例9：一種介電共振器天線（DRA），具有：複數個介電材料體積，具有N個體積，N為等於或大於3之一整數，該N個體積被設置成形成接續且循序之層狀的複數個體積 $V(i)$ ，i為自1至N之一整數，其中一體積 $V(1)$ 形成一最內第一體積，其中一接續的體積 $V(i+1)$ 形成設置於一體積 $V(i)$ 上方之一層狀殼體，且體積 $V(i+1)$ 至少局部地內嵌該體積 $V(i)$ ，其中一體積 $V(N)$ 至少局部地內嵌全部的該體積 $V(1)$ 至一體積 $V(N-1)$ ；其中該介電共振器天線在藉由一電訊號激發時用以產生佔據與一單元素同倫群對應之一拓撲空間之一遠場三維輻射場型，該單元素同倫群係由各自可收縮於該

三維輻射場型內之一單一點處之一組閉環路徑界定。

【0324】 實施例10：一種介電共振器天線（DRA），具有：複數個介電材料體積，具有N個體積，N為等於或大於3之一整數，該N個體積被設置成形成接續且循序之層狀的複數個體積 $V(i)$ ， i 為自1至N之一整數，其中一體積 $V(1)$ 形成一最內第一體積，其中一接續的體積 $V(i+1)$ 形成設置於一體積 $V(i)$ 上方之一層狀殼體，且體積 $V(i+1)$ 至少局部地內嵌該體積 $V(i)$ ，其中一體積 $V(N)$ 至少局部地內嵌全部的該體積 $V(1)$ 至一體積 $V(N-1)$ ；其中該介電共振器天線在藉由一電訊號激發時用以產生佔據與一雙元素同倫群對應之一拓撲空間之一遠場三維輻射場型，該雙元素同倫群係由可收縮於一單一點處之一組閉環路徑及不能收縮於一單一點處之一組閉環路徑界定。

【0325】 實施例11：一種介電共振器天線（DRA），具有：複數個介電材料體積，具有N個體積，N為等於或大於3之一整數，該N個體積被設置成形成接續且循序之層狀的複數個體積 $V(i)$ ， i 為自1至N之一整數，其中一體積 $V(1)$ 形成一最內第一體積，其中一接續的體積 $V(i+1)$ 形成設置於一體積 $V(i)$ 上方之一層狀殼體，且體積 $V(i+1)$ 至少局部地內嵌該體積 $V(i)$ ，其中一體積 $V(N)$ 至少局部地內嵌全部的該體積 $V(1)$ 至一體積 $V(N-1)$ ；其中該等介電材料體積其中之每一層狀體積具有一介電常數 $\epsilon(i)$ ，其中每一相應層之介電常數及體積大小係根據以下關係而定： $\epsilon(i+1)*V(i+1) \approx \epsilon(i)*V(i)$ ；然而， $\epsilon(1)*V(1)$ 除外，其中 $\epsilon(1) \approx$ 空氣介電常數。

【0326】 實施例12：一種介電共振器天線（DRA），具有：複數個介電材料體積，具有N個體積，N為等於或大於3之一整數，該N個體積被設置成形成接續且循序之層狀的複數個體積 $V(i)$ ， i 為自1至N之一整數，其中一體積 $V(1)$ 形成一最內第一體積，其中一接續的體積 $V(i+1)$ 形成設置於一體積

$V(i)$ 上方之一層狀殼體，且體積 $V(i+1)$ 至少局部地內嵌該體積 $V(i)$ ，其中一體積 $V(N)$ 至少局部地內嵌全部的該體積 $V(1)$ 至一體積 $V(N-1)$ ；其中該等介電材料體積其中之每一層狀體積具有一介電常數 $\epsilon(i)$ ，其中每一相應層之介電常數及體積大小係根據以下關係而定： $\epsilon(i)*V(i) \approx C(f)$ ；其中 $C(f)$ 為一給定頻率下之一常數；然而， $\epsilon(1)*V(1)$ 除外，其中 $\epsilon(1) \approx$ 空氣介電常數。

【0327】 實施例13：如實施例9至12中任一項所述之介電共振器天線，更具有：一導電接地結構；一訊號饋源，被設置及結構化成電磁耦合至該等介電材料體積其中之一或多者；且其中該等介電材料體積係設置於該接地結構上。

【0328】 實施例14：如實施例13所述之介電共振器天線，其中該訊號饋源係與該接地結構非電性接觸地設置於該接地結構之一開口內，且設置於該等介電材料體積其中之一內。

【0329】 實施例15：如實施例1至14中任一項所述之介電共振器天線，其中第一體積 $V(1)$ 具有一垂直定向之至少局部橢圓體形狀。

【0330】 實施例16：如實施例15所述之介電共振器天線，其中該第一體積 $V(1)$ 之垂直定向之至少局部橢圓體形狀相對於該等體積之一中心 z 軸線在軸向上對準。

【0331】 實施例17：如實施例1至16中任一項所述之介電共振器天線，其中：第一體積 $V(1)$ 具有等於空氣介電常數之一介電常數。

【0332】 實施例18：如實施例1至17中任一項所述之介電共振器天線，其中：該等介電材料體積之一周邊處之一周邊幾何路徑具有在該周邊幾何路徑中支援一橫向磁輻射模式之一介電常數；且該等介電材料體積內

之一中心幾何路徑具有在該中心幾何路徑中抑制該橫向磁輻射模式之一介電常數。

【0333】 實施例19：如實施例18所述之介電共振器天線，其中：該中心幾何路徑中之橫向磁輻射模式被完全抑制。

【0334】 實施例20：如實施例1至19中任一項所述之介電共振器天線，其中：該等介電材料體積具有一第一電路徑且具有一第二幾何路徑，該第一電路徑具有由一橫向電半波長共振界定之一第一路徑長度，該第二幾何路徑具有由一橫向磁半波長共振界定之一第二路徑長度，該第一路徑長度對該第二路徑長度之一比率等於或大於1.6。

【0335】 實施例21：如實施例20所述之介電共振器天線，其中：橫向電半波長共振係由 $\pi R\sqrt{\epsilon_r}$ 界定，其中R為該介電共振器天線之一整體高度，且 ϵ_r 為該等介電材料體積之一外周邊處之相對介電係數（relative permittivity）；且橫向磁半波長共振係由 $R\sqrt{\epsilon_{\text{Air}}} + \pi R/2\sqrt{\epsilon_r}$ 界定，其中 ϵ_{air} 為空氣介電係數。

【0336】 實施例22：如實施例1至8及13中任一項所述之介電共振器天線，其中：該訊號饋源係設置於第一介電材料體積V(1)內並與其電磁耦合；且該等介電材料體積每一者皆具有一中心縱向軸線，該等中心縱向軸線平行於該訊號饋源之一縱向軸線且相對於該訊號饋源之該縱向軸線居中設置，該訊號饋源之該縱向軸線垂直於該接地結構。

【0337】 實施例23：如實施例1至8及13中任一項所述之介電共振器天線，其中：該訊號饋源設置於該等介電材料體積中除第一介電材料體積V(1)以外其中之一內並與其電磁耦合。

【0338】 實施例24：如實施例1至8、13及23中任一項所述之介電共振器天線，其中：該等介電材料體積每一者皆具有一中心縱向軸線，該等中心縱向軸線彼此平行且相對於彼此居中設置，各該中心縱向軸線垂直於該接地結構。

【0339】 實施例25：如實施例1至8、13及23中任一項所述之介電共振器天線，其中：該等介電材料體積每一者皆具有一中心縱向軸線，該等中心縱向軸線彼此平行且相對於彼此沿一相同側向方向（sideways direction）側向移位，各該中心縱向軸線垂直於該接地結構。

【0340】 實施例26：如實施例1至8、13及23中任一項所述之介電共振器天線，更具有：一容器，設置於該接地結構上且具有介電常數介於1與3間之一材料；其中該等介電材料體積被嵌入至該容器內；其中該等介電材料體積每一者皆具有一中心縱向軸線，該等中心縱向軸線彼此平行且相對於彼此居中設置，且該等介電材料體積在中心上相對於該容器之一中心縱向軸線沿一側向方向移位，各該中心縱向軸線垂直於該接地結構。

【0341】 實施例27：如實施例1至8、13及23中任一項所述之介電共振器天線，更具有：一容器，設置於該接地結構上且包含介電常數介於1與3間之一材料；其中該等介電材料體積被嵌入至該容器內；其中該等介電材料體積每一者皆具有一中心縱向軸線，該等中心縱向軸線相對於彼此且相對於該容器之一縱向軸線居中設置，各該縱向軸線垂直於該接地結構；其中該等介電材料體積中之外體積 $V(N)$ 具有一不對稱形狀。

【0342】 實施例28：如實施例1至27中任一項所述之介電共振器天線，其中：該等介電材料體積其中之複數個直接相鄰體積具有不同介電常數值，該等不同介電常數值之範圍係自體積 $V(1)$ 處之一第一相對最小值、達

到體積 $V(2)$ 至體積 $V(N-1)$ 其中之一處之一相對最大值、返回至體積 $V(N)$ 處之一第二相對最小值。

【0343】 實施例29：如實施例1至27中任一項所述之介電共振器天線，其中：該等介電材料體積其中之複數個直接相鄰體積具有不同介電常數值，該等不同介電常數值之範圍係自體積 $V(1)$ 處之一第一相對最小值、達到體積 $V((N+1)/2)$ 處之一相對最大值、返回至體積 $V(N)$ 處之一第二相對最小值，其中 N 為一奇數。

【0344】 實施例30：如實施例28及29中任一項所述之介電共振器天線，其中該第一相對最小值等於該第二相對最小值。

【0345】 實施例31：如實施例1至8、13及22至27中任一項所述之介電共振器天線，其中：該等介電材料體積每一者皆具有一圓柱形橫截面，該等圓柱形橫截面彼此在軸向上中心對準且在軸向上中心對準於該訊號饋源。

【0346】 實施例32：如實施例1至8、13及22至27中任一項所述之介電共振器天線，其中：該等介電材料體積每一者具有一橢圓形橫截面，該等橢圓形橫截面彼此在軸向上中心對準且在軸向上中心對準於該訊號饋源。

【0347】 實施例33：如實施例1至8、13及22至27中任一項所述之介電共振器天線，其中：該等介電材料體積每一者具有一圓柱形狀。

【0348】 實施例34：如實施例1至8、13及22至27中任一項所述之介電共振器天線，其中：該等介電材料體積每一者具有一橢圓形狀。

【0349】 實施例35：如實施例1至8、13及23中任一項所述之介電共振器天線，其中：該訊號饋源設置於第二介電材料體積 $V(2)$ 內並與其電磁耦合。

【0350】 實施例36：如實施例1至8及13中任一項所述之介電共振器天線，其中：該等介電材料體積每一者與被嵌入之該訊號饋源形成一拱（arch），該等介電材料體積其中之每一拱形體積具有設置於接地平面上之相應於該拱形體積之二端。

【0351】 實施例37：如實施例1至8及13中任一項所述之介電共振器天線，其中：該訊號饋源設置於第一介電材料體積V(1)內並與其電磁耦合；該等介電材料體積每一者具有一半球形狀；且該介電共振器天線更包含一容器，該容器設置於該接地結構上且具有介電常數介於1與3間之一材料，該容器具有一半球形狀；其中該等介電材料體積被嵌入至該容器內；其中該等介電材料體積每一者皆具有一天頂軸線（zenith axis），該等天頂軸線相對於彼此居中設置，且該等介電材料體積在中心上相對於該容器之一天頂軸線沿一側向方向移位；且其中該訊號饋源係架拱於第一介電材料體積V(1)內且相對於第一體積V(1)之天頂軸線偏心地進入第一體積V(1)。

【0352】 實施例38：如實施例25所述之介電共振器天線，其中：該等介電材料體積每一者皆具有一細長圓頂形狀（elongated dome shape），該等細長圓頂形狀相對於其各自中心縱向軸線縱長地定向；且該介電共振器天線更具有導電圍籬（electrically conductive fence），該導電圍籬係圍繞該等介電材料體積沿圓周設置且與該接地結構電性連接並形成該接地結構之一部分。

【0353】 實施例39：如實施例38所述之介電共振器天線，其中：第一介電材料體積V(1)相對於該導電圍籬之圓周之一中心居中設置。

【0354】 實施例40：如前述實施例中任一項所述之介電共振器天線，其中：該等介電材料體積每一者與該等介電材料體積其中之複數個相鄰者

直接緊密接觸。

【0355】 實施例41：如實施例1至8、13、22至27及31至39中任一項所述之介電共振器天線，其中：該訊號饋源包含一銅線、一同軸纜線 (coaxial cable)、一微帶 (microstrip)、一波導、一表面整合式波導 (surface integrated waveguide)、或一導電油墨 (conductive ink)。

【0356】 實施例42：如實施例1至8、13、22至27、31至39及41中任一項所述之介電共振器天線，更具有：一導電圍籬，圍繞該等介電材料體積沿圓周設置且與該接地結構電性連接並形成該接地結構之一部分。

【0357】 實施例43：如前述實施例中任一項所述之介電共振器天線，其中：N等於5。

【0358】 實施例44：一種介電共振器天線陣列，具有：複數個如前述實施例中任一項所述之介電共振器天線，被排列成一 $x \times y$ 陣列型樣，其中 x 及 y 為整數。

【0359】 實施例45：如實施例44所述之介電共振器天線陣列，其中： x 等於 y 。

【0360】 實施例46：如實施例1至8、13、22至27、31至39及41至42中任一項所述之介電共振器天線，更具有：一介電材料體積 $V(A)$ ，設置於該等介電材料體積內，該體積 $V(A)$ 被設置成與該訊號饋源徑向對置且至少局部地嵌入至該等介電材料體積中該訊號饋源所設置於或該訊號饋源與之進行訊號通訊之同一體積 $V(i)$ 中，體積 $V(A)$ 具有較其被至少局部地嵌入之體積 $V(i)$ 小之體積大小，體積 $V(A)$ 之一介電常數不同於其被至少局部地嵌入之體積 $V(i)$ 之介電常數。

【0361】 實施例47：如實施例46所述之介電共振器天線，其中體積 $V(A)$ 100%完全地嵌入至其所嵌入之體積 $V(i)$ 。

【0362】 實施例48：如實施例46至47中任一項所述之介電共振器天線，其中體積 $V(A)$ 設置於接地結構上。

【0363】 實施例49：如實施例46至48中任一項所述之介電共振器天線，其中：體積 $V(A)$ 之一高度等於或大於該等介電材料體積之高度之十分之一，且等於或小於該等介電材料體積之高度之三分之一。

【0364】 實施例50：如實施例46至49中任一項所述之介電共振器天線，其中體積 $V(A)$ 之一介電常數大於其所嵌入之體積 $V(i)$ 之介電常數。

【0365】 實施例51：如實施例46至49中任一項所述之介電共振器天線，其中體積 $V(A)$ 為一金屬柱。

【0366】 實施例52：如實施例46至49中任一項所述之介電共振器天線，其中體積 $V(A)$ 為空氣。

【0367】 實施例53：如實施例46至52中任一項所述之介電共振器天線，其中體積 $V(A)$ 嵌入至體積 $V(2)$ 中。

【0368】 實施例54：如實施例38、39及42中任一項所述之介電共振器天線，其中該導電圍籬之一高度等於或大於該等介電材料體積之整體高度之0.2倍且等於或小於該等介電材料體積之整體高度之3倍。

【0369】 實施例55：如實施例38、39及42中任一項所述之介電共振器天線，其中該導電圍籬之一高度等於或大於該等介電材料體積之整體高度之0.2倍且等於或小於該等介電材料體積之整體高度之0.8倍。

【0370】 實施例56：如實施例38、39、42、54及55中任一項所述之介電共振器天線，其中：該導電圍籬具有一非均勻內部形狀以提供至少一個對準特徵；且該等介電材料體積具有與該圍籬之內部形狀及至少一個對準特徵互補之一互補外部形狀，俾使該圍籬與該等介電材料體積藉由該至少一個對準特徵而相對於彼此具有一定義且固定的對準。

【0371】 實施例57：如實施例1至8、13、22至27、31至39、41至42及46至56中任一項所述之介電共振器天線，其中：第一體積 $V(1)$ 具有一上部分及一下部分，該下部分寬於該上部分。

【0372】 實施例58：如實施例57所述之介電共振器天線，其中該上部分具有一垂直定向之至少局部橢圓體形狀，且該下部分具有一錐形形狀，該錐形形狀係自至少局部橢圓體形狀開始由窄至寬地過渡至接地結構。

【0373】 實施例59：如實施例58所述之介電共振器天線，其中該錐形形狀之高度等於或大於體積 $V(1)$ 之高度之十分之一且等於或小於體積 $V(1)$ 之高度之二分之一。

【0374】 實施例60：一種用於製造如實施例1至8、13、22至27、31至39、41至42及46至59中任一項所述之介電共振器天線或由該等介電共振器天線形成之陣列之方法，該方法包含：模製該等介電材料體積其中之至少一個體積或該等介電材料體積其中之全部體積。

【0375】 實施例61：如實施例60所述之方法，其中該至少一個體積被模製於一導電金屬嵌件上，以提供訊號饋源或接地結構。

【0376】 實施例62：如實施例60至61中任一項所述之方法，包含將一金屬層插入至最外體積 $V(N)$ 之一外模具部中，並將最外體積 $V(N)$ 模製於金

屬層上，以在最外體積V(N)上提供訊號饋源或接地結構。

【0377】 實施例63：如實施例60至62中任一項所述之方法，更包含將一特徵三維列印或噴墨列印至該等介電材料體積其中之一體積上。

【0378】 實施例64：如實施例60至63中任一項所述之方法，其中該等體積其中之至少一個體積係被模製於具有一陶瓷之一模具嵌件中。

【0379】 實施例65：如實施例60至64中任一項所述之方法，其中該等體積其中之至少一個體積係被模製於接地結構上或被模製於具有介電常數介於1與3間之一材料之一容器中。

【0380】 實施例66：如實施例60至65中任一項所述之方法，其中該模製步驟包含在一第一模具中模製該等介電材料體積其中之一第一體積，並在一第二模具中模製該等介電材料體積其中之一第二體積，該第二模具不同於該第一模具。

【0381】 實施例67：如實施例66所述之方法，更包含將該第一體積之一表面黏附至該第二體積之一表面。

【0382】 實施例68：如實施例60至65中任一項所述之方法，其中該模製步驟包含模製該等介電材料體積其中之一第一體積，並將該等介電材料體積其中之一第二體積模製於該第一體積中或上。

【0383】 實施例69：如實施例60至68中任一項所述之方法，其中該模製步驟包含射出模製（injection molding）該等介電材料體積其中之至少一個體積。

【0384】 實施例70：如實施例69所述之方法，更包含：在具有一外模殼及一內模殼之一第一模具中射出模製該等介電材料體積其中之一第一體

積；移除該內模殼並將其替換成一第二內模殼，該第二內模殼界定該等介電材料體積其中之一第二體積之一內尺寸；以及在該第一體積中射出模製該第二體積。

【0385】 實施例71：如實施例70所述之方法，其中該第一體積為最外體積 $V(N)$ 。

【0386】 實施例72：如實施例69所述之方法，更包含：在具有一外模殼及一內模殼之一第一模具中射出模製該等介電材料體積其中之一第一體積；移除該外模殼並將其替換成一第二外模殼，該第二外模殼界定該等介電材料體積其中之一第二體積之一外尺寸；以及將該第二體積射出模製於該第一體積上。

【0387】 實施例73：如實施例72所述之方法，其中該第一體積為最內體積 $V(1)$ 。

【0388】 實施例74：如實施例69至73中任一項所述之方法，其中該射出模製步驟包含射出模製一熱固性組成物，該熱固性組成物具有一可固化組成物及一觸媒系統，該觸媒系統有效地使該組成物固化；以及使該可固化組成物固化以形成該至少一個體積。

【0389】 實施例75：如實施例60至68中任一項所述之方法，其中該模製步驟包含壓縮模製（compression molding）該等介電材料體積其中之至少一個體積。

【0390】 實施例76：如實施例75所述之方法，其中該壓縮模製步驟包含：在具有一外模殼及一內模殼之一第一模具中壓縮模製該等介電材料體積其中之一第一體積；移除該內模殼並將其替換成一第二內模殼，該第二

內模殼界定該等介電材料體積其中之一第二體積之一內尺寸；以及在該第一體積中壓縮模製該第二體積。

【0391】 實施例77：如實施例76所述之方法，其中該第一體積為最外體積 $V(N)$ 。

【0392】 實施例78：如實施例76所述之方法，其中該壓縮模製步驟包含：在具有一外模殼及一內模殼之一第一模具中壓縮模製該等介電材料體積其中之一第一體積；移除該外模殼並將其替換成一第二外模殼，該第二外模殼界定該等介電材料體積其中之一第二體積之一外尺寸；以及將該第二體積壓縮模製於該第一體積上。

【0393】 實施例79：如實施例77所述之方法，其中該第一體積為最內體積 $V(1)$ 。

【0394】 實施例80：一種用於製造如實施例1至8、13、22至27、31至39、41至42及46至59中任一項所述之介電共振器天線或由該等介電共振器天線形成之陣列之方法，該方法包含：以一預設圖案形成具有一介電組成物之複數個熔合層，以提供該等介電材料體積。

【0395】 實施例81：如實施例80所述之方法，其中該等熔合層係被形成於一導電金屬組件上，以提供訊號饋源或接地結構。

【0396】 實施例82：如實施例80至81中任一項所述之方法，更包含：將一金屬組件列印至該等熔合層其中之一層上。

【0397】 實施例83：如實施例82所述之方法，其中該列印步驟係在最外體積 $V(N)$ 上進行，以在最外體積 $V(N)$ 上提供訊號饋源或接地結構。

【0398】 實施例84：如實施例80至83中任一項所述之方法，其中該等

介電材料體積其中之至少一個體積係被形成於接地結構上或形成於具有介電常數介於1與3間之一材料之一容器中。

【0399】 實施例85：如實施例80至84中任一項所述之方法，更包含將該等介電材料體積其中之一第一體積與該等介電材料體積其中之一第二體積分開形成。

【0400】 實施例86：如實施例85所述之方法，更包含將該第一體積之一表面黏附至該第二體積之一表面。

【0401】 實施例87：如實施例80至86中任一項所述之方法，更包含：形成第一複數個熔合層，以提供該等介電材料體積其中之一第一體積；以及在該第一體積之一外表面上形成第二複數個熔合層，以在該第一體積上提供該等介電材料體積其中之一第二體積。

【0402】 實施例88：如實施例87所述之方法，其中該第一體積為最內體積 $V(1)$ 。

【0403】 實施例89：如實施例80至86中任一項所述之方法，更包含：形成第一複數個熔合層，以提供該等介電材料體積其中之一第一體積；以及在該第一體積之一內表面上形成第二複數個熔合層，以提供該等介電材料體積其中之一第二體積。

【0404】 實施例90：如實施例89所述之方法，其中該第一體積為最外體積 $V(N)$ 。

【0405】 實施例91：如實施例80至90中任一項所述之方法，更包含在形成該等熔合層其中之至少一個層之步驟期間或在形成該等熔合層其中之二個相鄰層之步驟期間更改介電組成物。

【0406】 實施例92：如實施例80至91中任一項所述之方法，其中該介電組成物包含一熱塑性聚合物。

【0407】 實施例93：如實施例80至91中任一項所述之方法，其中該介電組成物包含一熱固性組成物。

【0408】 實施例94：如實施例93所述之方法，更包含在形成該等熔合層之前或期間，起始該熱固性組成物之聚合或交聯。

【0409】 實施例95：如實施例93所述之方法，更包含在形成該等熔合層之後，起始該熱固性組成物之聚合或交聯。

【0410】 實施例96：一種用於製造如實施例1至59中任一項所述之介電共振器天線或由該等介電共振器天線形成之陣列之方法，該方法包含：由具有一第一介電常數之一第一介電材料形成該等介電材料體積其中之一第一體積；以及向該第一體積之一表面施塗一介電組成物，以用具有一第二介電常數之一第二介電材料提供該等介電材料體積其中之一第二體積。

【0411】 實施例97：如實施例96所述之方法，其中該施塗步驟係藉由滴塗、噴塗、刷塗、輥塗、或具有上述各項至少其中之一的一組合而進行。

【0412】 實施例98：如實施例96至97中任一項所述之方法，其中該介電組成物包含一熱塑性聚合物、或溶解於一溶劑中之一熱塑性聚合物。

【0413】 實施例99：如實施例96至97中任一項所述之方法，其中該介電組成物包含一溶劑中之一熱固性組成物、或一液體熱固性組成物。

【0414】 實施例100：如實施例99所述之方法，更包含在該施塗步驟期間或之後使該熱固性組成物聚合或固化。

【0415】 實施例101：如實施例96至100中任一項所述之方法，其中該第一介電常數與該第二介電常數不同。

【0416】 實施例102：如實施例96至101中任一項所述之方法，其中該第一體積為最內體積 $V(1)$ 。

【0417】 實施例103：如實施例96至102中任一項所述之方法，其中該第二體積為最外體積 $V(N)$ 。

【0418】 實施例104：如實施例96至103中任一項所述之方法，其中該等介電材料體積中位於最內體積 $V(1)$ 之後的全部體積係藉由依序向相應體積其中之一下伏體積施塗一介電組成物而形成。

【0419】 儘管已參照實例性實施例闡述了本發明，但熟習此項技術者將理解，可作出各種改變，且可用等效形式來替代該等實施例之要素，此並不背離本發明之範圍。另外，可作出諸多潤飾，以使一特定情形或材料適應於教示內容，此並不背離本發明之實質範圍。因此，本發明並不旨在限於將所揭露之特定實施例作為所構想出的用於實施本發明之最佳方式或僅有方式，而是本發明將包含歸屬於隨附申請專利範圍之範疇內之所有實施例。此外，在附圖及說明中，已揭露了實例性實施例，且雖然可能已採用了特定術語及/或尺寸，但除非另有說明，否則該等術語及/或尺寸僅係以一般、實例性及/或說明性意義使用而非用於限制。

【符號說明】

100	鞭型介電共振器天線
102	導電接地結構
104	介電材料體積

104.1	最內體積/第一介電材料體積V(1)
104.2	層狀殼體
104.3	層狀殼體
104.4	層狀殼體
104.5	外體積
105	中心縱向軸線
106	訊號饋源
107	縱向軸線
108	開口
110	寬頻全向環狀線性極化輻射場型
112	發射器部
114	波導部
116	容器
200	多層介電共振器天線
202	導電接地結構
204	介電材料體積
204.1	最內體積/第一介電材料體積V(1)
204.2	層狀殼體/第二介電材料體積V(2)
204.3	層狀殼體

204.4	層狀殼體
204.5	外體積
205	中心縱向軸線
206	訊號饋源
208	開口
210	寬頻全向上半空間線性極化輻射場型
216	容器
300.1	修改型介電共振器天線
300.4	介電共振器天線
302.1	發射器部
304.1	波導部
304.2	波導部
304.3	波導部
306.1	場線
308	接地結構
310	訊號饋源
400	介電共振器天線
402	接地結構
404	介電材料體積

404.1	第一體積V(1)
404.2	第二體積V(2)
404.3	第三體積V(3)
406	訊號饋源
416	容器
500	介電共振器天線
502	接地結構
504	介電材料體積
504.1	層狀殼體
504.2	層狀殼體/第二體積V(2)
504.3	層狀殼體
505.1	中心縱向軸線
505.2	中心縱向軸線
505.3	中心縱向軸線
506	訊號饋源
516	容器
600	介電共振器天線
602	接地結構
604	介電材料體積

604.1	層狀殼體
604.2	層狀殼體/第二體積V(2)
604.3	層狀殼體
606	訊號饋源
616	容器
617	中心縱向軸線
700	介電共振器天線
702	接地結構
704	介電材料體積
704.1	層狀殼體
704.2	層狀殼體/第二體積V(2)
704.3	層狀殼體/外體積V(3)
705	中心縱向軸線
706	訊號饋源
716	容器
718	傾斜頂部
720	平直頂部
800	介電共振器天線
802	接地結構

804	介電材料體積
804.1	層狀殼體
804.2	層狀殼體
804.3	層狀殼體
806	拱形訊號饋源
816	容器
900	介電共振器天線
902	接地結構
904	介電材料體積/介電材料層狀殼體
904.1	第一介電材料體積V(1)
904.2	第二體積V(2)
904.3	第三體積V(3)
905	天頂軸線
906	拱形訊號饋源
916	容器
917	天頂軸線
1000	介電共振器天線
1002	接地結構
1003	不平整接地結構

- 1004 介電材料體積層狀殼體/介電材料層
- 1004.1 第一體積V(1)
- 1004.2 體積V(2)
- 1004.3 體積
- 1004.4 體積
- 1004.5 體積V(5)
- 1005.1 軸線
- 1006 訊號饋源
- 1050 導電圍籬
- 1099 2×2陣列
- 1100.1 介電共振器天線
- 1100.2 介電共振器天線
- 1100.3 介電共振器天線
- 1100.4 介電共振器天線
- 1150 導電圍籬
- 1160 不對稱副瓣
- 1202 導電接地結構
- 1204 介電材料體積
- 1204.1 介電材料體積V(1)

1204.2	介電材料體積
1204.3	介電材料體積
1204.4	介電材料體積V(4)
1300	介電共振器天線
1302	接地結構
1304	介電材料體積/介電材料層
1304.1	體積V(1)
1304.2	體積
1304.3	體積
1304.4	體積
1304.5	體積V(5)
1306	微帶訊號饋源
1350	導電圍籬
1360	介電基板
1362	槽式開孔
1400	介電共振器天線
1450	圍籬
1500	介電共振器天線
1550	圍籬

1600	半球形介電共振器天線
1602	導電接地結構
1604	基頻場路徑
1606	磁場
1608	基頻場路徑
1610	橫向電輻射模式及相關聯基頻場路徑
1700	圓柱形/矩形介電共振器天線
1702	橫向電模式場線
1704	橫向電模式場線
1706	橫向電模式場線
1708	橫向磁模式場線
1710	橫向磁模式場線
1712	橫向磁模式場線
1800	半球形介電共振器天線
1802	橫向電模式場線
1804	橫向磁模式場線
1806	橫向磁模式場線
1900	半球形介電共振器天線
1902	中心區域

1904	橫向電模式場線
1906	橫向磁模式場線
1908	橫向磁模式場線
1910	橫向磁模式場線
2000	半球形介電共振器天線
2002	中心區域
2004	橫向電模式場線
2006	橫向磁模式場線
2008	橫向磁模式場線
2110	純橫向電輻射模式/輻射場型及相關聯同倫群
2120	純橫向磁輻射模式/輻射場型及相關聯同倫群
2130	同倫群
2210	曲線
2220	曲線
2230	曲線
2231	點
2240	曲線
2250	曲線
2310	導電接地結構

