公告本

申請日期：94.7.15	案號：94114262
類別：H01L 29/92	

（以上各欄由本局填註）

發明專利說明書 475272

一、發明名稱	中文	電氣可調裝置及其相關方法
	英文	ELECTRICALLY TUNABLE DEVICE AND A METHOD RELATING THERETO
二、發明人	姓名（中文）	1.鄂蘭 威克伯格 2.彼德 佩厝 3.查拉扣 艾文芙 4.史帕塔克 吉沃真
	姓名（英文）	1.ERLAND WIKBORG 2.PETER PETROV 3.ZDRAVKO IVANOV 4.SPARTAK GEVORGIAN
	國籍	1.瑞典 2.保加利亞 3.瑞典 4.美國
	住、居所	1.瑞典丹德市路布拉德瓦格路3號 2.瑞典勾特伯格市莫特吉路330-11號 3.瑞典勾特伯格市蒙達瓦根路41號 4.瑞典勾特伯格市阿德沙維斯路15號
三、申請人	姓名（名稱）（中文）	1.瑞典商LM艾瑞克生(PUBL)電話公司
	姓名（名稱）（英文）	1.TELEFONAKTIEBOLAGET LM ERICSSON (PUBL)
	國籍	1.瑞典
	住、居所（事務所）	1.瑞典斯德哥爾摩市S-12625號
	代表人姓名（中文）	1.克雷斯 諾林 2.哥倫 諾德路
	代表人姓名（英文）	1.KLAS NORIN 2.GORAN NORDLUNDH

本案已向

國(地區)申請專利	申請日期	案號	主張優先權
瑞典 SE	2000/06/06	0002296-2	無

有關微生物已寄存於　　寄存日期　　寄存號碼

無

五、發明說明（1）

發明範圍

本發明是有關於例如用於微波（無線電頻率）電路之電氣可調裝置之範圍。詳言之，它是有關於一種薄膜鐵電變容二極管裝置，此一裝置在微波（或毫米波）電路中之使用及產生該裝置之方法。

技藝敘述

各式各樣使用於微波或毫米波裝置中之可調裝置在過去已經被提出。變容二極管是一種可變電容裝置，其中的電容是依據施加在其上的電壓而定。在其他由於因施加電壓所引起變容二極管電容改變在頻率調整上具有相當影響因素之下，變容二極管常被使用於無線電頻率調整應用。

已知有以半導體為材質之變容二極管。然而，在許多方面這種裝置是有缺點的。例如，它們受微波頻率中低可調性（低動態範圍）所困擾，即10-20 GHz以上，且微波耗損也很高。因為半導體之固有特性，如果以一過度的應用電壓順相偏壓或逆相偏壓，則該電容二極管易受影響而過熱或燒壞。半導體PN接面裝置具有一貧化區，其受到高電場壓力，且如同它的一種影響，當應用電壓改變時該裝置可能會損壞。直到進一步，半導體材料的介電常數介於大約10-15之間，即低介電常數，其限制電容且在大多數的應用中是一項缺點。

還有一種微電子機械變容器。與半導體變容器相反，它們有高的動態範圍或高可調性及低微波損失，但是調整速度被限制在10個微秒。此外，它們對機械震動很敏感，它

五、發明說明 (2)

們的生命週期很短且它們亦不可靠。

還有一種以鐵電材料或非線性介電質為基礎的變容器，例如得自US-A-5,472,935。上述文件徵所提出之變容器及以(大量)鐵電為基礎之可調微波裝置的主要缺點是參數會極端地與溫度有關，其與鐵電材料的固有溫度有關。此被圖例說明於圖1A、圖1B中，其顯示極端溫度關係接近典型鐵電材料，鋇鈦鹽($BaTiO_3$，BTO)及鍶鈦鹽($SrTiO_3$, STO)，介電常數之最大值。在應用電直流場(可調性)上介電常數之關係也更強大接近介電常數之最大值，反之慢慢遠離介電常數之最大值，可調性變低。例如STO在室溫下合理低應用電場(E<100千伏特/公分)中不是可調的。此意味著STO材質之電容器在大約室溫不是可調的(即它們實際上沒有變容器)。此意味著高溫穩定性只可能在結合低可調性的情況下被達到。

此外，其中一過渡層被形成於金屬電極，例如金，與變容器中鐵電材料之間介面的鐵電材料表面中。此層中內部電場將減低鐵電材料之介電常數且結果是它亦減低至應用外部DC電場之靈敏度。換言之，變容器之可調性被減低。

以大量材料為基礎之鐵電變容器的缺點是該裝置的厚度會限制總容量效應。

我們已經發現將薄鐵電膜使用在可調電容製造上的優點，因為鐵電膜的介電常數是可以利用應用在薄膜上電壓之改變而調整。在高頻，該薄膜本質上表現相對低損耗。

US-A-5 640 042展示一簡易鐵電變容器，其包含複數個

五、發明說明 (3)

薄膜層。一載體底材層被提供，在其上沉澱初一金屬導電層。薄膜鐵電輪流被沉澱在金屬導電層上且垂直空間金屬導電裝置被沉澱在薄膜鐵電上。載體底材層、金屬導電層及薄膜鐵電層具有一致的晶格而形成相稱的晶體構造。然而，即使可以得到比半導體變容器更高電容值，導致一較高的可調性，該裝置在許多應用中依然不會令人滿意地工作，例如因為溫度的穩定度不夠好且該裝置可以被調整的廣度也不夠充足。

發明摘要說明

我們需要的是一種改良變容器裝置。更特別地是需要一種具有更高動態範圍(大可調範圍)且在同時間顯示高度不受溫度影響，即其顯示高程度之溫度穩定性之變容裝置。特別是需要一種可靠、具長生命週期且不受機械應力或震動等困擾之鐵電變容器。進一步需要一種調整速度快之變容器。調整速度可以定義成dC/dt，電容(C)之時間(t)導函數且顯示電容可以被調整的速度有多快。再者，需要一種可以製造簡單且製造費用不高之鐵電裝置。更進一步需要一種適合大量應用，特別是用於微波或毫米波應用或甚至於用於微波無線電應用之變容器裝置。特別需要一種具有高可調性(高動態範圍)且在一已知溫度區間中不受溫度影響之變容器裝置。

完成一個或多個上述物體，我們亦需要一種特別易於實現而產生該變容器裝置之方法。我們亦需要一種操作如上文所稱之可調鐵電變容器裝置之方法。

五、發明說明 (4)

因此，提出一種包含底材層、鐵電層構造及電極構造薄膜鐵電變容器裝置，鐵電層構造包含多個電電層及多個以替代方式配置之中間緩衝層。至少第一及第二該鐵電層，其可能是介電質之中間緩衝層介於兩者之間，具有不同的Curie溫度。Curie溫度的具體定義是依據介電常數而變動之溫度。特別地，它是介電常數在最大值時的溫度。根據本發明，各個鐵電層之不同Curie溫度透過已知的鐵電層被提供一種不同的化學組合或利用將鐵電層彼此化學隔離，以致提供不同的Curie溫度。各層元素組合的至少一種元素含量在至少兩層中是不同的(特別是元素含量在一層中可能為零)。

有利地，至少一些變容器裝置層具有匹配晶體構造之晶格。甚至特別地，全部的層，即鐵電層構造、電極構造及底材層的層具有匹配晶體構造之晶格。

在這些層的較佳實施例中，特別是中間緩衝層及鐵電層及底材層包含結晶的薄膜(取向附生的薄膜)。

在一較佳實施例中，鐵電層包含一陶材料。特別是陶材料之至少一種元素或成分在許多層或特別的所有層不同片段中被提供，以致至少鄰近的鐵電層、其中鄰近是意思是提供中間緩衝層之間鐵電層，該元素之某片段。

在一有利的實施例中，陶材料包含鈣鈦礦(結構)氧化物或固態溶液，$ABCO_3$，其中A例如是Ba、Na其中之一；B例如是Sr、Kr其中任何之一；C是Tc、Nb其中之一等。在一特殊實施例中，鐵電層包含$Ba_xSr_{1-x}TiO_3$。至少對上述第一

五、發明說明 (5)

與第二層而言，鋇(Ba)含量是不同的，這樣用於第一與第二層的元素成分分別是$Ba_{x1}Sr_{1-x1}TiO_3$與$Ba_{x2}Sr_{1-x2}TiO_3$，導致不同的居禮溫度。當然，可能有兩個以上具有不同xi值或特殊不同的鋇含量之層。特別是對各鐵電層i，$0 \leqq xi \leqq 1$。

在一替代實施例中，至少有兩層包含$Na_{xi}K_{1-xi}NbO_3$，其中xi至少與"鄰近"的兩個鐵電層不同。在一特別有利的實施例中，中間緩衝層包含介電薄膜。在不同鐵電層之間之介電薄膜可能具有相同的元素組合或不同的元素組合。

