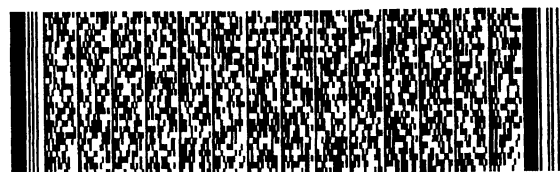
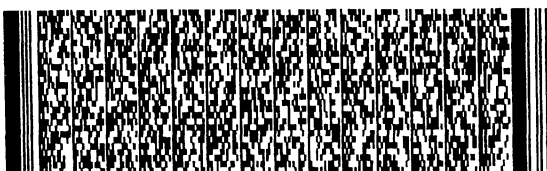


申請日期：93. 4. 6	IPC分類 602 B G / 10
申請案號：93109528	

(以上各欄由本局填註)

發明專利說明書 200533965

一、 發明名稱	中文	使用週期性結構的矩形波導及其設計方法
	英文	A RECTANGULAR WAVEGUIDE WITH PERIODICAL STRUCTURES AND THE DESIGN METHOD THEREOF
二、 發明人 (共2人)	姓名 (中文)	1. 莊晴光 2. 吳憲順
	姓名 (英文)	1. TZUANG, CHING KUANG C. 2. WU, HSIEN SHUN
	國籍 (中英文)	1. 中華民國 TW 2. 中華民國 TW
	住居所 (中文)	1. 台北市106羅斯福路四段一號國立臺灣大學電信工程研究所電機二館308室 2. 台北市信義區虎林街232巷22號4樓
	住居所 (英文)	1. Room 308 EE Building 2, National Taiwan University, 1 Roosevelt Rd. Sec. 4, Taipei, 106 Taiwan R.O.C. 2. 4Fl., No. 22, Lane 232, Hulin St., Shinyi Chiu, Taipei, Taiwan, R.O.C.
三、 申請人 (共1人)	名稱或姓名 (中文)	1. 國立交通大學
	名稱或姓名 (英文)	1. NATIONAL CHIAO TUNG UNIVERSITY
	國籍 (中英文)	1. 中華民國 TW
	住居所 (營業所) (中文)	1. 新竹市大學路1001號 (本地址與前向貴局申請者相同)
	住居所 (營業所) (英文)	1. 1001 Ta Hsueh Road, Hsinchu, Taiwan, R.O.C.
	代表人 (中文)	1. 張俊彥
代表人 (英文)	1. CHANG, CHUN YEN	



一、本案已向

國家(地區)申請專利

申請日期

案號

主張專利法第二十四條第一項優先權

無

二、主張專利法第二十五條之一第一項優先權：

申請案號：

無

日期：

三、主張本案係符合專利法第二十條第一項第一款但書或第二款但書規定之期間

日期：

四、有關微生物已寄存於國外：

寄存國家：

寄存機構：

寄存日期：

寄存號碼：

無

有關微生物已寄存於國內(本局所指定之寄存機構)：

寄存機構：

寄存日期：

寄存號碼：

無

熟習該項技術者易於獲得,不須寄存。



四、中文發明摘要 (發明名稱：使用週期性結構的矩形波導及其設計方法)

本發明係將傳統矩形波導之部份或全部的表面以週期性結構取代。不需要在波導內使用高介電常數之材料，也不需改變矩形波導的操作模態。僅利用週期性結構在低於能階止帶頻段下之擾動特性設計出相較於同尺寸之傳統矩形波導更低截止頻率之矩形波導；另一方面，利用週期性結構在能階止帶頻段中之高阻抗表面特性，實現出以 TM_{10} 為主模之矩形波導。本發明亦有關於使用週期性結構的矩形波導的設計方法。

五、英文發明摘要 (發明名稱：A RECTANGULAR WAVEGUIDE WITH PERIODICAL STRUCTURES AND THE DESIGN METHOD THEREOF)

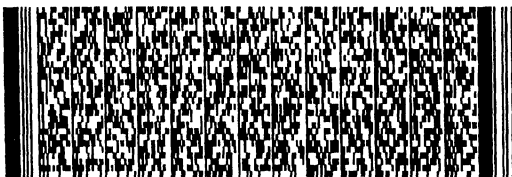
According to this invention, some or all of the surfaces of a traditional rectangular waveguide are replaced with periodical structures. It will not be necessary to use materials with high dielectric constants or change the operation mode of the rectangular waveguide. The rectangular waveguide with lower cut-off frequency than the traditional rectangular waveguide with the same



四、中文發明摘要 (發明名稱：使用週期性結構的矩形波導及其設計方法)

五、英文發明摘要 (發明名稱：A RECTANGULAR WAVEGUIDE WITH PERIODICAL STRUCTURES AND THE DESIGN METHOD THEREOF)

size is designed in accordance with the perturbation characteristics below the band-gap frequency band. On the other hand, the rectangular waveguide, which uses TM_{10} as dominant mode, is realized in accordance with high impedance surface in the band-gap frequency band. According to this invention, a method of designing rectangular waveguide with periodical structures is also



四、中文發明摘要 (發明名稱：使用週期性結構的矩形波導及其設計方法)

五、英文發明摘要 (發明名稱：A RECTANGULAR WAVEGUIDE WITH PERIODICAL STRUCTURES AND THE DESIGN METHOD THEREOF)

provided.



六、指定代表圖

(一)、本案代表圖為：第___2a___圖

(二)、本案代表圖之元件代表符號簡單說明：

200 矩形波導

201 上表面

202 下表面

203 左表面

204 右表面

205 介質



五、發明說明 (1)

一、【發明所屬之技術領域】

本發明係有關於一種矩形波導，特別有關於一種使用週期性結構的矩形波導及其設計方法。

二、【先前技術】

隨著科技的進步，世界逐漸融合為一個不可分離之地球村。因此各類資訊的傳輸技術不管是有形的元件如光纖、電纜線、天線，或是無形的技術如網路技術、無線通訊等都不斷的蓬勃發展，其中波導技術在傳輸的技術中占有相當重要的地位。波導可以許多的方式呈現，如柱狀、晶格狀或矩形，其中矩形波導由於模態容易掌握，也易於實現，故常應用在高頻電路中。

矩形波導技術從早期1897年 Mr. Rayleigh 的基礎物理研究，1936年 Mr. Southworth 與 Mr. Barrow 的波導理論建立，至今已經超過100年。此種類型之波導設計理念簡單，傳播損耗低，故已成為近代軍事或民用通訊系統電路中之重要零組件。傳統矩形波導之工作原理可由圖1說明。圖1所示之矩形波導由yz-plane之兩金屬表面與位於xz-plane之兩金屬表面組成。其中任相鄰兩金屬表面相互垂直，且任相對兩金屬表面相互平行，故此矩形波導之橫向切面為一矩形。若矩形波導沿著z方向延伸，配合與幾何結構相關之邊界條件，經由Helmholtz's Equations之推導求得此矩形波導在不同模態下之能量傳播模式並以下列之特徵方程式描述。



五、發明說明 (2)

$$f_{c_m} = \frac{1}{2\pi\sqrt{\mu\epsilon_r\epsilon_0}} \sqrt{\left(\frac{m\pi}{a}\right)^2 + \left(\frac{n\pi}{b}\right)^2} \quad (1)$$

其中TE-mode表示此模態在其傳播的方向沒有電場分量存在；而TM-mode表示此模態於其傳播的方向上沒有磁場分量存在。因矩形波導之表面為金屬，因此會在y方向與x方向形成平行板波導。在適當的幾何結構設計下，可提供電(磁)場一次或多次週期性變化，進而使能量往z方向傳播。換言之，矩形波導之橫向大小可控制波導在不同頻率下傳播一個或數個模態。一般而言，可工作在最低頻率下的模稱為此模態的主模，比主模高的模則稱為高階模，此主模之工作頻率則稱為此模態之截止頻率(Cut-off frequency)。透過Helmholtz's Equations的計算，若圖1所示之傳統矩形波導的波導表面101, 102, 103, 104為完美金屬表面(Perfect electric conductor)，則TE-mode之主模為TE₁₀，換言之，此矩形波導若以TE模態方式傳遞能量，則允許波沿著x-方向作一次週期性的變化；然而因邊界條件，使得TM-mode之主模為TM₁₁。相較之下，若要有同樣主模截止頻率，TM模態所需之波導尺寸較TE模態大。

當矩形波導傳送高階模的能量時，同時主模形式的能量亦能在波導內傳送。多種模態形式的能量在波導中流動，將使波導之模阻抗(Mode-impedance)計算複雜化，故



五、發明說明 (3)

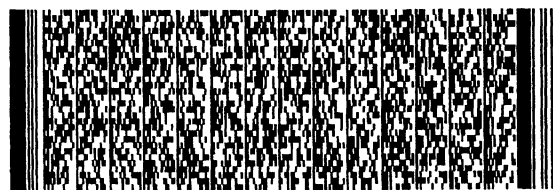
一般使用矩形波導時，大多著重在主模(Dominant mode)上的設計。然而，由波導之特徵方程式可得知，主模之截止頻率與矩形波導橫向尺寸的倒數成正比，換言之，工作在越低頻的矩形波導，其尺寸越大。所以傳統矩形波導在低頻時，有設計和實行上的困難。

三、【發明內容】

因此為了使矩形波導微小化以及降低矩形波導的截止頻率，本發明提供了使用週期性結構的矩形波導，因為週期性結構具有在低於能階止帶頻段下擾動之特性，且在能階止帶頻段中具有高阻抗之特性，所以本發明將週期性結構運用於矩形波導，以達到微小化以及降低截止頻率之目的。

本發明的目的之一為提供一種使用週期性結構的矩形波導，係將傳統矩形波導之部份或全部表面以週期性結構取代，不需在波導內使用高介電質之材料，也不需改變矩形波導的操作模態，僅利用週期性結構在低於能階止帶頻段下之擾動特性設計出相較於同尺寸之傳統矩形波導更低截止頻率之波導並可使波導微小化。另一方面利用週期性結構在能階止帶頻段中之高阻抗表面特性，實現出以 TM_{10} 為主模之矩形波導。

本發明之另一目的係提供一種使用週期性結構的矩形波導的設計方法，利用多數步驟決定矩形波導之相位常數、衰減常數、慢波因子、截止頻率、寬度、高度以及介



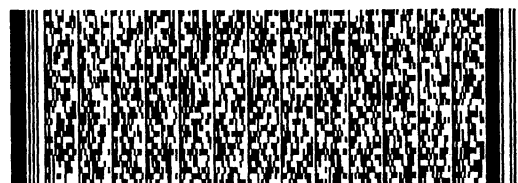
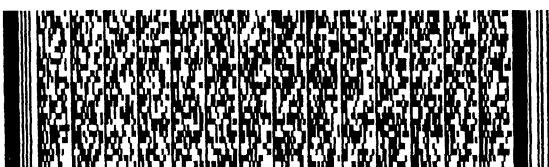
五、發明說明 (4)