2320	導電側面圍籬
2330	橫向電模式場線
2340	橫向電模式場線
2350	橫向磁模式場線
2360	橫向磁模式場線
2365	圍籬形成空腔
2370	導電接地結構
2380	導電側面圍籬
2390	空腔
2400	模型
2402	堆疊式圓柱形介電共振器天線
2404	接地結構
2406	偏移式饋線
2408.1	介電層
2408.2	介電層
2408.3	介電層
2450	模型
2452	三層半球形介電共振器天線
2454	接地結構

2456	偏移式饋線
2458.1	介電層
2458.2	介電層
2458.3	介電層
2900	介電共振器天線
2901	輻射模式
2902	輻射模式
2903	輻射模式
2904	輻射模式/介電材料體積
2904.1	第一體積
2904.2	第二體積
2904.3	第三體積
2906	訊號饋源
2950	導電圍籬
2960	輔助材料體積V(A)
3000	介電共振器天線
3004	介電材料體積
3004.1	體積
3004.2	體積

- 3004.3 體積/外層
- 3004.4 外體積/外層
- 3007 外部形狀
- 3050 導電圍籬
- 3057 內部形狀
- 3070 對準特徵
- 3070.1 對準特徵
- 3070.2 對準特徵
- 3099.1 垂直突出部（結構特徵）
- 3099.2 垂直突出部（結構特徵）
- 3099.3 垂直突出部（結構特徵）
- 3100 介電共振器天線
- 3102 接地結構
- 3104 介電材料體積
- 3104.1 第一體積
- 3104.2 第二體積
- 3104.3 第三體積
- 3109.1 下部分
- 3109.2 上部分

3109.3	下部分之橫截面
3109.4	上部分之橫截面
3150	導電圍籬
3200	介電共振器天線
3202	接地結構
3204	介電材料體積
3204.1	第一體積V(1)
3204.2	第二體積V(2)
3204.3	第三體積V(3)
3206	訊號饋源
3208	經電性隔離通孔
3250	導電圍籬
3300	介電共振器天線
3400	介電共振器天線
3500	介電共振器天線
3502	導電接地結構
3504	介電材料體積
3504.1	第一體積V(1)/內體積V(1)
3504.2	第二體積V(2)/內體積V(2)

- 3504.3 第三體積 $V(3)$ /外層
- 3504.4 第四體積/外體積/外層
- 3506 訊號饋源
- 3507 外部形狀
- 3508 開口
- 3514 第一子體積
- 3524 第二子體積
- 3550 導電圍籬
- 3557 非均勻內部形狀
- 3580 中心平整槽
- 3599.1 垂直突出部
- 3599.2 垂直突出部
- 3599.3 垂直突出部
- 3600 介電共振器天線
- 3602 接地結構
- 3604 介電材料體積
- 3604.1 第一體積 $V(1)$ /內體積 $V(1)$
- 3604.2 第二體積 $V(2)$ /內體積 $V(2)$
- 3604.3 第三體積 $V(3)$

3606	訊號饋源
3608	開口
3614	第一子體積
3624	第二子體積
3650	導電圍籬
3680	中心平整槽
3700	介電共振器天線
3704	介電材料體積
3704.1	體積V(1)
3704.2	體積V(2)
3704.3	體積V(3)
3706	訊號饋源
3780	中心平整槽
3790	體積V(2) 3704.2的接近訊號饋源3706之剩餘材料
3800	介電共振器天線
3804	介電材料體積
3804.1	體積V(1)
3804.2	體積V(2)
3804.3	體積V(3)

3880 中心平整槽

3881 平整槽

3882 平整槽

A-B 幾何路徑

C-D 幾何路徑

L35 長度

L36 長度

W36 寬度

【生物材料寄存】

國內寄存資訊【請依寄存機構、日期、號碼順序註記】

國外寄存資訊【請依寄存國家、機構、日期、號碼順序註記】

【序列表】(請換頁單獨記載)

申請專利範圍

1. 一種介電共振器天線 (dielectric resonator antenna ; DRA), 包含:

一導電接地結構 (electrically conductive ground structure);

複數個為介電材料之體積, 設置於該導電接地結構上且包含N個體積, N為等於或大於3之一整數, 該N個體積被設置成形成複數個接續且循序之層狀體積 $V(i)$, i 為自1至N之一整數, 其中該體積 $V(1)$ 形成一最內第一體積, 其中一接續的體積 $V(i+1)$ 形成設置於該體積 $V(i)$ 上方之一層狀殼體 (layered shell), 且該體積 $V(i+1)$ 至少局部地內嵌 (embeds) 該體積 $V(i)$, 其中該體積 $V(N)$ 至少局部地內嵌 (embeds) 全部該體積 $V(1)$ 至該體積 $V(N-1)$;

其中該體積 $V(N)$ 之該介電材料之一部分在垂直於該導電接地結構的一平面中使該體積 $V(1)$ 至該體積 $V(N-1)$ 之至少一部分分叉 (bifurcates); 以及

一訊號饋源 (signal feed), 電磁耦合至該等為介電材料之體積其中之一或多者。

2. 如請求項1所述之介電共振器天線, 其中該體積 $V(N)$ 之該介電材料使該體積 $V(1)$ 至該體積 $V(N-1)$ 分叉之該部分使全部的該體積 $V(1)$ 至該體積 $V(N-1)$ 之一整個橫截面分叉。
3. 如請求項1所述之介電共振器天線, 其中該訊號饋源係與該導電接地結構非電性接觸地設置於該導電接地結構之一開口內, 且設置於該等為介電材料之體積中該訊號饋源電磁耦合至的那一個之內。
4. 如請求項1所述之介電共振器天線, 其中該訊號饋源電磁耦合至該體積

V(2)。

5. 如請求項1所述之介電共振器天線，其中該體積V(N)使該體積V(1)至該體積V(N-1)分叉之該部分使該體積V(1)至該體積V(N-1)形成一第一子體積及一第二子體積，該第一子體積與該第二子體積互成鏡像。
6. 如請求項1所述之介電共振器天線，其中該體積V(N)使該體積V(1)至該體積V(N-1)分叉之該部分設置於垂直於該導電接地結構的該平面中，該平面穿過該訊號饋源且包含該等為介電材料之體積中之每一者之一中心垂直z軸線。
7. 如請求項1所述之介電共振器天線，其中該體積V(N)使該體積V(1)至該體積V(N-1)分叉之該部分係以該體積V(N)之該介電材料使該體積V(1)至該體積V(N-1)分裂 (splits)。
8. 如請求項1至7中任一項所述之介電共振器天線，其中該等為介電材料之體積中之直接相鄰之該等體積具有不同介電常數值，該等不同介電常數值之範圍係自該體積V(1)處之一第一相對最小值、達到該體積V(2)至該體積V(N-1)其中之一處之一相對最大值、返回至該體積V(N)處之一第二相對最小值。
9. 如請求項1至7中任一項所述之介電共振器天線，其中該等為介電材料之體積中之直接相鄰之該等體積具複數個有不同介電常數值，該等不同介電常數值之範圍係自該體積V(1)處之一第一相對最小值、達到該體積V((N+1)/2)處之一相對最大值、返回至該體積V(N)處之一第二相對最小值，其中N為一奇數。
10. 如請求項1中任一項所述之介電共振器天線，更包含一導電圍籬

(electrically conductive fence)，該導電圍籬被設置成圍繞該等為介電材料之體積且與該導電接地結構進行電性接觸並形成該導電接地結構之一部分。

11. 如請求項10所述之介電共振器天線，其中該導電圍籬之一高度不超過該等為介電材料之體積之高度。

12. 如請求項10所述之介電共振器天線，其中：

該導電圍籬具有一非均勻 (non-uniform) 形狀，以提供至少一個對準特徵；以及

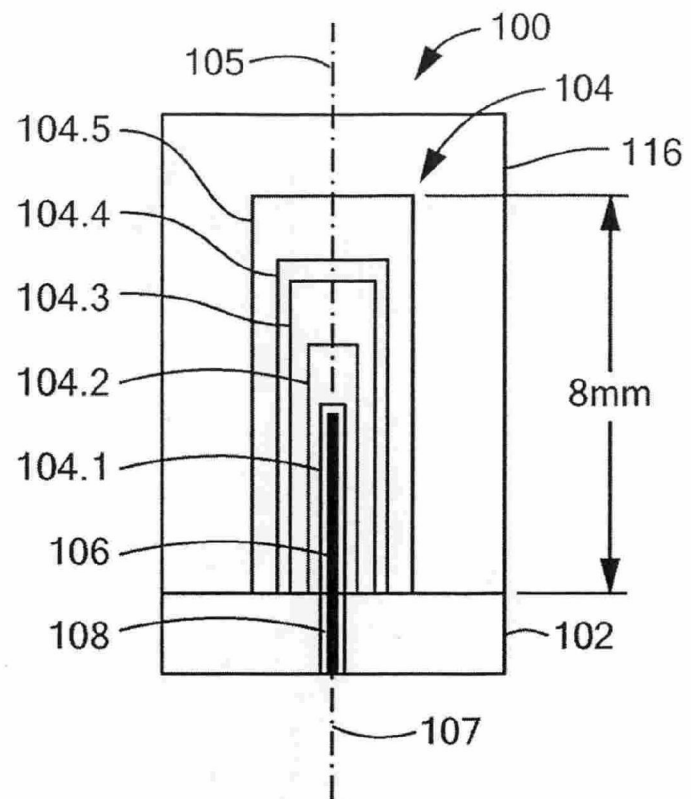
該等為介電材料之體積具有與該導電圍籬之該非均勻形狀互補及該至少一個對準特徵之一互補形狀，俾使該導電圍籬及該等介電材料體積藉由該至少一個對準特徵而相對於彼此具有一定義的對準。

13. 如請求項1至7、10及11中任一項所述之介電共振器天線，其中該導電接地結構包含一或多個開口。

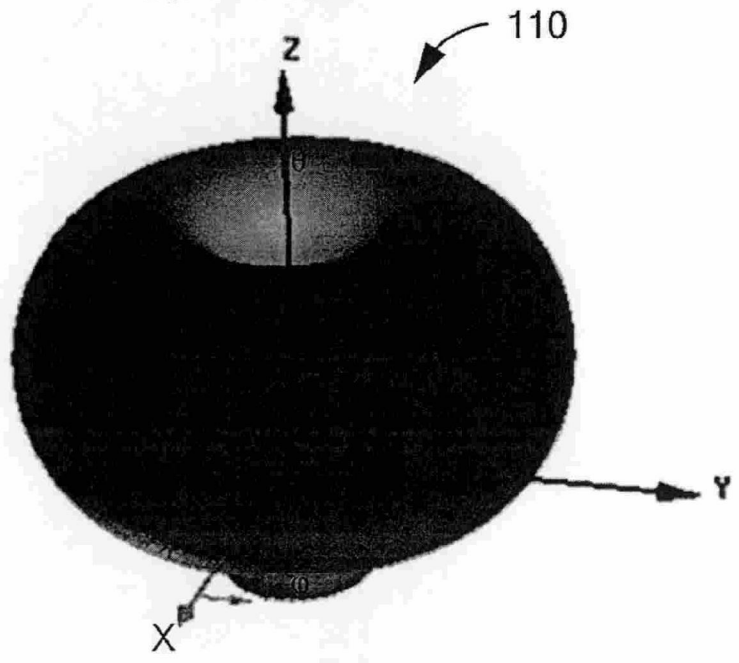
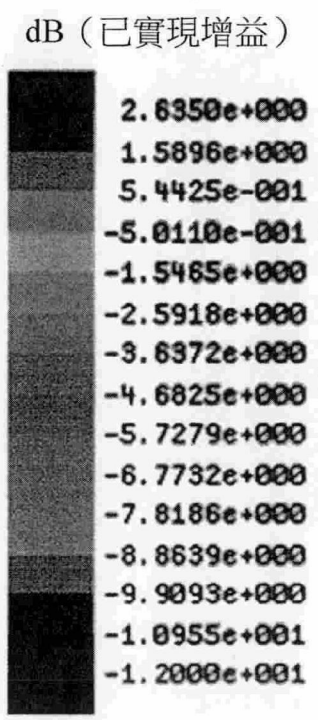
14. 如請求項1至7、10及11中任一項所述之介電共振器天線，其中所述多個體積的介電材料中的相鄰的彼此相對具有不同的介電常數。

15. 如請求項1至7、10及11中任一項所述之介電共振器天線，其中N大於3。

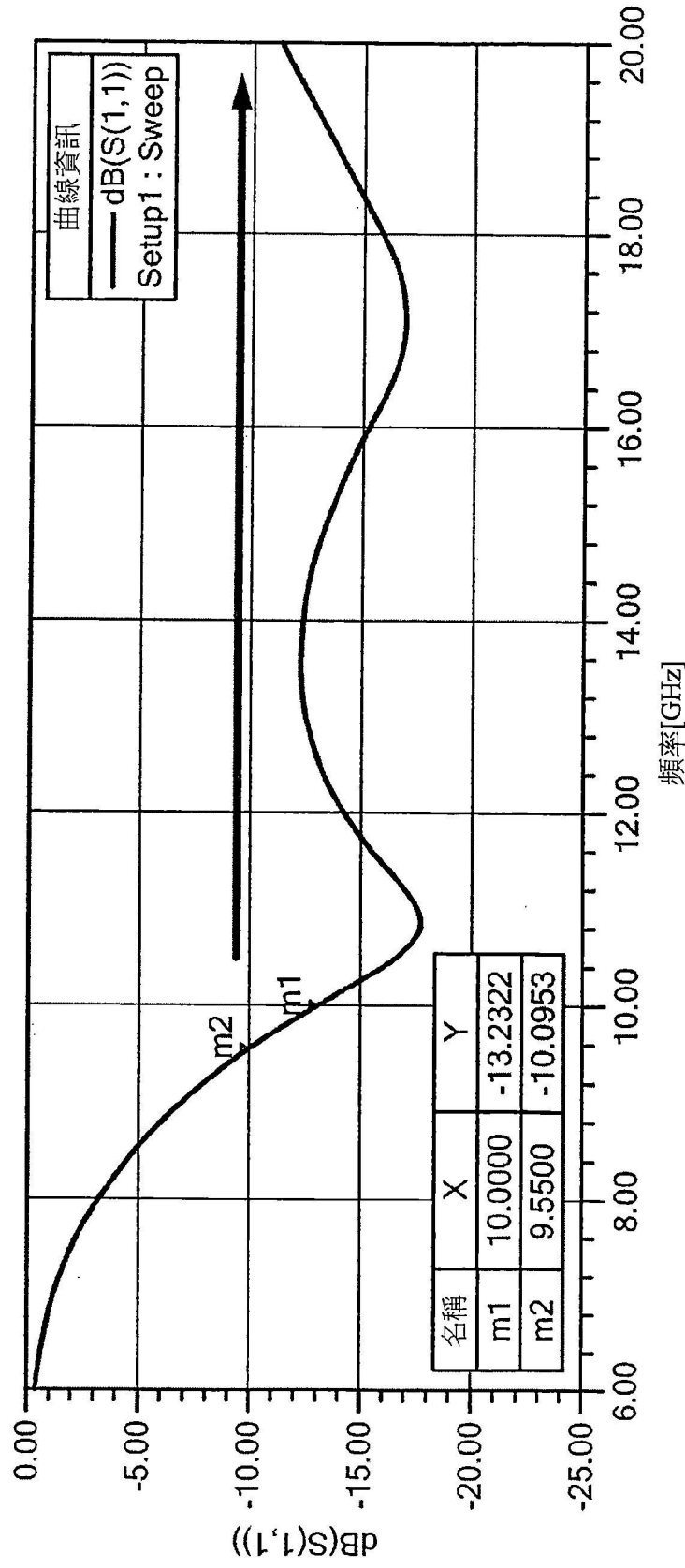
圖式



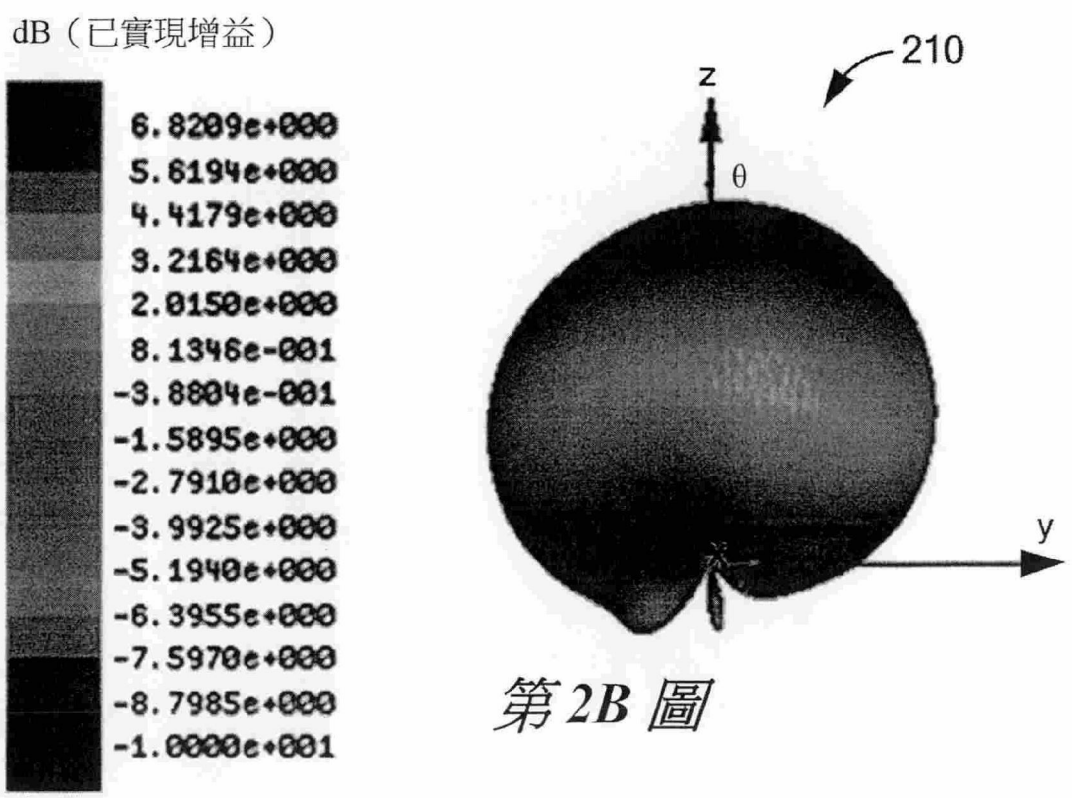
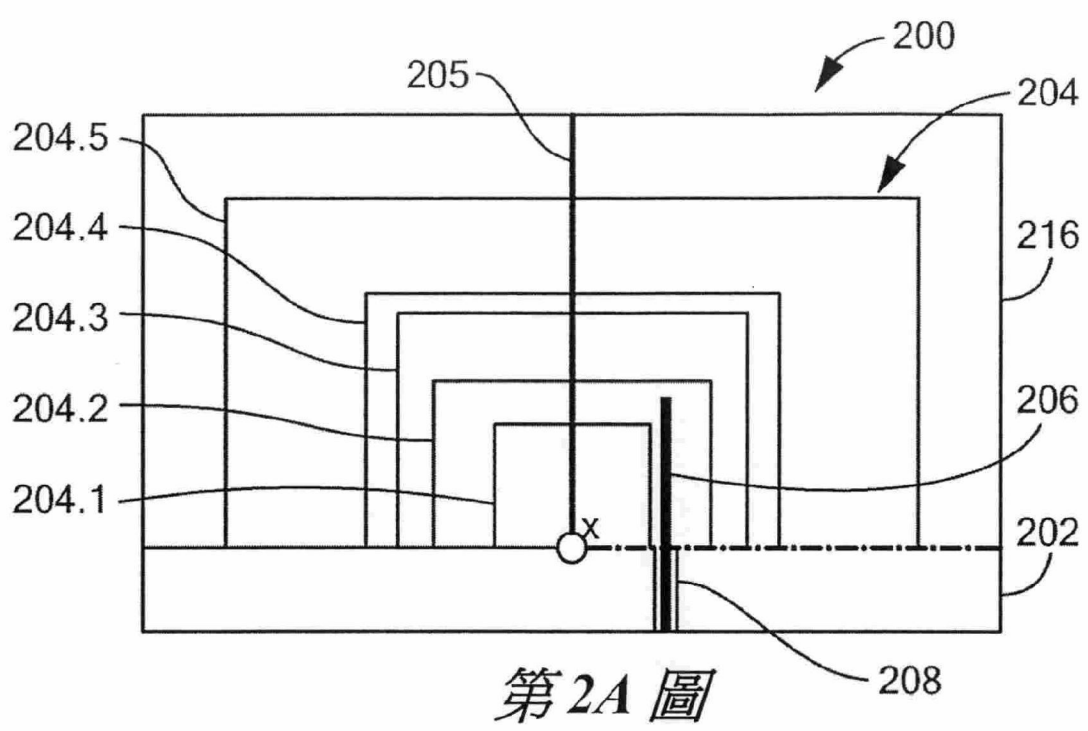
第1A圖

