

發明專利說明書

(本說明書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※ 申請案號： 95105284

※ 申請日期： 95.2.16

※IPC 分類：H01H 59/00

一、發明名稱：(中文/英文)

靜電微開關及其製造方法，以及具備靜電微開關之裝置
ELECTROSTATIC MICRO SWITCH, PRODUCTION METHOD
THEREOF, AND APPARATUS PROVIDED WITH ELECTROSTATIC
MICRO SWITCH

二、申請人：(共 1 人)

姓名或名稱：(中文/英文)

日商歐姆龍股份有限公司
OMRON CORPORATION

代表人：(中文/英文)

作田 久男
SAKUTA, HISAO

住居所或營業所地址：(中文/英文)

日本國京都府京都市下京區鹽小路通堀川東入南不動堂町801番地
801, MINAMIFUDODO-CHO, HORIKAWAHIGASHIIRU, SHIOKOJI-
DORI, SHIMOGYO-KU, KYOTO-SHI, KYOTO 600-8530, JAPAN

國 籍：(中文/英文)

日本 JAPAN

三、發明人：(共 3 人)

姓 名：(中文/英文)

1. 佐野 浩二
SANO, KOJI
2. 木村 勇
KIMURA, ISAMU
3. 城島 正男
JOJIMA, MASAO

國 籍：(中文/英文)

1. 日本 JAPAN
2. 日本 JAPAN
3. 日本 JAPAN

四、聲明事項：

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

☒ 申請前已向下列國家(地區)申請專利：

【格式請依：受理國家(地區)、申請日、申請案號 順序註記】

☒ 有主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

1. 日本；2005年03月18日；特願2005-080536

2.

☐ 無主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

1.

2.

☐ 主張專利法第二十九條第一項國內優先權：

【格式請依：申請日、申請案號 順序註記】

☐ 主張專利法第三十條生物材料：

☐ 須寄存生物材料者：

國內生物材料 【格式請依：寄存機構、日期、號碼 順序註記】

國外生物材料 【格式請依：寄存國家、機構、日期、號碼 順序註記】

☐ 不須寄存生物材料者：

所屬技術領域中具有通常知識者易於獲得時，不須寄存。

九、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明係關於藉靜電引力驅動而施行切換之靜電微開關及其製造方法、以及具備靜電微開關之裝置。尤其，本發明係關於施行高頻信號之切換之靜電微開關等。

【先前技術】

作為以往之靜電微開關，茲一面參照圖20~圖26，一面說明有關專利文獻1所載之RF-MEMS (Radio Frequency Micro Electro Mechanical Systems：高頻微電機系統)元件。

圖20(a)・(b)係表示上述RF-MEMS元件之概要。圖示之RF-MEMS元件81係裝入高頻電路以執行作為共面線路之開關元件之機能之元件。RF-MEMS元件81具有基板82，在此基板82上形成高頻信號傳送用之線路之共面線路(CPW線路)83。此共面線路83係以隔著間隔而使信號線83s被2條接地線83g1・83g2夾入之型態所配置而成。

又，在基板82上設有可動體84。可動體84係在共面線路83之上方側，隔著間隔，且共通地朝向共面線路83之信號線83s、與接地線83g1・83g2之一部分被配置。此可動體84係以可對基板82向遠進方向位移之方式，介著樑85及支持部89被支持於基板82。又，在可動體84之基板82側之面形成有可動電極86。

圖21(a)係簡化地表示由上方側所見之可動電極86與共面線路83之配置關係例，圖21(b)係表示該可動電極86與共面

線路83由橫側所見之配置關係例。如圖所示，可動電極86係由共面線路83之接地線83g1，介著信號線83s跨至接地線83g2，且隔著間隔朝向該等線路83s・83g1・83g2所形成。

再回到圖20(a)・(b)，在可動電極86之表面形成有保護用之絕緣膜87。更在基板82上，於朝向可動體84之部位，形成有朝向可動體84之可動用固定電極88 (88a、88b)。