質參數，以設計出使用週期性結構的矩形波導。

因此，本發明之一態樣為一種使用週期性結構的矩形波導，此矩形波導之上表面和下表面的一部份或所有的部份由多數週期性結構單元構成，其中每個週期性結構包含：一第一金屬層，係由多數第一單元細胞組成之二維週期性結構，各第一單元細胞與其鄰近之第一單元細胞彼此不銜接，且各第一單元細胞由金屬線迴路構成；一第二金屬層，係由多數第二單元細胞組成之二維週期性結構，第二金屬層之二維週期性結構之排列方式與第一金屬層之二維週期性結構的排列方式相同，各第二單元細胞分別以一對一之對應方式對應至各第一單元細胞，各第二單元細胞與其鄰近之第二單元細胞彼此銜接，且各第二單元細胞係由金屬線迴路構成；以及一通路層，係由多數通路孔組成之二維週期性結構，此通路層之二維週期性結構的排列方式與第一金屬層之二維週期性結構的排列方式相同，各通路孔分別以一對一之對應方式對應至各第一單元細胞與各第二單元細胞，各通路孔用於連接各第一單元細胞與各第二單元細胞，且各通路孔由一介質層經週期性穿孔，再於孔壁鍍上金屬而形成。

本發明之矩形波導除上述之上表面和下表面由週期性結構構成之形態外，亦可以左表面和右表面由週期性結構構成之形態呈現，更可以四個表面皆由週期性結構構成之形態呈現。

且本發明之矩形波導更包含一波導饋入裝置，用以將



五、發明說明 (5)

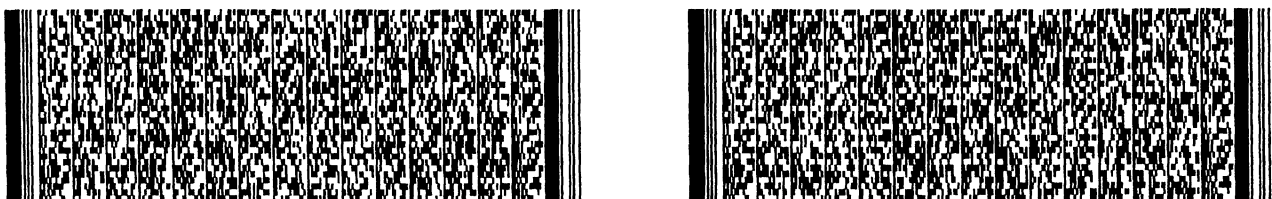
能量饋入至波導主體。

本發明之另一態樣係為一種使用週期性結構的矩形波導之設計方法，此方法包含下列步驟：使等效電感與電阻週期性排列，使形成多數週期性結構；在週期結構的能量傳播方向上設定相對應之相位邊界條件(relative phase boundary conditions)，使得能量進出週期結構之相位差為一預定值；以及利用橫向電場模態公式根據所需之模態決定矩形波導之寬度、高度、截止頻率與矩形波導內之基板的介質常數。

其中，上述之設計方法利用馬客司威爾方程式(Maxwell's Equations)轉換相位差，以獲得相位常數(phase constant)以及衰減常數；更利用相位數與真空中之相位常數比值，以求得週期結構在不同頻率下之慢波因子；此慢波因子，代入橫向電場模態公式即可求得使用週期性結構的矩形波導之截止頻率。

本發明之設計方法更包含利用平面化模態轉換器之設計理念，以錐線(Tapered line)連接平面微帶線和創新矩形波導，經由適當的長度調整，達到阻抗匹配的目的，以設計出適用於本發明之矩形波導和外界平面電路之模態轉換器，以完成整體電路設計。

根據上述之矩形波導的結構及設計方法，本發明之矩形波導可具有下列之優點：1。擁有較低的截止頻率 2。實現以TM₁₀為主模之矩形波導 3。尺寸縮小 4。品質因數增加 5。較高之慢波因子。足以為波導技術領域之先驅。



五、發明說明 (6)

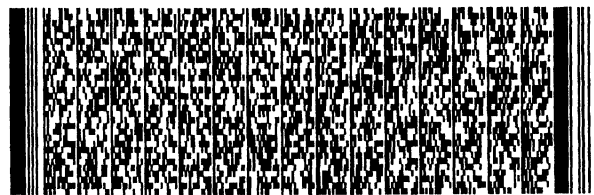
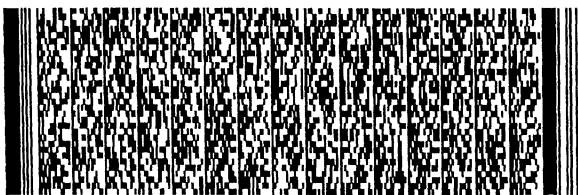
底下將詳細敘述本發明所提供之設計方法以及根據此設計方法設計出的矩形波導之實施例。

四、【實施方式】

底下，將詳細本發明提供之使用週期性結構的矩形波導之設計方法。此設計方法可分為三大部份：(一)週期結構的工作原理與色散特性之設計方式，(二)矩形波導本體之設計，(三)平面化模態轉換器之設計。將分別在底下敘述

(一)週期結構的工作原理與色散特性之設計方式

根據傳輸線理論，沿著能量傳播方向，其波導結構之電氣特性可由串聯或並聯的電容、電感與電阻決定。其中電感與電容可決定能量於波導傳遞時大小與相位之變化，進一步決定波導結構等效之模態阻抗(modal impedance)與相位常數(phase constant)。另一方面，由於介質為非單一方向性且導電率為有限值，以電阻與電容可等效為波導的傳輸損耗。類似的波導定律亦可適用於週期結構的設計。在能量傳播之方向上，使等效電感與電容週期性地排列即可形成週期結構。而隨著不同的安排型式，週期結構可概分成平面或立體兩種。立體式之週期結構由於製作上不易實現，故較少應用在一般電子電路中。而平面式週期結構無論是單層或是多層均可利用標準多層技術如印刷電路板(multi-layer printed circuit board)，低溫共燒陶瓷(low temperature co-fire



五、發明說明 (7)

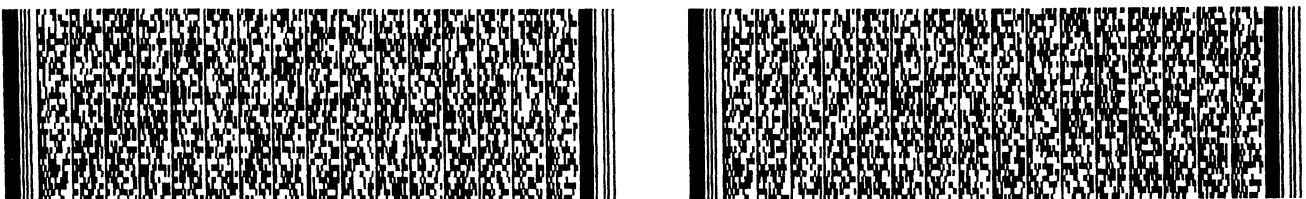
ceramic)，或是單晶積體(monolithic integrated circuit) 電路製程。依照法拉第定律(Faraday's law)與庫倫定律(Coulomb's law)，細線上流過電流即可產生磁場，而細線形成電感；平行板兩側通上電壓，則平行板兩側有電荷累積，形成等效電容。以同樣的設計理念，配合傳輸線理論，結合現今的製程技術即可合成許多不同的週期結構。當波於週期週構中傳播時，由於電感與電容均為儲能元件，故能量隨著傳播時，不斷地在已電能與磁能之間轉換，故產生波傳播時的擾動。而當轉換之磁能同時等於電能時即稱為週期結構進入能階止帶(energy gap)，此時結構無法傳播能量。為求得週期結構的能階止帶頻率，一種稱為橫向並振法(Transverse resonance method)被應用來求得結構的色散特性。其步驟如下所示。

將一個完整之週期結構之能量傳播方向上設定相對應之相位邊界條件，使能量進出週期結構之相位差為預定值，求解馬克司威爾方程式，即可求得該相位差下之相對應相位常數(phase constant)，而求解後得知的強度大小即可求得其衰減常數(attenuation constant)。而由相位數，與真空中之相位常數比值，即可求得該週結構於不同頻率下之慢波因子。

完成了上述之週期結構的設計後，底下將敘述矩形波導之設計方法。

(二) 矩形波導本體之設計

矩形波導由於模態容易掌握，也易於實現，故常應用



五、發明說明 (8)

在高頻電路中。而波導傳播能量方式可分為橫向電場模態 (Transverse electric mode, TE mode) 與橫向磁場模態 (Transverse Magnetic mode, TM mode)。比較兩者之工作模式，橫向電場模態之截止頻率較橫向磁場模態低。換言之，即可在較低的頻率下傳播能量。

傳統上來說矩形波導之設計遵循下列橫向電場模態公式：

$$\beta = \sqrt{k^2 - k_c^2}$$

TE_{n0} :

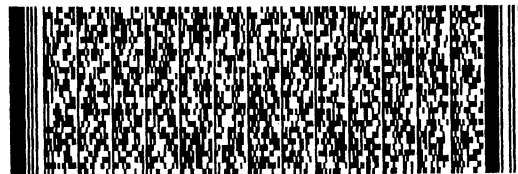
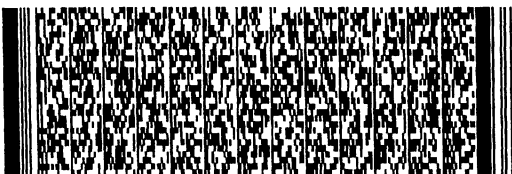
$$H_x = H_0 \cos\left(\frac{n\pi}{a}x\right)e^{-j\beta z}$$

$$H_x = \frac{j\beta n\pi}{k_c^2 a} H_0 \sin\left(\frac{n\pi}{a}x\right)e^{-j\beta z}$$

$$E_y = \frac{-j\omega\mu n\pi}{k_c^2 a} H_0 \sin\left(\frac{n\pi}{a}x\right)e^{-j\beta z}$$

$$f_{c,TE_n} = \frac{nc}{2a\sqrt{\epsilon_r\mu_r}} \quad (1)$$

其中 f_c 為波導之截止頻率， β 為波導在不同頻率下之相位常數。藉由波導之寬度 a 與其波導內所填滿之介質常數 (ϵ_r, μ_r)，即可決定波導之截止頻率。概念上言，本發明之矩形波導的設計是將傳統矩形波導之金屬表面以週期結構所組成之金屬局部或全數取代，利用週期結構在低於能階止帶頻段下之慢波特效 (Slow-wave effect) 設計出相較於同尺寸之傳統矩形波導更低截止頻率之波導。藉由上述步驟可求得週期結構之慢波因子，取代(1)式中之相對



五、發明說明 (9)

介質常數(relative dielectric constant)，即可估計出本發明之矩形波導的截止頻率。

(三) 平面化模態轉換器之設計

完成上述之設計後，電性方面已經決定矩形波導之截止頻率與相位常數；結構方面已決定波導之寬度，高度，與相關基板的介質參數。更利用平面化模態轉換器之設計理念，以錐線連接平面微帶線與創新矩形波導，經由適當的長度調整，達到阻抗匹配目的，即可設計出利於本發明之矩形波導與外界平面電路之模態轉換器，完成整體電路設計。