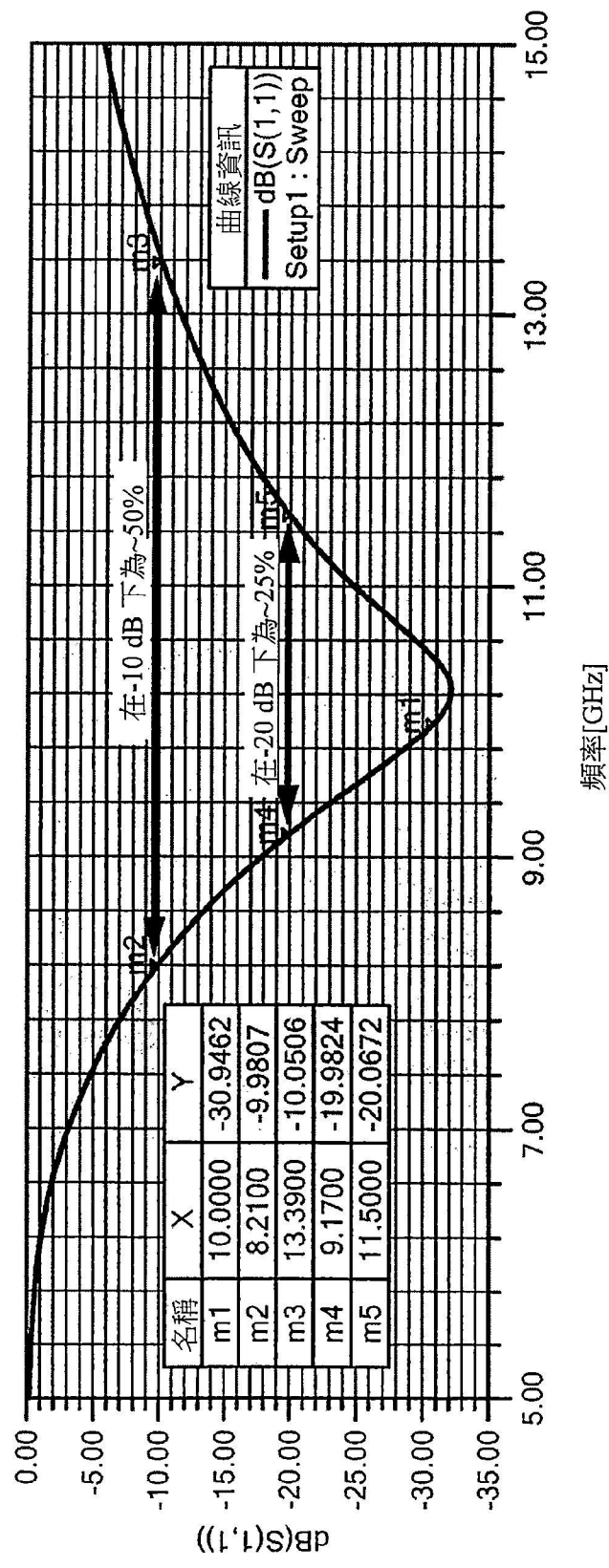


第1B圖

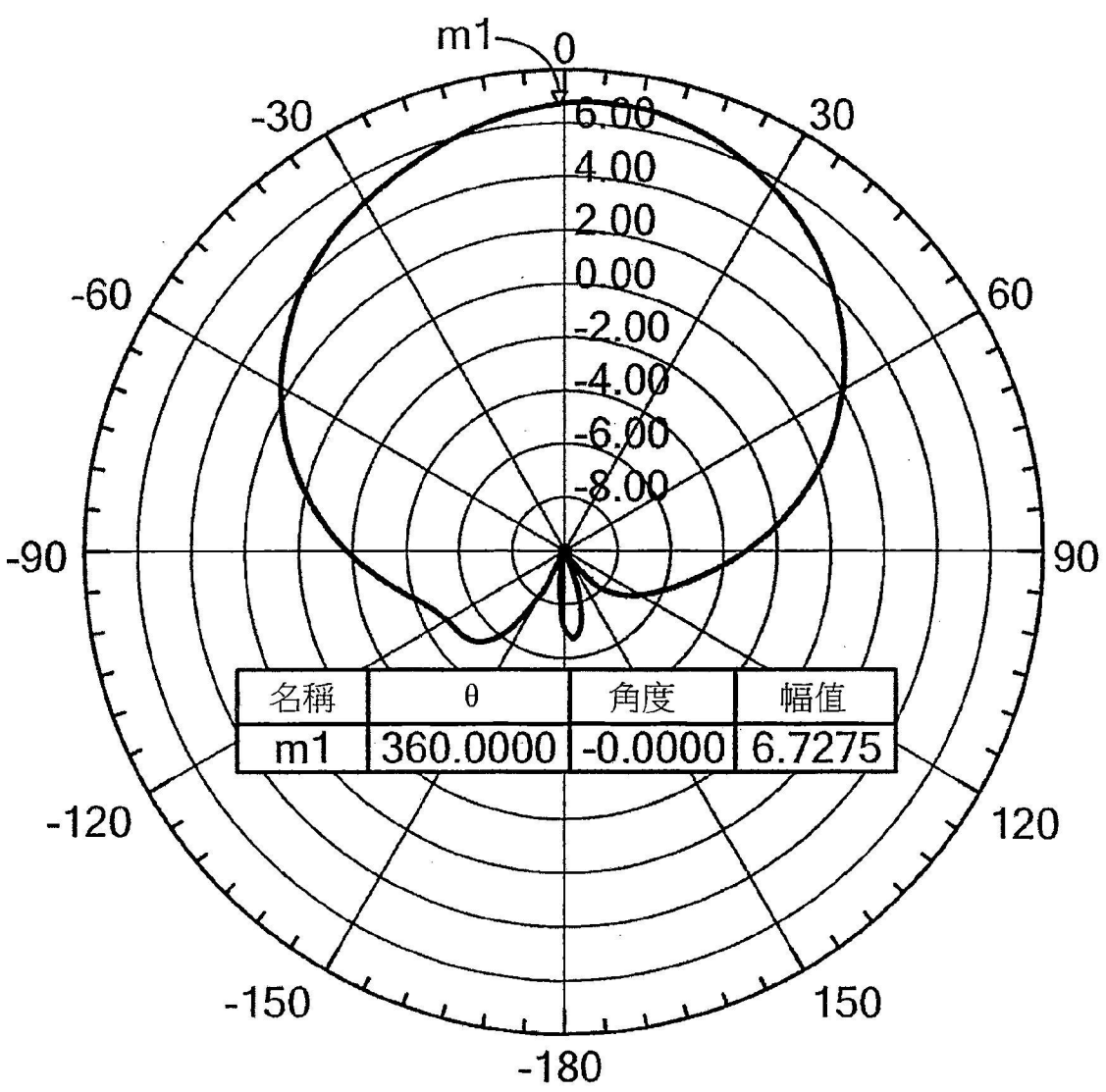


第1C圖

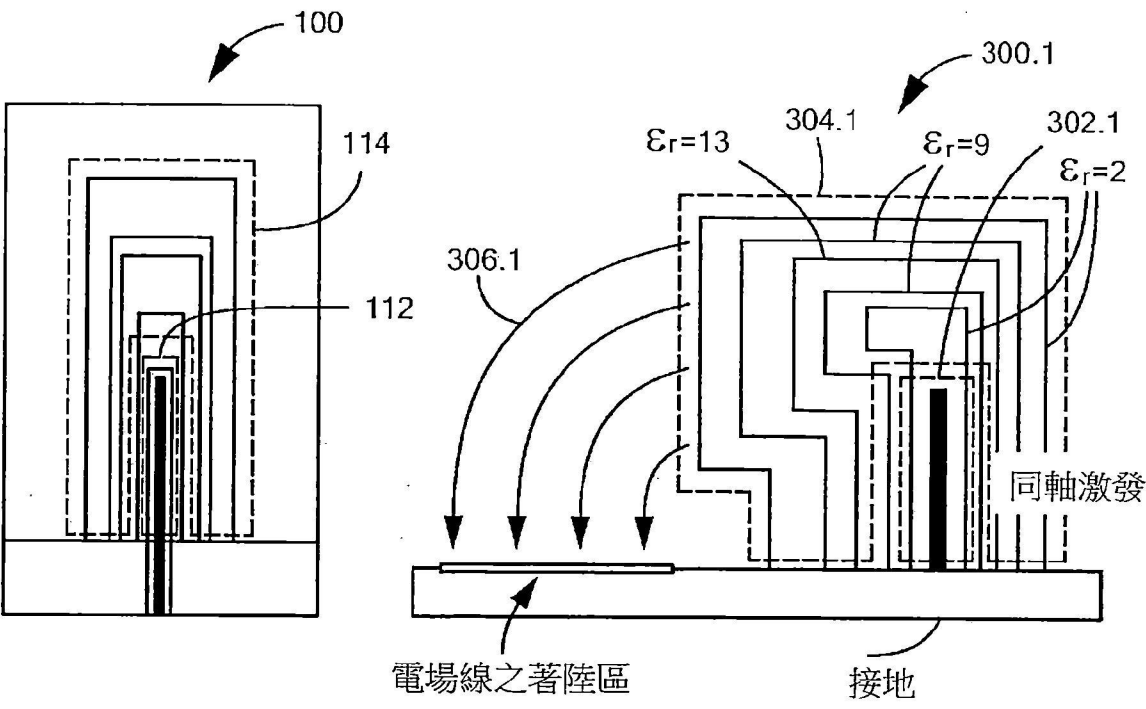




第2C圖

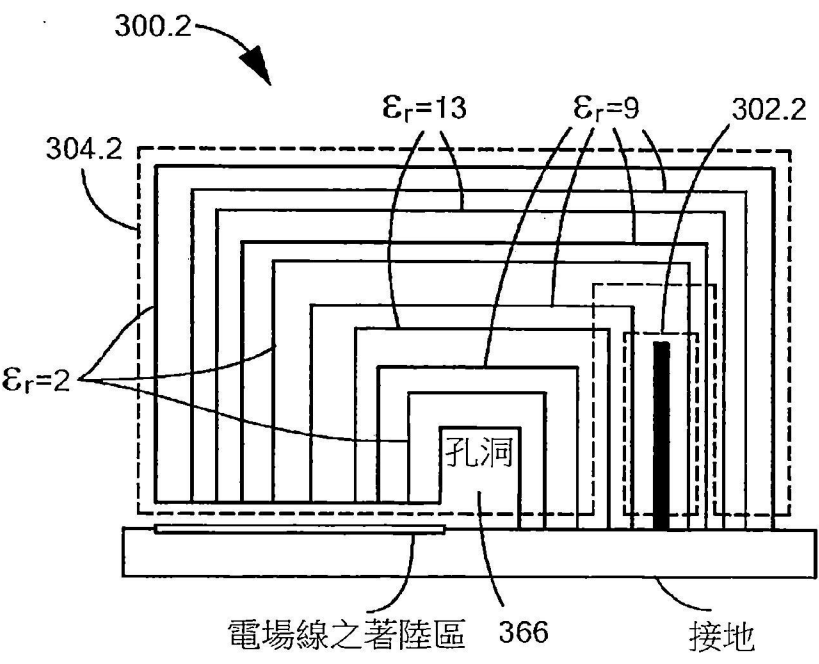


第2D 圖

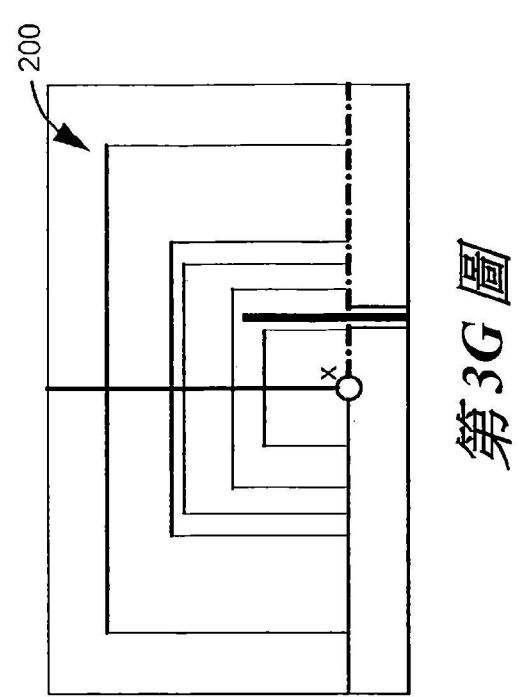
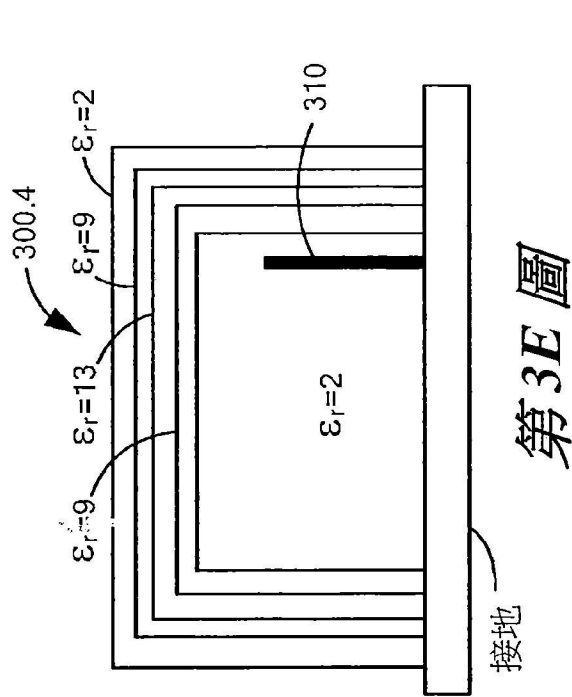
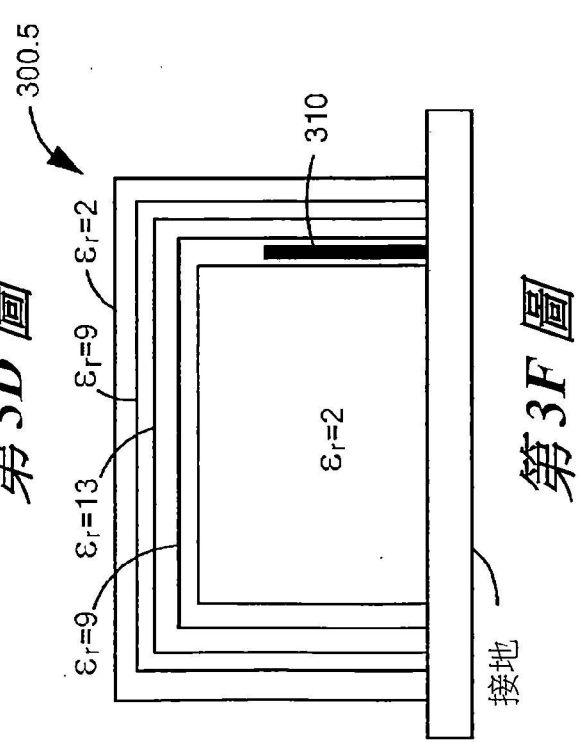
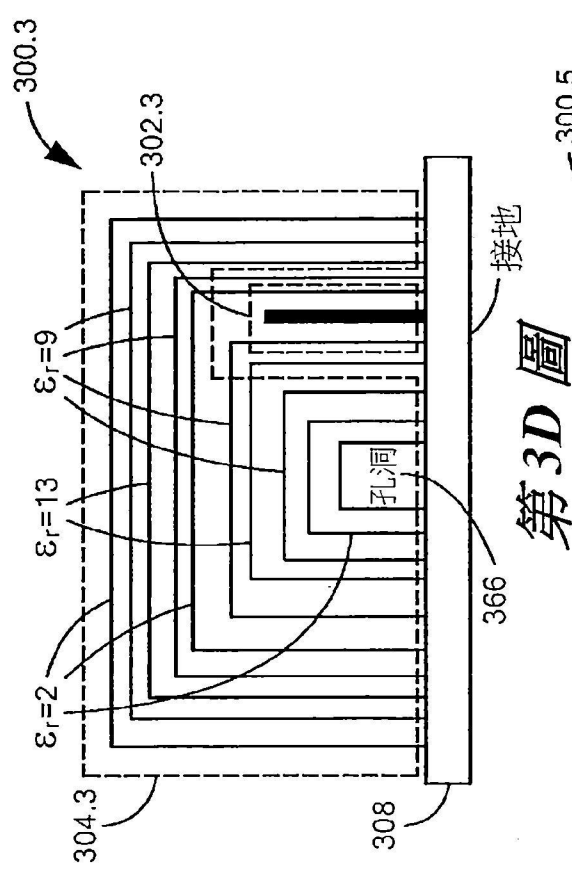