在一特殊的實施例中，至少其中一個介電薄膜具有MgO、$LaAlO_3$、CeO_2或有相似特性之材料的元素組合。如果鐵電構造中有一個以上之中間緩衝層，例如如果有超過兩個以上需要中間緩衝層在其間之鐵電層或如果一中間層亦被提供在一鐵電層與底材層之間，則各介電緩衝層可能有相同的元素組合但它不是必須的。在一特殊有利的實施例中，至少其中一個介電中間緩衝層具有一種WO_3元素組合。

根據不同實施例，一個介電層具有一種WO_3元素組合，然而一或多個其他層包含MgO或類似的成分，替代所有層包含WO_3。在另一個實施例中，至少其中之一個中間緩衝層包含一種多層構造，其包含多個子層，其中至少一個子層具有MgO元素組合或類似，如上文所稱，且至少一個子層具有WO_3元素組合。底材層可能具有一種MgO、$LaAlO_3$或有類似特性材料之元素組合，然而，電極構造可能包含定義在它們之間缺口之垂直配置電極。舉例來說，這些電極

五、發明說明 (6)

可能包含金(Au)、銅(Cu)、銀(Ag)或類似金屬，但是它們亦可能包含超導體或特別高溫超導體，如YBCO (YBaCuO)或TBCCO (TlBaCaCuO)。

在一較佳實施例中，鐵電層的厚度小於或等於1 μm。中間緩衝層的厚度，特別是介電質，為100 nm或更小。如果它們包含WO_3與MgO或類似的組合或如果它們包含一多層構造，則它們亦可能稍微厚一些(它們亦可能與前面所述的一樣厚)。在另一實施例中，鐵電層構造包含一鐵電毫微構造，其具有實質厚度小於或等於100 nm之超薄鐵電層。在鄰近電極構造的地方，即電極與鐵電層或中間緩衝層(介電層)之間提供一緩衝層。該緩衝層例如可能包含薄金屬鎂膜。

鐵電裝置可能包含一種鐵電層構造，其包含三或更多個鐵電層，其中在每對鐵電層之間存在一較佳介電質-中間緩衝層。中間緩衝層亦可能存在於底材層與鐵電層之間而沉澱於底材層之上。

特別地，變容器電容之溫度依賴性可以以居禮溫度/各個鐵電層元素組合中xi值，即元素組合之至少一個元素含量之選擇而控制。

包含一底材層、一鐵電層構造即一電極構造之薄膜鐵電變容器裝置被提供，其中鐵電層構造包含數個鐵電層及數個最好是介電值之中間緩衝層，其中鐵電層與介電曾以一種替代方式配置，以致於在鐵電層之間存在一中間緩衝層，彼此以化學地隔開。至少一些鐵電層具有不同的元素

五、發明說明 (7)

組合。特別地，鐵電層包含陶材料、諸如過鈣鈦礦(結構)氧化物或形式$A_{xi}B_{1-xi}CO_3$之固態溶液，其中xi與至少一些其後中間存在中間緩衝層之鐵電層是不同的。特別地，對各層i，$0 \leqq x \leqq 1$。特別地，鐵電層i，其中i, …, N;N是構造之鐵電層之數目，包含Ba_{xi} Sr_{i-xi} TiO_3或Na_{xi} K_{1-xi} NbO_3。特別是變容裝置之所有層具有相配的晶體構造且各個鐵電層之居禮溫度都不相同，其中各個居禮溫度是取決於各xi，且此選擇被完成以便確定各層介電常數之最大值是不同的。特別是變容器電容的溫度依賴性可以被控制。Ba-含量/Na-含量在各層中是不同的(接著Sr/K含量亦不同)。

根據本發明，上述變容裝置可以有利地使用於微波(無線電頻率)電路，諸如可調共鳴器、濾波器、相位補償器、延遲線路、混頻器、和聲產生器或類似裝置。

一種產生包含底材層構造、鐵電層構造及電極構造之薄膜鐵電變容裝置之方法亦被得到，其包含步驟；在底材層構造上提供一鐵電層，包含步驟有；在至少兩鐵電層(i;i+1)中提供一中間物，最好是介電質、在各鐵電層之間緩衝層；選擇不同的層元素組合第一成分之含量(xi, x(i+1))；選擇含量(xi, x(i+1))以致不同層之介電常數將具有不同的居禮溫度。然後變容器可能在兩鐵電層之居禮溫度之間操作。

附圖摘要說明

本發明將在下文中以一非限制方式且參考附圖被進一步描述，其中:

五、發明說明（8）

圖1A是BTO溫度依賴性之略圖，

圖1B是STO溫度依賴性之略圖，

圖2是根據本發明第一實施例變容裝置之截面視圖，

圖3是說明如何控制兩個包含BSTO之鐵電層Ba含量而可以得到實質溫度依賴電容之略圖，

圖4是說明電容C溫度依賴性之實驗確認及本發明變容器之品質因子Q之略圖，

圖5是根據本發明第二實施例之變容裝置之截面視圖，其類似圖2，但是其中在底材層與鐵電層之間存在一中間緩衝層，

圖6是根據本發明第三實施例之變容裝置之截面視圖，其包含三個鐵電層及三個介電層，其中一個介電層具有與其他兩個不同的化學組合，

圖7是根據本發明第四實施例變容裝置之截面視圖，其中之一中間緩衝層包含一多層構造，

圖8A是具有連接根據本發明變容器之覆晶之單極可調帶通濾波器之截面視圖，

圖8B是圖8A濾波器之頂部視圖，及

圖9概要說明一種具有綑綁繞線連接至根據本發明變容器之單極可調帶通濾波器應用。

發明之詳細說明

圖1A及1B分別顯示極端溫度依賴性接近鍶鈦酸鹽（$SrTiO_3$;STO)（圖1B）與鋇鈦酸鹽（$BaTiO_3$;BTO）（圖1A）介電常數之最大值。介電常數顯示一種對應用DC電場之依賴，

五、發明說明 (9)

此DC電場強度比接近介電常數最大值更強，反之遠離介電常數最大值遞減。此意思是在介電常數最大值時，可調性應該高，反之遠離最大值時，可調性低。如先前所述，STO在室溫下合理低的應用電場中不是可調的。圖1B說明介電常數(反向介電常數)與居禮溫度之上溫度T_{CR}之關係，$T>T_{CR}$。此關係是得自居禮-維斯法則；$\varepsilon=78.300/(T-T_{CR})$。對$SrTiO_3$，$T_{CR}=28$ [° K]。$T_{CR}=381K$。

居禮溫度的定義是一種特徵為介電常數溫度依賴之溫度。(圖1B顯示$\varepsilon=78.300/(T-T_{CR})$，其中$T_{CR}=28K$，於STO。) T_{CR}，或反之介電常數具有其最大值之溫度，可能在一限制溫度區間中被壓力控制。

在一大溫度範圍中調整T_{CR}最有效率的方法是根據本發明改變材料中一種成分含量，此材料包含陶合成物，諸如$ABCO_3$，例如Ba、Na或任何其他合適的材料含量。

根據本發明，發明鐵電變容器，其具有高可調性或一高動態範圍，此意思是一大範圍的可調性。可調性的定義為$T(V) = [C(0)-C(V)]/C(0)$，其中V是應用在變容器DC範圍之電壓，C(0)是變容器在V=0的電容量，反之，C(V)是在$V=V_{max}$最大應用電壓的電容量。

根據本發明之變容器顯示高可調性且在一已知溫度區間(在各個鐵電層介電常數居禮溫度之間)是實質溫度依賴。

圖2中說明根據第一實施例之變容裝置10。它包含底材層1，其包含一低微波損耗，結晶狀的介電質，例如MgO、$LaAlO_3$或類似材料，即具有類似特性的材料。在底材層1

五、發明說明 (10)

上沉澱有鐵電層構造12，在此其包含第一鐵電層2、中間緩衝層3，其最好是介電質，及第二鐵電層4。

第一鐵電層2沉澱於底材層1上。鐵電層2、4包含陶材料，例如鈣鈦礦(結構)形式氧化物或$A_xB_{1-x}CO_3$之溶液，其中A=Ba、Na等，B=Sr、K等，C=Ti、Nb或類似材料。任何此種材料理論上可以被使用，只要能讓微波損耗低即可。在特別的實施例中，陶材料包含$Ba_{xi}Sr_{1-xi}TiO_3$或$Na_{xi}K_{1-xi}NbO_3$，其中層2、4分別選取不同的xi，以致於得到不同的居禮溫度。xi是$0 \leqq xi \leqq 1$。這意思是對$Ba_xSr_{1-xi}TiO_3$而言，有兩種極端的狀況，即當xi=0時，它將是$SrTiO_3$，反之，xi=1，它將是$BaTiO_3$。在$Na_{xi}K_{1-xi}NbO_3$的事例中，也有兩種極端的狀況，即xi=0，它將是$KNbO_3$，反之xi=1，它將是$NaNbO_3$。一般而言，xi可能是0與1之間的任何值，包括等於0或1。