在上述構成之RF-MEMS元件81中，利用作為電極之可動體84與可動用固定電極88a、88b構成可使可動體84位移之可動體位移機構。即，由外部將直流電壓施加至可動體84與可動用固定電極88之間時，在該可動體84與可動用固定電極88之間會產生靜電引力。藉此靜電引力，如圖20(b)所示，可動體84會被吸向可動用固定電極88側。如此，藉可動體84與可動用固定電極88，可利用靜電引力而使可動體84位移。藉此位移使可動電極86與共面線路83間之靜電電容發生變化時，即可施行共面線路83之信號導通之開關。

上述MEMS元件81係利用MEMS技術所製成，故可實現小型而高頻(傳輸)特性良好之低損耗之靜電微開關。

另外，在專利文獻1中，可動體84係利用電阻率為1 k Ω cm~10 k Ω cm之範圍內之高電阻半導體所構成。所謂高電阻半導體，係對高頻信號(例如約5 GHz以上之信號)執行作為絕緣體之動作，對低頻信號(例如約100 kHz以下之信號)及直流信號執行作為電極之動作之電阻率高之半導

體。即，高電阻半導體構成之可動體84對高頻信號具有良好之介質損耗之特性，對直流信號(直流電壓)具有可作為電極之機能。

[專利文獻1]日本特開2003-258502公報(2003年9月12日公開)
[發明所欲解決之問題]

上述之靜電微開關存在著以下之問題點。即，為使可動體84位移而施加直流電壓至可動體84與可動用固定電極88之間時，如圖20(b)所示，在可動體84中朝向可動用固定電極88之區域會形成耗盡層90(90a、90b)。

茲利用圖22及圖23所示之模型詳細說明上述現象。圖22(a)及圖23(a)係將可動體84與可動用固定電極88之相向部分模型化作為電容器之圖，圖22(b)及圖23(b)係以等效電路表示此模型之圖。由於在可動體84與可動用固定電極88之間之間隙91為絕緣體，可動體84為半導體，故此模型呈現電晶體之一型態之MIS構造(金屬-絕緣體-半導體)。

圖22(a)(b)係表示直流電壓未施加至可動體84與可動用固定電極88之間之狀態。此情形，如同圖(b)所示，電容器之全電容C等於介著間隙91形成可動體84與可動用固定電極88之電容器之電容 C_0 。

另一方面，圖23(a)(b)係表示直流電壓施加至可動體84與可動用固定電極88之間之狀態。此情形，如同圖(a)所示，在半導體構成之可動體84中朝向可動用固定電極88之區域會形成耗盡層90。因此，呈現在可動體84內形成新的電容器之狀態，該電容器如同圖(b)所示，呈現與介著間隙

91形成之上述電容器串聯連接之狀態。因此，電容器之全電容會降低成為 $1/C=(1/C_o)+(1/C_s)$ ，故間隙91間之電壓會下降。

而，以 C_o 將圖22及圖23所示之MIS構造之電容 C 規格化之式會變成下式：

[數1]

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_o} \left\{ 1 + \sqrt{\frac{2\varepsilon_o \varepsilon_o^2}{qN_a X_o^2 \varepsilon_{Si}}} V \right\} \dots\dots(1)$$

在此，各符號之意義如下。即， ε_o ：真空之介電常數、 ε_o ：絕緣體之介電常數、 q ：電子之電荷量、 N_a ：載子濃度、 X_o ：絕緣體之厚度、 ε_{Si} ：半導體之介電常數、 V ：施加電壓。

圖24係依據上述式(1)，使矽半導體之電阻率發生各種變化所示之比 C/C_o 與施加電壓 V 之關係之曲線圖。參照同圖，可知隨著半導體之電阻率之上升，比 C/C_o 會逐漸減少。也就是說，電阻率高時，耗盡層會變大，電容 C_s 值也會變大。故電阻率愈高時，電容 C_s 引起之間隙91間之電壓之下降量愈大。為使高電阻半導體之可動體84執行希望之動作，與可動體84使用低電阻半導體之情形相比，有必要將較高之直流電壓施加至可動體84與可動用固定電極88之間。