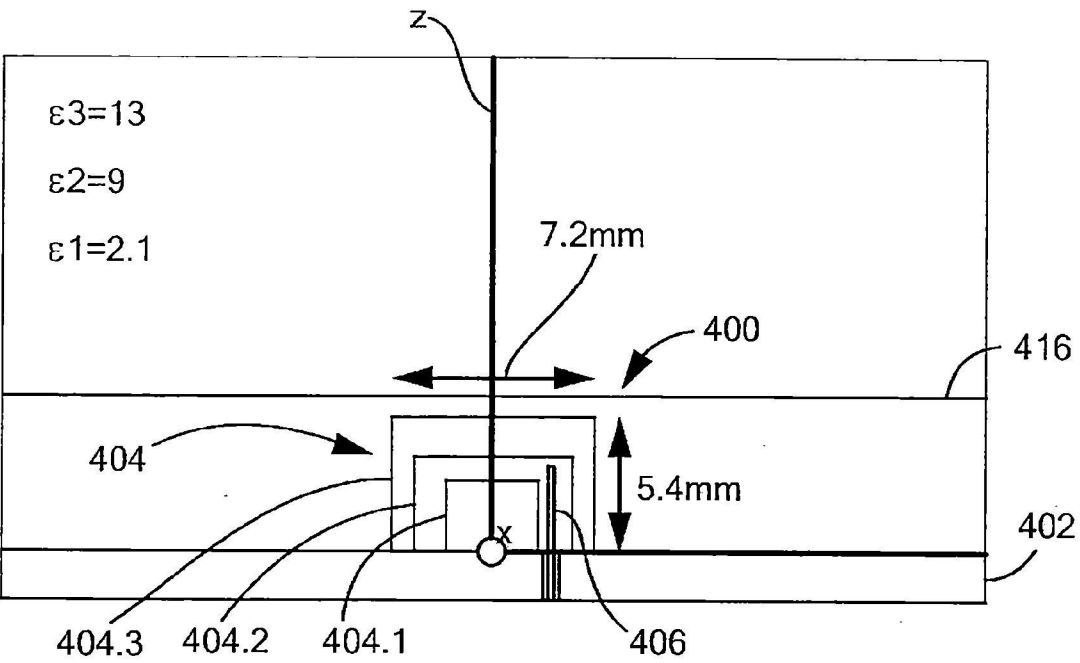
第3A圖

第3B圖

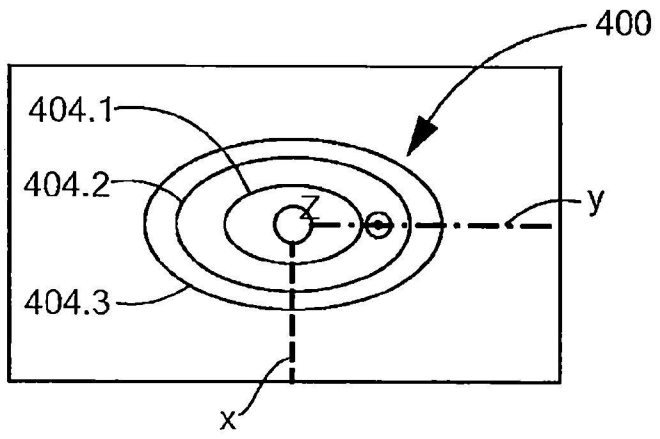


第3C圖

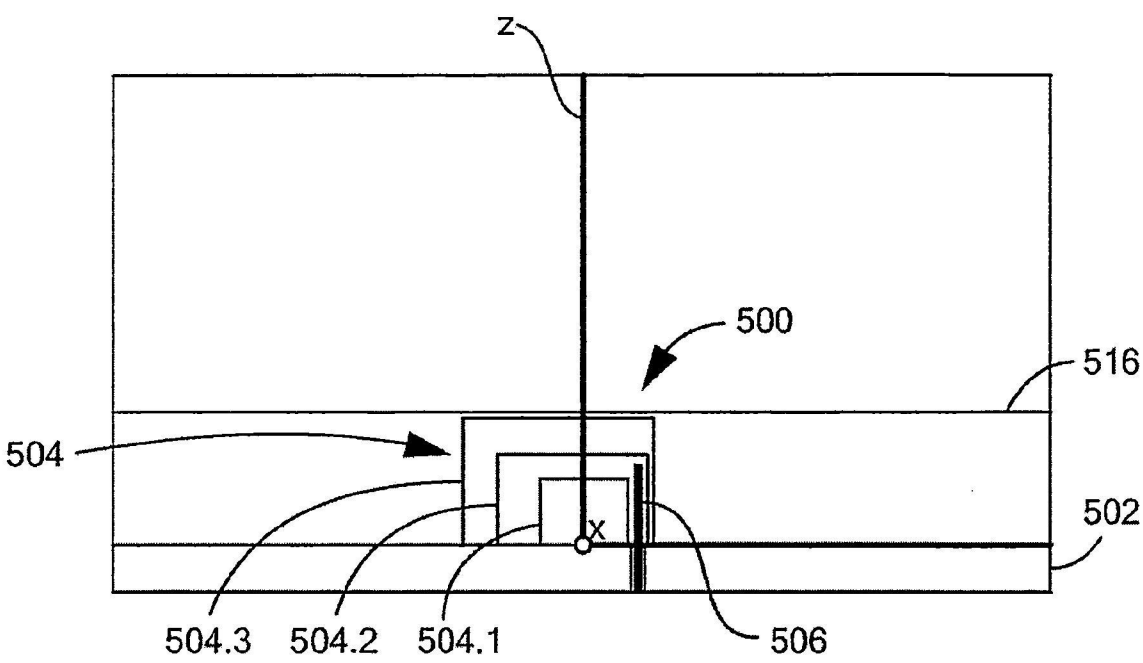




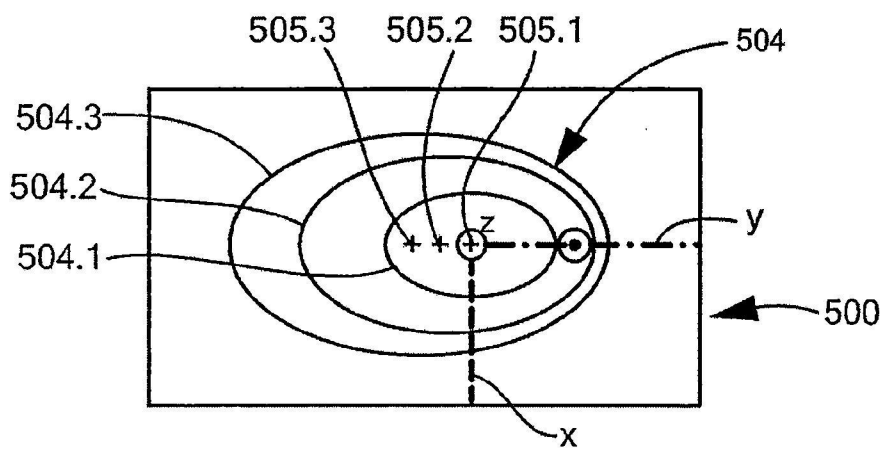
第4A圖



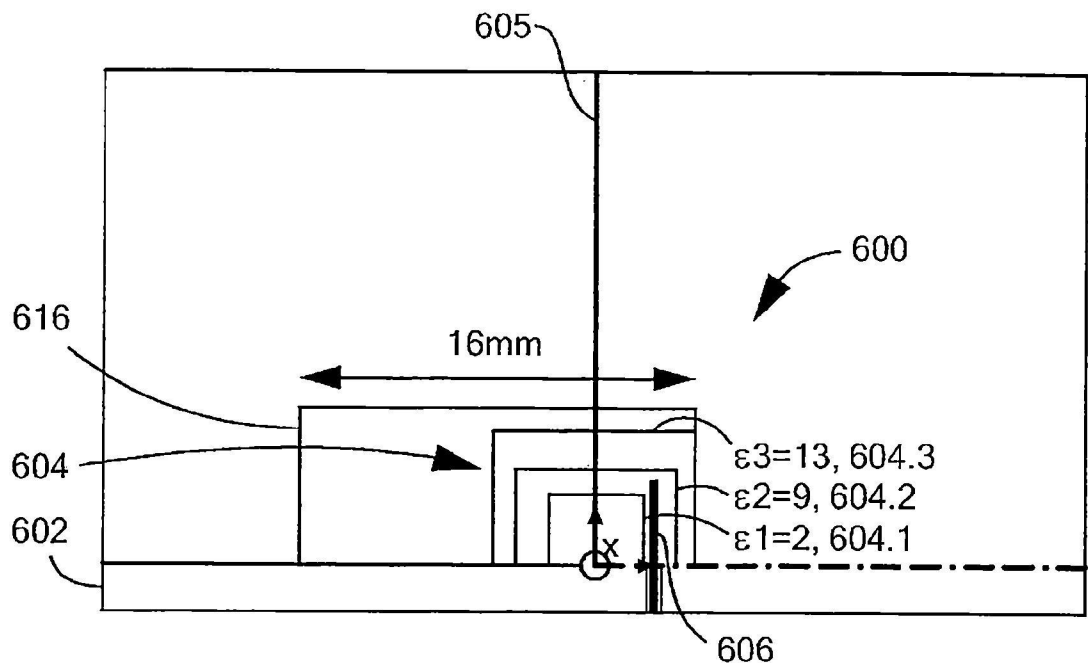
第4B圖



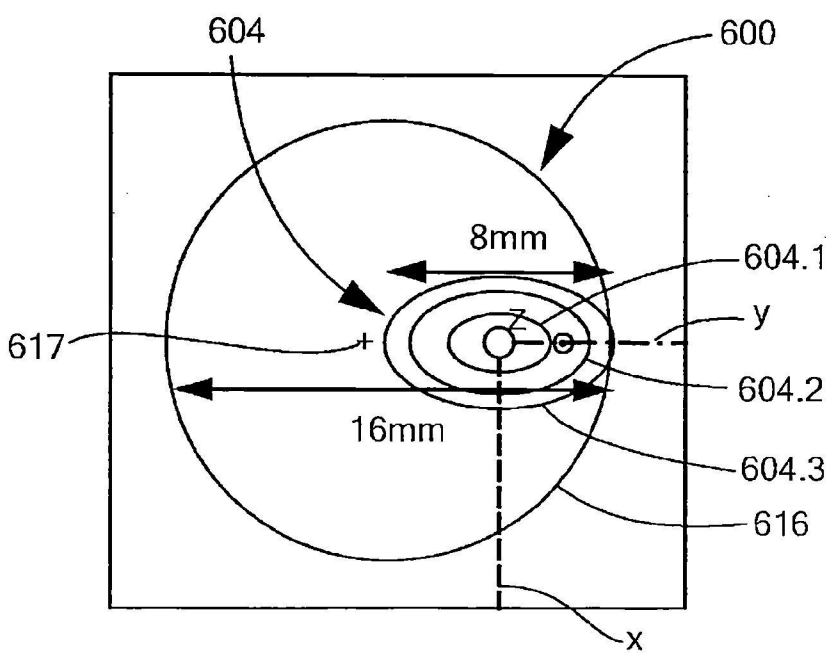
第5A圖



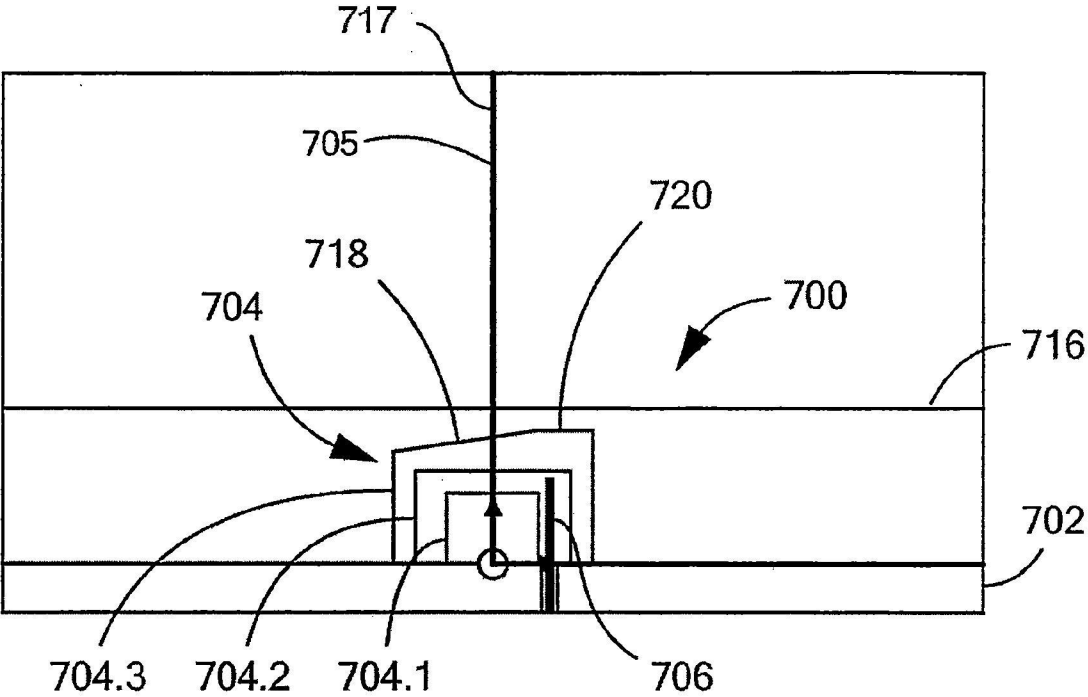
第5B圖



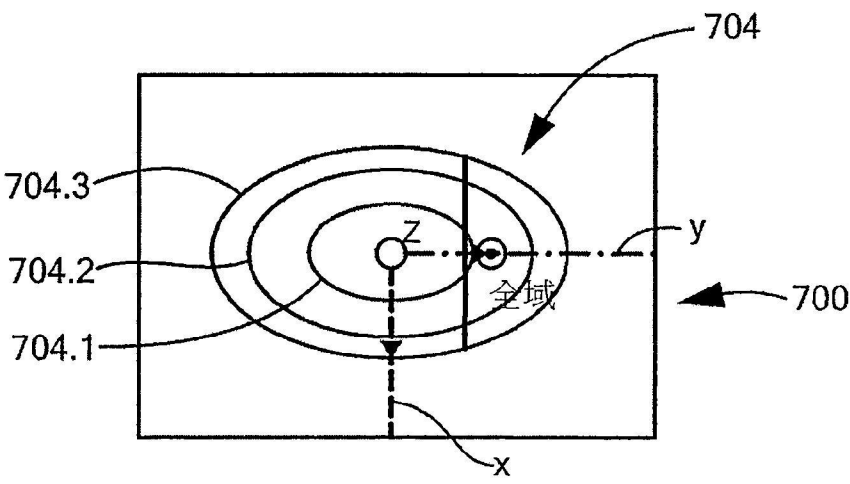
第6A圖



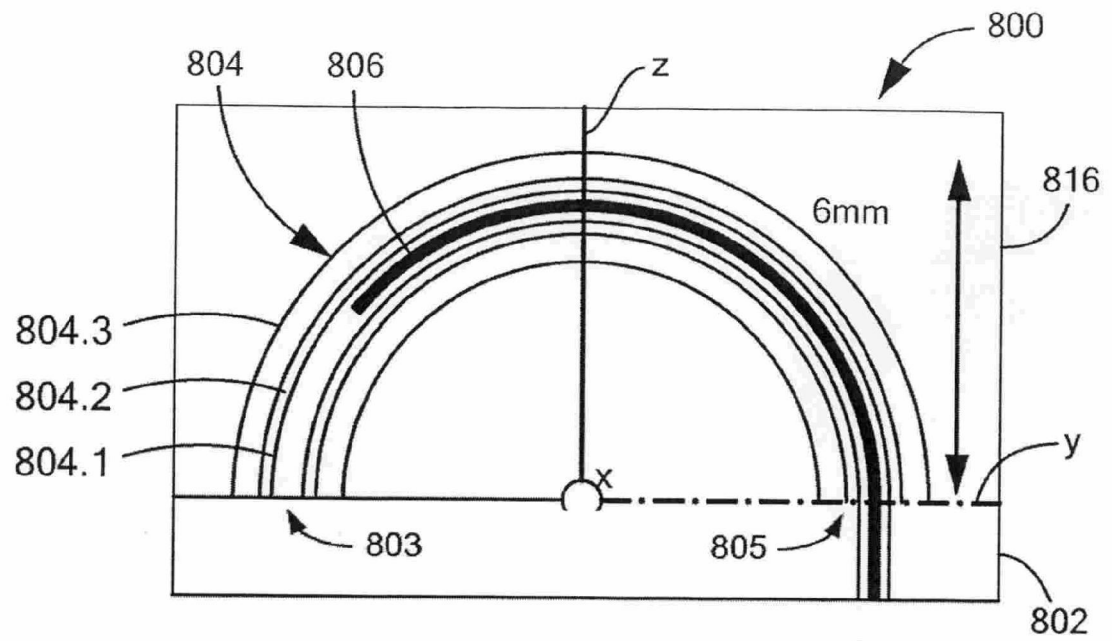
第6B圖



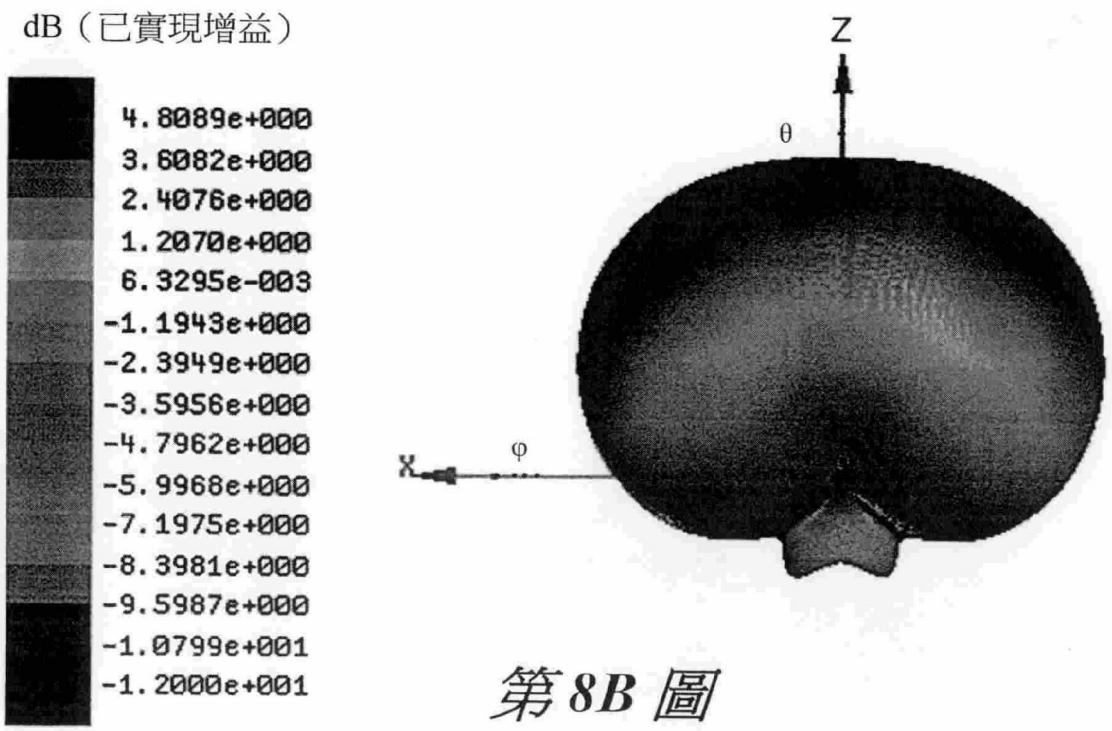
第7A圖



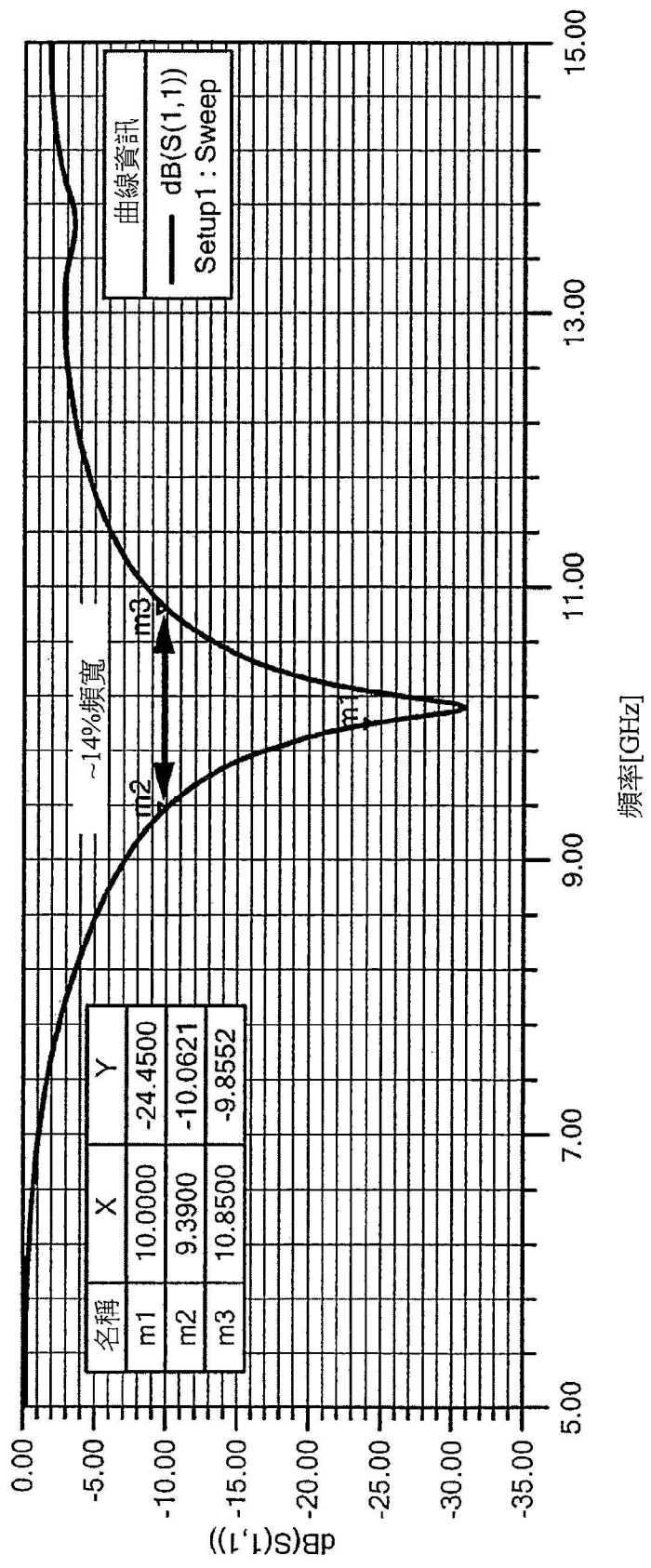
第7B圖



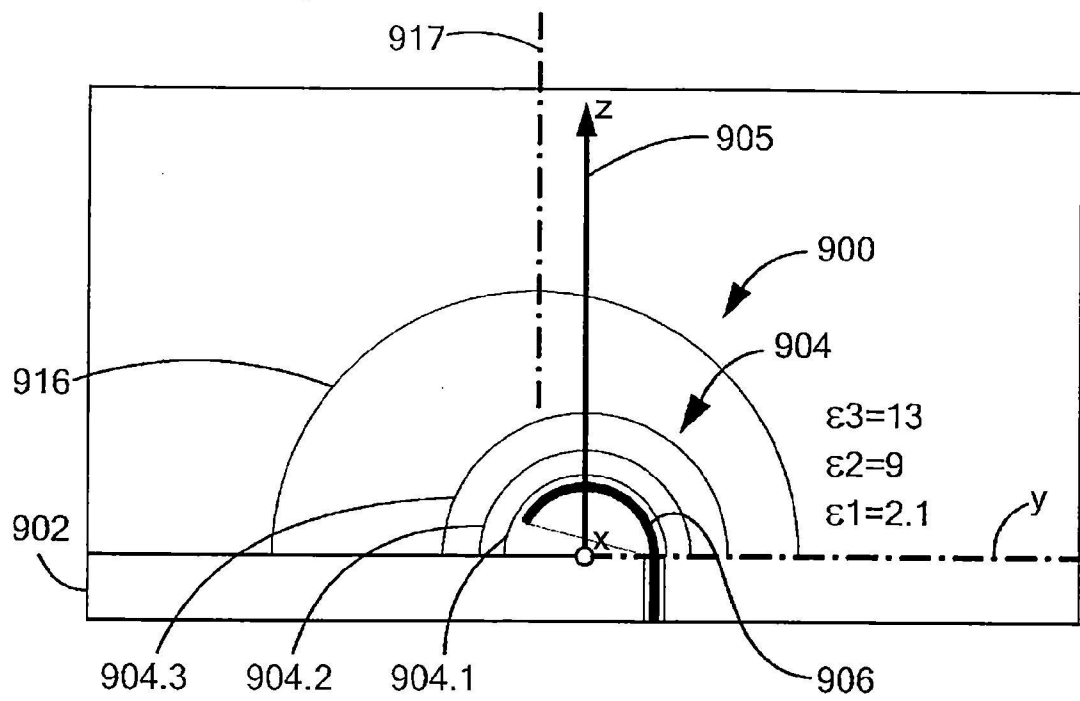
第8A圖



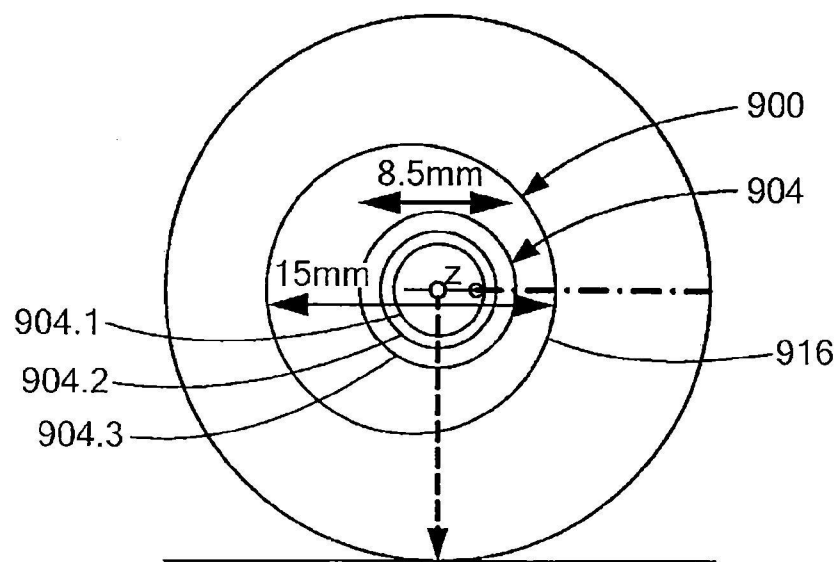
第8B圖



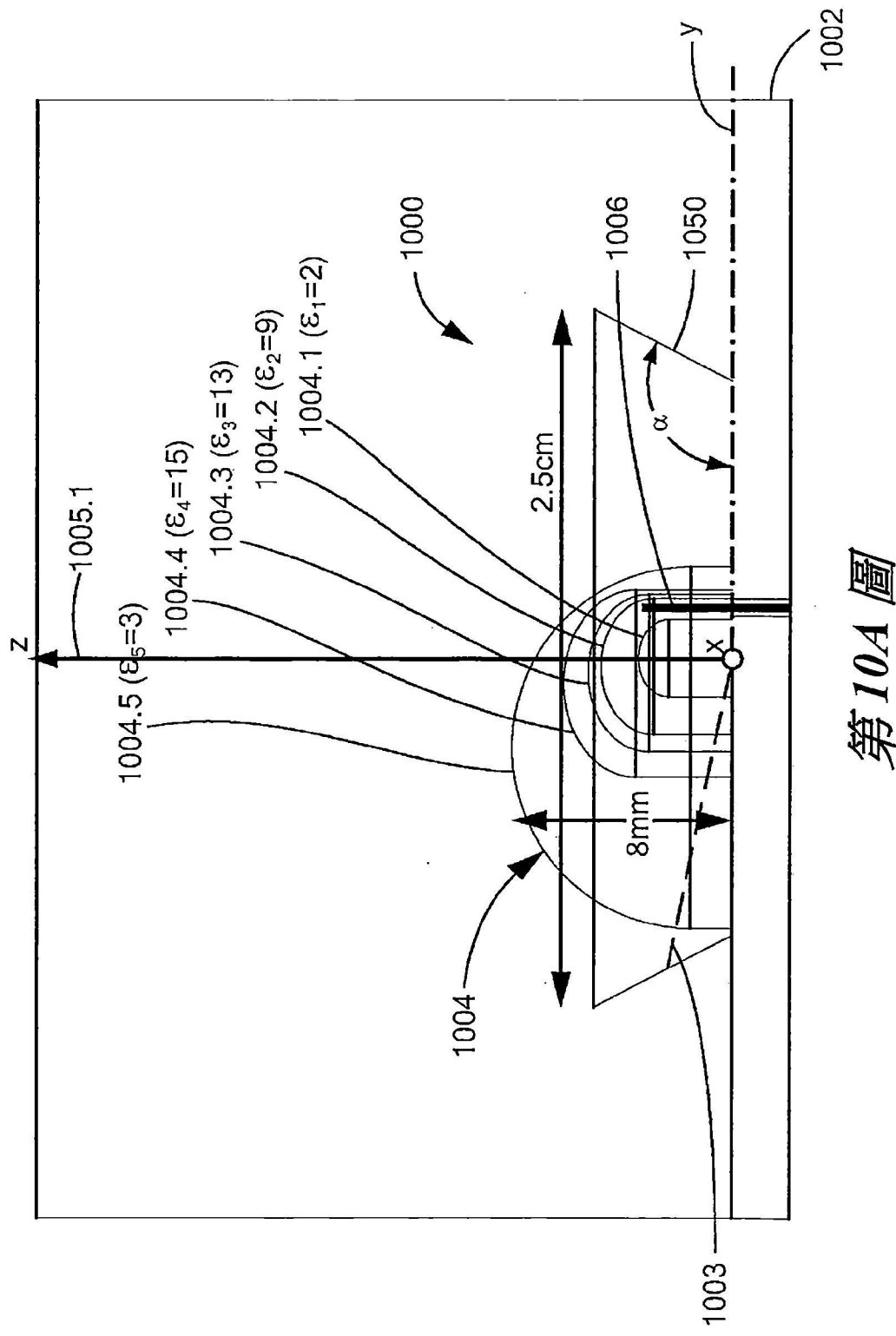
第8C圖



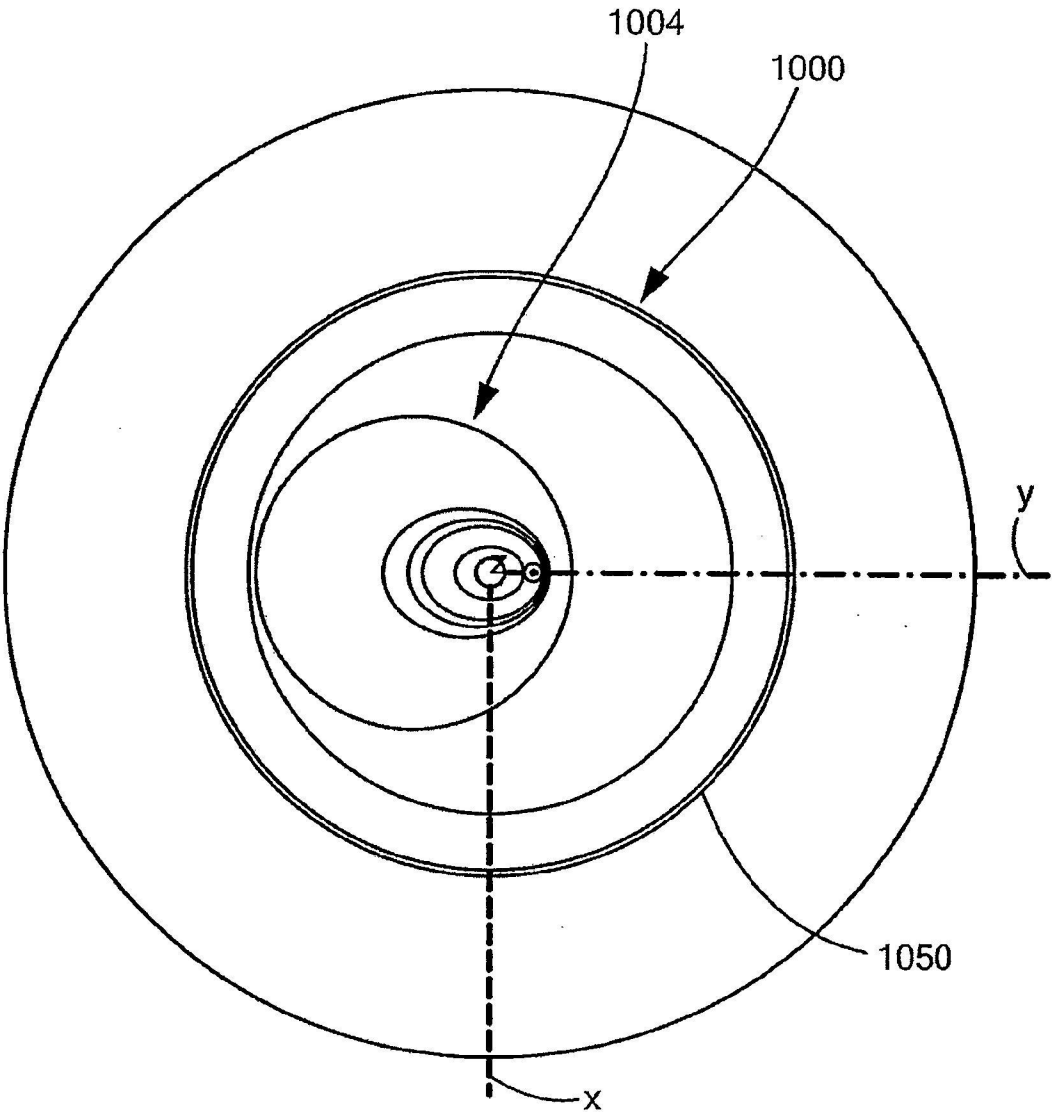
第9A圖



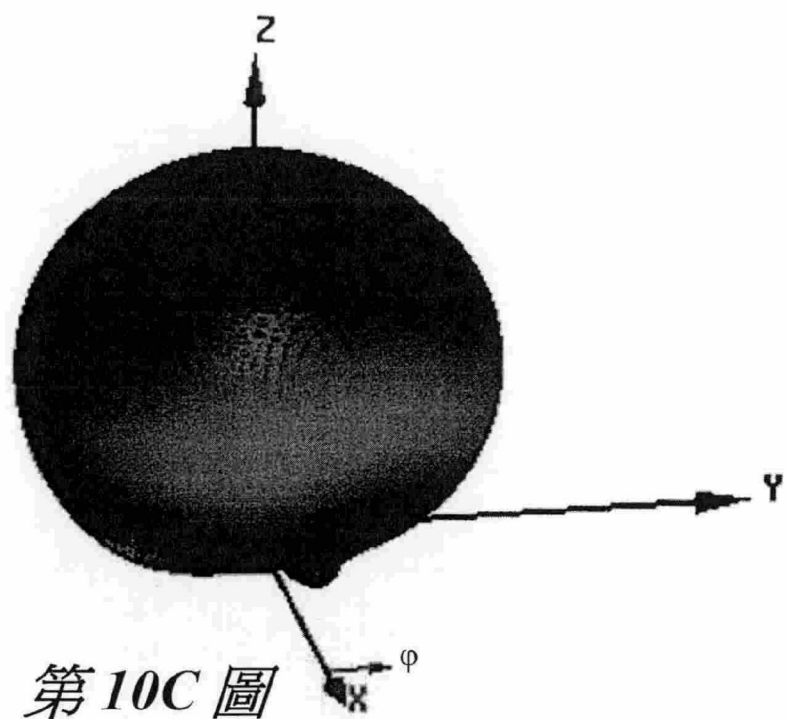
第9B圖



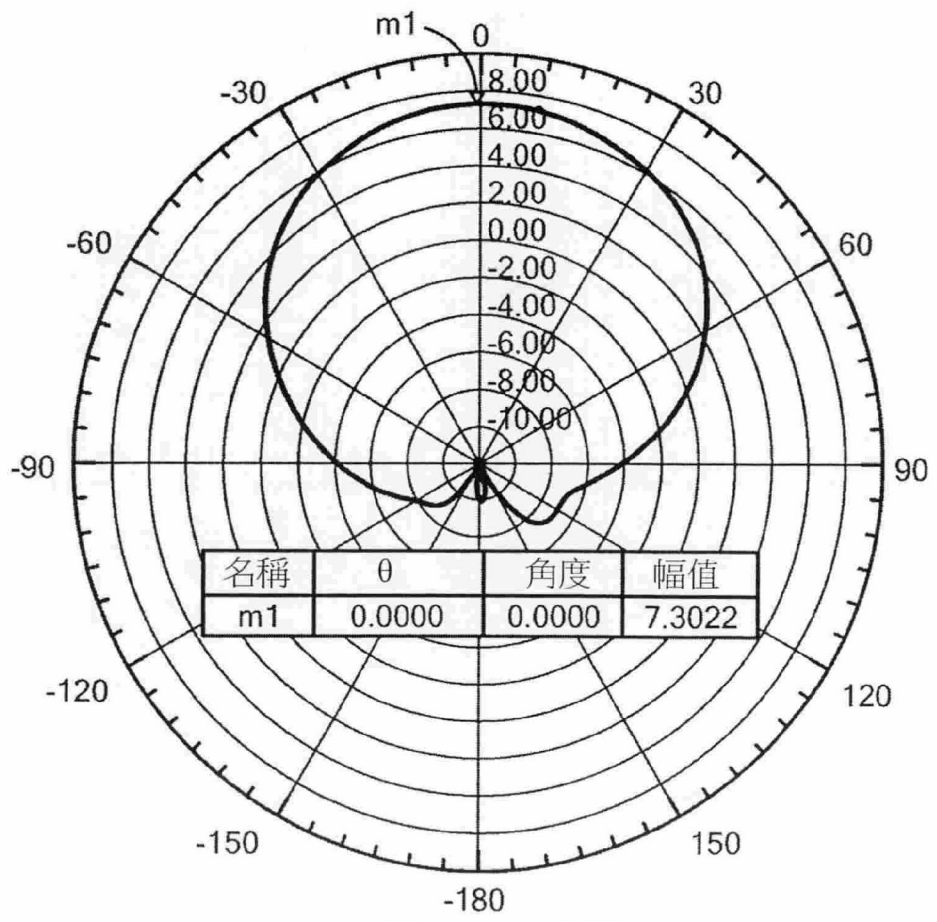
第10A圖



第10B圖

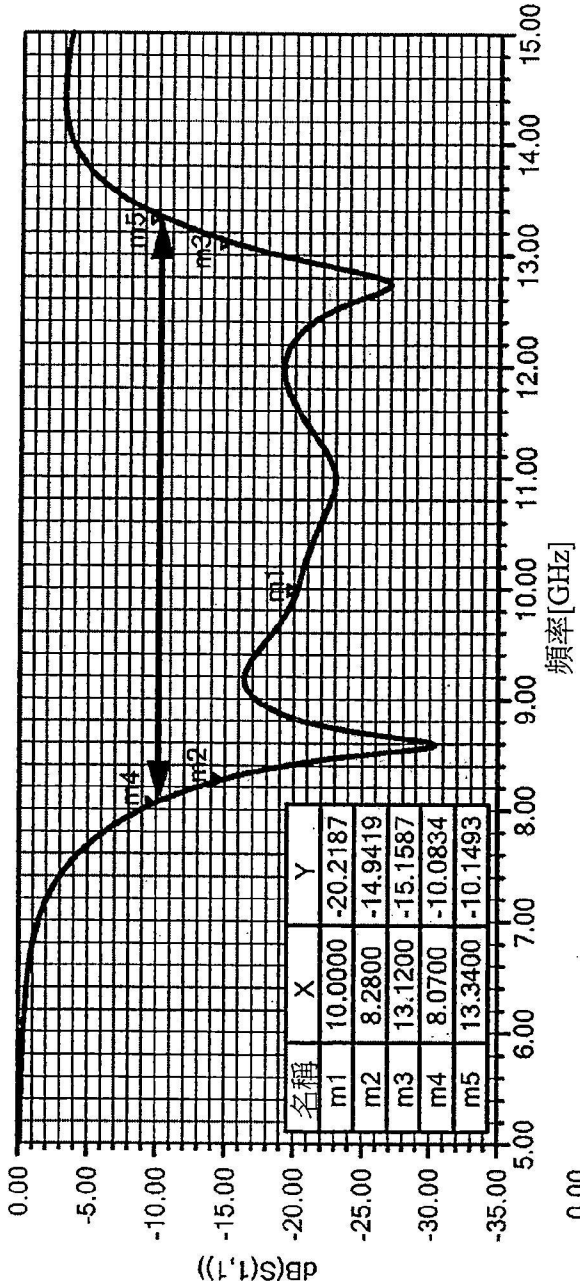