根據以上之描述，本發明之矩形波導設計方法可簡化為底下的步驟：週期性的排列等效電感與電阻，使形成多數週期性結構；在週期結構的能量傳播方向上設定相對應之相位邊界條件，使得能量進出週期結構之相位差為一預定值；利用橫向電場模態公式根據所需之模態決定矩形波導之寬度、高度、截止頻率與矩形波導內之基板的介質常數。利用平面化模態轉換器之設計理念，以錐線連接平面微帶線和創新矩形波導，經由適當的長度調整，達到阻抗匹配的目的，以設計出適用於本發明之矩形波導和外界平面電路之模態轉換器，以完成整體電路設計。

其中，上述之設計方法利用馬客司威爾方程式轉換相位差，以獲得相位常數以及衰減常數；更利用相位數與真空中之相位常數比值，以求得週期結構在不同頻率下之慢波因子；此慢波因子，代入橫向電場模態公式即可求得使



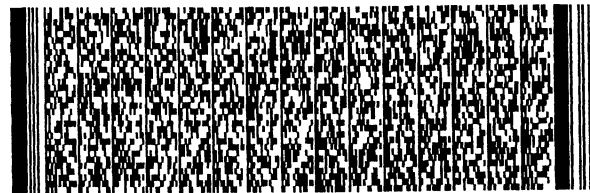
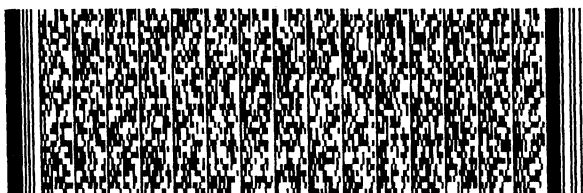
五、發明說明 (10)

用週期性結構的矩形波導之截止頻率。

底下，將詳細敘述根據前述之設計方法設計出的矩形波導之較佳實施例。

如圖2a所示，本發明之矩形波導(200)由上表面(201)，下表面(202)，左表面(203)以及右表面(204)組成，而200內部可填充任意介質(205)。本發明之概念在於將傳統矩形波導之均勻金屬表面以週期性結構取代，而將週期性結構與均勻金屬混合使用，亦可有使波導縮小化之功用，圖2b與圖2c為應用本發明之概念所組合之矩形波導。由圖2a、圖2b與圖2c所示，可知本發明之矩形波導可如圖2a四個表面皆為週期性結構，或是如圖2b與圖2c所示，僅有上下表面或是左右表面為週期性結構。

圖3為用於組成201，202，203，204金屬表面之週期性結構(300)，此週期性結構分為底圖案部(301)，頂圖案部(302)與連接部(303)。此頂圖案部(302)彼此間互相電性連接。單元之間排列可形成具有週期性之二維陣列(304)。另一方面，此頂圖案部(302)形成於此底圖案部(301)上方，並與此底圖案部(301)以連接部(303)電性連接且兩者之間可填充介質(305)，故二維週期結構304之上方形成一直流導通之完整金屬表面，形成微小化之矩形波導(200)之主體。另一方面，上述之週期性結構(300)可適用於多層印刷電路板(Multi-layer printed circuit board)或多層低溫共燒陶瓷(Low temperature co-fire ceramic)製程技術實現，再依圖2所表示之不同縮小化概



五、發明說明 (11)

念，配合其它組裝技術，實現整體之微小化矩形波導。此週期性結構之詳細構造及設計方法，揭露於本說明書之第一發明人所擁有之另一專利中(專利公告號碼511321)，根據此專利之揭露，可得到如圖4之結構圖，如圖4所示，此週期性結構具有一第一金屬層400，係由多數第一單元細胞(401~406)組成之二維週期性結構，各第一單元細胞與其鄰近之第一單元細胞彼此不銜接，且各第一單元細胞由金屬線迴路構成；一第二金屬層420，係由多數第二單元細胞(421~429)組成之二維週期性結構，第二金屬層420之二維週期性結構之排列方式與第一金屬層400之二維週期性結構的排列方式相同，各第二單元細胞分別以一對一之對應方式對應至各第一單元細胞，各第二單元細胞與其鄰近之第二單元細胞彼此銜接，且各第二單元細胞係由金屬線迴路構成；以及一通路層410，係由多數通路孔(411~413)組成之二維週期性結構，通路層410之二維週期性結構的排列方式與第一金屬層400之二維週期性結構的排列方式相同，各通路孔分別以一對一之對應方式對應至各第一單元細胞與各第二單元細胞，各通路孔用於連接各第一單元細胞與各第二單元細胞，且各通路孔由一介質層經週期性穿孔，再於孔壁鍍上金屬而形成。須注意的是，雖然圖3和圖4的呈現方式不同，但是其設計原理和作用都是一樣的。

圖5a為應用本發明之設計概念所設計之矩形波導的較佳實施例，圖5b為此矩形波導之剖面圖。此波導之尺寸



五、發明說明 (12)

設計成主模為TE₁₀模式之形式，整體結構分為波導饋入裝置(501)與波導主體(502)兩部份。波導饋入裝置501係利用本發明之第一發明人所有之平面化模態轉換器相關專利(專利公告號507396)，將平面波導(如微帶線，共平面波導)之能量饋入至波導主體，同樣的，也可以通過同樣的模態轉換器，將信號從波導以電磁耦合方式，將微帶線模(Microstrip mode)轉換成波導模(Waveguide mode)到另一微帶線，如此讓波導兩側皆為平面式傳輸結構，可便利波導本身特性量，且降低波導與其它平面電路整合之困難度。波導主體則以本發明之設計方法設計而成，上表面與下表面之金屬由週期性結構取代，左表面與右表面之金屬則仍為均勻金屬覆蓋。本實施例以多層印刷電路板技術製作，相關製作參數如下： $A = 7 \text{ mm}$ ， $B = 0.609 \text{ mm}$ ， $\epsilon_r = 3.38$ ， $C = 0.8 \text{ mm}$ ， $L_1 = 3 \text{ mm}$ ， $L_2 = 8 \text{ mm}$ ， $L_3 = 4 \text{ mm}$ 。其中所有金屬厚度為 $17 \mu\text{m}$ ，而組合週期性結構之週期性結構所使用之線寬與線距皆為 0.2 mm ，導通部(303)直徑為 0.25 mm 。

圖5c繪示了一傳統矩形波導，此傳統矩形波導與本發明之矩形波導使用相同的材料與製作技術，並具有相同的尺寸。

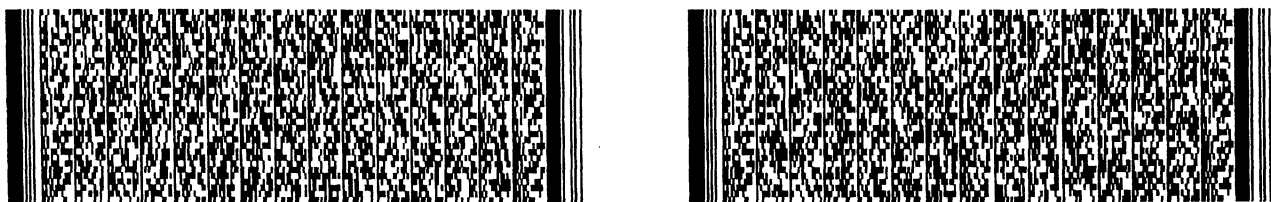
圖6是系統阻抗為 50Ω 定義下所測量之散射係數(Scattering parameters)，傳統矩形波導約在 12.5 GHz 開始傳遞能量，而本發明之矩形波導則約在 5.5 GHz ，較相同大小之傳統矩形波導可工作在更低頻率，從另一方面來



五、發明說明 (13)

說，本發明之矩形波導可以較小之天線尺寸達到同樣的截止頻率，以達到微小化之目的。此外，本發明之矩形波導係將傳統矩形波導之金屬表面以二維週期性結構取代，然而在替代過程中除了改變能量傳播在矩形波導之截止頻率外，其傳播常數(Propagation constants)與阻抗亦隨著產生變化。為了求得更精確之波導特性，本發明更進一步提出粹取步驟，利用傳輸線矩陣(Transmission matrix)原理，將波導饋入部份之特性除去，再利用傳輸線理論，計算波導之傳播特性，圖7即繪示了本發明之粹取步驟的流程圖。

圖8繪示了根據量測結果與上述粹取步驟所計算波導之色散特性(Dispersion characteristics)。根據波導理論，當相位常數(Phase constant)大於零時即表示此波導結構開始傳播能量，本發明之矩形波導的截止頻率為4GHz，相較於傳統波導的10.5GHz，下降約62%。此外，根據量測，本發明之矩形波導在高頻之慢波因子(Slow-wave factor)為4，突破傳統矩波導受到傳輸介質之介質常數(Dielectric constant)上的物理限制。以同樣的主模形式傳播能量下，新型微小化之矩形波導在高頻可具備高於傳統矩形波導1.5倍以上之慢波因子。換言之，相同之電路特性，本發明之矩形波導可在能量傳播方向將尺寸縮小為傳統矩形波導之一半。另一方面，本發明之矩形波導的品質因數(Quality factor)在主模工作下為260，相較傳統矩形波導之270，約降低4%，表示本發明之矩形波導在

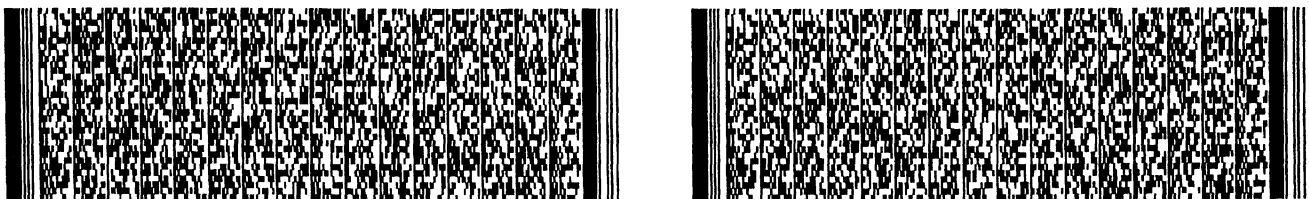


五、發明說明 (14)

縮小化過程中，在不產生過多損耗的前提下可大幅縮減電路體積。由上述實施例證明，本發明之矩形波導，確實可縮小波導的尺寸，可應用在未來體積小，電路密度高之通訊系統中。

一般而言，週期性結構係由分散式(Distributed)之電感(Inductor)與電容(Capacitor)以一維，二維或是三維方式，在空間中週期性排列。由於電感與電容均為儲能元件，故能量在結構中傳播時，會受到電感(電容)週期性的擾動，進而影響能量之傳播速度，另一方面，由於傳播訊號的頻率在週期性結構中引起電感與電容之間相互共振，進而使週期性結構的電磁特性產生改變，此時稱為週期性結構進入能階止帶(Energy band-gap)。前述之週期性結構(300)中，上下圖案部(301, 302)相互電氣耦合可產生主要電容，由303, 301與302可產生主要電感，端看300之金屬連接方式，週期性結構之等效電氣特性可視為電感電容並聯共振，所以當週期性結構進入能階止帶時，表面阻抗會上昇，有別於傳統金屬表面之低阻抗。