在此實施例中，假設第一鐵電層2包含$Ba_{xi}Sr_{1-xi}TiO_3$，其中xi具有選擇值x1且這層被沉澱於底材層1上。介電薄膜層3，例如MgO、$LaAlO_3$、CeO_2等被沉澱在鐵電層上。在介電層3上，第二鐵電層4被沉澱，其包含另一個鐵電薄膜，例如$Ba_{x2}Sr_{1-x2}TiO_3$，其中所選x2的值與x1不同。底材層1與鐵電構造之層，即層2、3、4，尤其具有相配的晶體構造以防止薄膜中的機械應力。此處相配的晶體構造意思是兩個介面晶體(底材-鐵電層、鐵電層-介電層或底材-介電層)應該具有結晶的構造及儘可能彼此接近之晶格常數。

在圖2之變容裝置10中，鐵電鋇鍶鈦酸鹽(BSTO)薄膜之

五、發明說明 (11)

居禮值藉由鋇含量控制，即藉由上述xi因子x1及x2控制。兩個具有不同鋇含量之鐵電層經由介電層3之存在將彼此化學隔離。在最有利的實施例中(與圖2及其他所有下述實施例有關)，全部的層都是外延的(epitaxial)，即單結晶以保證高介電常數、高可調性及低微波耗損。中間緩衝層3，最好是介電質薄膜，被使用以確保具有不同xi值之兩BSTO薄膜之化學隔離，即避免具有介於x1與x2之間x值之BSTO新相位之形成，且因此具有不同的居禮值(介電常數之最大值)，如圖3中介電常數中代表xi與x2之兩個峰值。換言之，介電薄膜層3的作用是確保明顯不同的特性及第一鐵電層2與第二鐵電層4中(溫度)峰值的位置。較佳地，如上文所述，xi值介於0與1之間。中間緩衝層3亦被使用以確保鐵電層4之高結晶品質。如果薄膜層厚度小於1微米，則鐵電層通常具有一好的結晶品質。嘗試成長更薄的外延薄膜導致結晶構造退化(因為產生缺陷)及介電特性的下降。晶格相配介電層之薄中間緩衝層，通常小於100毫米，之應用，例如MgO、$LaAlO_3$、CeO_2等，如上所述，有助於恢復鐵電構造之鐵電層4之結晶構造。因為中間(介電)緩衝層3的厚度很小，所以實際上它並不會影響變容器的電容量及可調性。

正如下文所進一步討論的，替代使用一種外延三層鐵電構造，如圖2實施例中所示，有可能製作包含多層鐵電構造之變容器，例如具有BSTO鐵電層及MgO介電質，在較低的可調性損耗上具有較低電容量(有些時候可能是需要的)

五、發明說明 (12)

及較低的微波損耗。其他多層構造亦可能在下文中被提出。

鐵電層2與鐵電層4具有不同的鋇(Ba)含量且因此分別有不同的居禮溫度T_{CR1}及T_{CR2}，如圖3中所述。介電常數的最大值發生於不同的溫度。鐵電層2及4之居禮溫度(即介電常數最大值的位置)的選擇是利用適當地選擇層2、4中鋇含量，即xi值。

這種選擇被正確的完成，以致於想要的變容器操作溫度範圍是介於鐵電層2與4之間，參看圖2。電極9_1、9_2之間所測量之電容將具有一幾乎溫度無關值，如同圖3中所能看到的。因為層2及4介電常數重疊"尾部"，此種變容器之可調性將大於在相同溫度範圍下只有層2或4之變容器。

此外，經由一種鐵電層之Ba摻雜，即利用選擇適當的x值，在已知溫度範圍中選擇電容溫度係數(TCC)之記號。電容溫度係數已知如TCC=[C(T1)-C(T2)]/C(T1)；C(T1)與C(T2)分別是在T1與T2時之電容。在圖3中，TCC在T_{CR1}至N的範圍內是負的，在P至T_{CR2}的範圍內是正的，且在N與P之間趨近為零。

特別地，一鐵電介電多層構造可能包含數個具有不同xi，即不同含量及不同居禮溫度之鐵電材料層，例如A成分，如Ba或Na。這提供一平均值以更精確地整理變容器電容之溫度依賴性。

在一實施例中，未顯示，鐵電構造包含包含一種超薄鐵電層及以替代方式配置之介電層形式之週期性堆疊，其厚

五、發明說明 (13)

度小於100 nm。一多層構造可能具有兩層以上，總厚度大約0.5 μm。此構造呈現增強的非線性特性及高的電場且因此高可調性可能在低電壓應用中被達成。

在圖2所描述之實施例中，在電極9_1、9_2與鐵電薄膜中提供緩衝層8_1、8_2。它們的作用是消除先前所討論應用中之中間過渡層。緩衝層8_1、8_2可能包含金屬鎂。在一特殊實施例中，電極9_1、9_2是由黃金電極構成。經由緩衝層8_1、8_2之使用，在介於鐵電層4與電極9_1、9_2之間的介面上形成歐姆接觸。因此，在鐵電層內沒有產生內部電場。所以，在零外部偏壓，介電常數及變容器的可調性可以同時保持在高的狀態。然而，這些緩衝層對本發明的功能不是必要的，但是只關係到一有利的應用。而且，電極不是一定要是黃金電極，而可以是其他任何可以被使用的適當材料，諸如銅、銀或類似金屬。再者可能使用超導電極或甚至高溫超導電極，例如YBCO(Y-Ba-Cu-O)。此外，替代Mg、Ti或類似金屬可以被使用於緩衝層以製作歐姆接觸。

在此範圍中的微波損耗為最小，其中TCC很小或接近零，且因此變容器的品質因子將具有最大值。這是因為鐵電層2、4的損耗分別在居禮溫度T_{CR1}及T_{CR2}時最高且偏離這些溫度時遞減，可以自如圖2中所討論形式之變容器裝置之實驗效能看出，參看圖4。圖4是有關使用BSTO薄膜分別當作鐵電層2及4之實驗結果。在此特殊實施例中，鐵電層2包含具有x1=0.75厚度為0.4 μm之BSTO，即$Ba_{0.75}Sr_{0.25}TiO_3$。鐵電層4包含厚度0.4 mm之$Ba_{0.25}Sr_{0.75}TiO_3$。

五、發明說明 (14)

介電層3包含MgO且厚度大約為0.1 μm。底材層1包含厚度0.5 mm之MgO。緩衝層8_1、8_2包含厚度0.1 μm之Mg。電極9_1、9_2包含厚度1.0 μm之Au。電極9_1、9_2之大小為0.125x 0.125 mm，然而電極9_1、9_2之間的槽寬度為2.5 μm。在此實施例中，薄膜利用雷射削磨向外延伸成長。利用照相平版圖樣之真空蒸發產生電極。

很清楚地，這只是關係一種特殊實施例且本發明的方向不被限制在以任何特殊方法產生之外延薄膜，類似的薄膜亦可能以其他適合的外延成長技術產生，諸如噴濺、化學蒸氣沉澱等，如精通此技藝者所應該瞭解的方法。在多層構造中，所有中間緩衝層可能包含相同的材料，但變容裝置不同的緩衝層亦可能包含不同的材料。

如包含MgO(參考圖2之層3)或類似型態材料之中間緩衝層之替換物，其他(晶體相配)材料亦可能被使用。例如是WO_3。這是一種具有吸取氧及以氧強化鐵電層特性之氧化物。具有所想要氧含量之鐵電層或薄膜製造是困難的。通常在鐵電薄膜中有氧不足的現象，其負面地影響鐵電晶體之介電特性。因此，透過WO_3替代MgO之應用，介電特性將進一步被改良。這當然可以應用於任何本發明所圍繞之實施例。

圖5顯示另一種根據本發明之變容裝置20，其包含底材層1A及提供在底材層1A上之鐵電層12A。鐵電層12A包含第一鐵電層2A及第二鐵電層4A，在兩層之間提供中間緩衝層5A。此外，它尚包含一中間緩衝層3A，其被提供鄰近底材

五、發明說明（15）

層1A，即在底材層1A與第一鐵電層2A之間。如參看圖2所述實施例中，在上鐵電層4A與縱電極$9A_1$、$9A_2$之間提供緩衝層$8A_1$、$8A_2$，在兩電極之間定義一缺口11A。使用於此實施例中之材料可以是稍早在此應用中所討論之任何材料，通稱為$ABCO_3$，中間緩衝層亦可能是上文所討論之任何種類，例如MgO或WO_3或其任意組合之介電層。