第10C圖

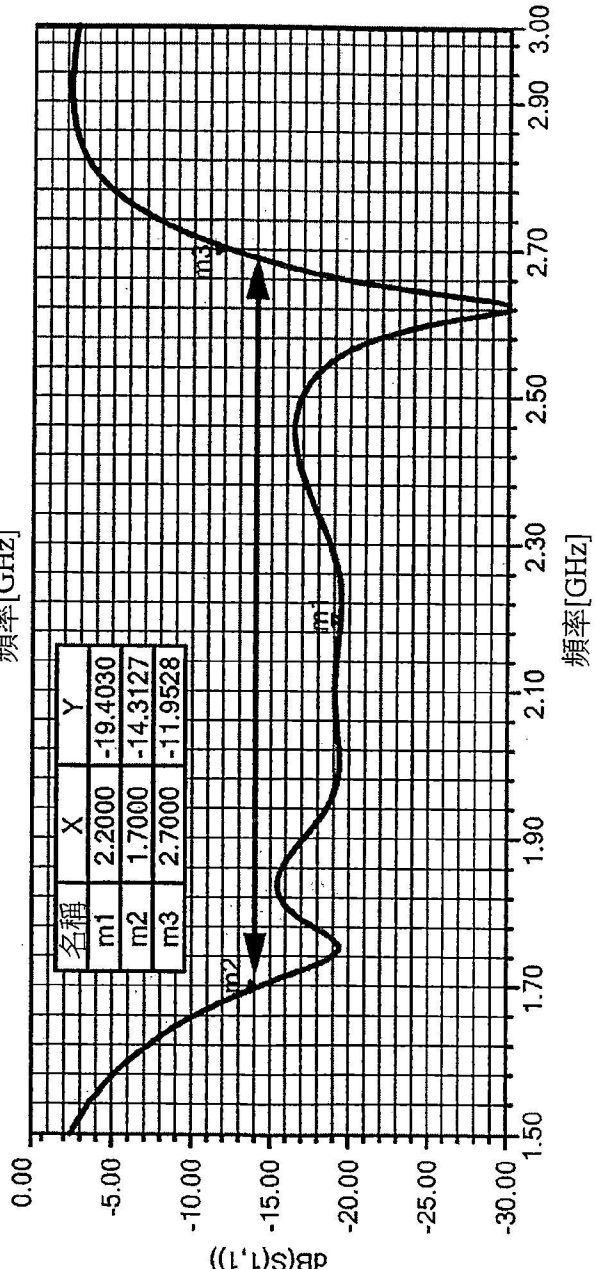


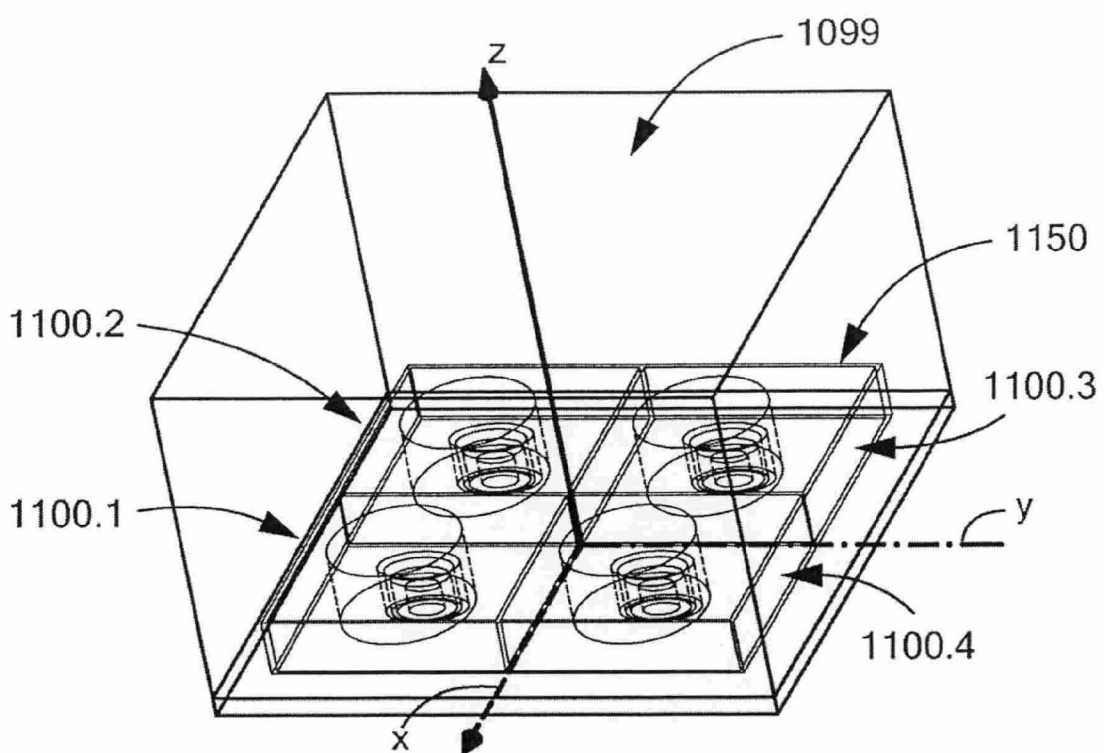
第10D圖

第10E 圖

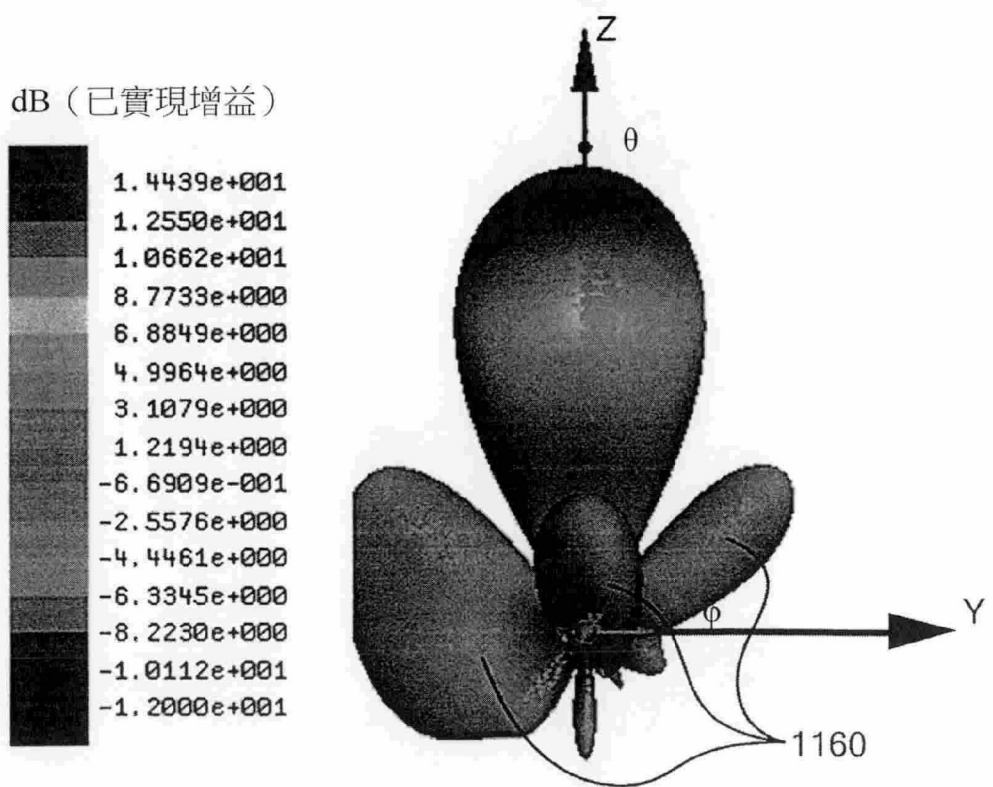


第10F 圖

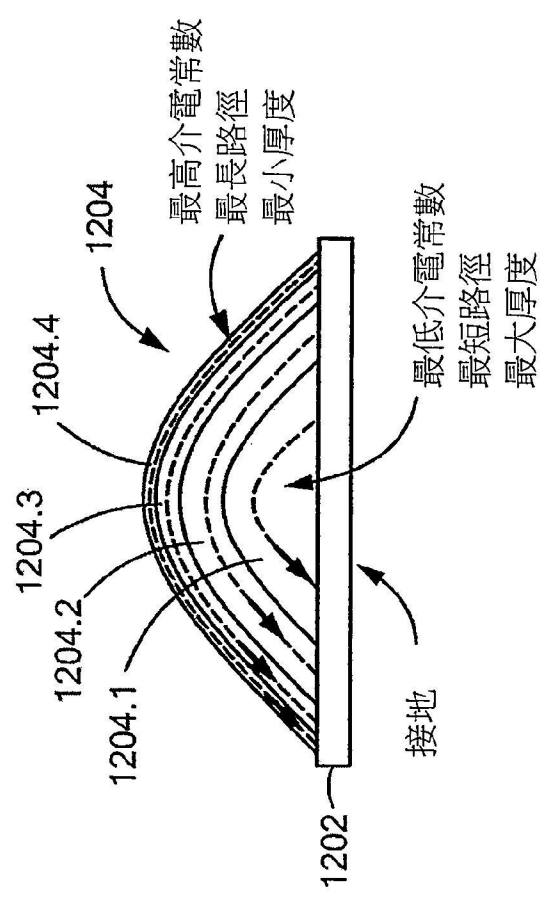




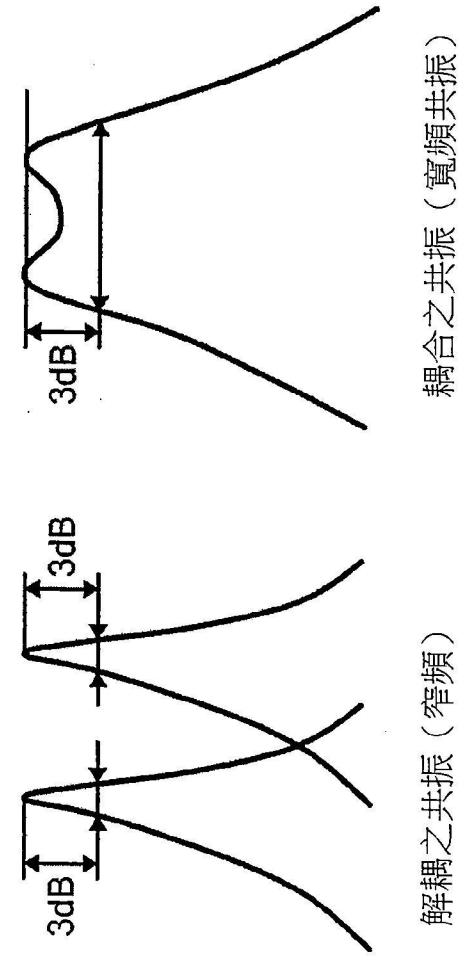
第11A圖



第11B圖

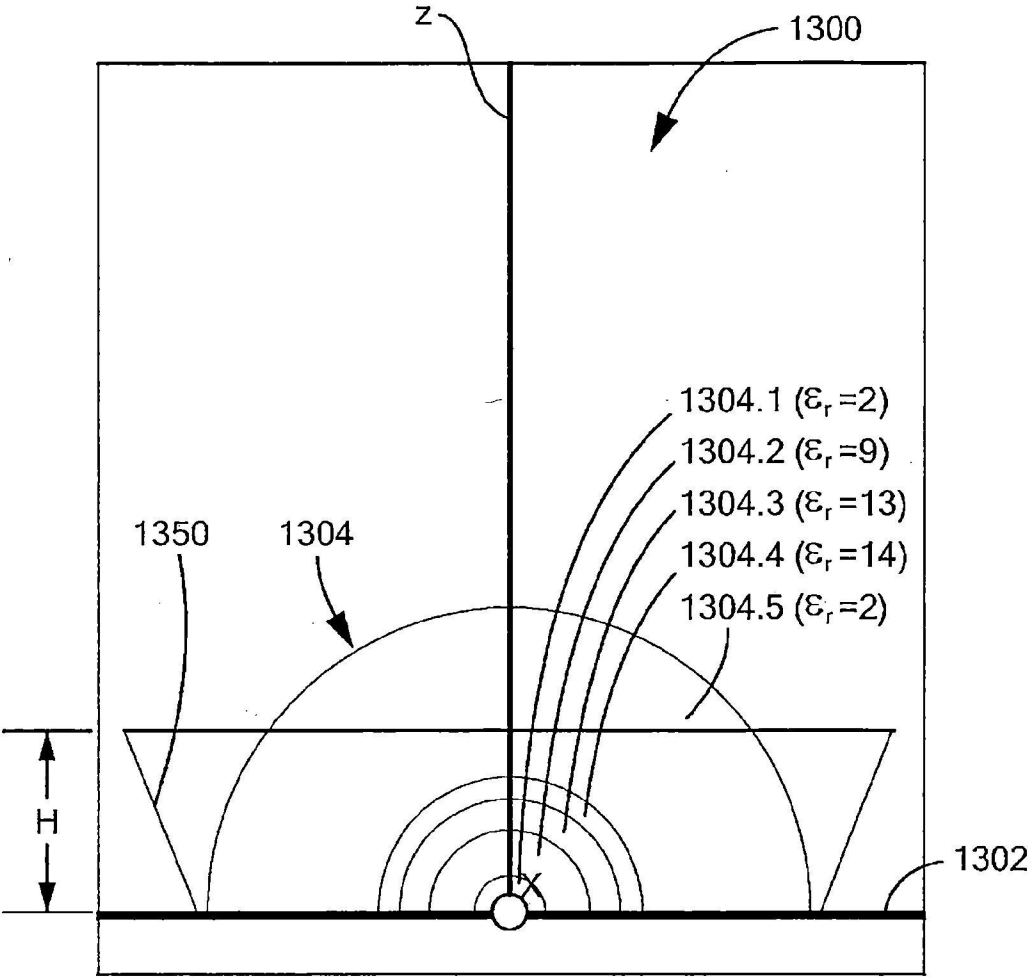


第12A圖

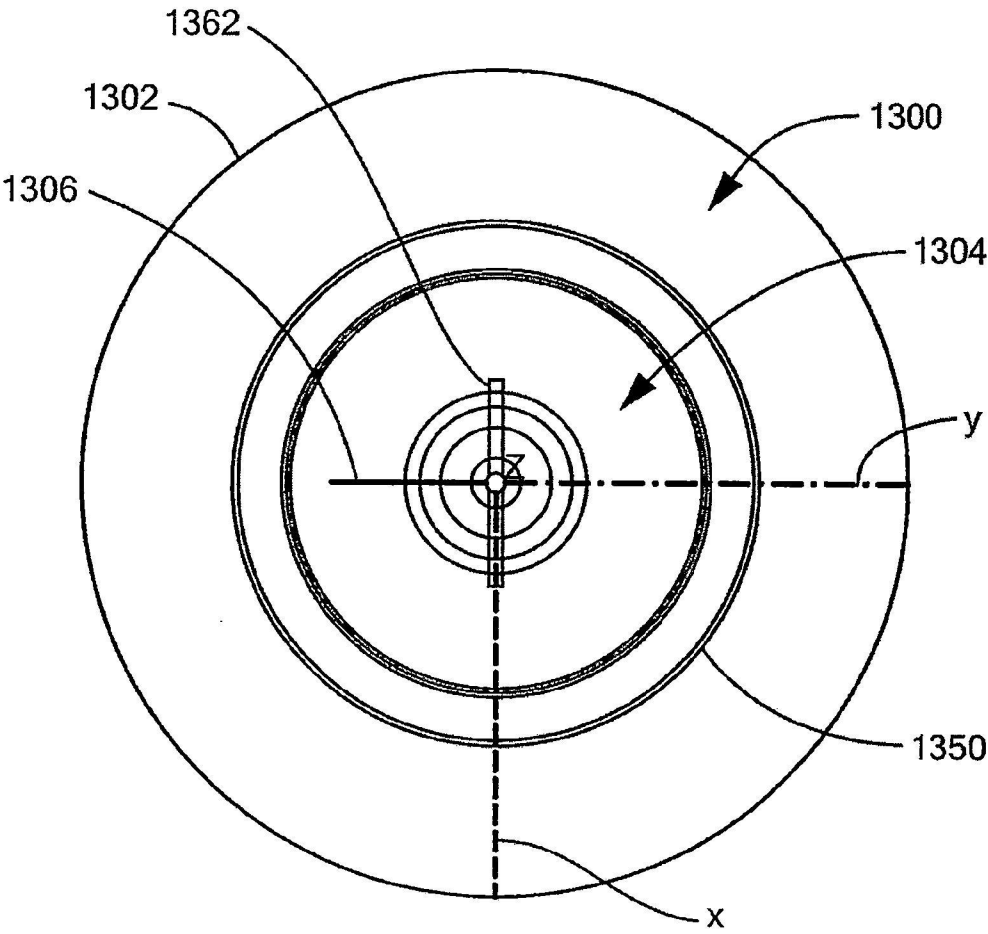


第12B圖

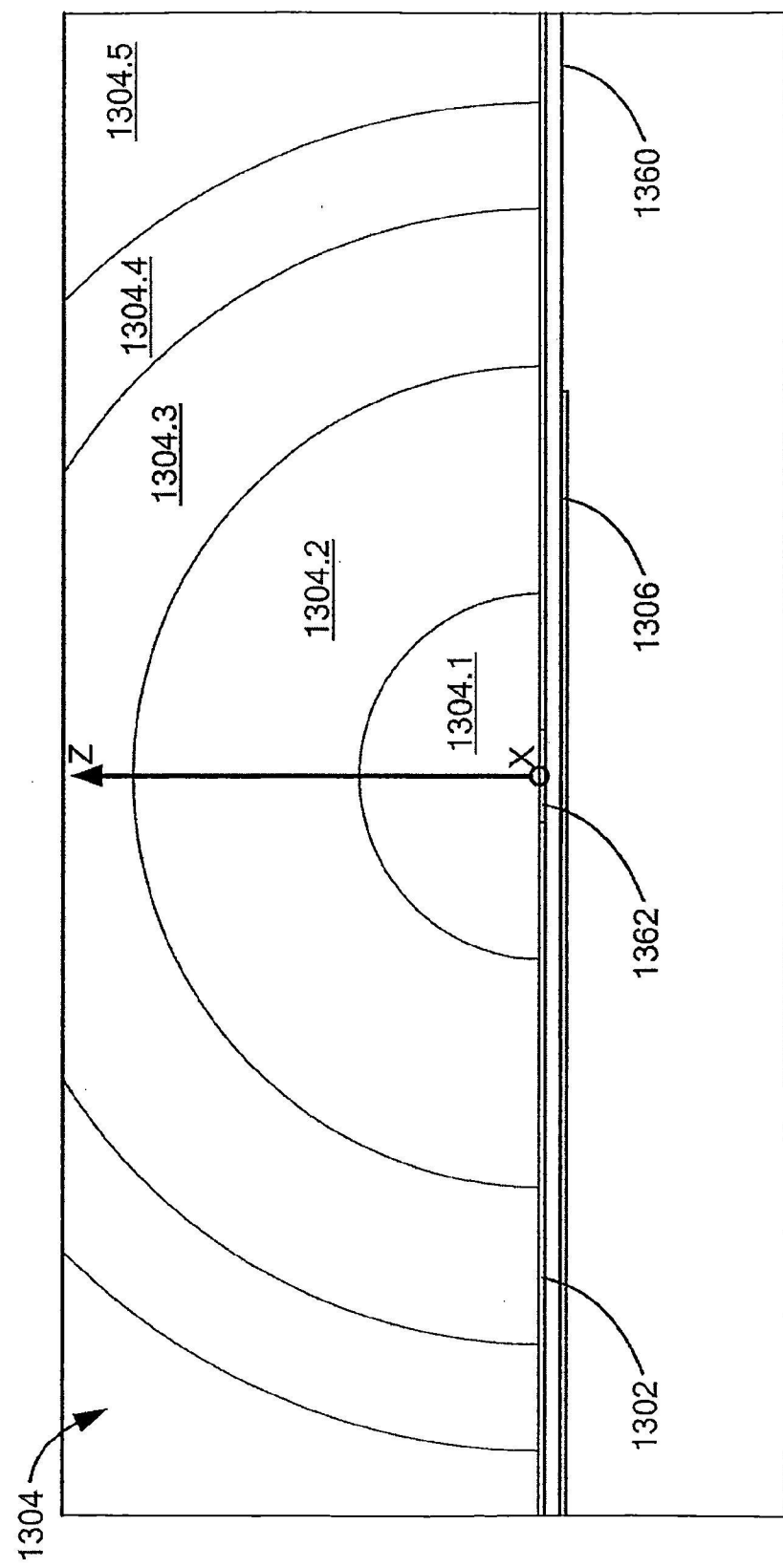
第12C圖



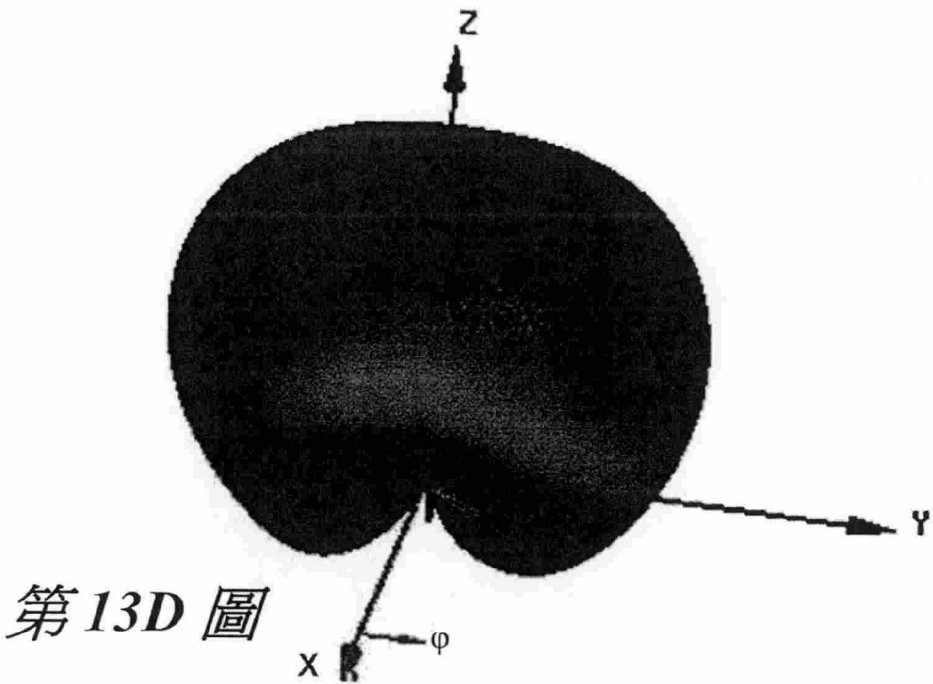
第13A圖



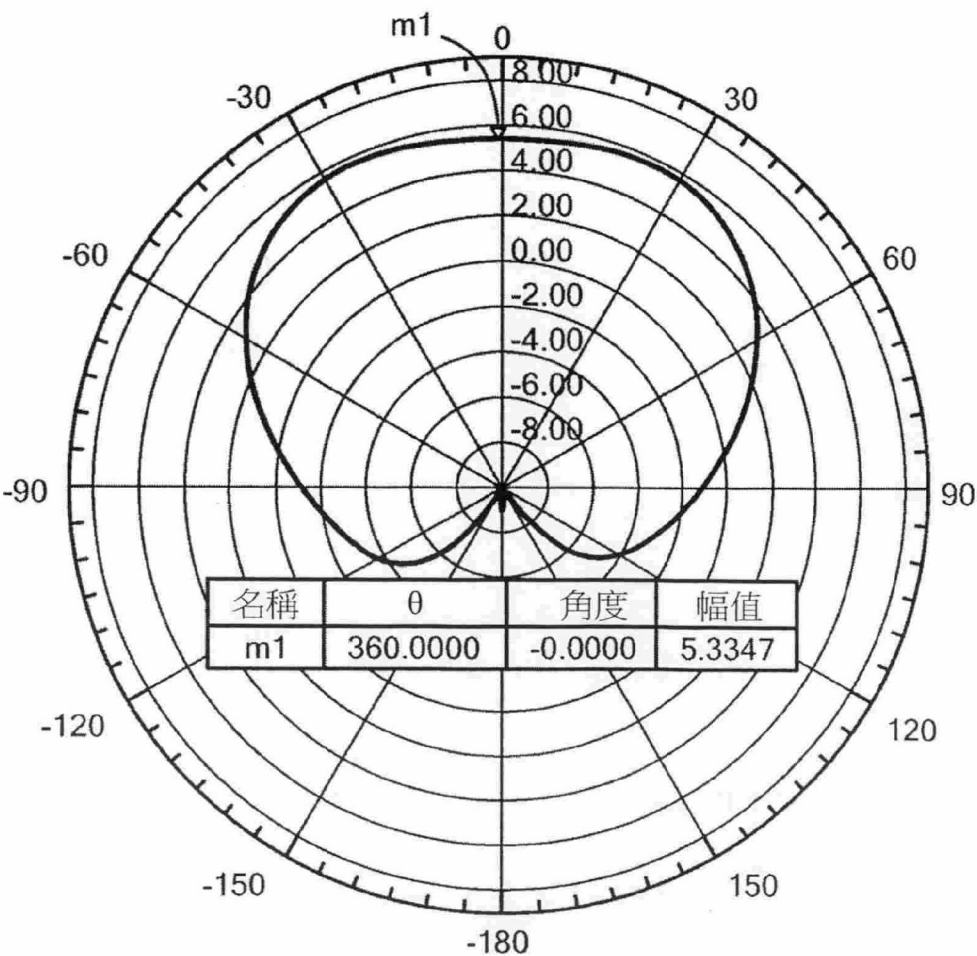
第13B圖



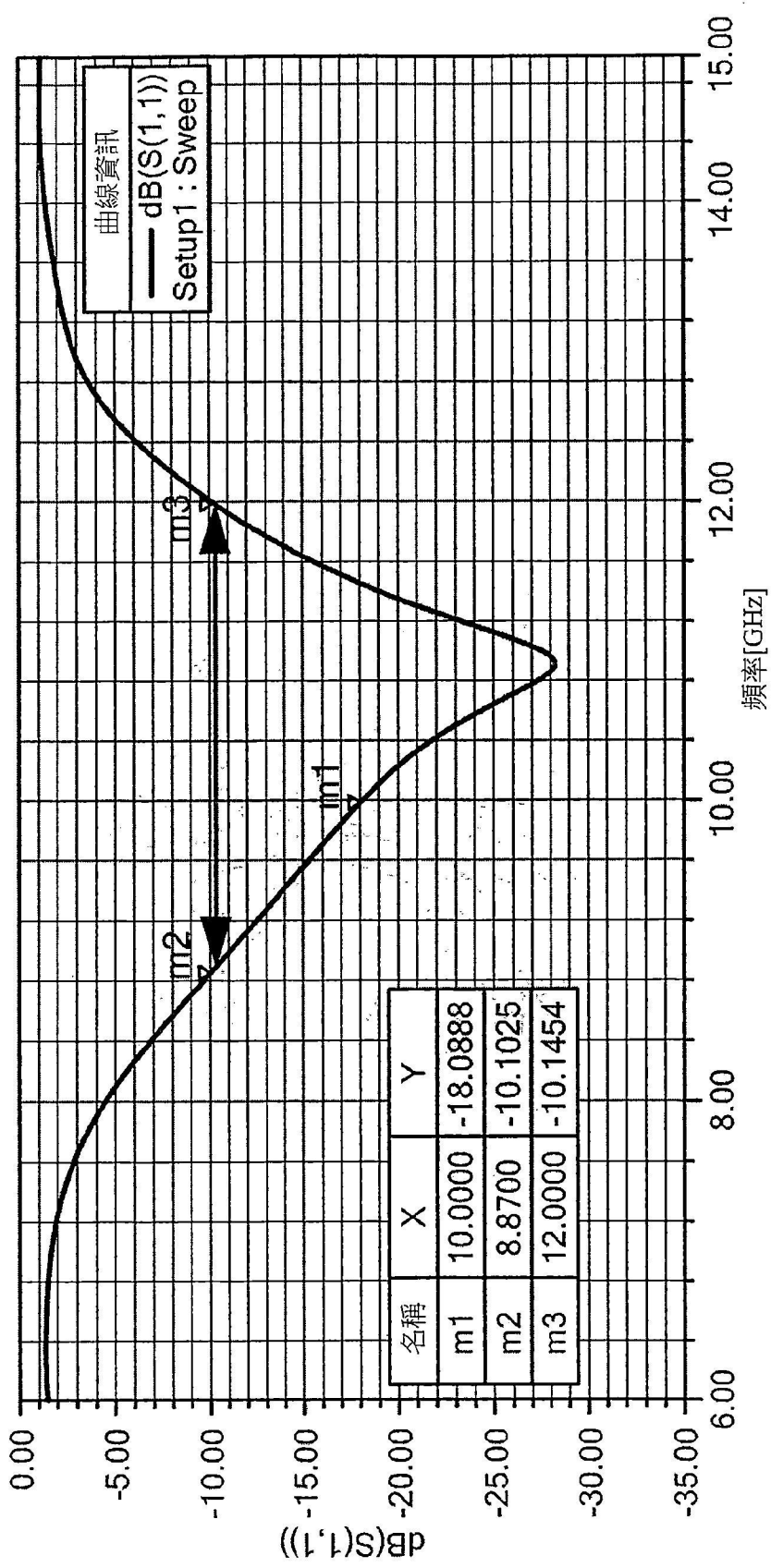
第13C圖



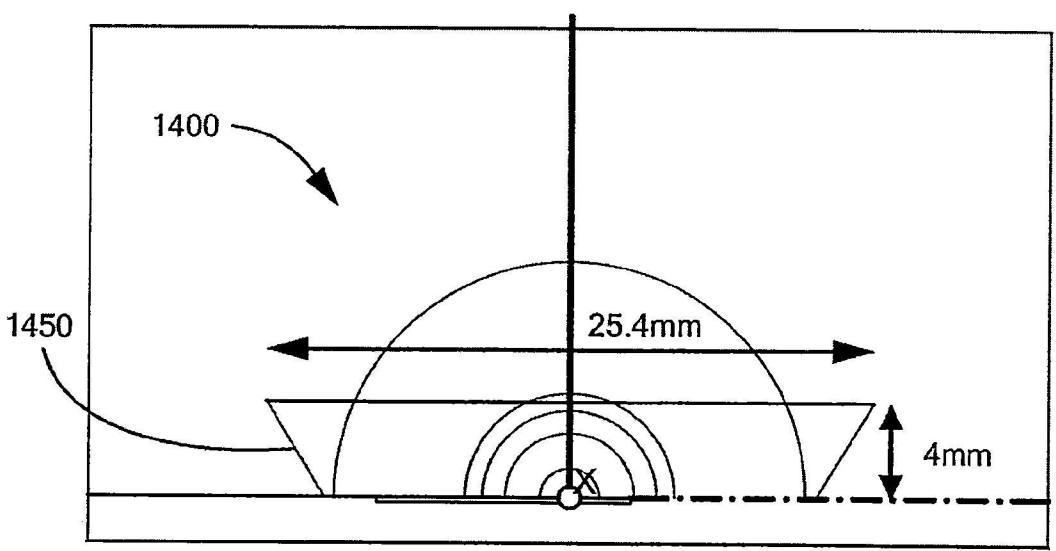
第13D 圖



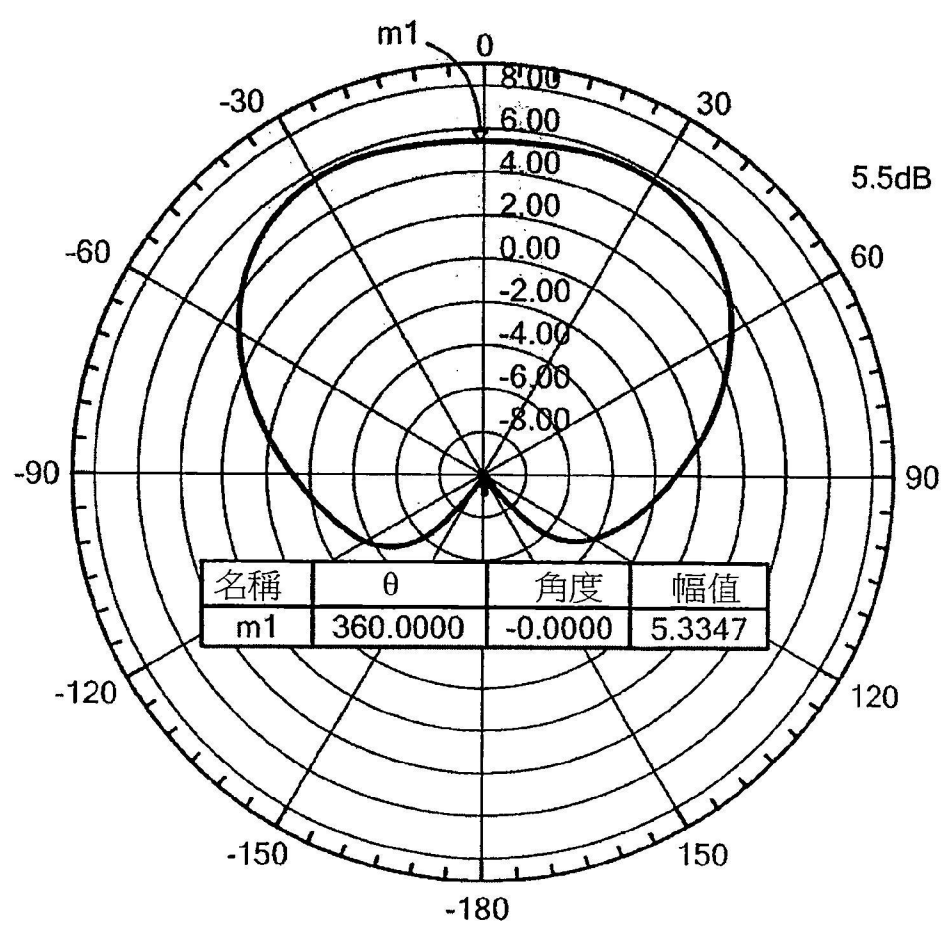
第13E 圖



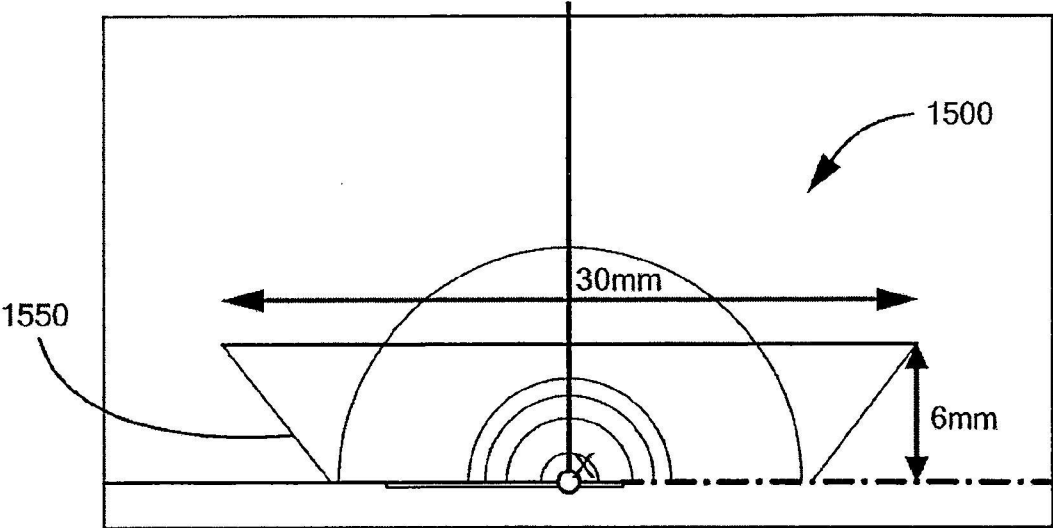
第13F圖



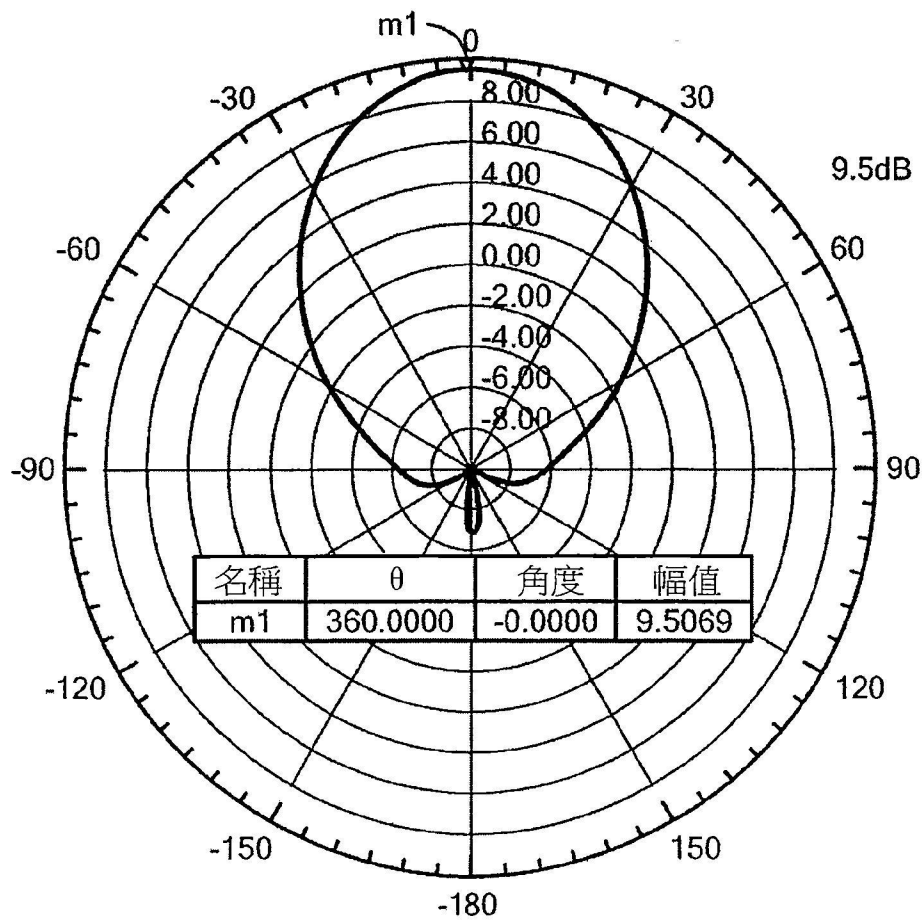
第14A 圖



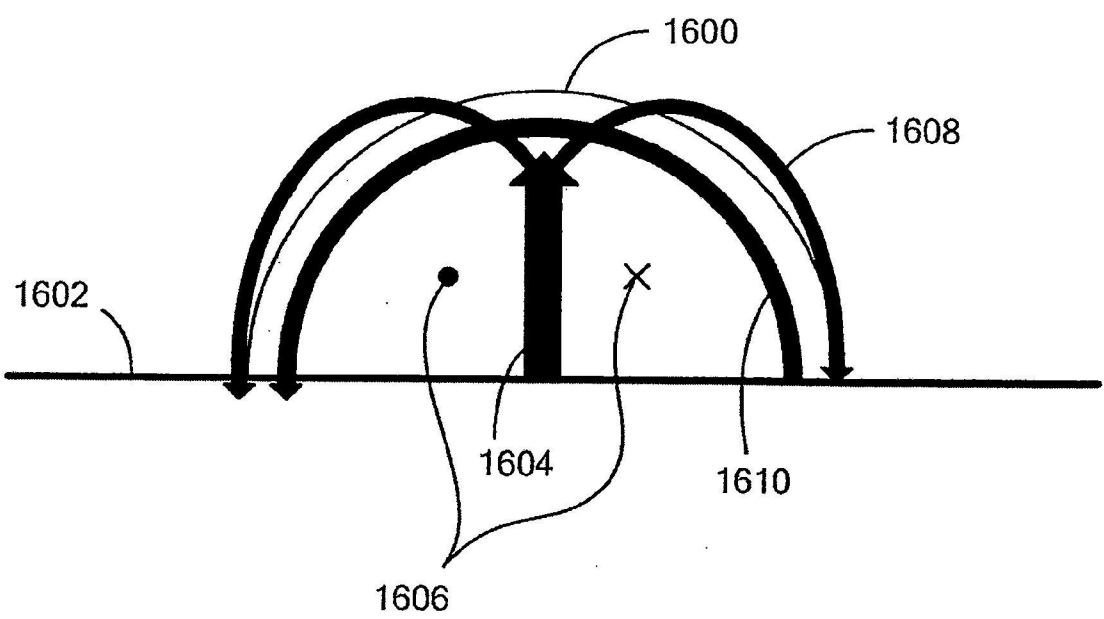
第14B 圖



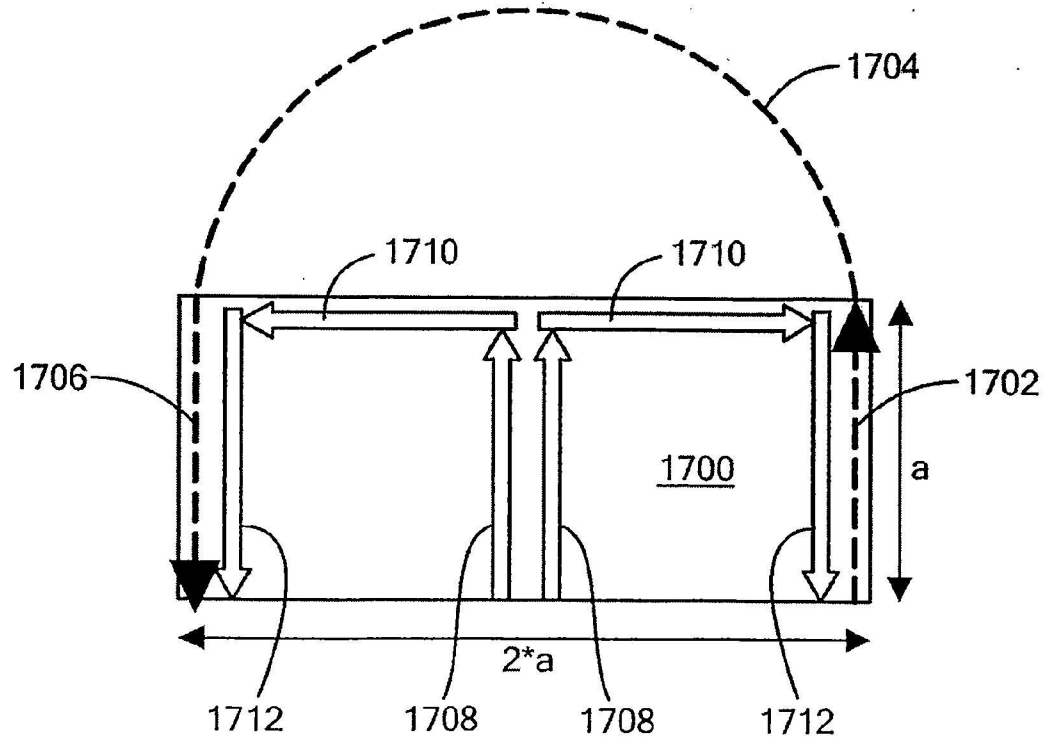
第15A 圖