圖9是利用平面波入射/反射原理驗證週期性結構於能階止帶之電氣特性。將相同大小(300mm X 200mm)之二維週期性結構面板與均勻金屬表面面板分別用相同之平面波照射，透過反射係數(Reflection coefficient)之相位比較(Phase comparison)可看出由週期性結構所組成之金屬表面在能階止帶頻段中之特性與傳統金屬表面有明顯的差異。由測量結果顯示，在11GHz~12GHz，兩者之相位差180



五、發明說明 (15)

度。由電磁波理論可得知當平面波入射完美金屬表面時，在所有頻段中，入射波與反射波之相位差會保持180度，換言之，由二維週期性結構所構成之表面在能階止帶頻段中，入射波與反射波之相位差為0度，表視週期性結構之表面呈現完美磁性導體(Perfect magnetic conductor)特性。而利用此週期性結構在矩形波導設計可合成

(Synthesized)出新型之波導結構，使傳統之矩形波導可以TM₁₀之模態傳遞能量。

為了驗證本發明之矩形波導可傳遞TM₁₀之模態能量之可行性，以本發明所提出之矩形波導之形式3為對象，利用3D電磁模擬軟體分析電場在波導中之分佈狀態。其結果將在底下詳述。

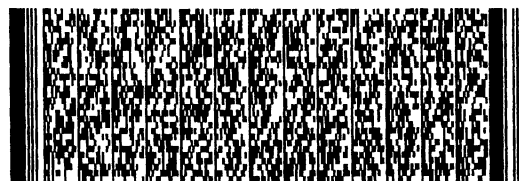
圖10為創新矩形波導在11.4GHz時之電場分佈情形，圖10係取自論文Artificially Engineered MIC(Microwave Integrated Circuit) Rectangular Waveguide的圖8。其中，沿著傳播方向(即z方向)僅存在電場分量，且電場強度以波導中心最大，而往波導左右兩側，電場強度則漸漸縮小，電場呈現sin函數分佈。由此可知此模態為TM-mode，更進一步，電場沿著x方向做一次的變化，且電場強度以靠近波導左右兩側最強，中間最弱，電場呈現cos函數之分佈；而在y方向，則沒有發現電場之分量。如果遵循傳統波導理論分析，以Helmholtz's Equations為，將波導上下邊界條件設定為PMC(Perfect Magnetic Conductor)，左右邊界條件設定為PEC(Perfect



五、發明說明 (16)

Electronic Conductor) 當作初始條件，可推得此矩形波導在傳播方向可存在電場分量，並以sin函數分佈，而在x方向之電場以cos函數分佈，在y方向磁場以cos函數分佈。由於z方向(即傳播方向)只有電場分量。而由分析結果顯示，電場沿著x方向作一次的變化，而y方向並無電場分量，故可得知此本發明之矩形波導可傳播 TM_{10} 之模態能量，且此頻段位在週期性結構之能階止帶中。

更進一步，圖11為上述本發明之矩形波導色散特性之理論分析結果，此矩形波導之 TM_{10} -mode截止頻率為11GHz，而品質因素為220，相較同頻段之其它平面波導結構如微帶線(Microstrip line)，共平面波導(Co-planar waveguide)更低損耗。而如同前述實施例一，此矩形波導適合於標準多層印刷電路板製程或是多層低溫共燒陶瓷技術，對於現今模組積體化深具潛力。



圖式簡單說明

五、【圖式簡單說明】

圖1繪示了一傳統的矩形波導；

圖2a至2c繪示了本發明之矩形波導的各種形式；

圖3a至3d繪示了本發明使用之週期結構的示意圖；

圖4繪示了本發明使用之週期結構的另一形態之示意圖；

圖5a至5c繪示了本發明之矩形波導的較佳實施例之俯視圖、剖面圖以及傳統矩形波導之俯視圖；

圖6a至6b繪示了傳統矩形波導和本發明之矩形波導的散射參數量測結果；

圖7繪示了矩形波導特性參數萃取步驟；

圖8a至8d繪示了本發明矩形波導以及傳統矩形波導之色散參數關係圖；

圖9繪示了二維結構入射波/反射波測量結果；

圖10a至10c繪示了本發明之矩形波導的電場分佈圖；
以及

圖11a至11b繪示了本發明之矩形波導於 TM_{10} 模態下之色散特性。

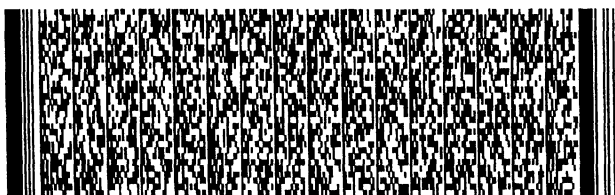
元件符號說明：

101~104 波導表面

200 矩形波導

201 上表面

202 下表面



圖式簡單說明

- 203 左表面
- 204 右表面
- 205 介質
- 300 週期性結構
- 301 底圖圖案
- 302 頂圖圖案
- 303 連接部
- 304 二維週期結構
- 305 介質
- 400 第一金屬層
- 401~406 第一單元細胞
- 410 通路層
- 420 第二金屬層
- 421~429 第二單元細胞
- 501 波導饋入裝置
- 502 波導主體



六、申請專利範圍

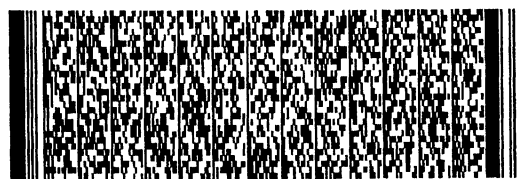
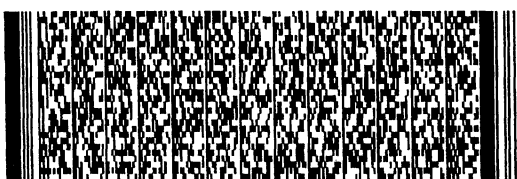
1. 一種使用週期性結構的矩形波導，該矩形波導彼此面對之第一表面和第二表面的一部份或所有的部份由多數週期性結構構成，其中每一個週期性結構包含：

一 第一金屬層，係由多數第一單元細胞組成之二維週期性結構，各第一單元細胞與鄰近之該第一單元細胞彼此不銜接，且各第一單元細胞係由金屬線迴路構成；

一 第二金屬層，係由多數第二單元細胞組成之二維週期性結構，該第二金屬層之二維週期性結構之排列方式與該第一金屬層之二維週期性結構之排列方式相同，各第二單元細胞分別以一對一之對應方式對應至各第一單元細胞，各第二單元細胞與其鄰近之第二單元細胞彼此銜接，且各第二單元細胞係由金屬線迴路構成；以及

一 通路層，係由多數通路孔組成之二維週期性結構，該通路層之二維週期性結構的排列方式與該第一金屬層之二維週期性結構之排列方式相同，各通路孔分別以一對一之對應方式對應至各第一單元細胞與各第二單元細胞，各通路孔用於連接各第一單元細胞與各第二單元細胞，且各通路孔由一介質層經週期性穿孔，再於孔壁鍍上金屬而形成。

2. 如申請專利範圍第1項所述之使用週期性結構的矩形波導，其中該矩形波導更包含一波導饋入裝置，用以將該矩形波導內之一訊號以電磁耦合方式，將該訊號從微帶線模轉換成波導模並傳輸到另一微帶線。