又，圖25係如圖20(b)所示，以等效電路表示直流電源92將直流電壓施加至可動體84與可動用固定電極88之間之

狀態之圖。在圖示中，上述符號以外之各符號之意義如下。即，R：可動體84之電阻、 v_c ：電容器之端子電壓、 v_R ：電阻之端子電壓、 i_c ：流至可動體84之電流。

圖25所示之電路為RC電路，故下式成立：

[數2]

$$v_c = V \left(1 - e^{-\frac{t}{CR}} \right) \dots\dots(2)$$

在此，上述符號以外之各符號之意義如下。即， e ：自然對數之底、 t ：時間。由上式(2)可知：電阻R與電容C之積增大時，電壓 v_c 接近於V之時間 t 會延長。

圖26係表示在圖25所示之等效電路圖中，電容器之電容C為1 μ F時之電阻R、與電容器之端子電壓 v_c 變成V之時間 t 之關係之曲線圖。如圖所示，隨著電阻R之增大，對電容器之充電時間會延長。也就是說，可動體84之半導體之電阻率增大時，對電容器之充電時間會延長。

另外，將直流電壓施加至可動體84與可動用固定電極88之間時，可動體84會接近於可動用固定電極88之間，電容器之電容C會增大。因此，由上式(2)可知，對電容器之充電時間會更延長。因此，靜電微開關之動作速度會降低。

另一方面，為避免此等問題點，有人考慮降低可動體84之電阻率。但此情形，卻會造成高頻信號之傳輸特性降低。

本發明係鑒於上述問題點所研發而成，其目的在於提供

可一面維持高頻特性，一面不會導致驅動電壓上升及動作速度降低等之特性惡化之靜電微開關等。

【發明內容】

為了解決上述課題，本發明之靜電微開關係利用設於固定基板之固定電極、與彈性支持於前述固定基板之可動基板之可動電極之間之靜電引力使前述可動基板位移，藉以施行設於前述固定基板之固定側信號導通部、與設於前述可動基板之可動側信號導通部間之切換之之靜電微開關，其特徵在於：前述可動基板係利用含有多數電阻率之半導體所構成，在前述可動電極之至少一部分為低電阻率，至少設有前述可動側信號導通部之部分、與朝向前述固定側信號導通部之部分為高電阻率者。

依據上述之構成，由於可動電極之至少一部分為低電阻率，故可抑制可動電極之耗盡層之產生，可避免驅動電壓之上升，並可防止動作速度之降低。又，因設有可動側信號導通部之部分、與朝向固定側信號導通部之部分為高電阻率，故可降低插入損耗，可維持良好之高頻特性。

又，耗盡層容易產生於可動電極中朝向固定電極之部分。因此，前述可動基板最好在前述可動電極中朝向前述固定電極之部分為低電阻率。

而，在高頻信號流過可動側信號導通部及固定側信號導通部之情形，一般認為會因高頻信號而在可動側信號導通部及固定側信號導通部之附近產生並傳播電場。傳播電場之部分為低電阻率之情形，電場會紊亂，故會發生插入損

耗。

因此，前述可動基板最好至少在設有前述可動側信號導通部之部分、朝向前述固定側信號導通部之部分、及該等之周邊部分為高電阻率。此情形，可確實地降低插入損耗，確實地維持良好之高頻特性。

另外，前述周邊部分最好係在距離設有前述可動側信號導通部之部分、與朝向前述固定側信號導通部之部分至少100 μm 外側之部分。此情形，可更確實地降低插入損耗，更確實地維持良好之高頻特性。

又，在本發明之靜電微開關中，前述可動基板最好係接合具備前述可動電極之低電阻率之半導體基板、與具備前述可動側信號導通部之高電阻率之半導體基板之基板。此情形，由於可使希望之多數區域變成不同之電阻率，無必要對半導體基板施行摻雜，或在半導體基板形成不同電阻率之半導體膜，故可縮短靜電微開關製造所需之時間。