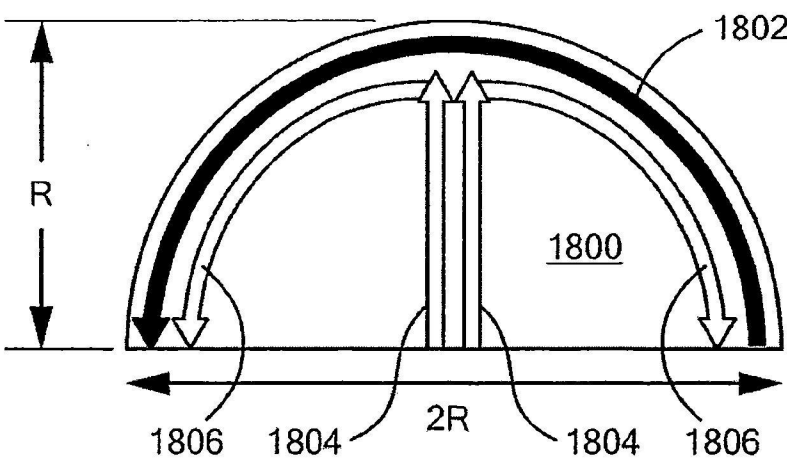
第15B 圖



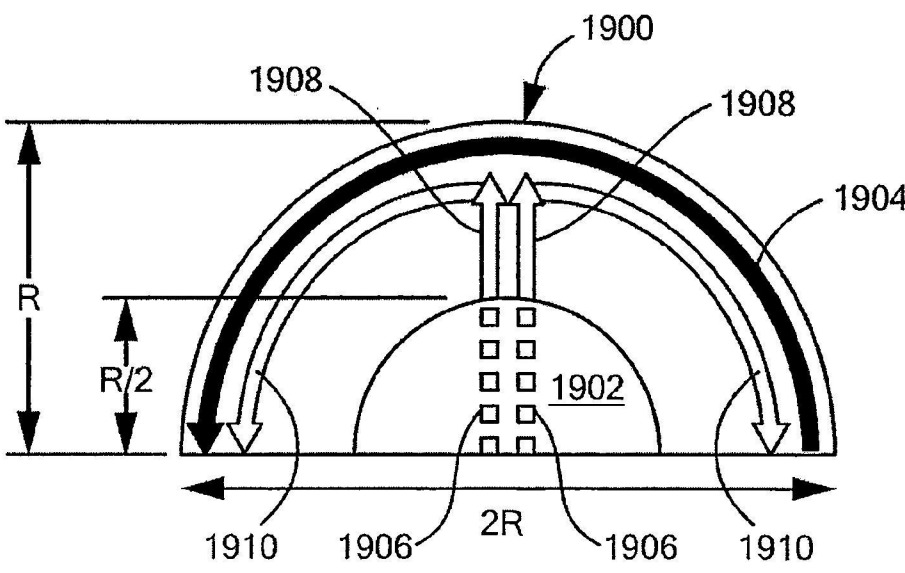
第16圖



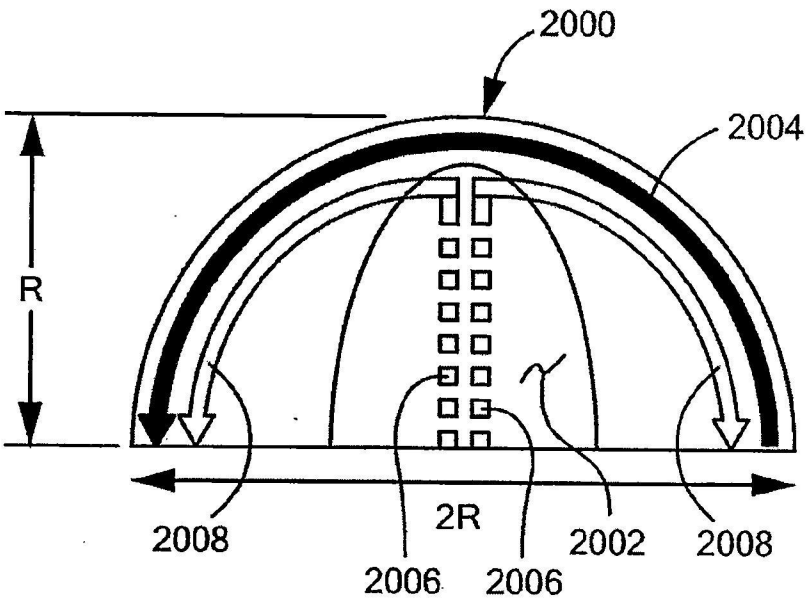
第17圖



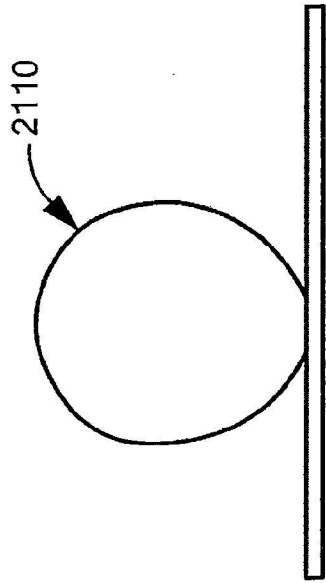
第18圖



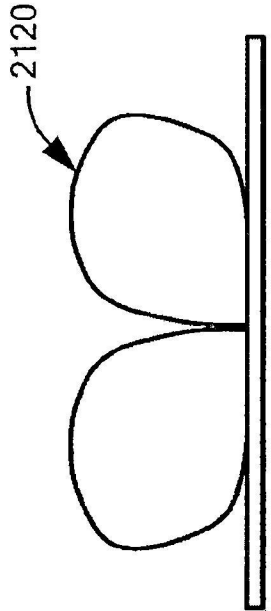
第19圖



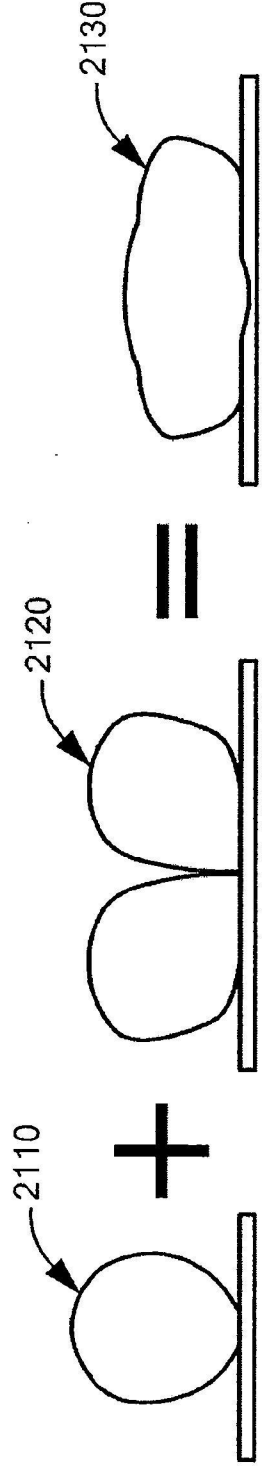
第 20 圖



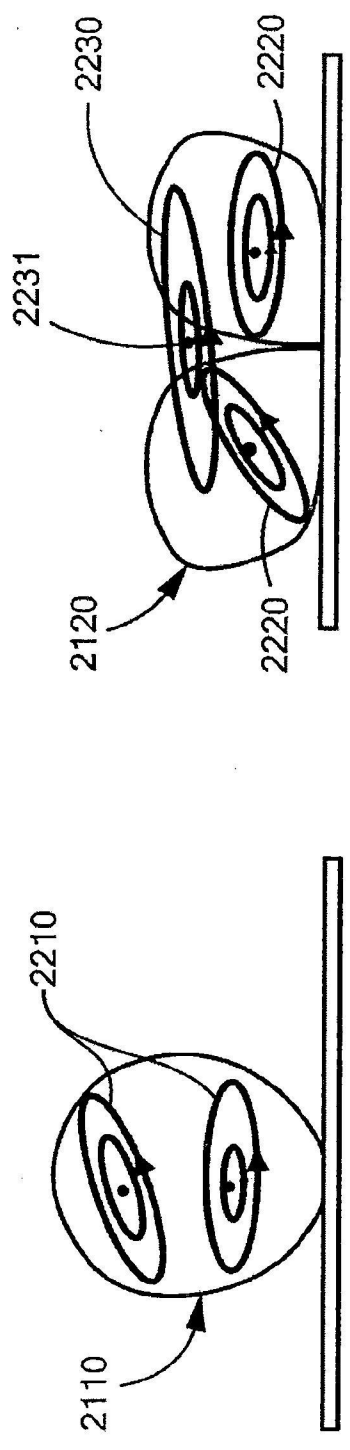
第21A圖



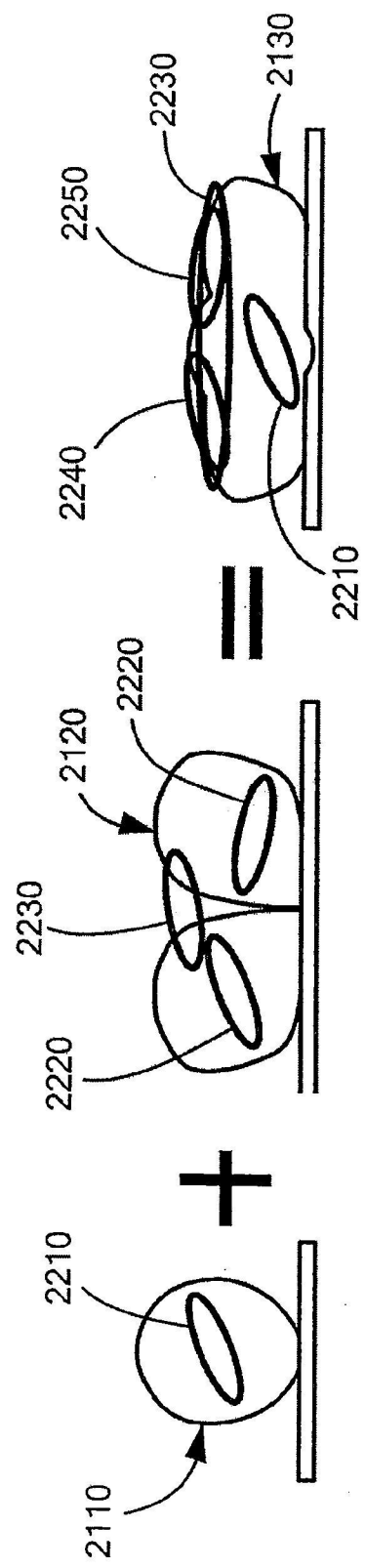
第21B圖



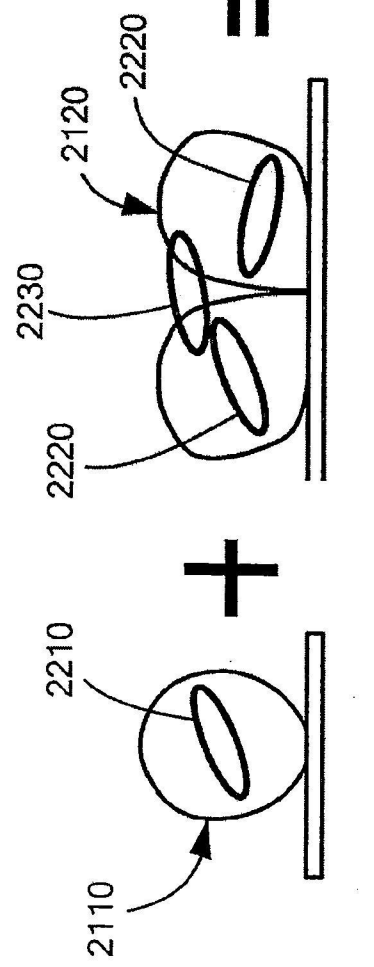
第21C圖



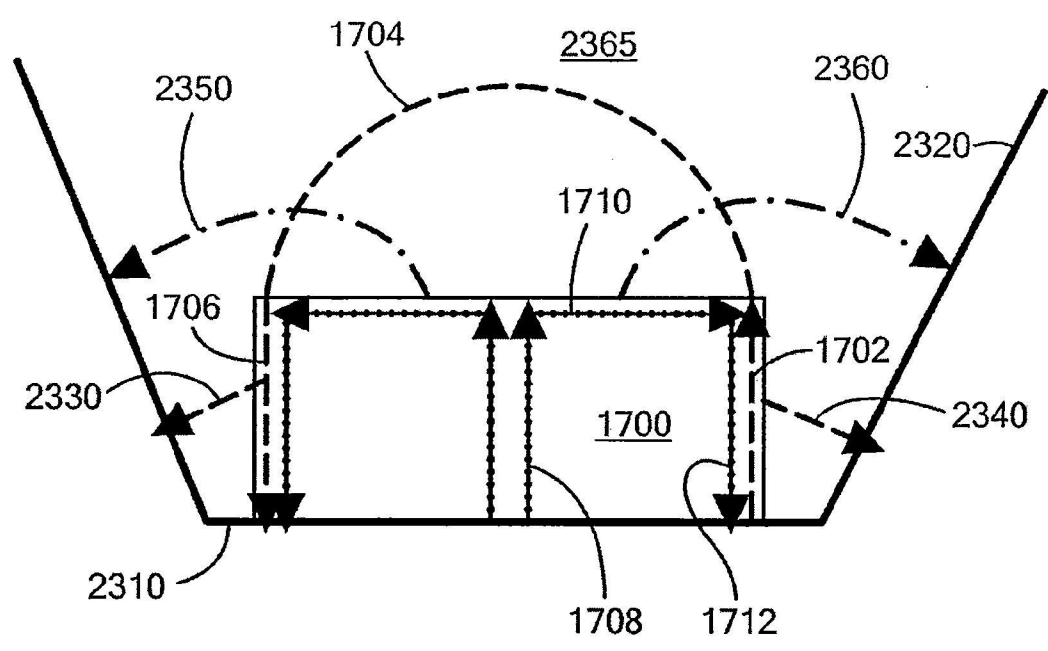
第 22A 圖



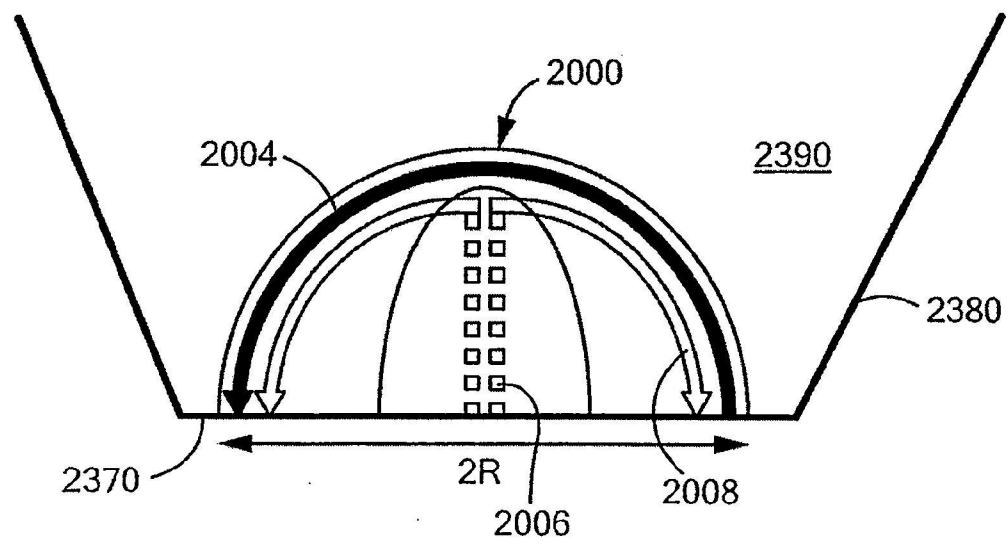
第 22B 圖



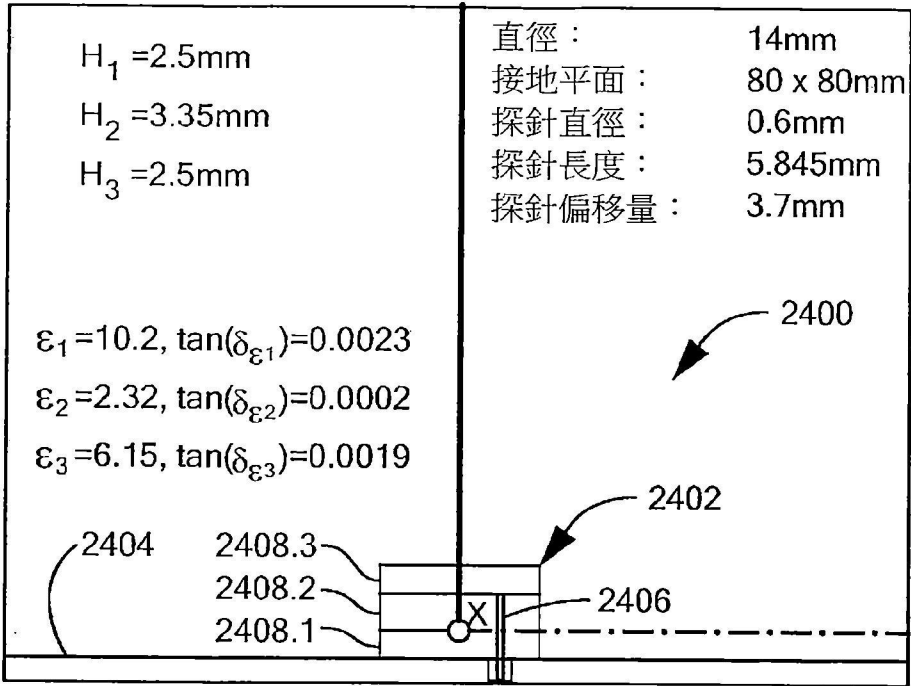
第 22C 圖



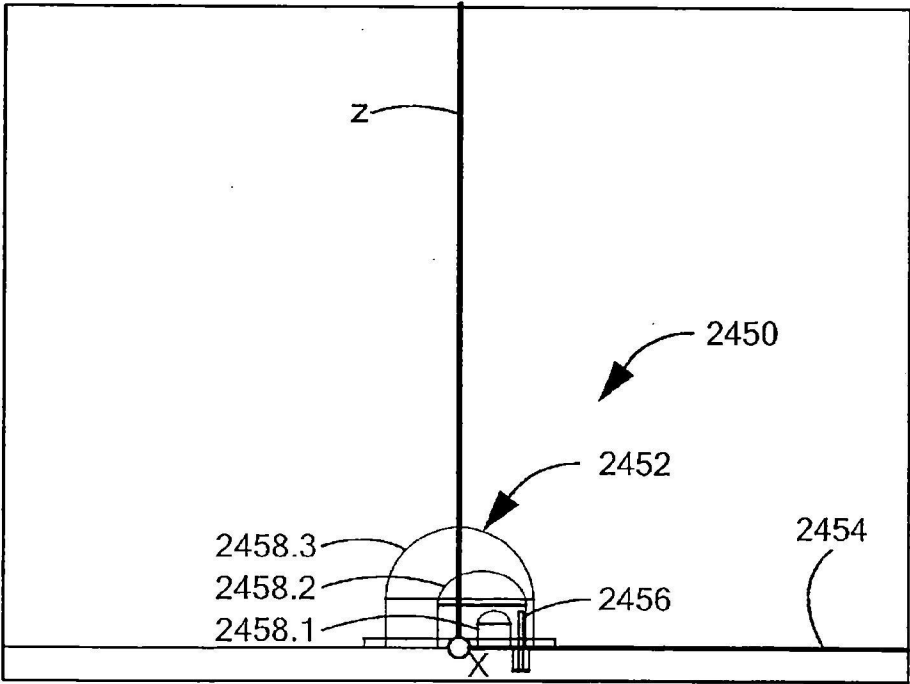
第23A圖



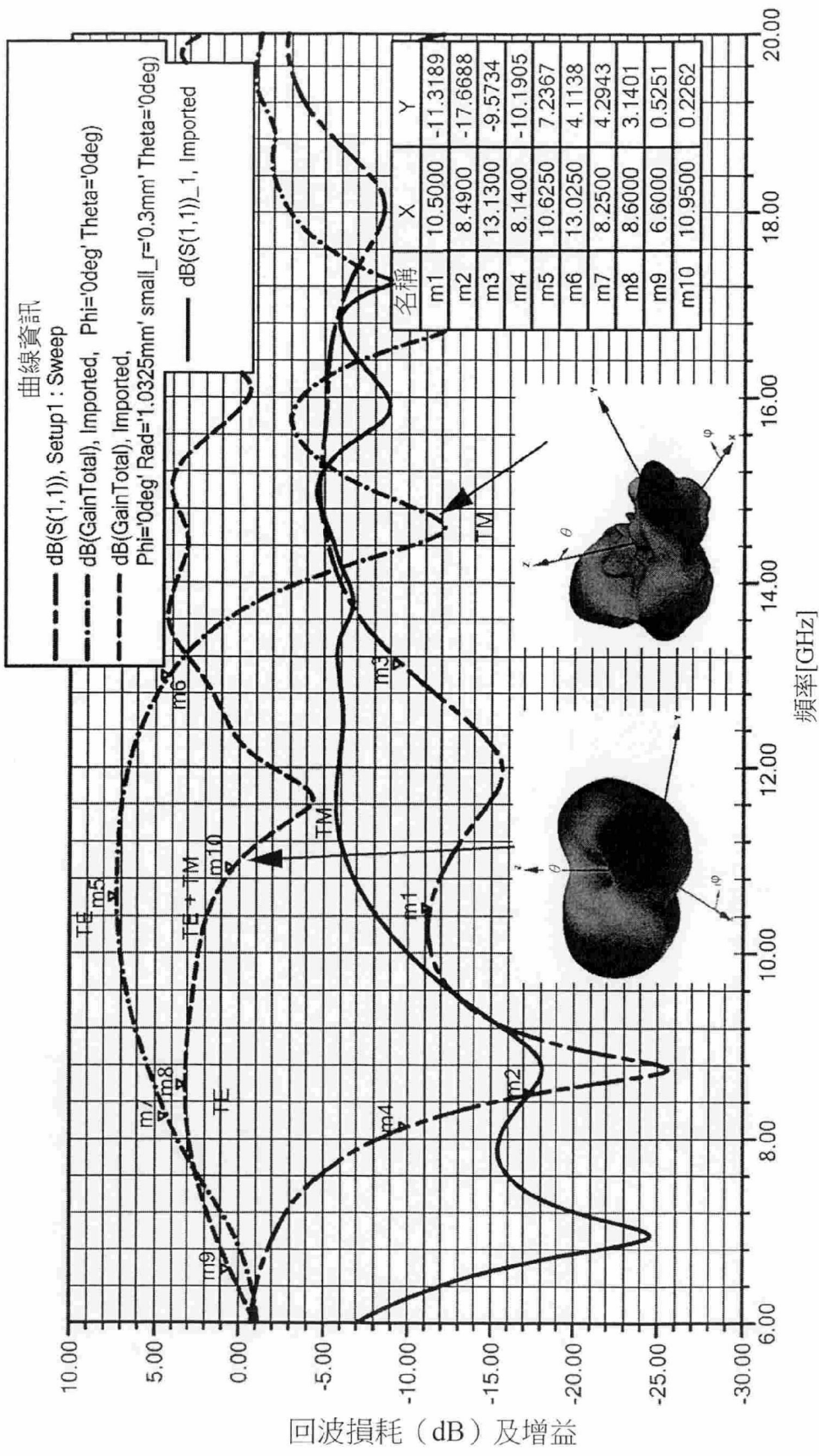
第23B圖



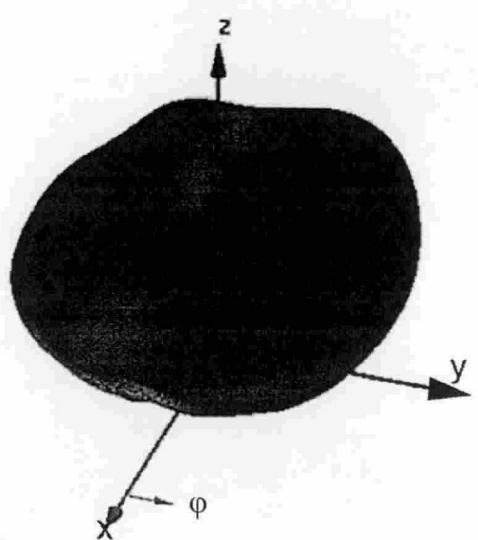
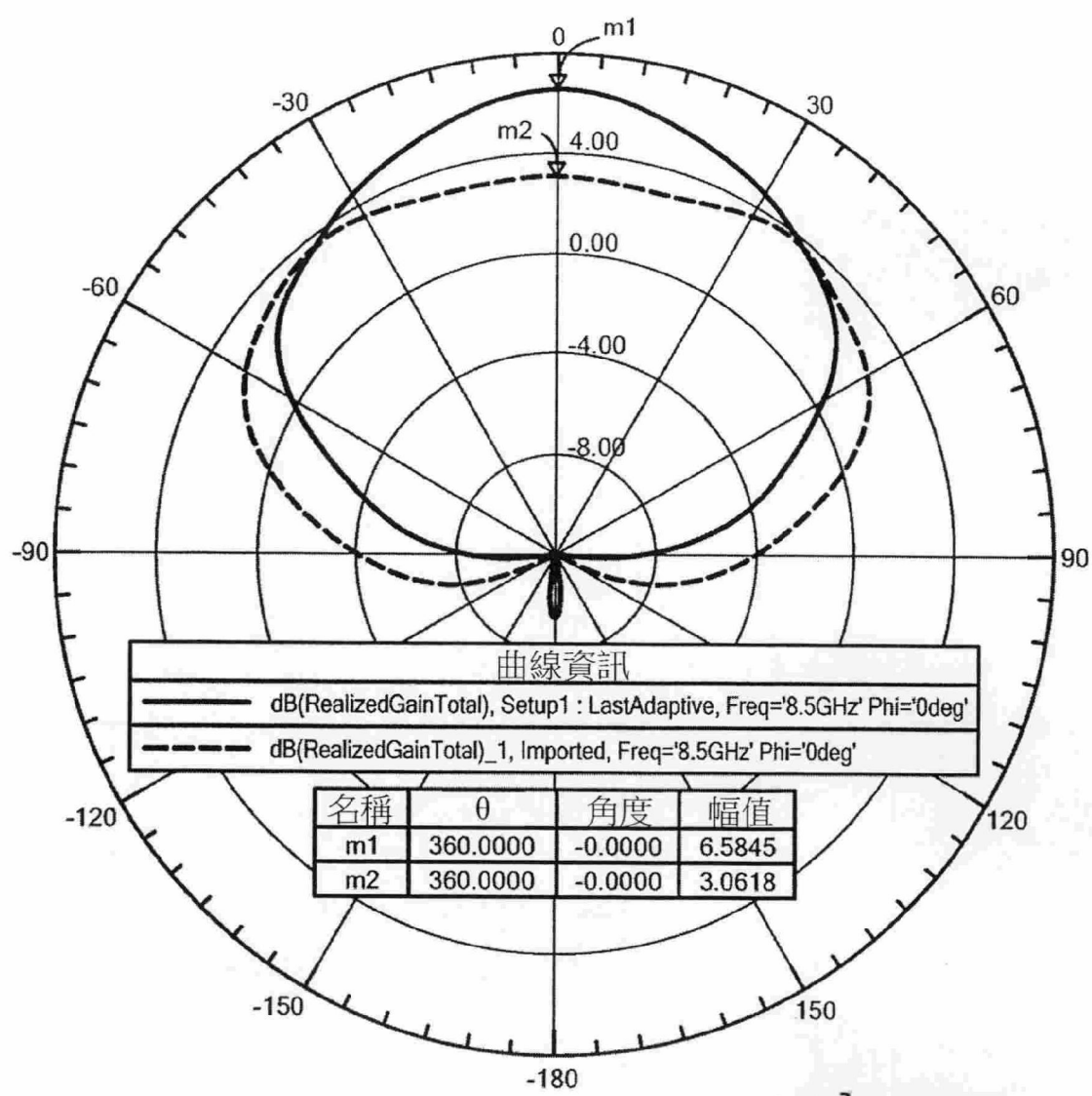
第24A 圖



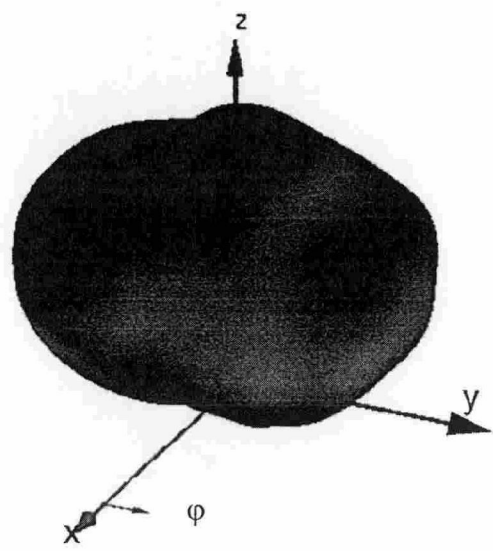
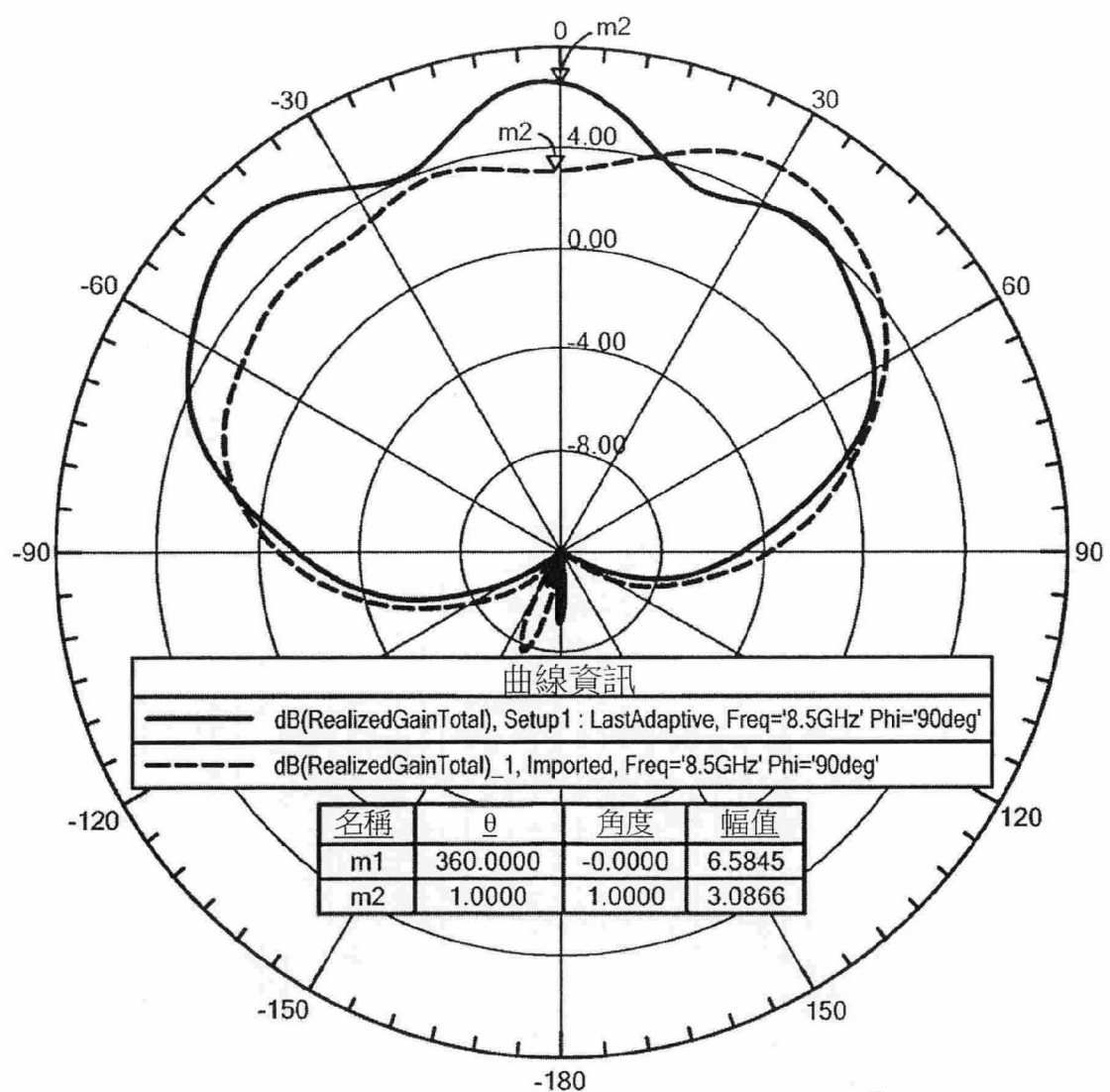
第24B 圖