六、申請專利範圍

3. 如申請專利範圍第2項所述之使用週期性結構的矩形波導，其中該波導饋入裝置為一平面化模態轉換器。

4. 如申請專利範圍第1項所述之使用週期性結構的矩形波導，其中各第一單元細胞與各第二單元細胞係由方形金屬線迴路構成。

5. 如申請專利範圍第1項所述之使用週期性結構的矩形波導，其中各第一單元細胞與各第二單元細胞係由蜂巢狀之金屬線迴路構成。

6. 一種使用週期性結構之矩形波導的設計方法，包含；

週期性排列等效電感與電阻，形成多數週期性結構；

在該些週期結構的能量傳播方向上設定相對應之相位邊界條件，使得進出該些週期結構之該能量具有預定的一相位差；以及

利用橫向電場模態公式根據所需之傳播該能量的模態決定該矩形波導之一寬度、一高度、一截止頻率與該矩形波導之基板的介質常數。

7. 如申請專利範圍第6項所述之使用週期性結構之矩形波導的設計方法，更包含利用馬客司威爾(Maxwell's

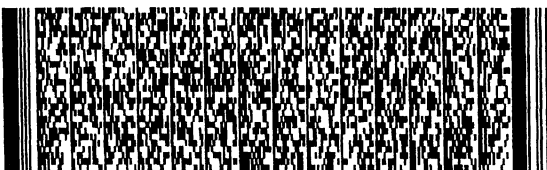


六、申請專利範圍

Equation) 方程式轉換該相位差，以獲得該些週期性結構的一相位常數以及一衰減常數。