在一特殊實施例中，介電層3A、5A包含不同的材料。在一實施例中，其中之一層包含MgO或具有類似特性之材料，反之另一層包含WO_3。除了上文所討論的特性之外，中間緩衝層，例如介電層，可能被使用於控制根據它們晶格常數與介面鐵電層晶格常數有關之鐵電層中的張力（壓縮或延展）。例如，如果鐵電層需要被壓縮，則介電層之晶格常數應該小於鐵電層之晶格常數而進行直到晶體相配為止且反之如果鐵電層需要被延展亦然。

圖6中，再另一個根據本發明實施例之變容裝置30被提出。如同在先前所提出之實施例中，它包含底材層1B，在其上提供鐵電層構造12B。在鐵電層構造12B的上方，提供電極$9B_1$、$9B_2$且再它們中間有一間隙11B。較佳地，在電極與鐵電構造12B之鄰近鐵電層之間提供薄緩衝層$8B_1$、$8B_2$。此實施例中，鐵電構造12B包含三個鐵電層2B、4B、6B及三個最好是介電質之中間緩衝層3B、5B、7B。介電層及鐵電層以一交互方式被配置。在一替代實施例中（未顯示），底材層與隨後的鐵電層之間沒有中間緩衝層沉澱。較佳地，三個鐵電層2B、4B、6B具有不同的xi值。替代地，兩

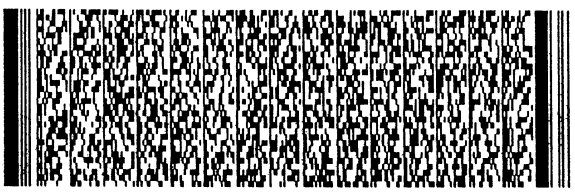
五、發明說明（16）

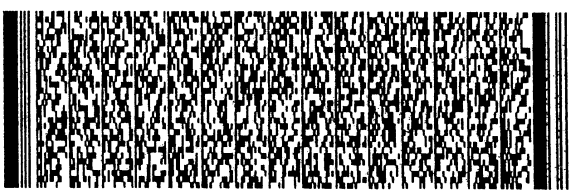
個鐵電層具有不同的xi值，反之第三鐵電層具有與其他兩鐵電層其中之一相同的xi值。然而，中間鐵電層4B必須與鐵電層2B、6B不同。

在變容裝置30中，介電層5B可能與鐵電層3B、7B化學地不同，其包含MgO以加強張力，如果層3B、7B被使用於吸取氧且包含WO_3或具有類似特性之材料。當然介電層3B、5B、7B亦可能類似。替代地，它們三個全部可能不同。

圖7顯示再另一個根據本發明實施例之變容裝置40。鄰近底材層1C的地方，鐵電層12C被配置，在其上電極$9C_1$、$9C_2$被垂直地沉澱，以便定義在它們之間的縱向間隙11C。在電極$9C_1$、$9C_2$之間，薄緩衝層$8C_1$、$8C_2$被提供，然而其不需要對於本發明有作用。鐵電構造12C包含三個鐵電層2C、4C、6C，類似圖6中之實施例。在底部鐵電層2C與底材層1C之間，第一中間緩衝層3C被沉澱。在第一2C與第二4C鐵電層之間，第二中間緩衝層5C被沉澱，其在此實施例中包含三個子層$5C_1$、$5C_2$、$5C_3$，即中間緩衝層5C包含（不同）介電子層之組合以加強張力（晶格相配）及在同時氧氣強化。中間緩衝層5C可能包含一MgO子層，被三明治式的夾在兩WO_3層$5C_3$、$5C_1$之間。在第二鐵電層4C與第三鐵電層6C之間，另一個中間緩衝層7C被提供。它包含一種單一層。

在一替代實施例中，包含多個子層之中間緩衝層，像中間緩衝層5C可能被使用於所有鐵電層之間及/或底材層與隨後的鐵電層之間等。





五、發明說明（17）

我們應該清楚，根據本發明之變容裝置可以取得許多形式且它在本發明的範圍內可能以多種方法被改變。它不被禁止在鐵電構造中所包含之任何層數，不同的材料可以被使用在不同的組合中而且底材層及但及構造可以利用許多方式改變，這裡的主要事務被提供，一鐵電層構造包含交互沉澱之鐵電層及（介電質）中間緩衝層以"化學地"隔離隨後具有彼此不同居禮溫度之鐵電層。

圖8A、8B及圖9分別概要說明兩個實際實施例。圖8A是單極（單共鳴器）可調帶通濾波器45之截面視圖，其中微波傳輸帶線16D被沉澱在底材15D上且連接間隙18D被提供。在半波長共鳴器17D頂端上，利用一種叫做覆晶連接連接一種根據本發明之變容裝置50，該連接包含連接變容裝置50電極$9D_1$、$9D_2$之"凸緣"$13D_1$、$13D_2$，像在先前實施例中一樣，其包含底材層構造1D、鐵電層構造12D及縱向沉澱電極$9D_1$、$9D_2$，在兩電極與鐵電層構造12D之間，提供一種薄膜緩衝層$8D_1$、$8D_2$。在此實施例中，鐵電層構造12D包含兩個鐵電層及兩個中間介電緩衝層。很清楚地，本發明範圍所包含之任何變容裝置可以利用覆晶連接法連接。

圖8B是圖8A帶通濾波器之上視圖且它可以看出變容器50如何連接一個在底材15D上所提供之半波長（$L=\lambda/2$）共鳴器。當一DC偏壓電路（為了簡化的理由而未畫在圖中）連接至變容裝置時，換言之當一DC偏壓被應用至變容器時，變容器之電容被改變且因此共鳴器之總電容及它的共鳴頻率被改變。

五、發明說明（18）

圖9顯示一種單極（單共鳴器）可調帶通濾波器55之替代實施例，其具有變容裝置60，利用接合線$13E_1$、$13E_2$連接至濾波器。在底材15E上，微波傳輸帶線16E被提供，以致形成連接間隙18E。變容裝置60是經由接合線$13E_1$、$13E_2$連接至電極$9E_1$、$9E_2$連接至各個共鳴器平板。沒有如先前所討論變容裝置詳細說明之變容裝置60可以被使用或涵蓋在本發明範圍內之任何其他變容裝置。微波輸入及輸出分別被圖示說明且在此狀況下，DC偏壓電路為了簡化的理由而未顯示。一應用至變容器60之DC偏壓改變它的電容且因此改變共鳴器17E的總電容及它的共鳴頻率。

應該很清楚，變容裝置可以使用於許多戈其他的應用，不同種類微波傳輸線應用、濾波器、共鳴器、槽傳輸線，且通常於微波極為米波電路中，諸如相位補償器、延遲線路、混頻器、諧波產生器等。

也應該很清楚地，電極構造不受限於兩個縱向沉澱電極，但它們原則上可以具有任何形式且提供任何想要的數目。即使用於大多數所說明之裝置，電極是在頂部且底材在底部，本發明的概念不受此限制。

而且在其他形式中，本發明不受限於這特殊說明實施例，而它可以在本申請專利範圍內以許多方法修改。

案號 89114262 90年9月11日

90年9月11日 修正 補充

四、中文發明摘要 （發明之名稱：電氣可調裝置及其相關方法）

本發明是有關於一種薄膜鐵電變容二極管裝置(10)，其包含一底材層(1)、鐵電層構造(12)及一電極構造(9_1, 9_2)。鐵電層構造(12)包含數個鐵電層(2,4)及數個以替代方式配置之中間緩衝層(3)。至少該鐵電層之第一(2)及第二(4)層具有不同的Curie溫度，即第一鐵電層(2)之介電常數與第二鐵電層(4)之介電常數具有最大值時的溫度不相同

。

英文發明摘要 （發明之名稱：ELECTRICALLY TUNABLE DEVICE AND A METHOD RELATING THERETO）

The present invention relates to a thin film ferroelectric varactor device (10) comprising a substrate layer (1), a ferroelectric layer structure (12) and an electrode structure (9_1, 9_2). The ferroelectric layer structure (12) comprises a number of ferroelectric layers (2,4) and a number of intermediate buffer layers (3) arranged in an alternating manner. At least a first (2) and a second (4) layer of said ferroelectric layers have different Curie temperatures, i.e. the dielectric

四、中文發明摘要　（發明之名稱：電氣可調裝置及其相關方法）

英文發明摘要　（發明之名稱：ELECTRICALLY TUNABLE DEVICE AND A METHOD RELATING THERETO）

constant of the first ferroelectric layer (12) has a maximum at a temperature which is different from the temperature at which the dielectric constant of the second ferroelectric layer (4) has a maximum.