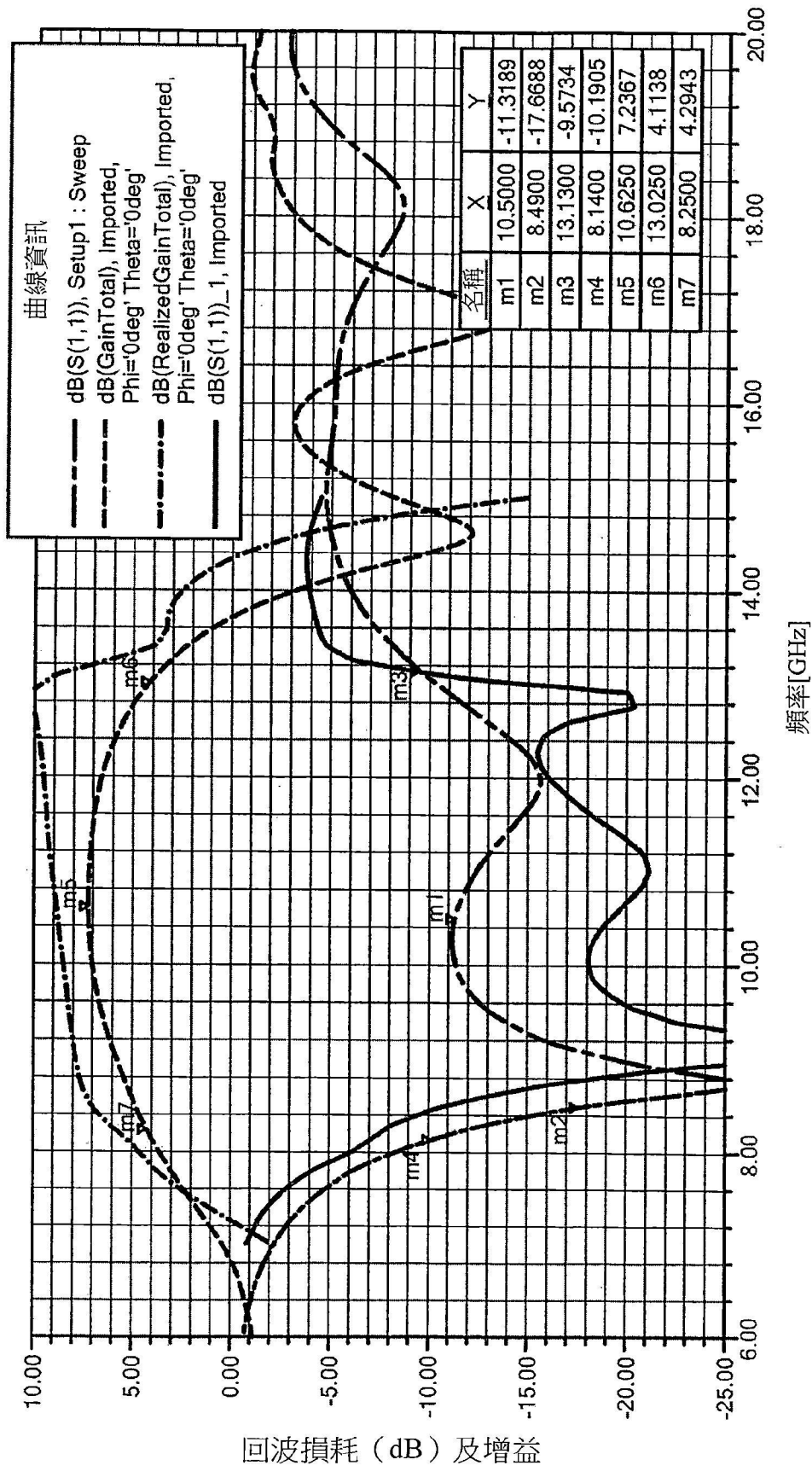
第25圖



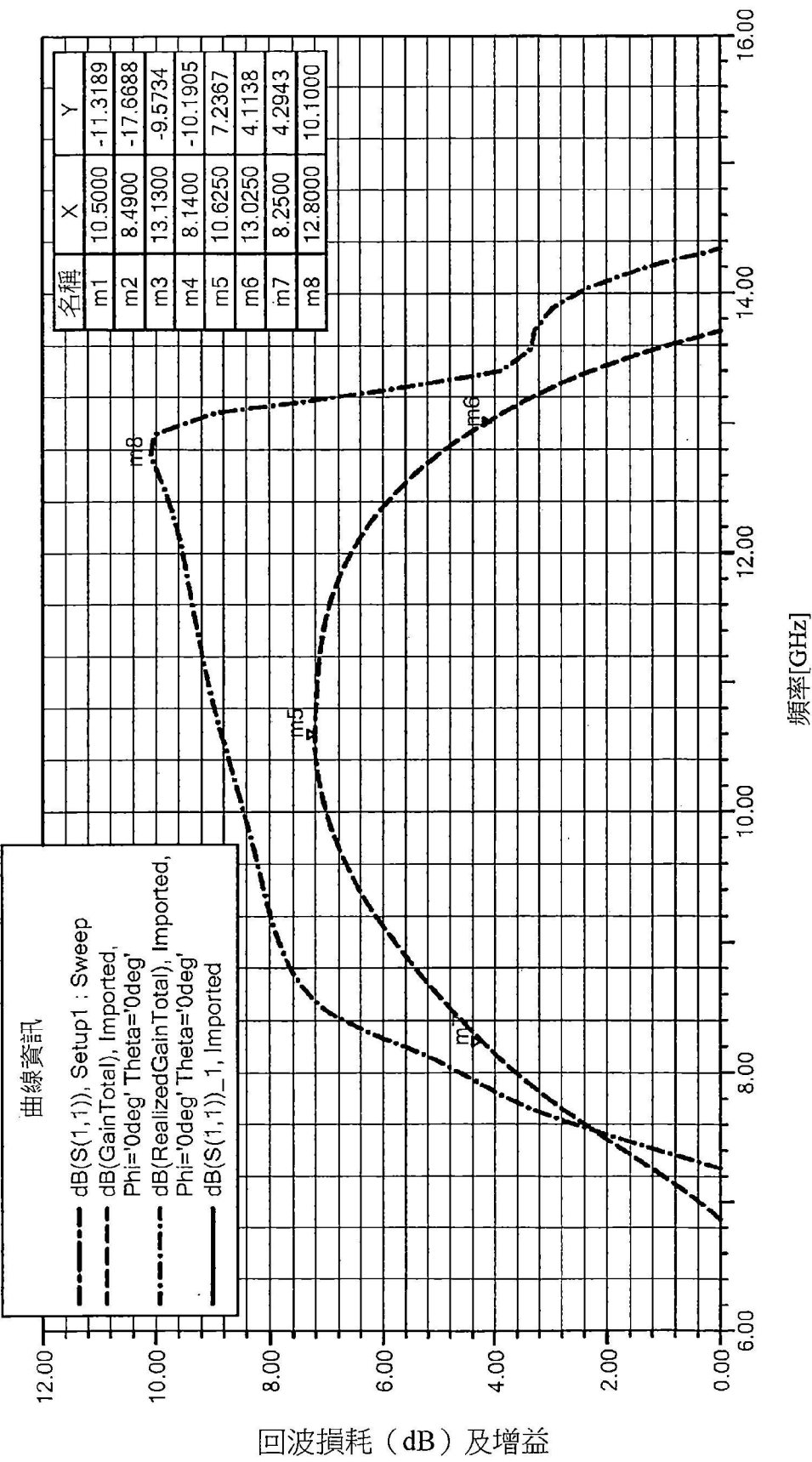
第26A 圖



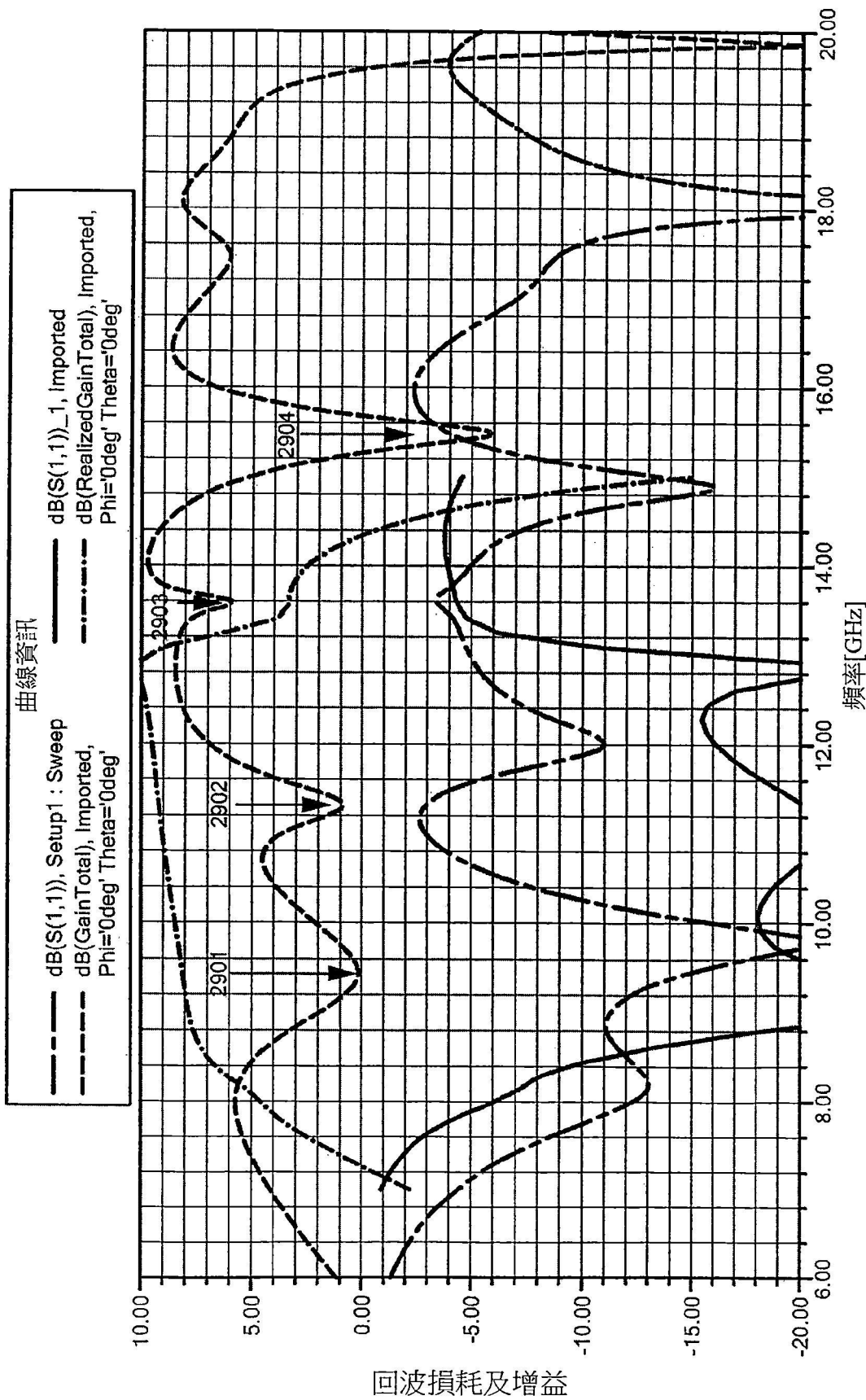
第26B 圖



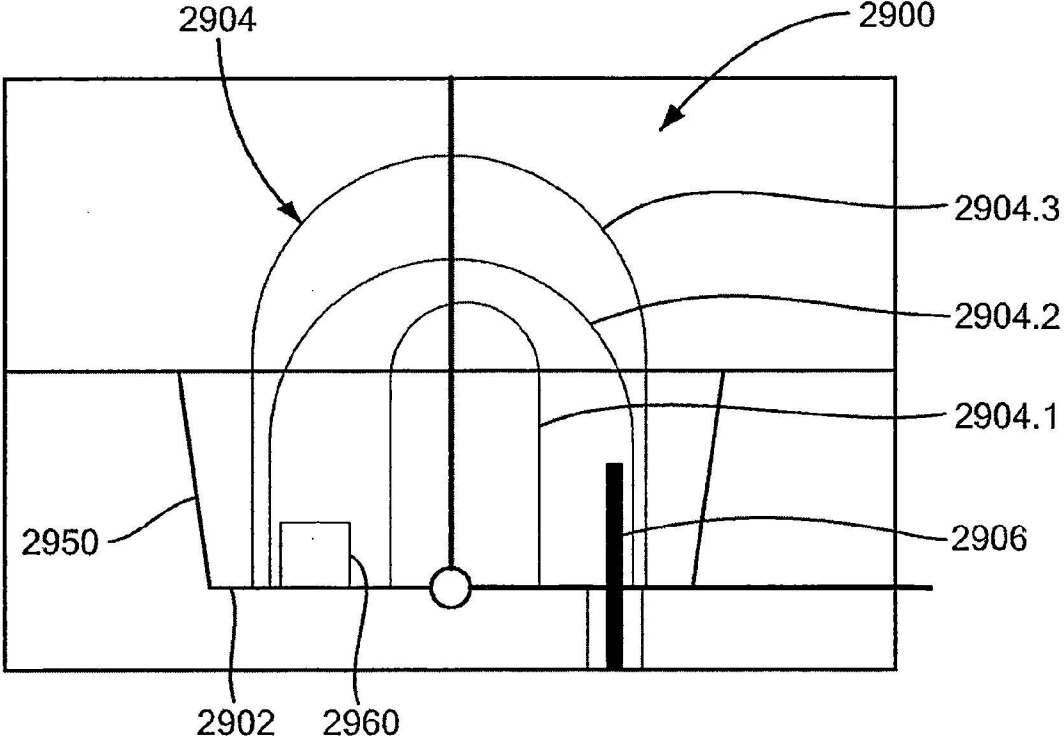
第27A圖



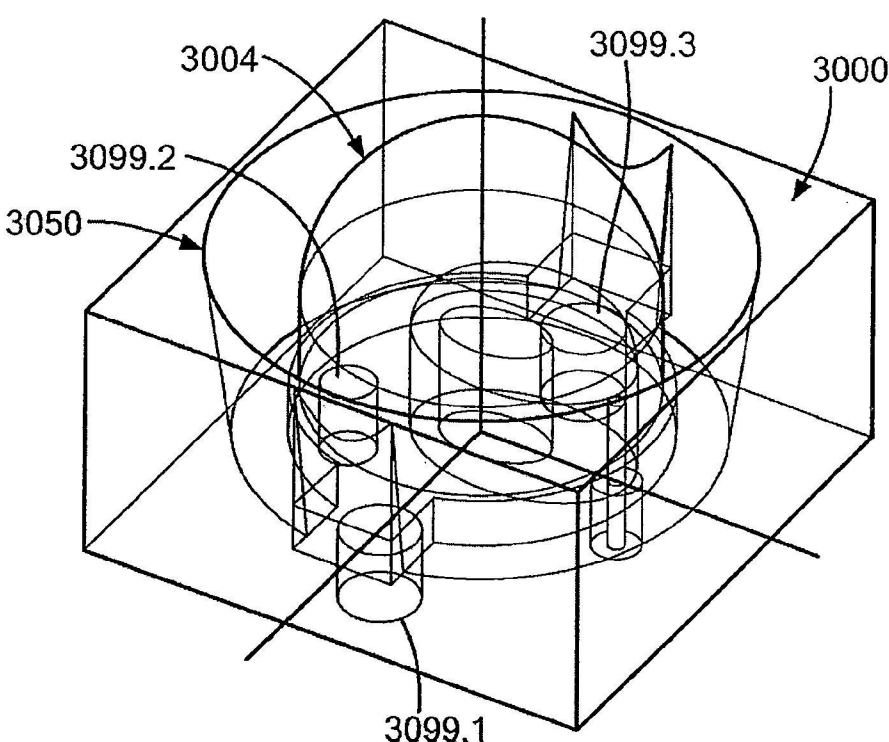
第27B圖



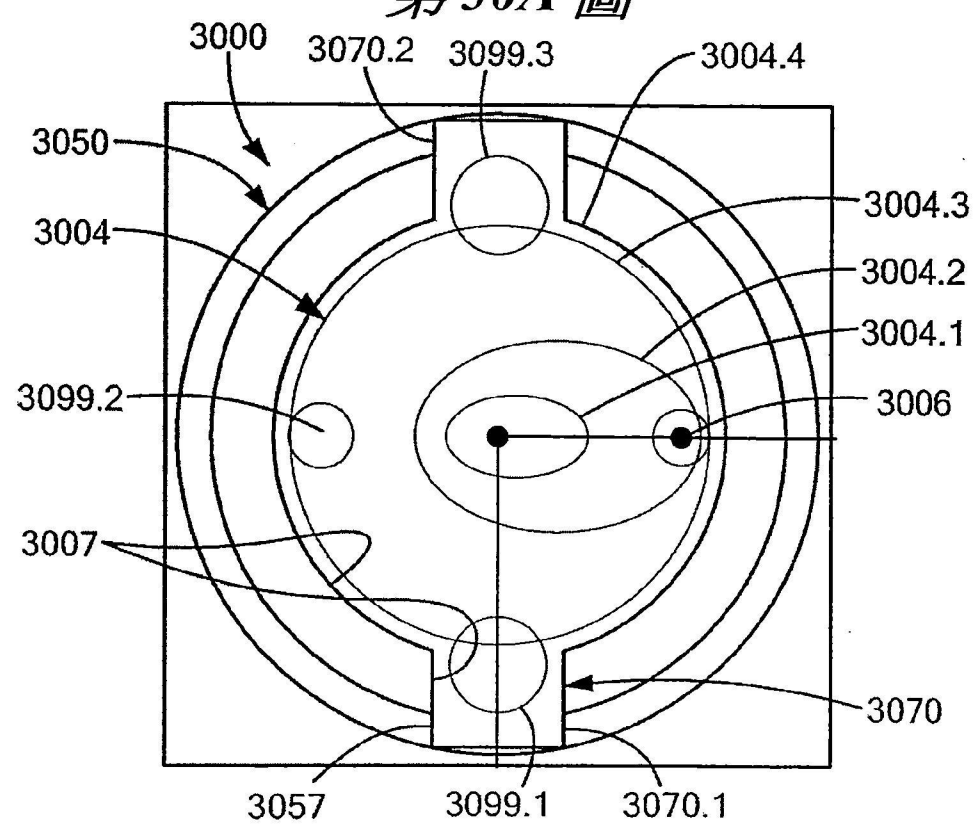
第 28 圖



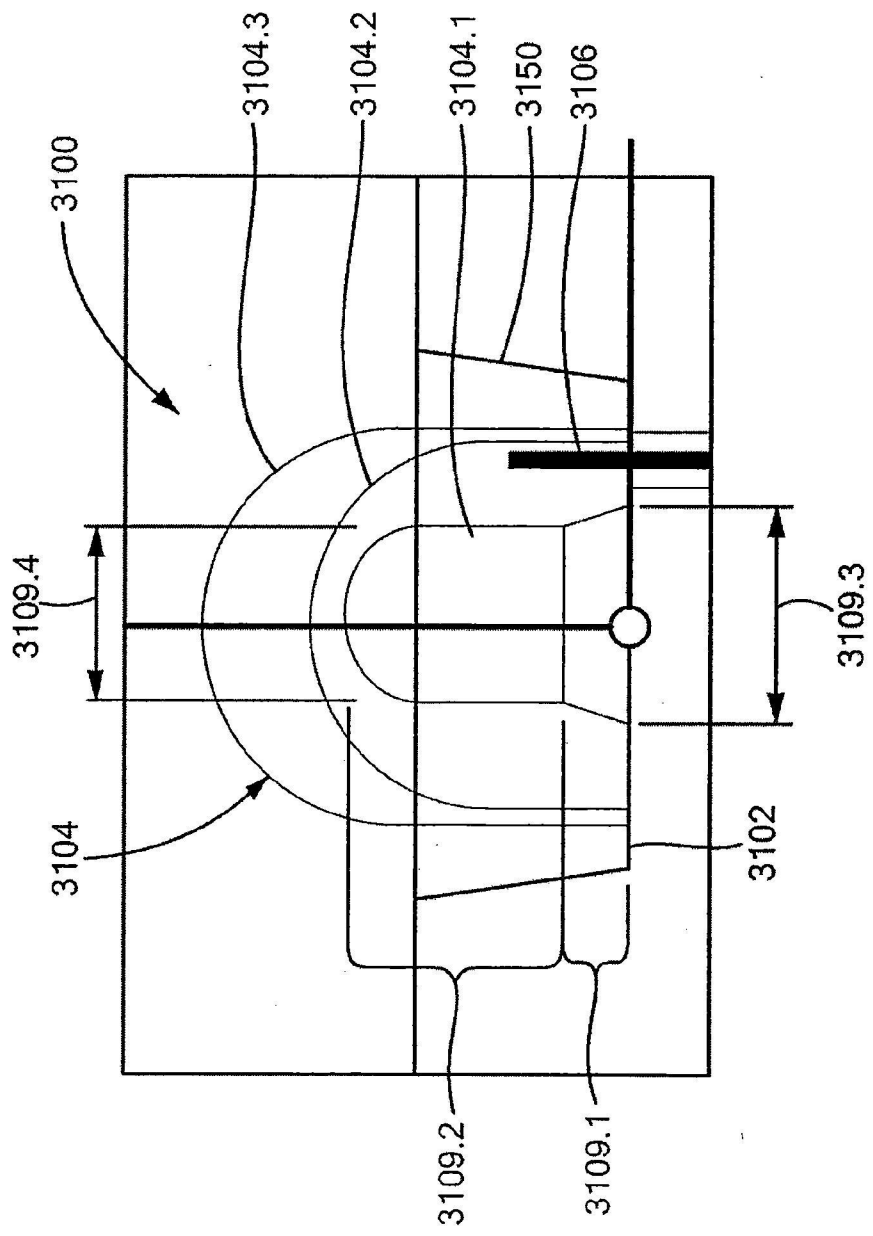
第 29 圖



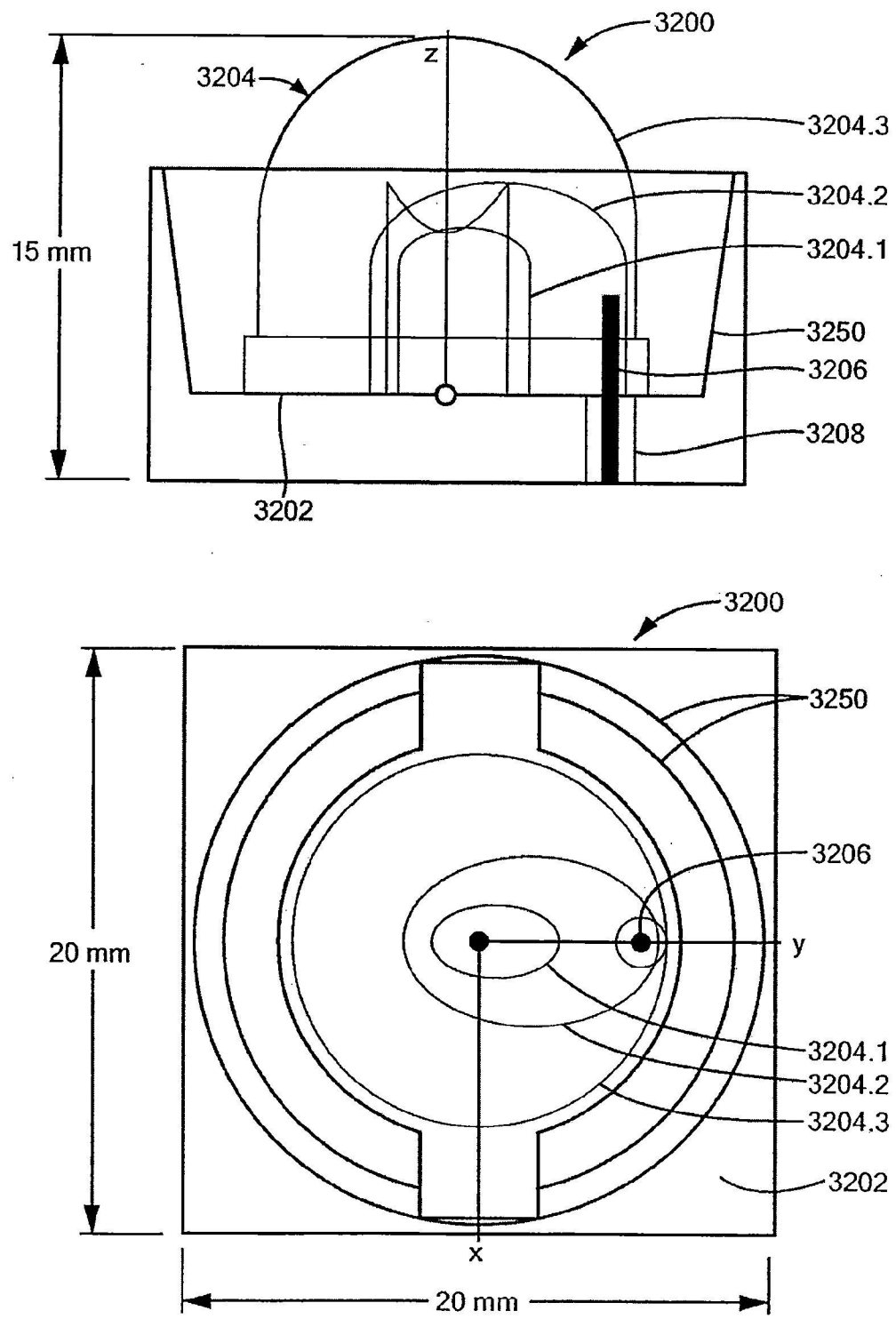
第30A圖



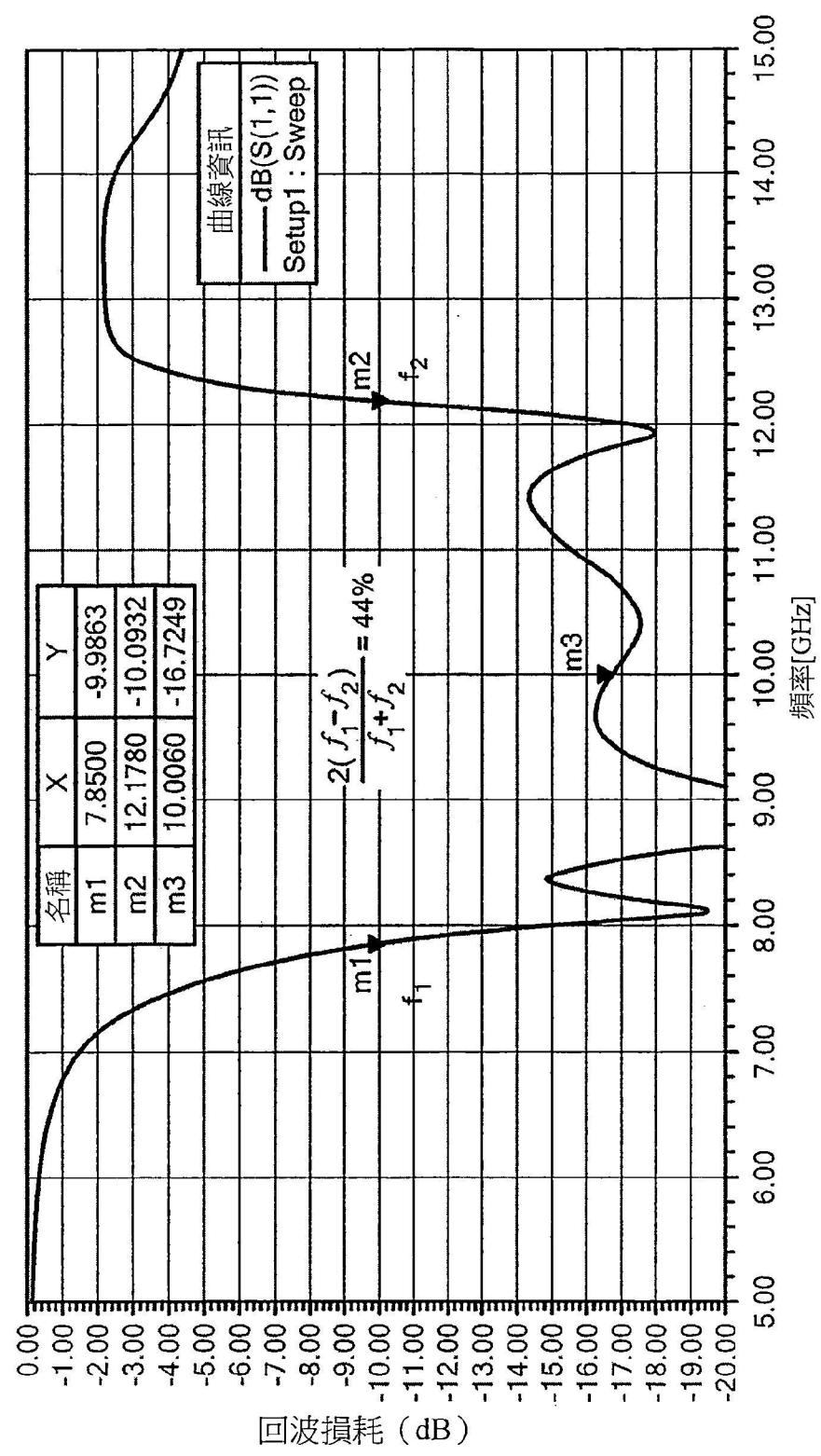