8. 如申請專利範圍第7項所述之使用週期性結構之矩形波導的設計方法，更包含利用該相位常數與真空中之相位常數的比值，以求得該些週期結構在不同頻率下之慢波因子。

9. 如申請專利範圍第8項所述之使用週期性結構之矩形波導的設計方法，其中該慢波因子代入該橫向電場模態公式即得該矩形波導之該截止頻率。



圖式

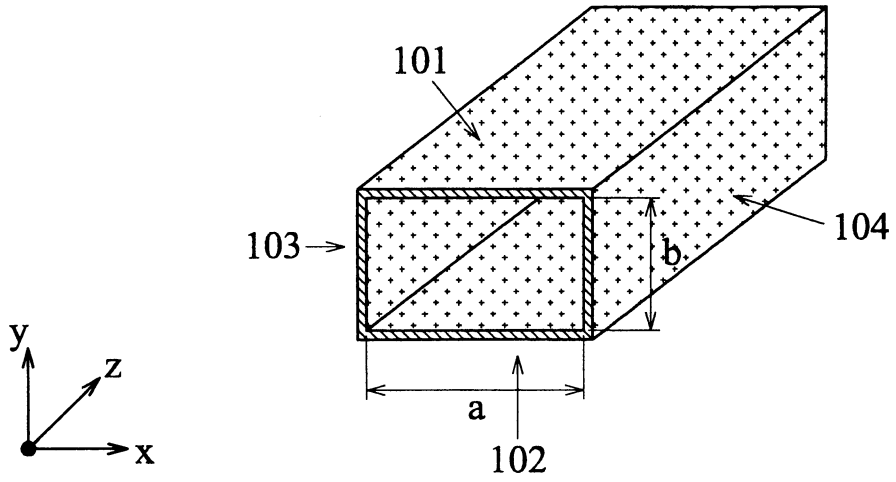


圖 1

圖式

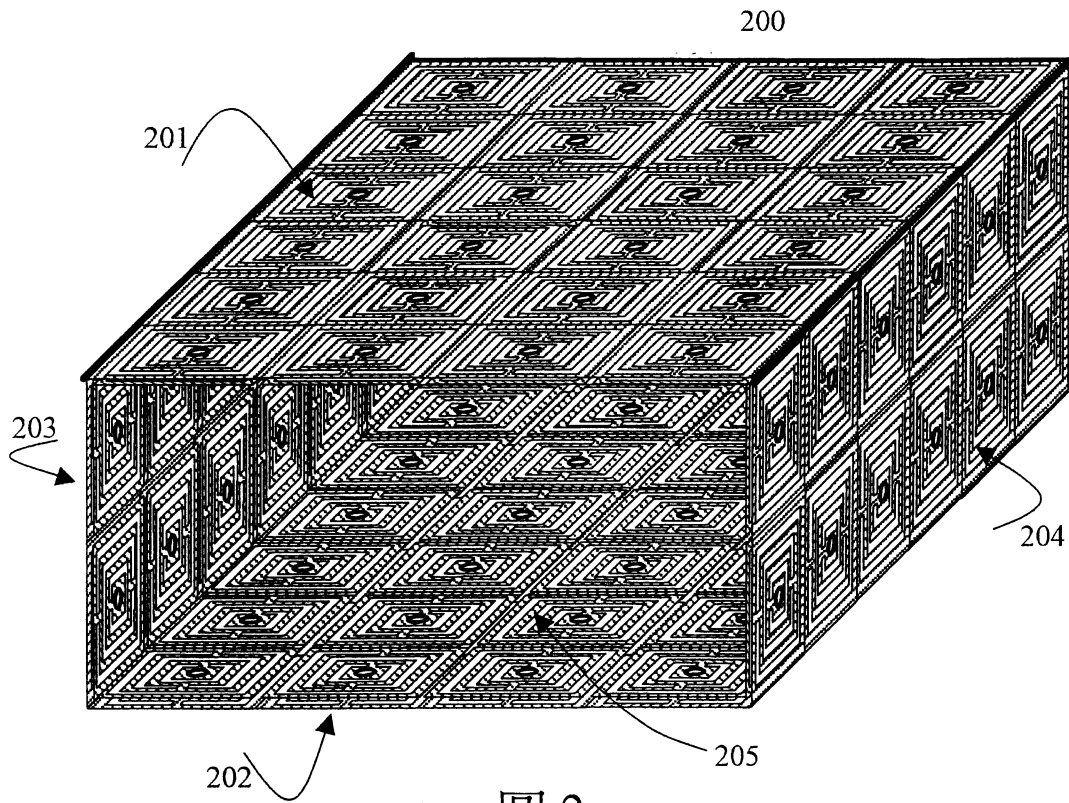


圖 2a

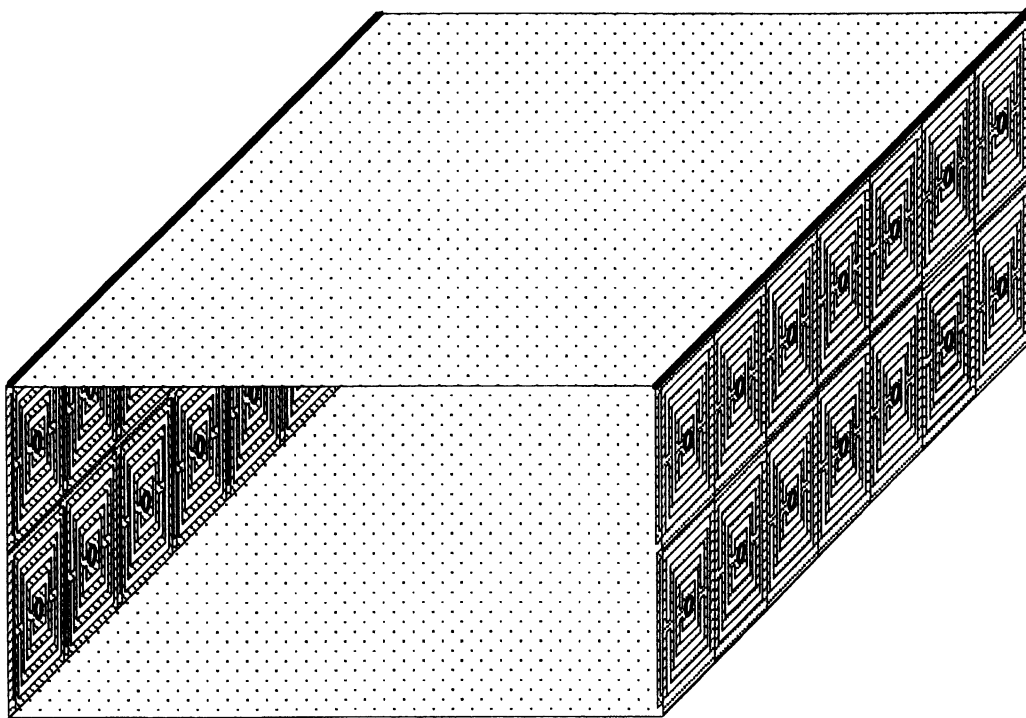


圖 2b

圖式

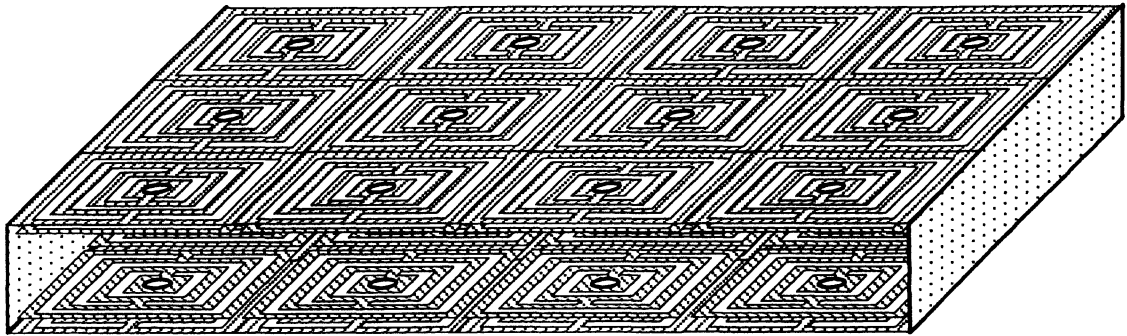


圖 2c

圖式

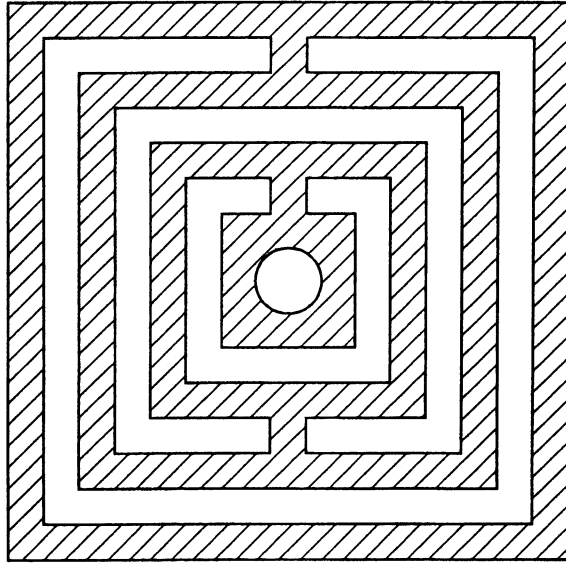


圖 3a

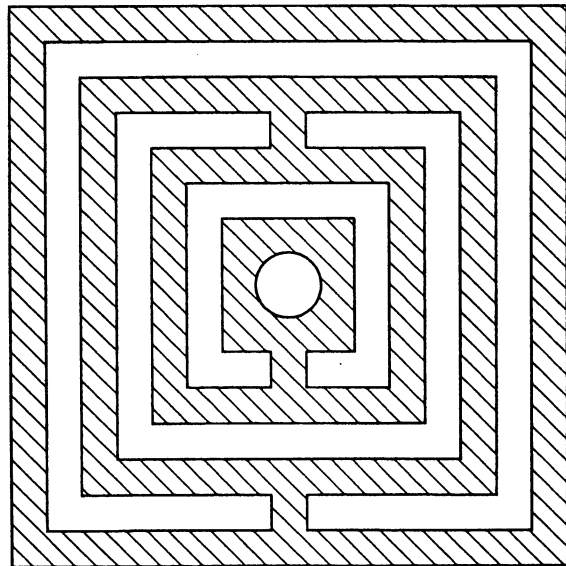


圖 3b

圖式

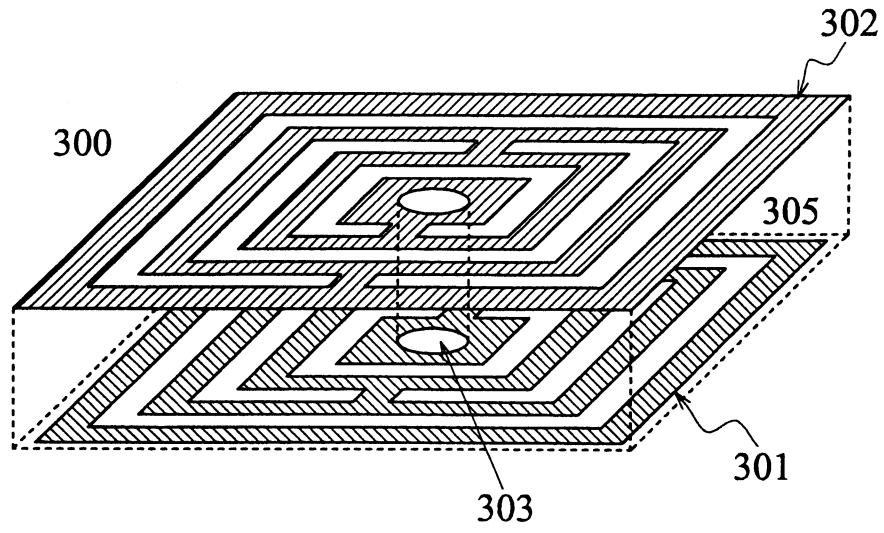


圖 3c