六、申請專利範圍

1. 一種薄膜鐵電變容裝置(10；20；30；40；50；60)，其包含一底材層(1；1A；1B；1C；1D；1E；1F)、一鐵電層構造(12；12A；12B；12C；12D；12E)及一電極構造(9_1、9_2；$9A_1$、$9A_2$；…；$9E_1$、$9E_2$)，特徵為：

鐵電層構造(12；12A；12B；12C；12D；12E)包含數個鐵電層(2、4；2A、4A；2B、4B、6B；2C、4C、6C)及以交互方式配置之數個中間緩衝層(3；3A、5A；3B、5B、7B；3C、5C、7C)且在至少第一與第二該鐵電層中，具有不同居禮溫度，即第一鐵電層之介電常數在一溫度時具有一最大值，此溫度與第二鐵電層之介電常數有最大值時之溫度不同。

2. 如申請專利範圍第1項之變容裝置，其特徵為：

至少該第一及第二鐵電層(2、4；2A、4A；2B、4B、6B；2C、4C、6C)利用一中間緩衝層(3；3A、5A；3B、5B、7B；3C、5C、7C)彼此化學隔離且其中鐵電層(2、4；2A、4A；2B、4B、6B；2C、4C、6C)之化學元素組合不同，其中至少一種元素之含量不同。

3. 如申請專利範圍第1或2項之變容裝置，其特徵為：

至少一些底材層(1；1A；1B；1C；1D；1E；1F)、鐵電層構造(12；…；12E)之層及電極構造(9_1、9_2；…；$9E_1$、$9E_2$)具有相配的晶體構造。

4. 如申請專利範圍第3項之變容裝置，其特徵為：

全部的層都具有晶格相配晶體構造。

5. 如申請專利範圍第1或2項之變容裝置，其特徵為：

六、申請專利範圍

鐵電層構造(12；…；12E)之層包含單結晶(外延的)薄膜。

6. 如申請專利範圍第5項之變容裝置，其特徵為：

鐵電層包含陶材料。

7. 如申請專利範圍第6項之變容裝置，其特徵為：

陶材料包含鈣鈦礦(結構)氧化物或固態溶液$ABCO_3$，其中A是例如鋇(Ba)、鈉(Na)等的任一材料，B是例如鍶(Sr)、鉀(K)等之任一材料，C是例如鈦(Ti)、鈮(Nb)等之任一材料。

8. 如申請專利範圍第7項之變容裝置，其特徵為：

各鐵電層(2、4；…；2C、4C、6C)(i)分別具有一種$Ba_{xi}Sr_{1-xi}TiO_3$，其中含量xi在至少兩鐵電層是不同的以產生該至少兩鐵電層之不同居禮溫度。

9. 如申請專利範圍第7項之變容裝置，其特徵為：

鐵電層(2、4；…；2C、4C、6C)分別包含$Na_{xi}K_{1-xi}NbO_3$，其中至少兩鐵電層之含量xi不同以產生不同的居禮溫度。

10. 如申請專利範圍第8項之變容裝置，其特徵為：

對於至少兩個，或至少該第一及該第二鐵電層i、i+1，$0 \leqq xi \leqq 1$；$0 \leqq x(i+1) \leqq 1$。

11. 如申請專利範圍第5項之變容裝置，其特徵為：

中間緩衝層(3；3A、5A；3B、5B、7B；3C、5C、7C)包含介電薄膜。

12. 如申請專利範圍第11項之變容裝置，其特徵為：

六、申請專利範圍

至少其中之一介電薄膜層具有一種MgO、$LaAlO_3$、CeO_2或具有類似特性材料之元素組合。

13. 如申請專利範圍第11項之變容裝置，其特徵為：

至少其中之一介電薄膜層具有一種WO_3或具有類似特性材料之元素組合。

14. 如申請專利範圍第11項之變容裝置，其特徵為：

至少其中之一中間緩衝層(5C)包含一具有多個子層($5C_1$、$5C_2$、$5C_3$)之多層構造，其中至少一個子層具有MgO或類似材料之元素組合且至少一個子層具有WO_3之元素組合。

15. 如申請專利範圍第1或2項之變容裝置，其特徵為：

底材層(1；…；1E)具有MgO、$LaAlO_3$或具有類似特性材料之元素組合且其中電極構造包含縱向配置電極(9_1、9_2；…；$9E_1$、$9E_2$)，例如為黃金，定義在它們之間的間隙。

16. 如申請專利範圍第1或2項之變容裝置，其特徵為：

鐵電層的厚度實質上≦1微米(μm)，且其中中間緩衝層的厚度實質上≦100毫微米(nm)。

17. 如申請專利範圍第1或2項之變容裝置，其特徵為：

鐵電層構造包含一鐵電毫微構造，其具有厚度趨近≦100毫微米(nm)之超薄鐵電層。

18. 如申請專利範圍第1或2項之變容裝置，其特徵為：

鄰近電極構造，一緩衝層(8_1、8_2；…$8D_1$、$8D_2$)(例如薄金屬鎂薄膜)被提供。

19. 如申請專利範圍第5項項之變容裝置，其特徵為：

六、申請專利範圍

鐵電層構造(12B；12C)包含三個或更多個鐵電層。

20. 如申請專利範圍第8項之變容裝置，其特徵為：

利用各鐵電層組合元素居禮溫度/xi/1-xi值之選擇得到變容器之溫度依賴性。

21. 一種薄膜鐵電變容裝置(10；20；30；40；50；60)，其包含一底材層(1；1A；1B；1C；1D；1E)、一鐵電層構造及一電極構造(9_1、9_2；…；$9E_1$、$9E_2$)，其特徵為：

鐵電層構造(12；…；12E)包含數個鐵電層(2、4；2A、4A；2B、4B、6B；2C、4C、6C)及數個最好是介電質之中間緩衝層(3；3A、5A；3B、5B、7B；3C、5C、7C)，鐵電層與介電層以一交互方式被配置以致於兩者間具有中間緩衝層之鐵電層彼此被化學地隔離且其中它們具有不同的元素組合以致於各層介電常數之溫度依賴性不相同。

22. 如申請專利範圍第21項之薄膜鐵電變容裝置，其特徵為：

鐵電層包含陶材料，諸如鈣鈦礦(結構)氧化物或形式$A\underline{x}_iB_{1-xi}CO_3$之固態溶液，其中xi與至少隨後中間配置中間緩衝層的鐵電層不同。

23. 如申請專利範圍第22項之變容裝置，其特徵為：

各鐵電層之i；i=1, …N；N是鐵電層的數目，$0 \leqq xi \leqq 1$。

24. 如申請專利範圍第23項之變容裝置，其特徵為：

鐵電層i，i = 1, …N；N是鐵電層的數目，包含$Ba_{xi}Sr_{1-xi}TiO_3$或$Na_{xi}K_{1-xi}NbO_3$。

六、申請專利範圍

25. 如申請專利範圍第23或24項之變容裝置，其特徵為：

變容裝置所有之層具有相配的晶體構造且其中各層之居禮溫度不同，其中居禮溫度由xi值控制，以致於可以控制變容器電容之溫度依賴性。

26. 如申請專利範圍第21至24項之任何一項之變容裝置，其中該變容裝置是使用於可調性微波(RF)電路，例如：可調共鳴器、濾波器、相位補償器、延遲線路、混頻器及諧波產生器。

27. 一種產生包含底材層構造、鐵電層構造及電極構造之薄膜鐵電變容裝置之方法，其特徵為：

它包含步驟有：

-在底材層構造上提供一鐵電構造，包含步驟有：

-在數個鐵電層之各個之間提供最好是介電質之中間緩衝層，

-至少兩個鐵電層(i；i+1)，選擇不同的層(i；i+1)各元素組合之第一元素之不同含量(xi；x(i+1))，

-選擇含量(xi；x(i+1))以致於在不同層之介電常數將具有不同的居禮溫度，以致於想要的變容器操作溫度範圍將介於兩鐵電層居禮溫度之間，

-沉積電極結構為鐵電層結構上。

28. 一種操作根據申請專利範圍第27項之方法所產生之可調薄膜鐵電變容裝置之方法，申請專利範圍第27項之方法是利用一真空沉澱法，最好是雷射融損(ablation)，以