又，在本發明之靜電微開關中，為降低插入損耗，前述高電阻率最好在800 Ωcm 以上。

又，由於施行電路之開閉，故即使具備上述構成之靜電微開關之裝置也可發揮上述之作用效果。又，作為上述裝置之例，可列舉將上述構成之靜電微開關設成可開閉天線與內部電路間之電氣信號之無線通信機、將上述構成之靜電微開關設成可開閉測定對象物與內部電路間之電氣信號之計測器、及將上述構成之靜電微開關設成可開閉內部之電氣信號之可攜式資訊終端機。

又，為製造前述可動基板，只要對成為前述可動基板之高電阻率之半導體基板，在朝向前述固定電極之區域施行摻雜而使其成為低電阻率即可。或者，只要對成為前述可動基板之高電阻率之半導體基板，除去朝向前述固定電極之區域，在除去後之區域形成低電阻率之半導體膜即可。

[發明之效果]

如以上所述，本發明之靜電微開關由於可動電極之至少一部分為低電阻率，故可發揮避免驅動電壓之上升，可防止動作速度之降低之效果，且由於設有可動側信號導通部之部分、與朝向固定側信號導通部之部分為高電阻率，故可發揮維持良好之高頻特性之效果。

【實施方式】

[實施型態1]

茲一面參照圖1~圖13，一面說明有關本發明之一實施型態。圖1~圖3係表示本實施型態之靜電微開關之構造，圖1係分解組裝圖，圖2係平面圖，圖3係在圖2之A-A'線剖面圖。又，圖4係靜電微開關之可動基板之底面圖。又，在圖中對相同構件附上相同符號。

靜電微開關1係將可動基板20一體化形成於固定基板10之上面。固定基板10係在玻璃基板10a之上面，分別設有固定電極12、及2條信號線(固定側信號導通部)13、14。固定電極12之表面被絕緣膜17所覆蓋，介著布線12a1連接於連接墊12b1、12b2，介著布線12a2連接於連接墊12b3，介著布線12a3連接於連接墊12b4、12b5，且介著布線12a4連

接於連接墊12b6。信號線13、14係配置於同一直線上，互相相向之端部分別成為設成特定間隔之固定接點13a、14a，其相反側之端部分別連接於連接墊13b、14b。

固定電極12係隔著特定距離被形成在信號線13、14之兩側，且被兼用作為高頻GND電極，藉此構成共面構造。又，位於信號線13、14之兩側之固定電極12係在信號線13、14之固定接點13a、14a間，互相被連接。藉此，選通信號所產生之電力線會以固定接點13a、14a間之高頻GND電極作為終端，故可提高隔離特性。又，固定電極12係形成比信號線13、14之上面更低。

可動基板20係將略矩形板狀之半導體基板構成藉錨21a、21b而經由第1彈性支持部22、22彈性支持可動電極23、23，並經由第2彈性支持部24、24將接點設置部25彈性支持在中央部。又，作為上述半導體基板，可列舉矽基板。

錨21a、21b係立設於固定基板10上面之2處，分別介著設於固定基板10上面之布線16a、15a而被電性連接於連接墊16b、15b。第1彈性支持部22、22係利用沿著可動基板20之兩側緣部設置之縫隙22a、22a所形成，在端部下面與錨21a、21b成一體化。

可動電極23朝向固定電極12，可被將電壓施加至兩電極12、23間所產生之靜電引力吸向固定電極12。第2彈性支持部24、24及接點設置部25係利用自可動基板20之兩側緣部中央向中央部設置之缺口部26a、26b所形成。利用此缺

口部26a、26b，可動電極23至少朝向信號線13、14之部分會被除去。

第2彈性支持部24、24係連結可動電極23、23與接點設置部25之狹幅之樑，係構成在接點閉合時，可獲得大於第1彈性支持部22、22之彈性力。接點設置部25係被支持於第2彈性支持部24、24，在其下面介著絕緣膜27設有可動接點(可動側信號導通部)28。利用接點設置部25、絕緣膜27、及可動接點28構成可動接點部29。可動接點28朝向各固定接點13a、14a，藉與兩固定接點13a、14a閉合而使信號線13、14互相電性連接。