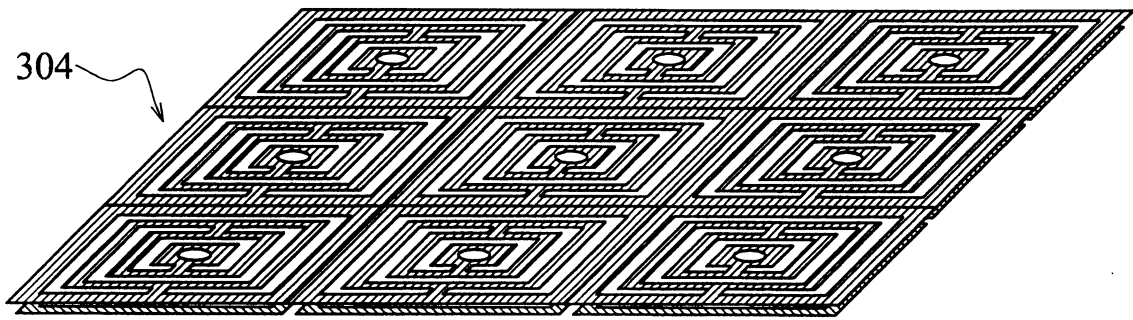


圖 3d

圖式

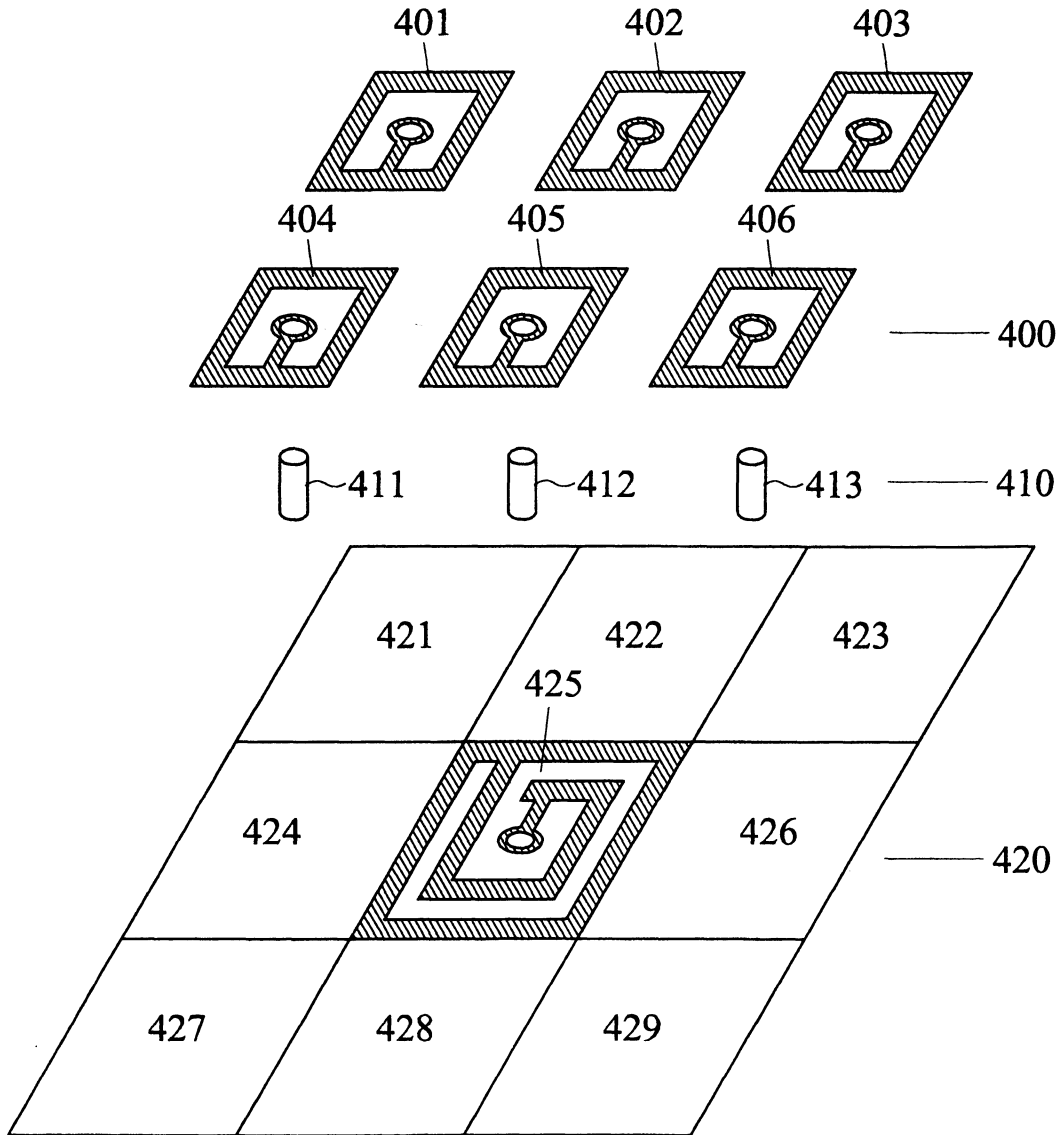


圖 4

圖式

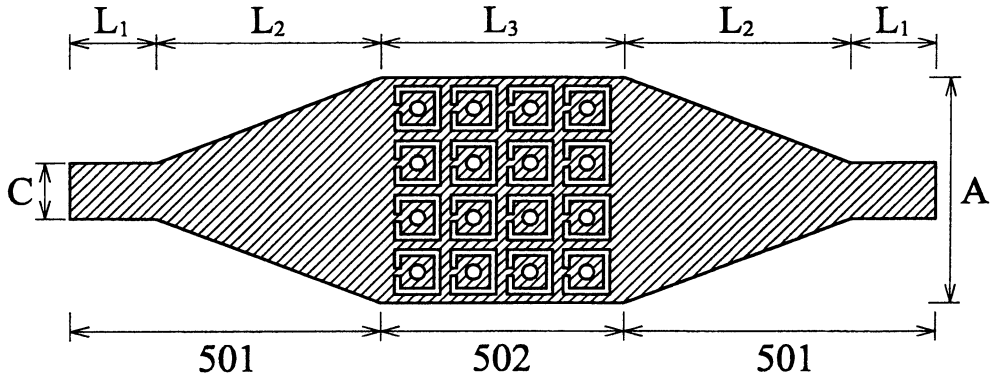


圖 5a

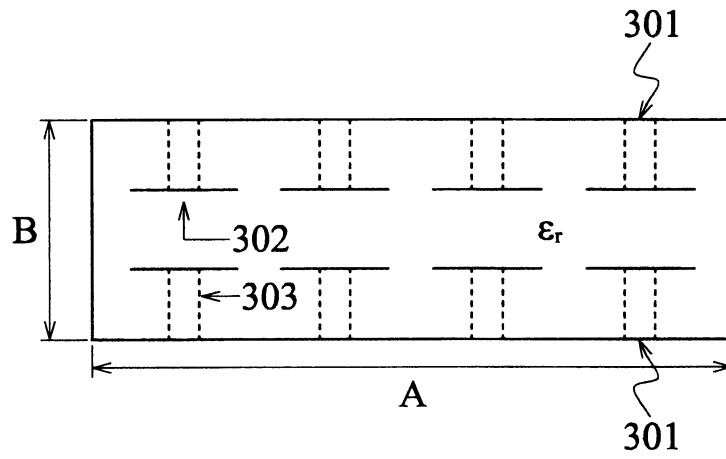


圖 5b

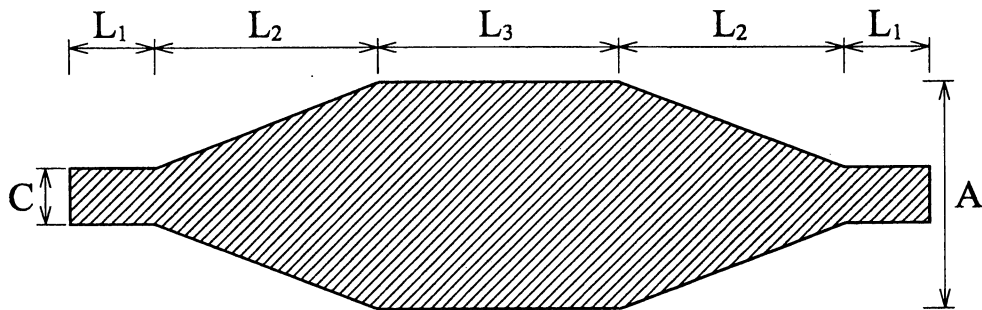


圖 5c

圖式

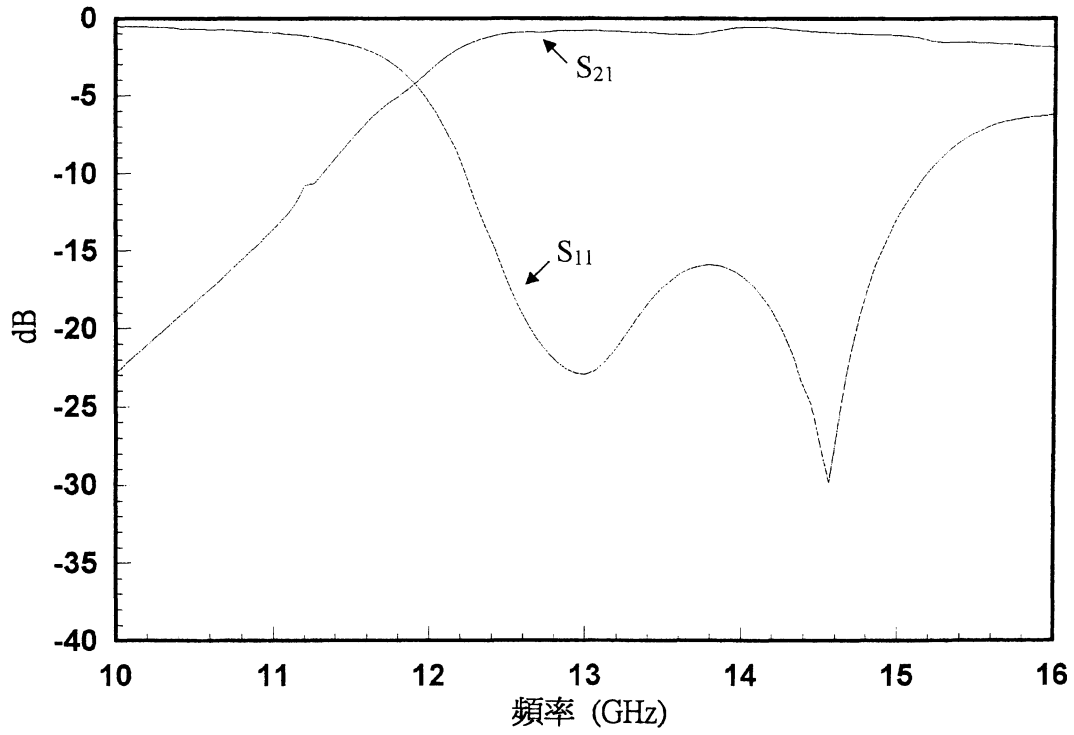


圖 6a

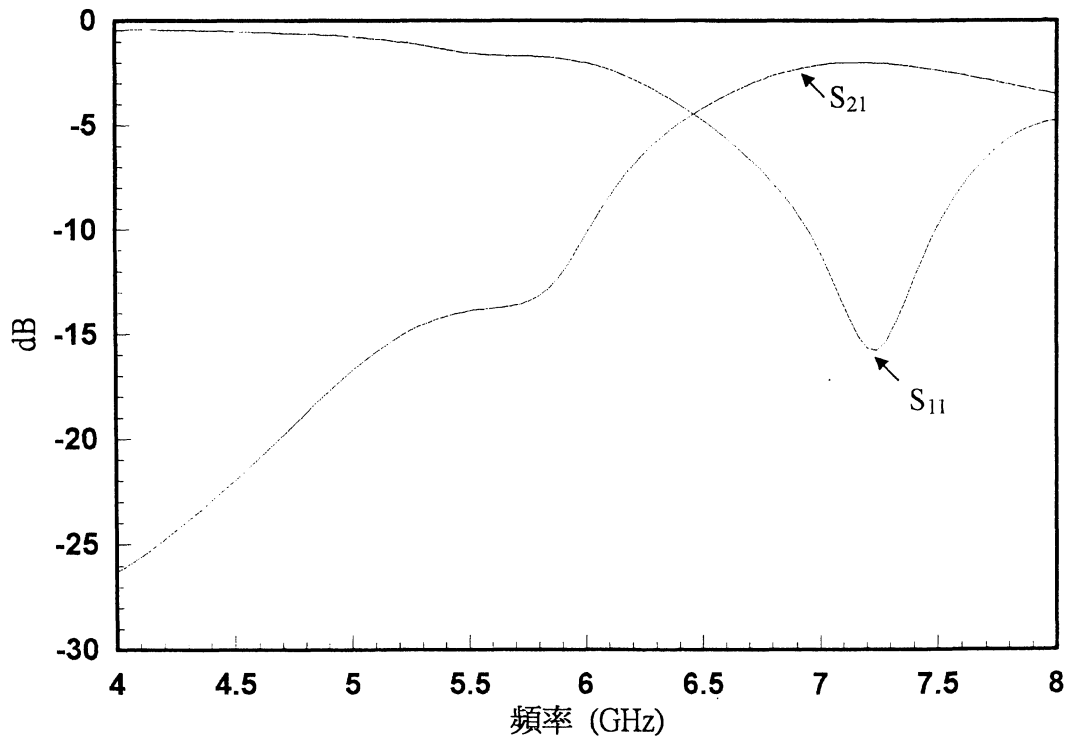


圖 6b

圖式

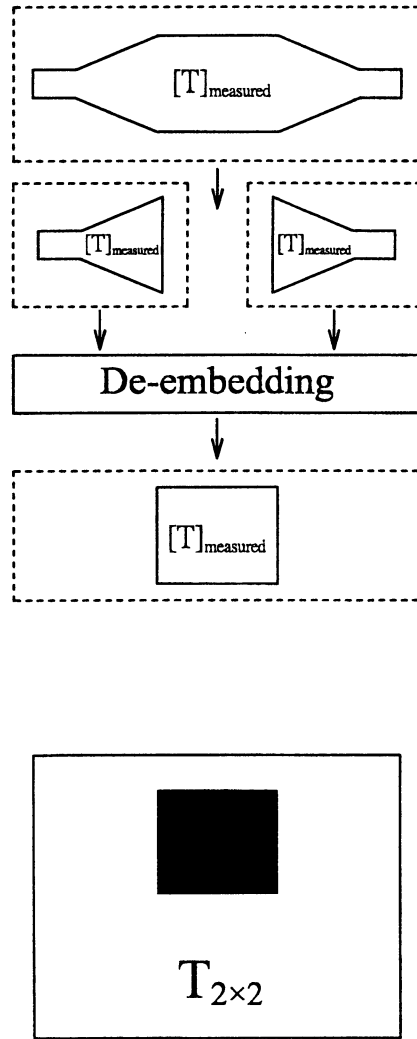


圖 7

圖式

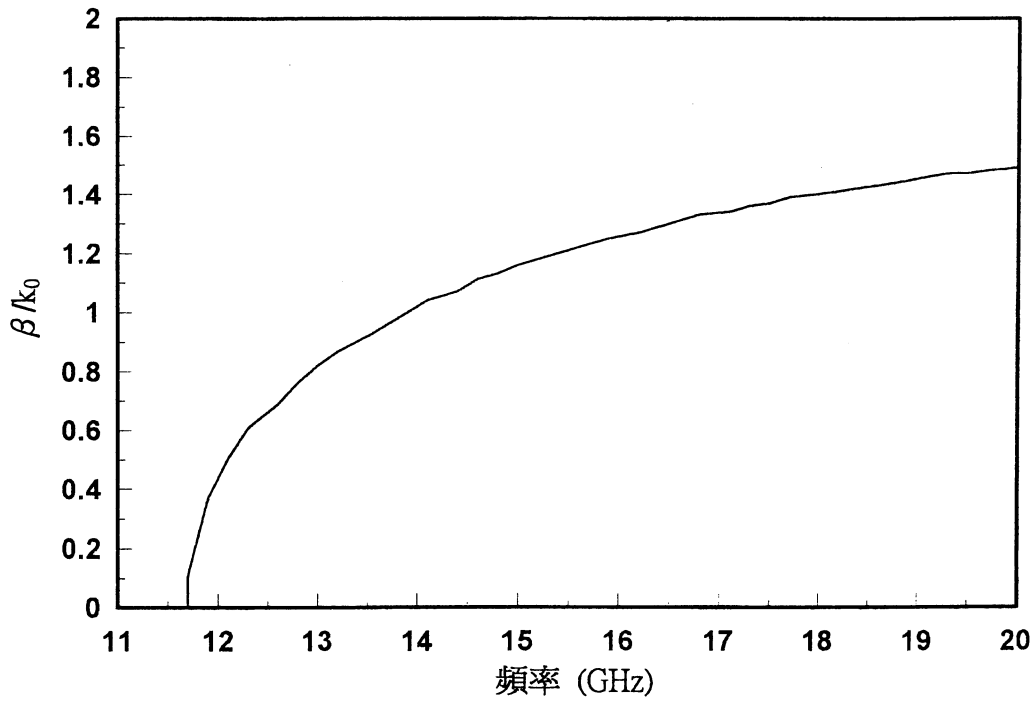


圖 8a

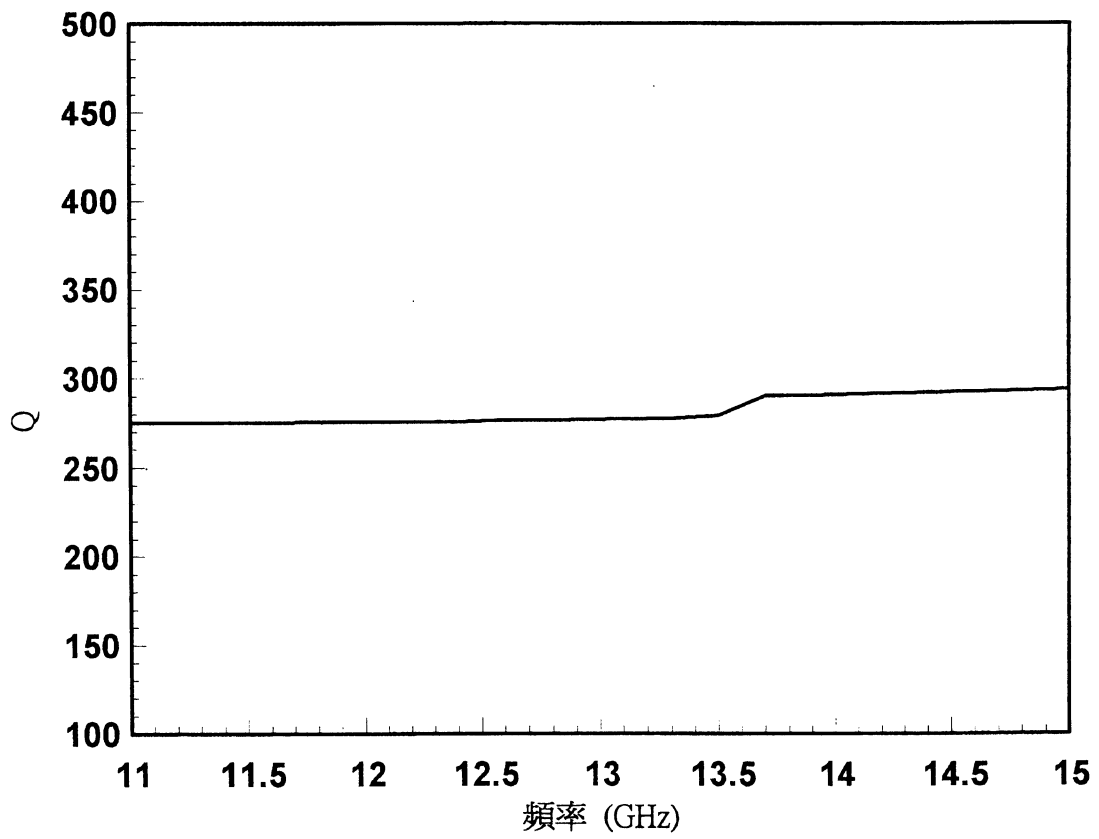


圖 8b

圖式