六、申請專利範圍

沉澱數個薄膜提供一晶體相配構造，該薄膜包含一底材層、一鐵電層構造及一電極構造，

它包含步驟有：

-在至少兩鐵電層居禮溫度之間的溫度區間中操作變容裝置；

-應用想要的DC調整電壓。

圖式

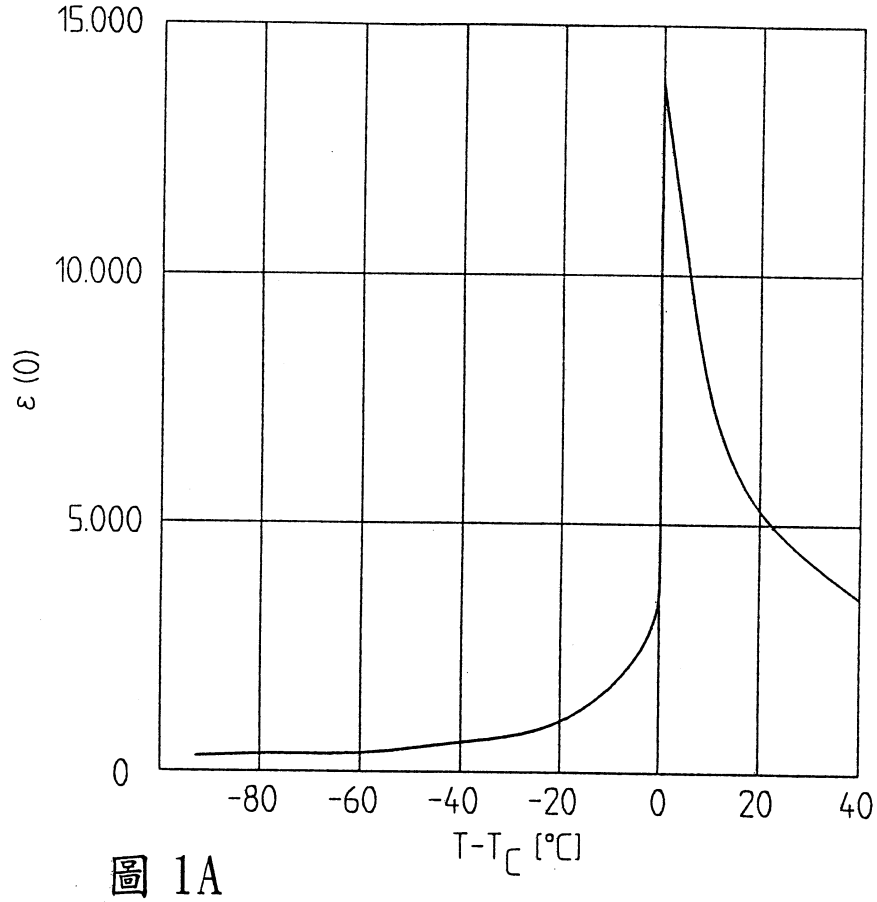

15.000
10.000
5.000
0
ε (0)
-80
-60
-40
-20
0
20
40
T-T_C [°C]

圖 1A

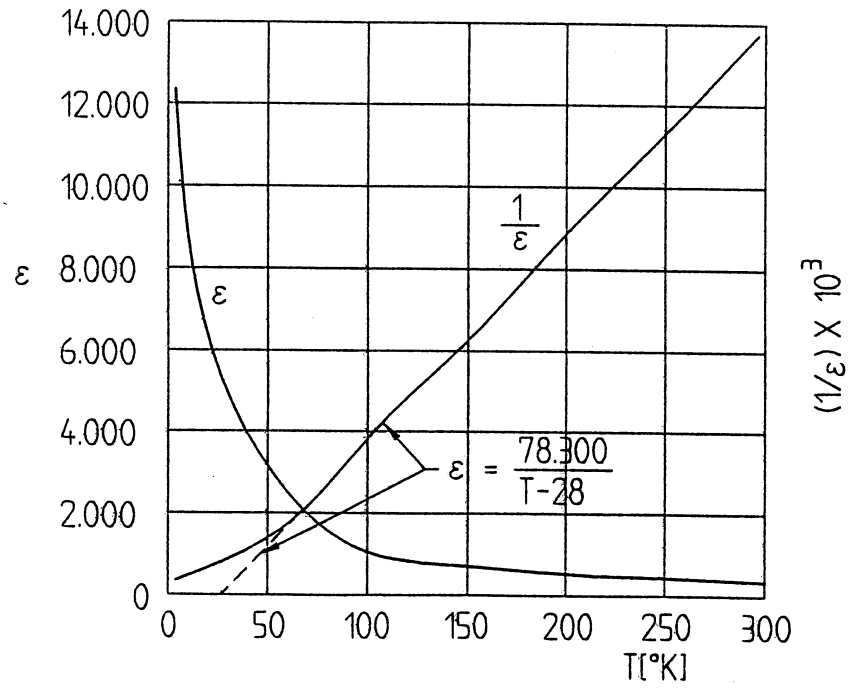

14.000
12.000
10.000
8.000
6.000
4.000
2.000
0
ε
1/ε
ε = 78.300/T-28
(1/ε) X 10^3
0
50
100
150
200
250
300
T[°K]

圖 1B

圖式

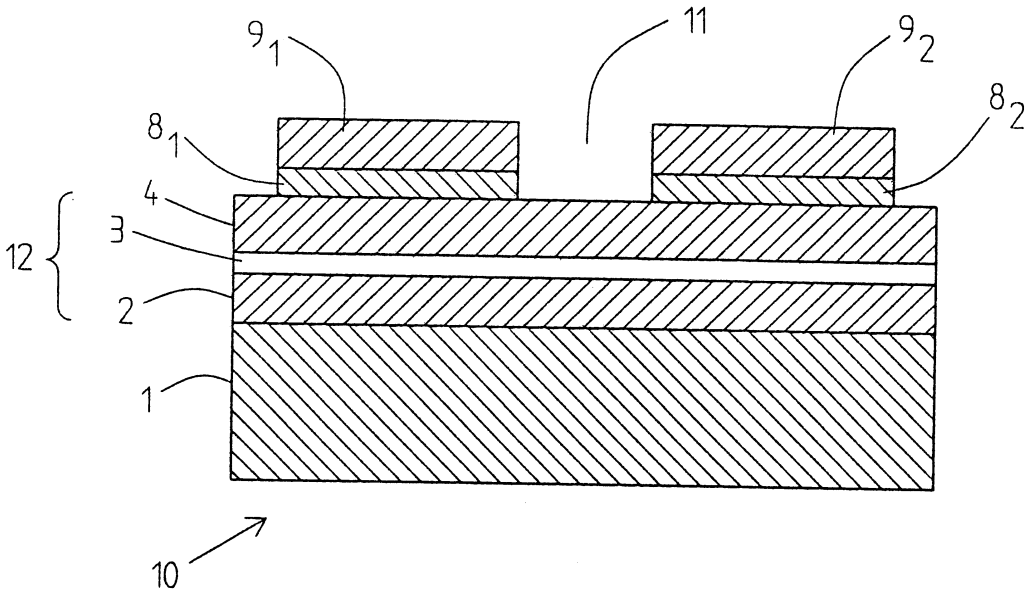

9 1
11
9 2
8 1
8 2
4
3
12
2
1
10

圖 2

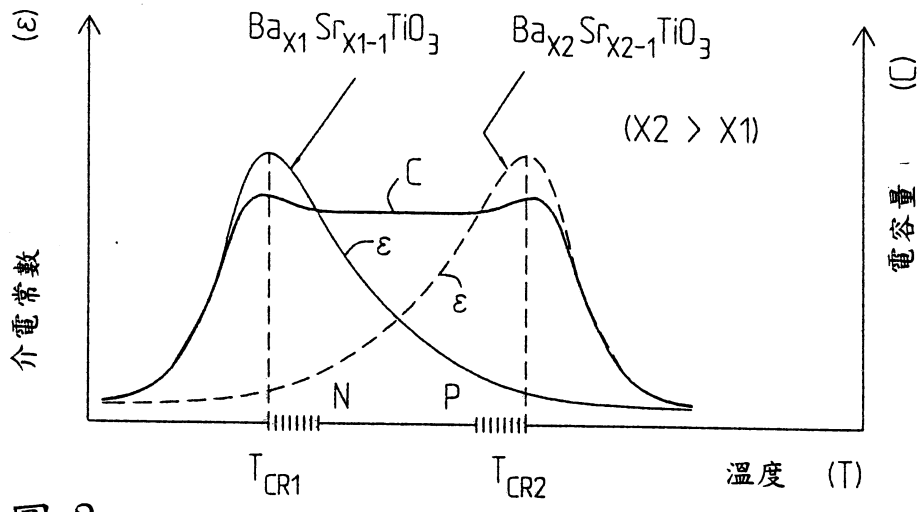

(ε)
Ba X1 Sr X1-1 TiO 3
Ba X2 Sr X2-1 TiO 3
(X2 > X1)
C
ε
ε
介電常數
電容量 (C)
N
P
T CR1
T CR2
溫度 (T)