第30B圖



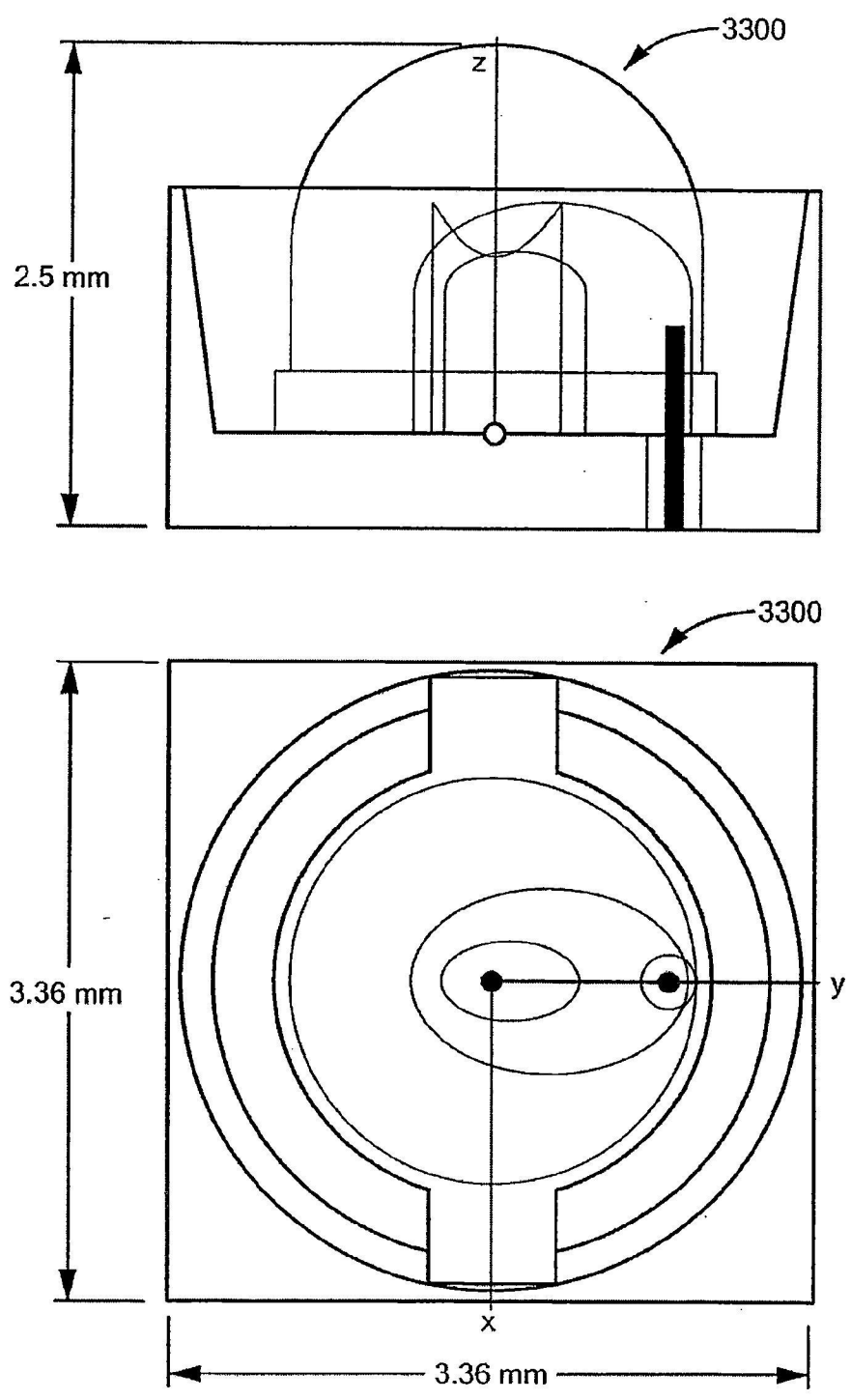
第31圖



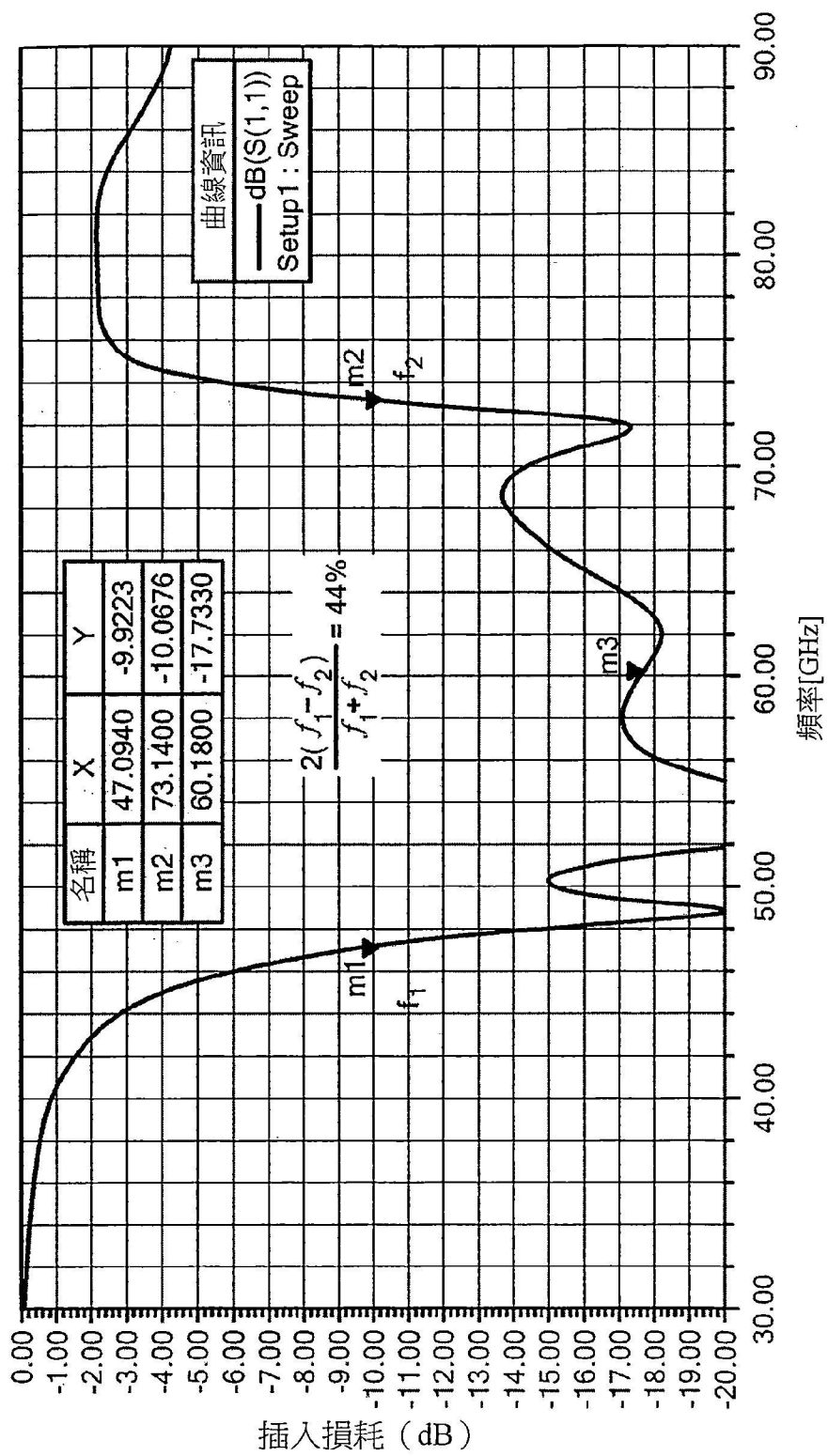
第32圖



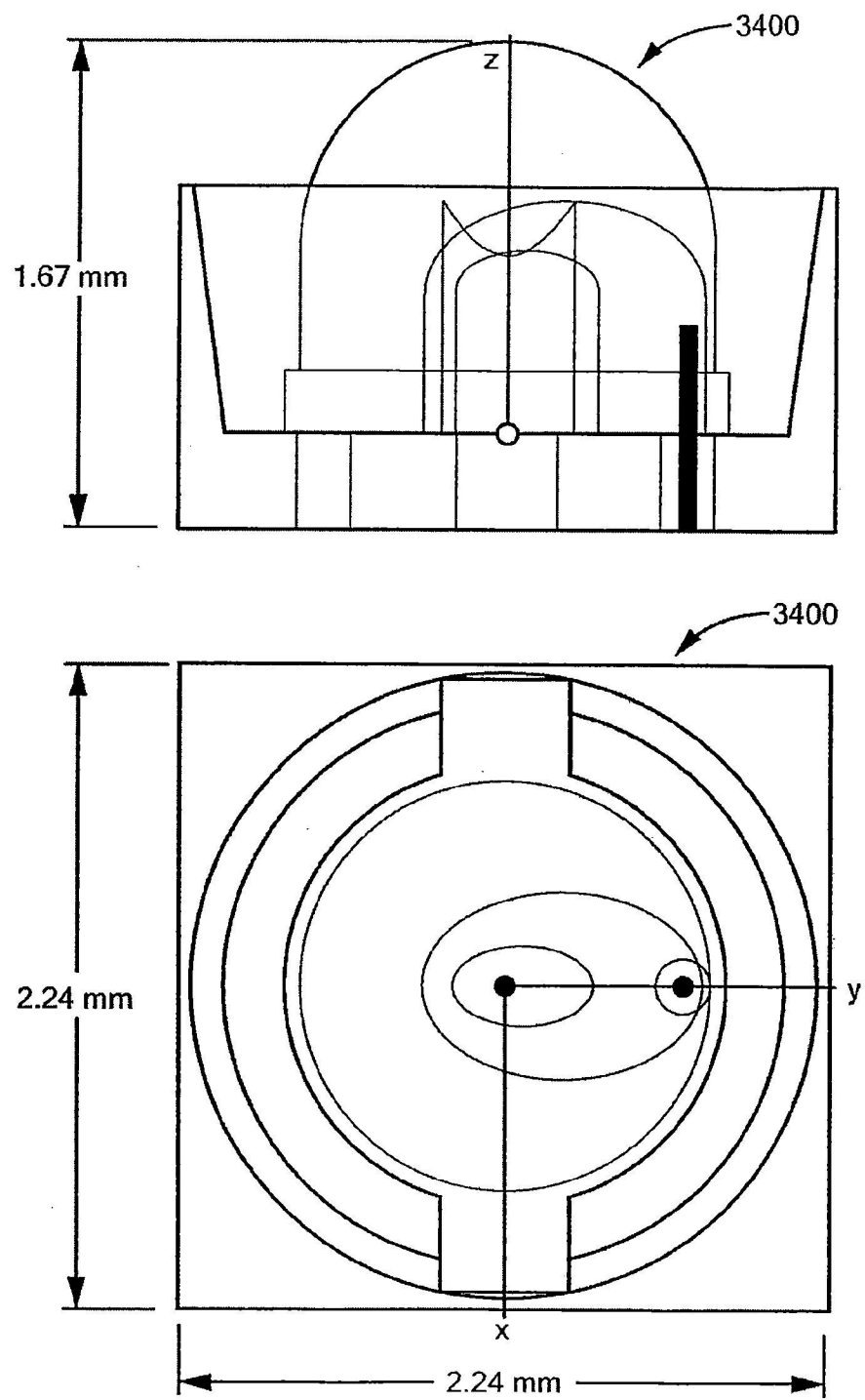
第32A 圖



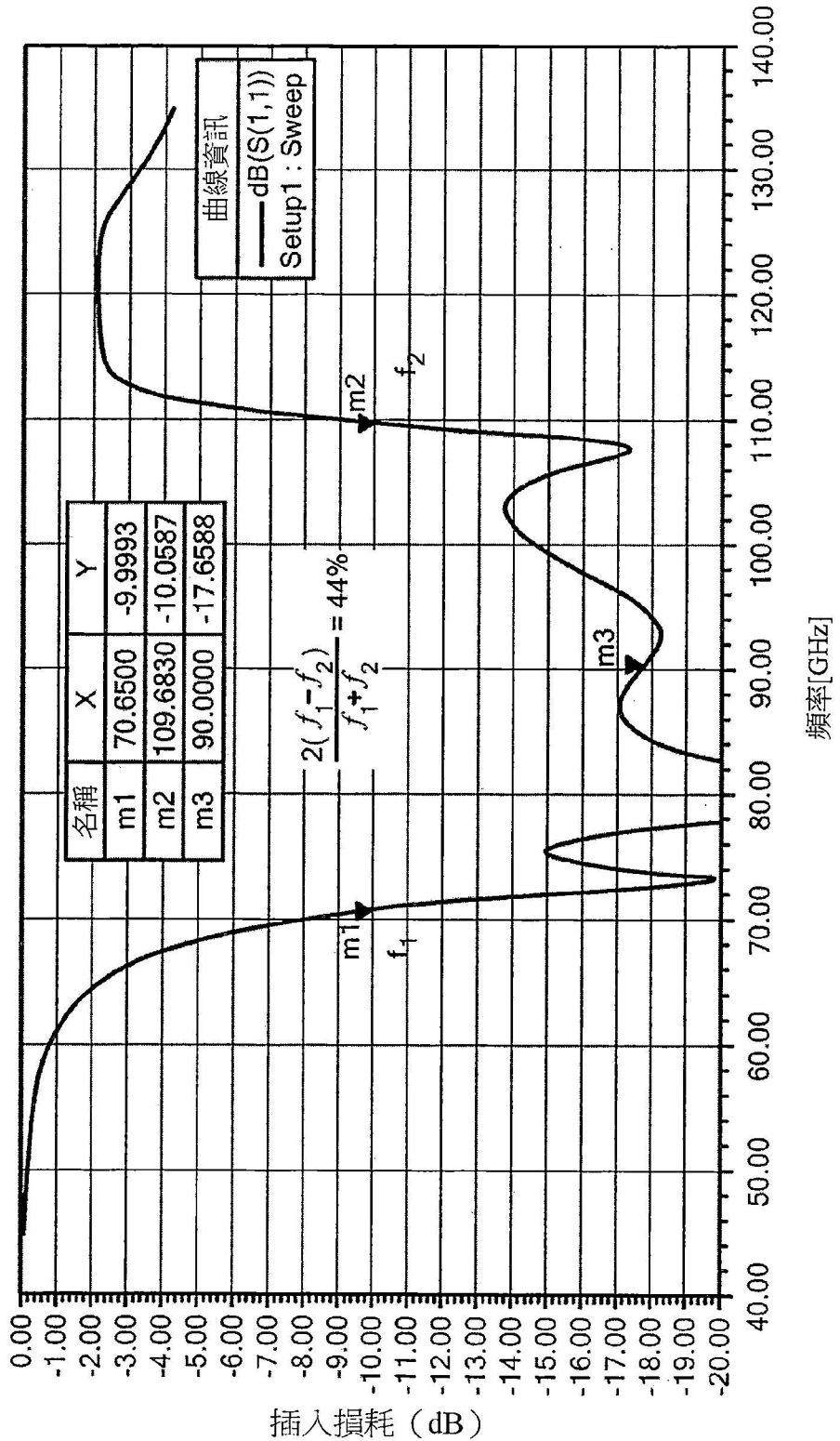
第33圖



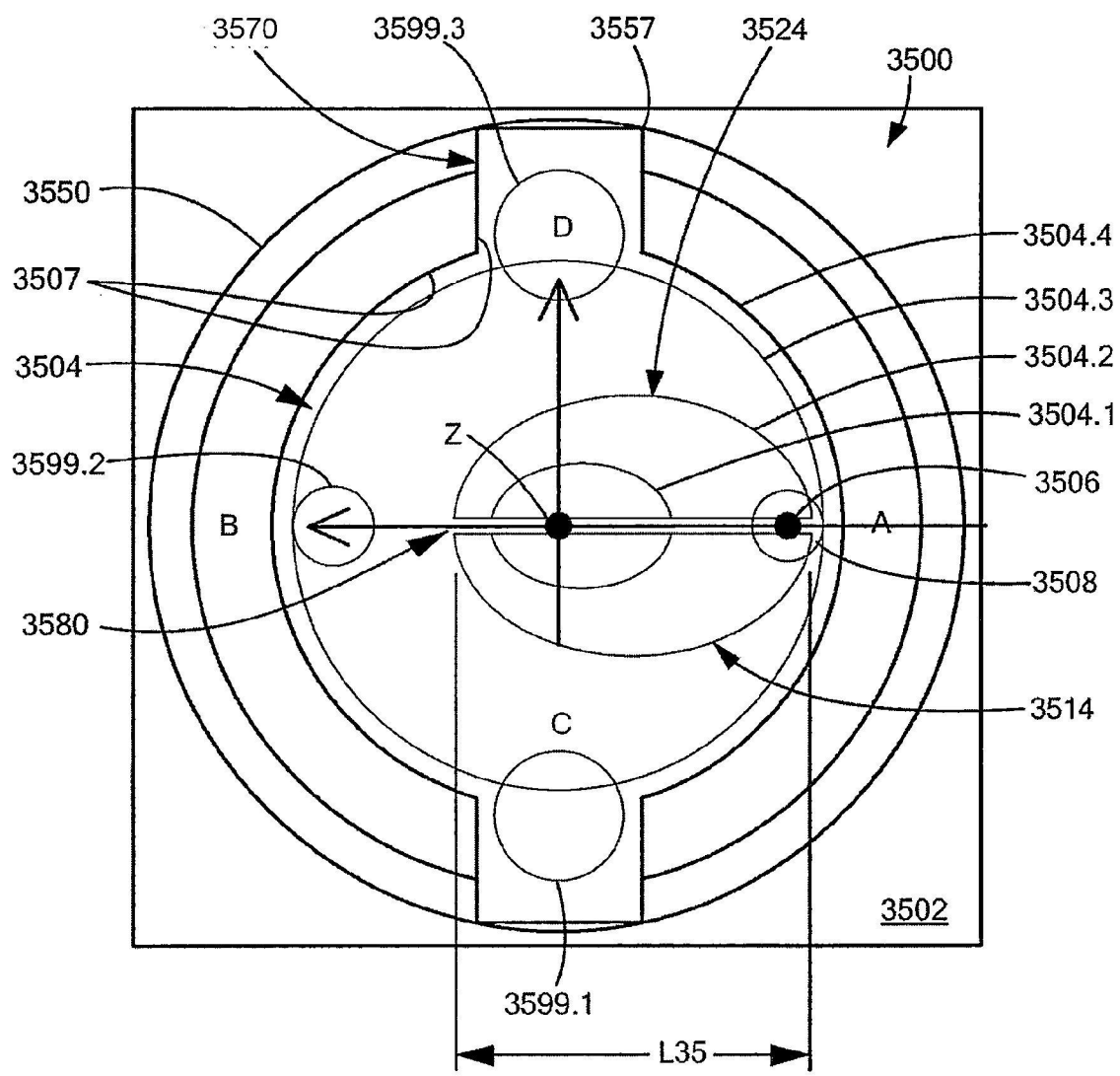
第33A 圖



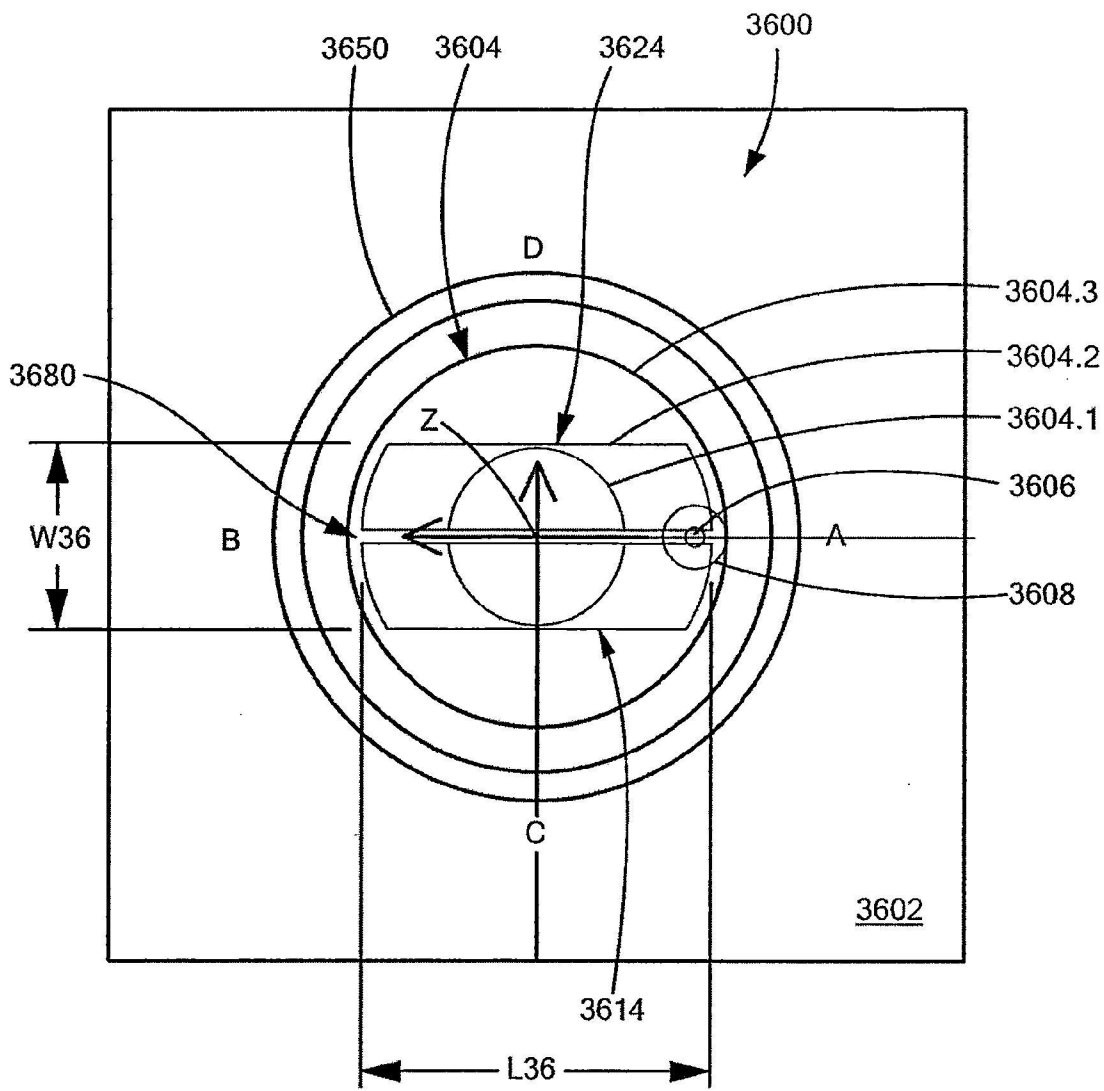
第34圖



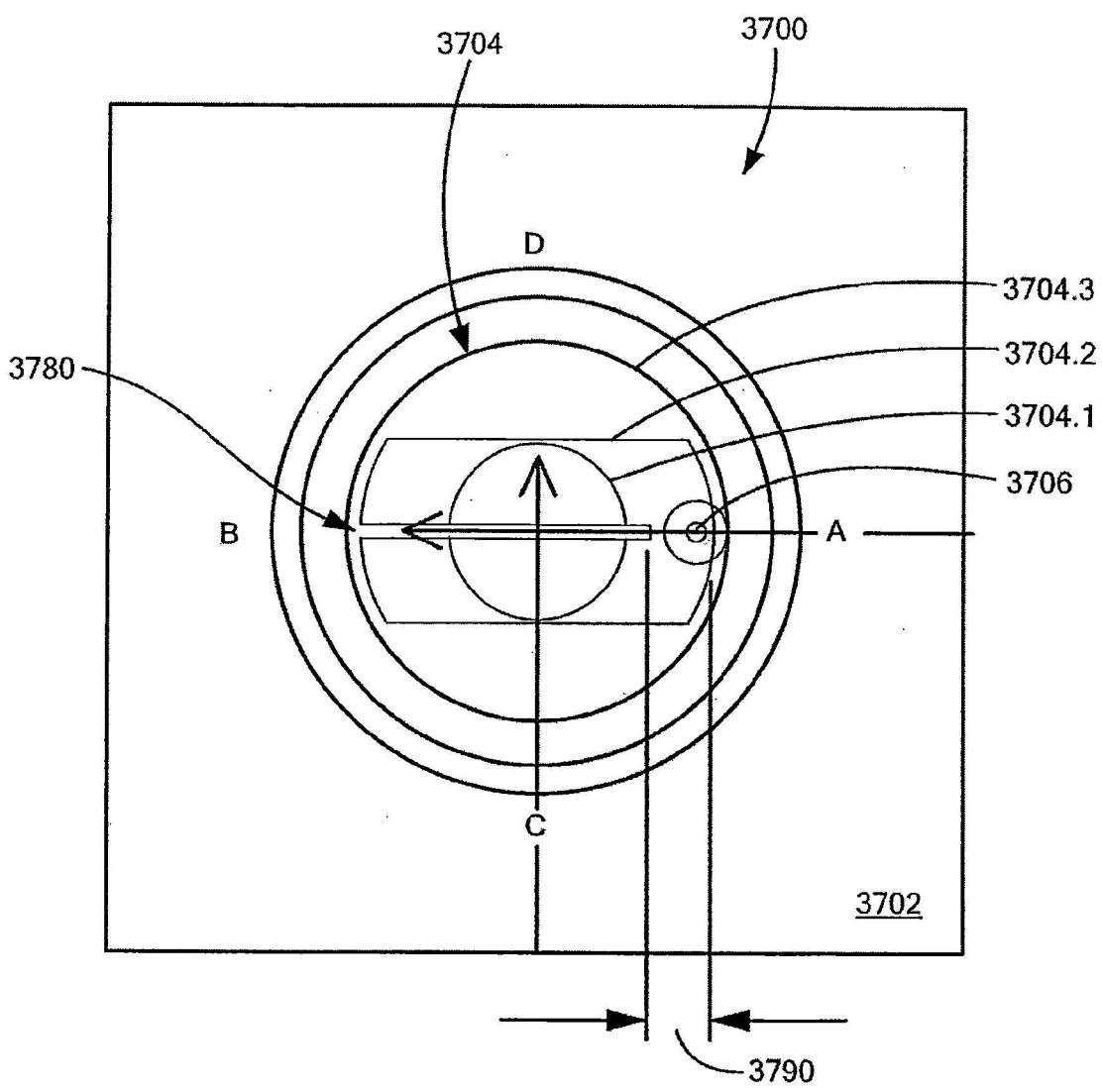
第34A圖



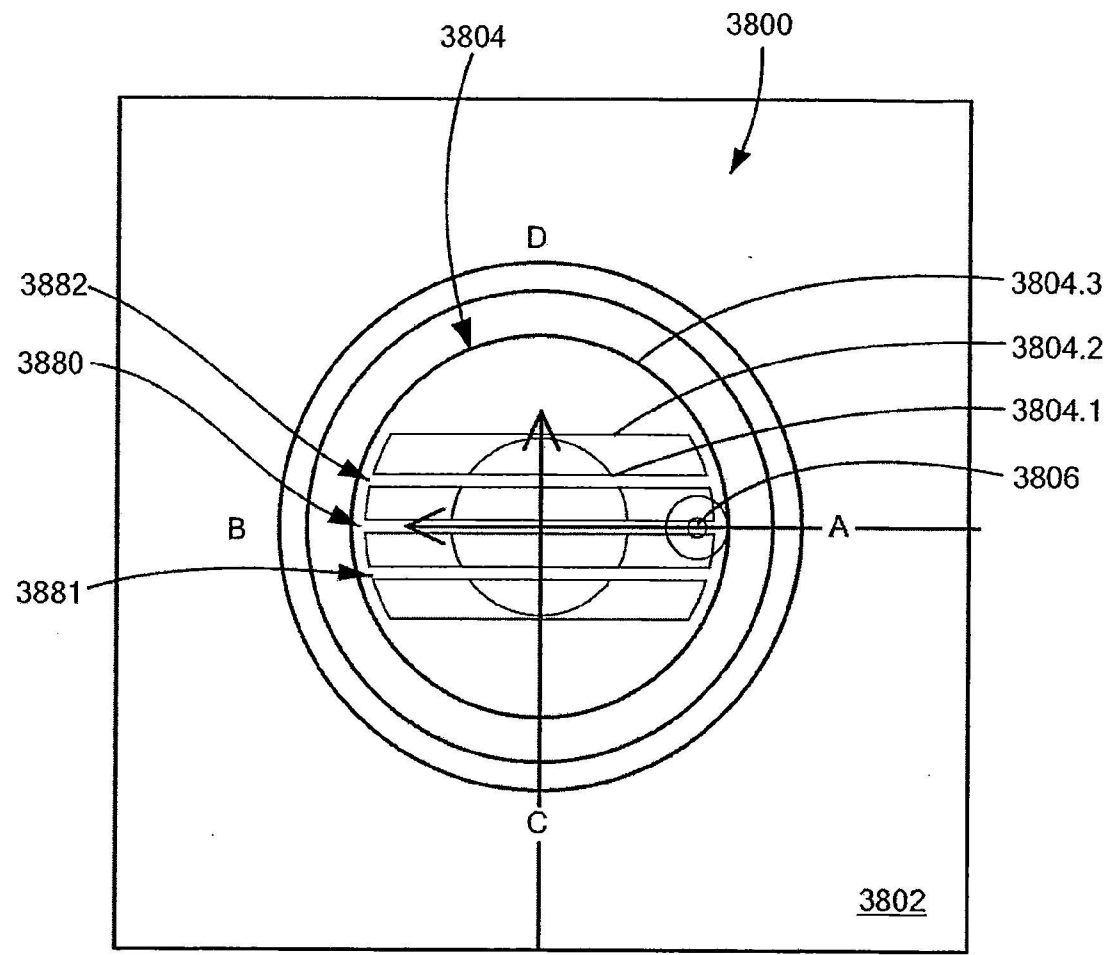
第35圖



第36圖



第37圖



第38圖