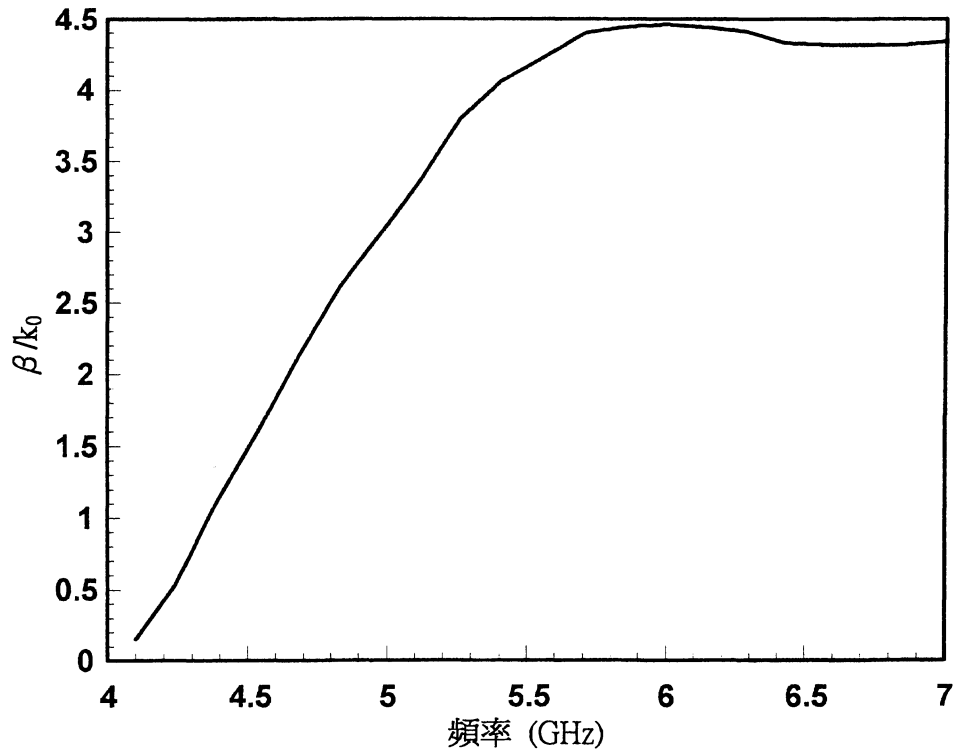


圖 8c

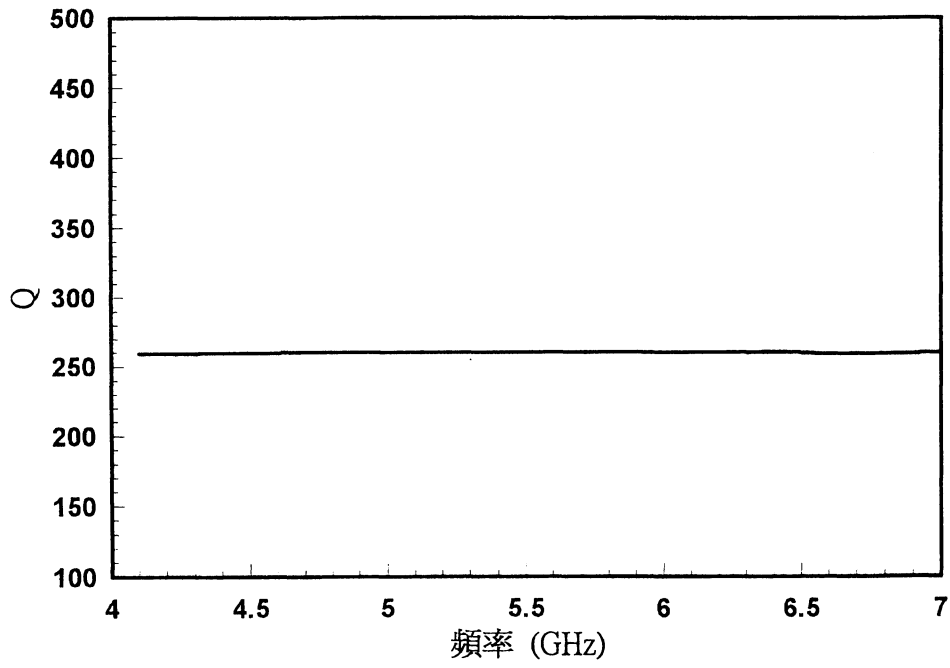


圖 8d

圖式

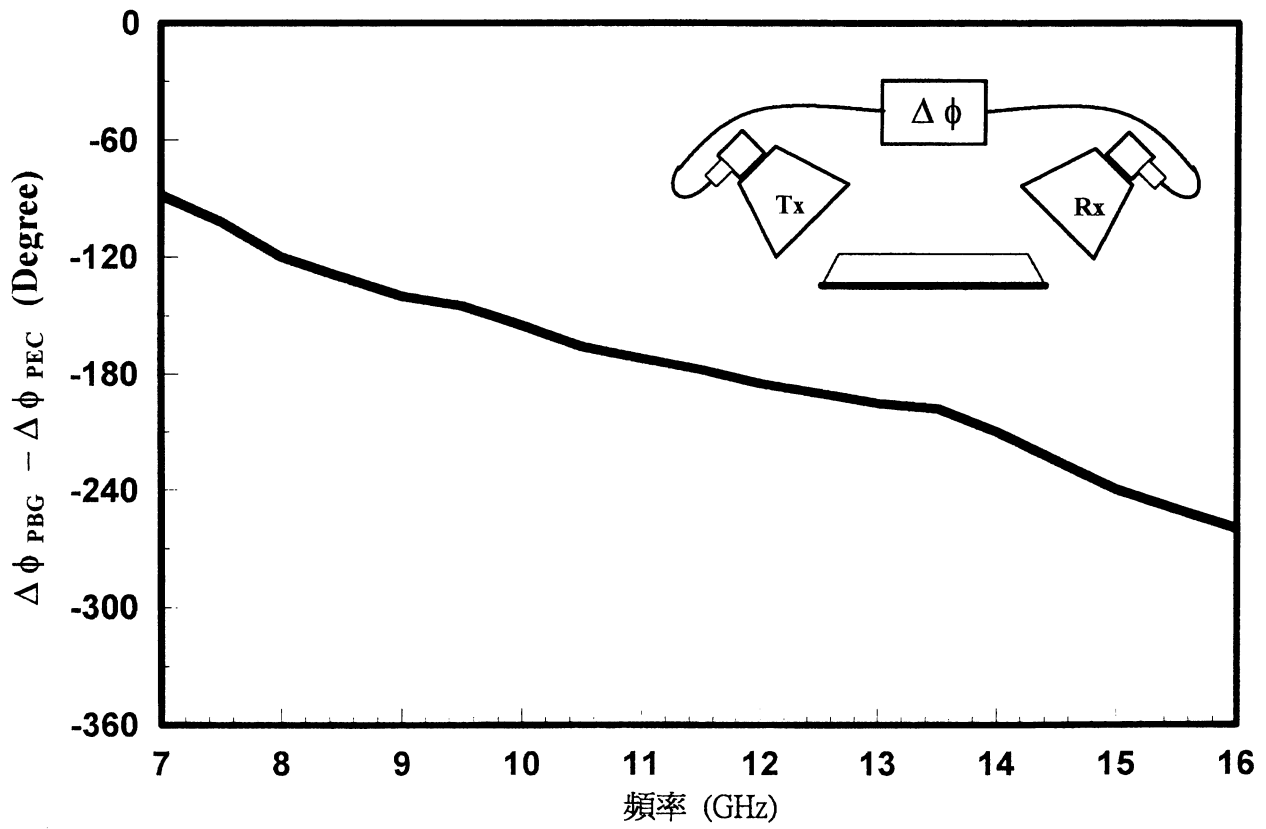


圖 9

圖式

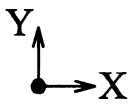
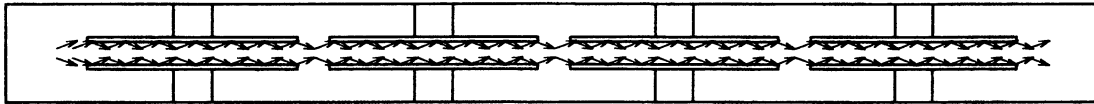


圖 10a

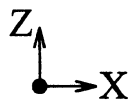
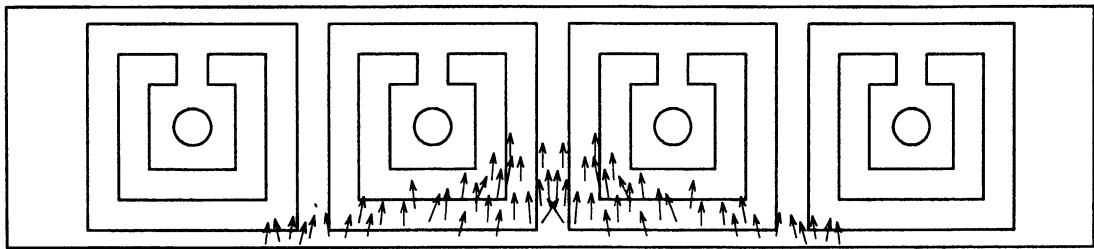


圖 10b

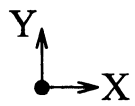
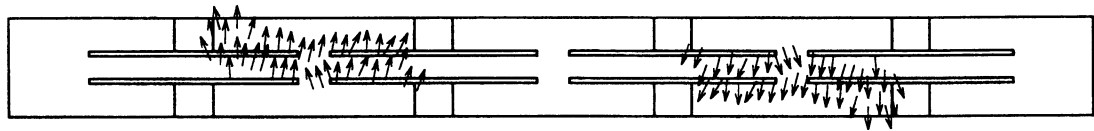


圖 10c

圖式

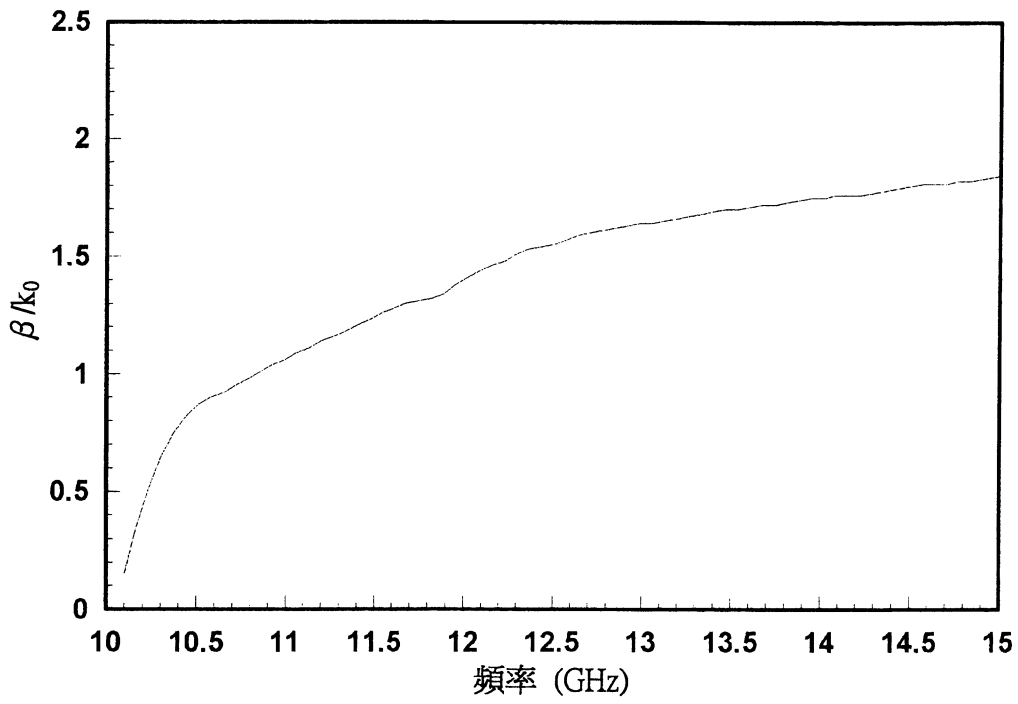


圖 11a

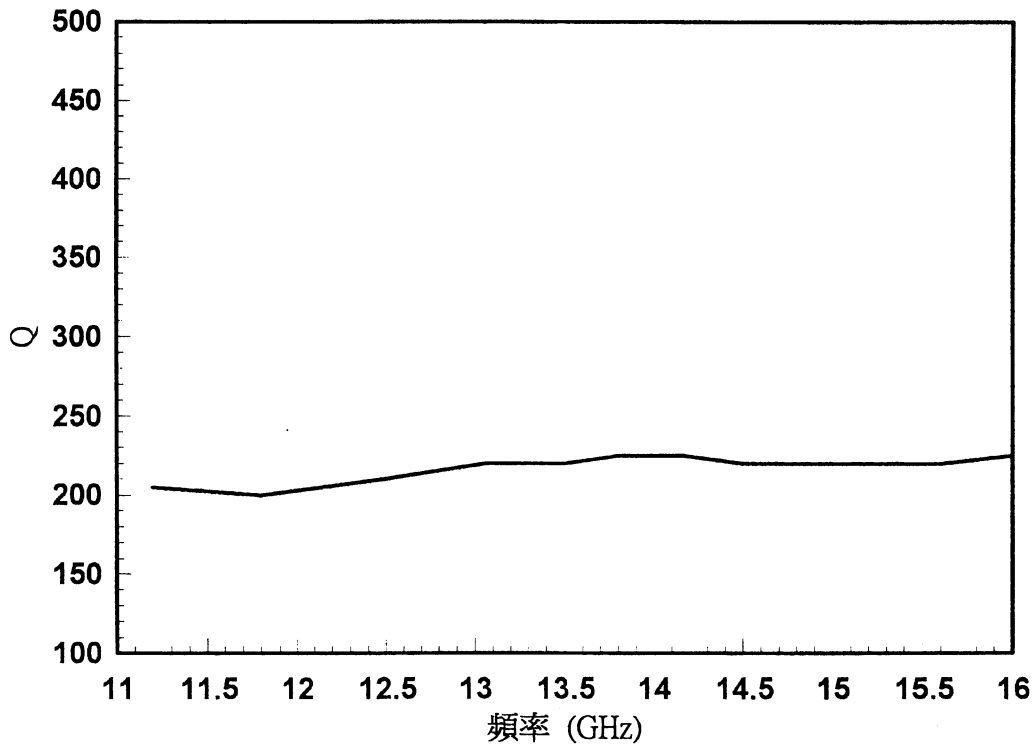


圖 11b