圖 3

圖式

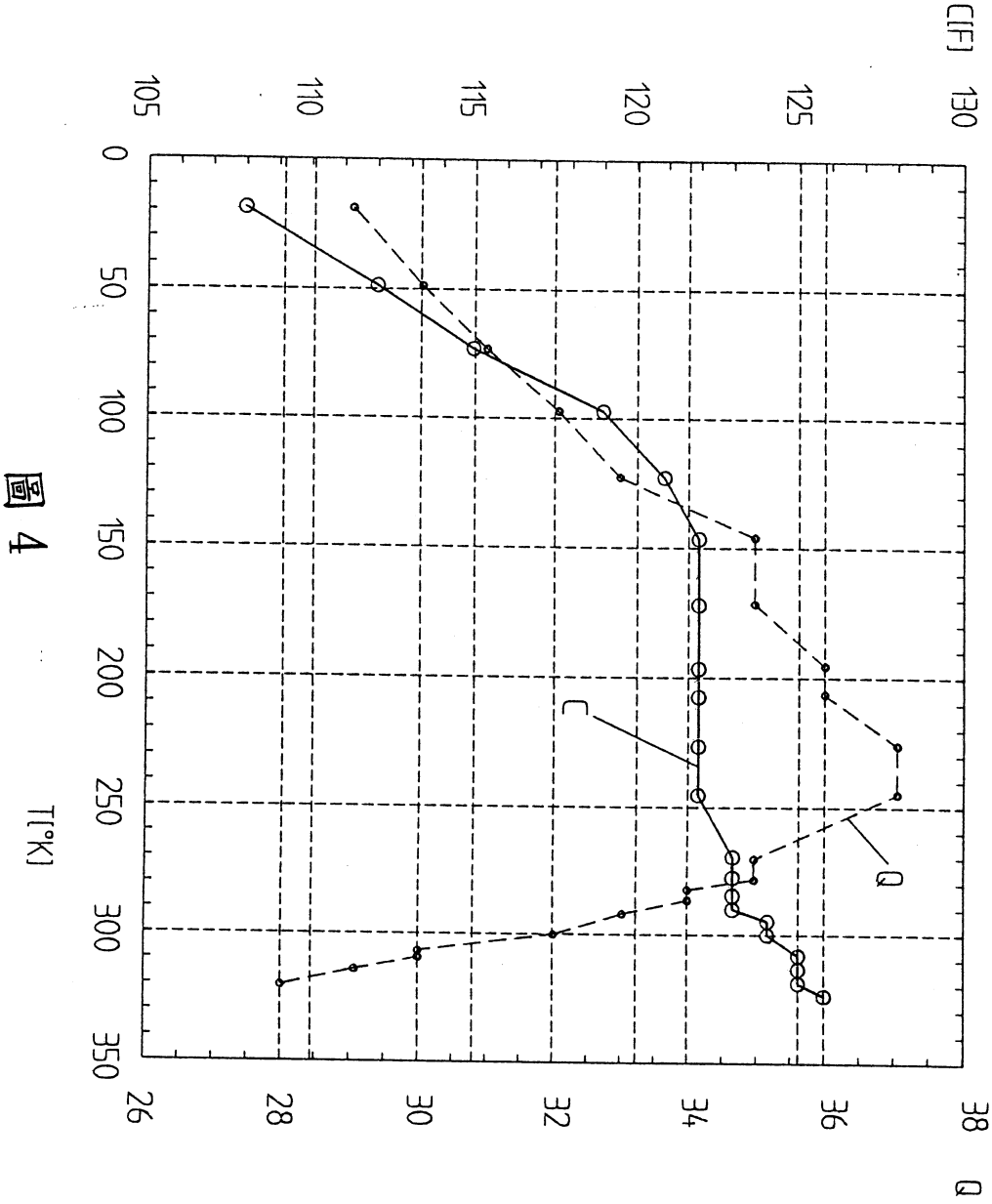

C[F]
130
125
120
115
110
105
0
50
100
150
200
250
300
350
T[°K]
26
28
30
32
34
36
38
Q
C
Q

圖 4

圖式

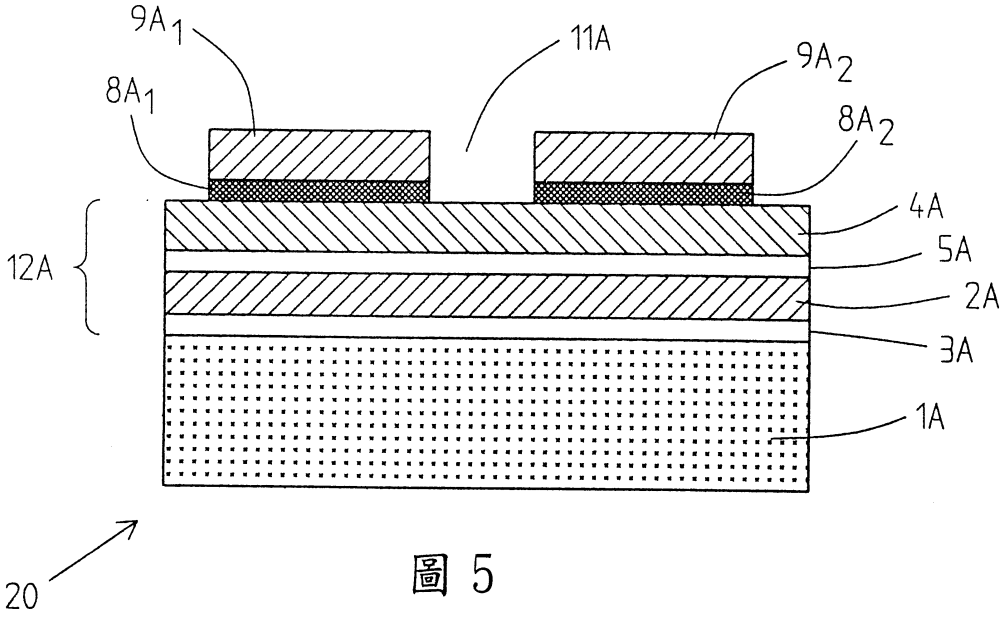

9A1
11A
9A2
8A1
8A2
4A
12A
5A
2A
3A
1A
20

圖 5

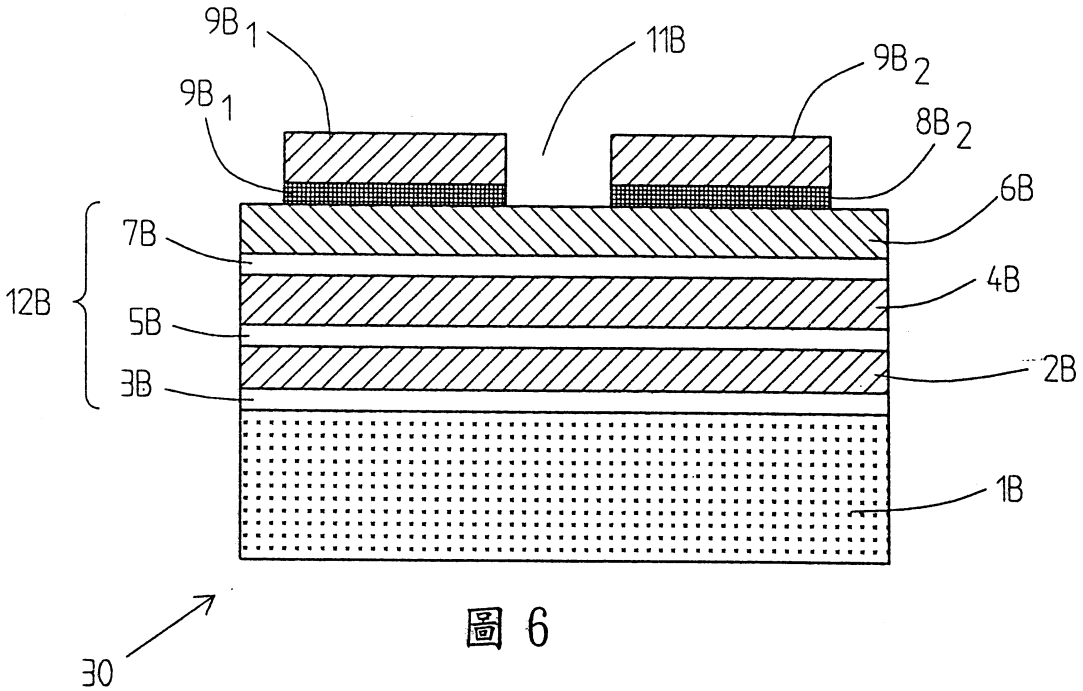

9B1
11B
9B2
9B1
8B2
6B
7B
12B
4B
5B
2B
3B
1B
30

圖 6

圖式

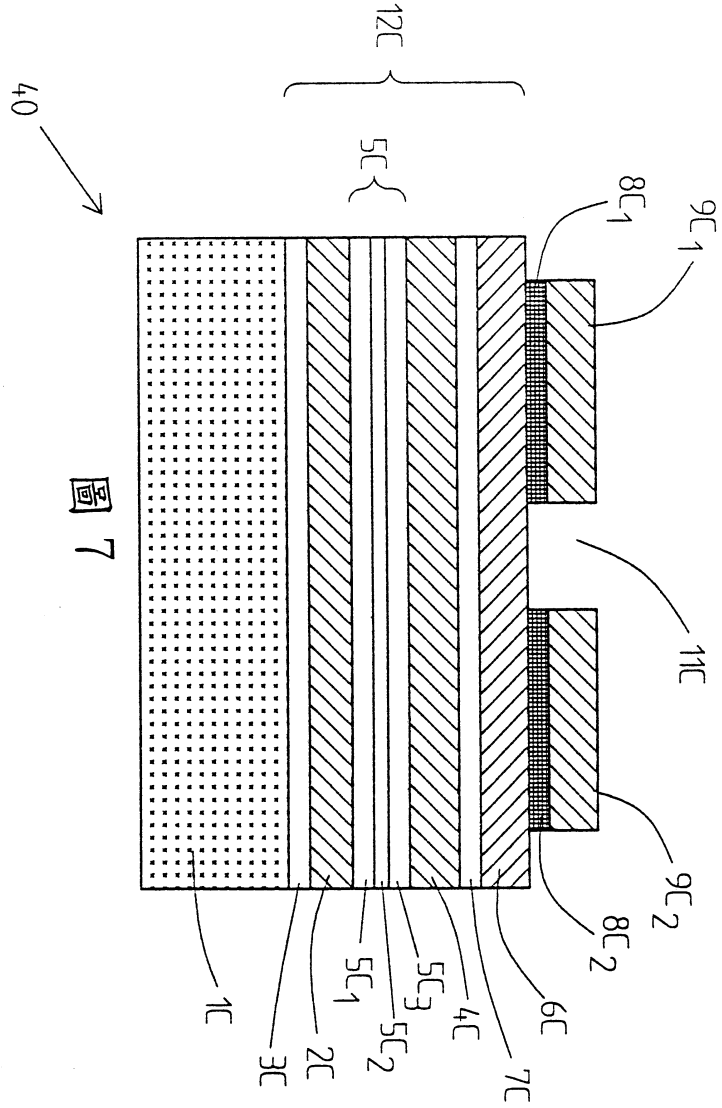


圖 7

圖式

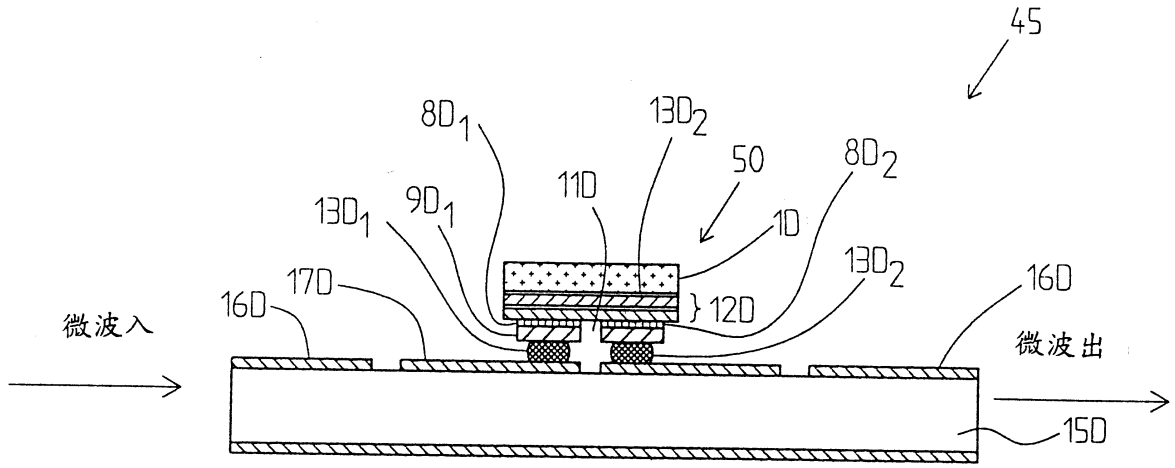

45
$8D_1$
$13D_2$
50
$8D_2$
110
$9D_1$
$13D_1$
10
$13D_2$
170
160
} 120
160
微波入
微波出
150

圖 8A

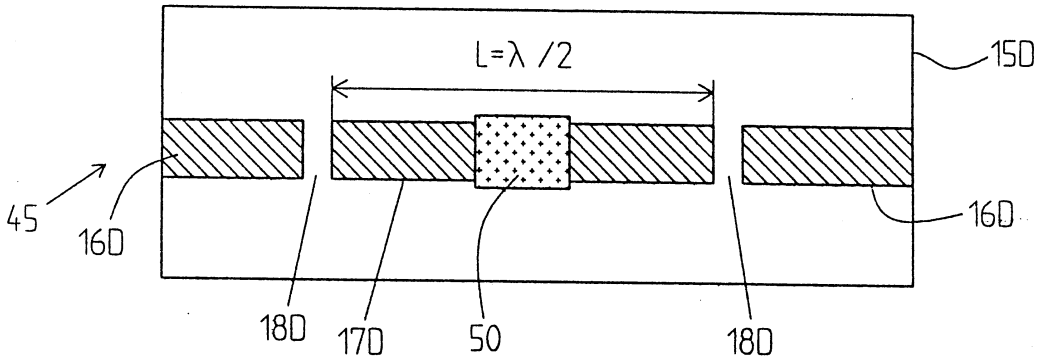

L=λ /2
150
45
160
160
180
170
50
180

圖 8B

圖式

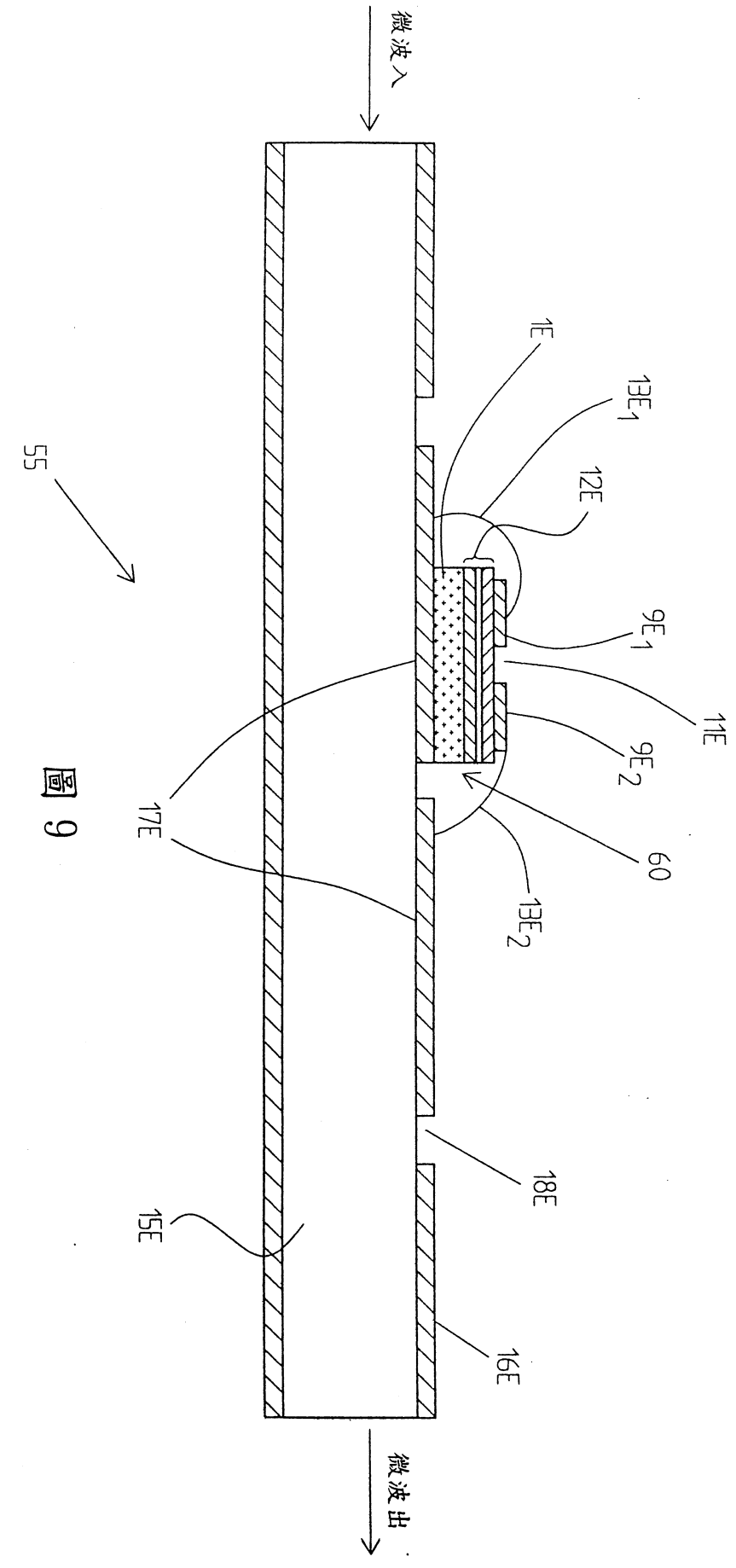


圖 9