在本實施型態中，如圖3及圖4所示，在半導體形成之可動基板20之下面，即在固定基板10之配置側之面，將朝向固定基板10之固定電極12之區域形成低電阻率之區域。藉此，可抑制該區域之耗盡層之產生，並可避免驅動電壓之上升。又因可動基板20之上述區域形成低電阻率，故可抑制動作速度之降低。

又，將可動基板20之上述區域以外之區域，也就是說，將高頻信號通過之信號線13、14附近之區形成高電阻率之區域HR。藉此，可降低插入損耗，維持良好之高頻特性。

又，為了控制半導體之電阻率，可利用在某電阻率之半導體基板中，僅在希望改變電阻率之部分，以離子注入及擴散等選擇地摻雜必要量之雜質而加以實現。

又，在圖1~圖4所示之構造之靜電微開關1之情形，將電

壓施加至可動電極23與固定電極12之間時，最好可在可動電極23及固定電極12之相向之面內產生更均勻之靜電引力。因此，最好將電壓施加至電性連接於可動電極23之固定電極10之連接墊15b、16b之雙方。以下，一面參照圖5及圖6，一面說明其理由。

圖5係在圖2之B-B'線之箭號所視之剖面圖。在本實施型態中，位於信號線13、14之兩側之固定電極12、12係在固定接點13a、14a間被互相連接，但作為可動電極23、23所構成之電容器，如同圖所示，存在著錨21a側之電容器C1與錨21b側之電容器C2。

圖6(a)係表示電壓施加至固定電極12與連接墊16b之間時之等效電路。圖示之情形，電容器C1處於在與電源PS之間僅串聯連接低電阻成分LR之狀態，但電容器C2則處於在與電源PS之間串聯連接高電阻成分HR之狀態。因此，參照圖25及圖26而如上所述，電容器C1之充電特性雖無問題，但電容器C2卻有充電費時之問題。

另一方面，圖6(b)係表示電壓施加至固定電極12與連接墊16b及連接墊15b之雙方之間時之等效電路。圖示之情形，電容器C2與電容器C1同樣地處於在與電源PS之間串聯連接低電阻成分LR之狀態。因此，電容器C2也不再具有充電特性之問題。

其次，說明有關上述構成之靜電微開關1之製造方法。尤其，一面參照圖7及圖8，一面詳述有關可動基板20之形成方法。又，個別之製程方法可利用通用之MEMS製程及

半導體製程，無使用特有製程之必要。

圖 7(a)~(f)係表示可動基板 20 之製造步驟之一例。首先，如同圖 (a) 所示，準備作為可動基板 20 之高電阻率之半導體基板 30，在其下面之不希望低電阻率之區域以絕緣膜等形成遮罩 31。其次，如同圖 (b) 所示，對半導體基板 30 之下面，實施離子注入及擴散等之摻雜而使希望之深度及區域成為低電阻率，其後，除去如同圖 (c) 所示之遮罩 31。

其次，為了以蝕刻施行厚度之調整及對希望之處形成凹部，同圖 (d) 所示，在不希望蝕刻之區域以絕緣膜等形成遮罩 32，如同圖 (e) 所示，施行蝕刻，其後，除去如同圖 (f) 所示之遮罩 32 而完成可動基板 20。又，欲形成之凹部有數處，且深度不同之情形，只要隨時形成適當之遮罩而重複同圖 (d)~(f) 所示之步驟即可。

圖 8(a)~(g)係表示可動基板 20 之製造步驟之另一例之剖面圖。首先，如同圖 (a) 所示，準備作為可動基板 20 之高電阻率之半導體基板 30，在其下面之不希望低電阻率之區域以絕緣膜等形成遮罩 31。其次，如同圖 (b) 所示，對半導體基板 30 之下面之希望低電阻率之區域施行蝕刻。其次，除去遮罩 31 後，在不希望低電阻率之區域形成犧牲層 33 後，如同圖 (c) 所示，以 CVD (Chemical Vapor Deposition：化學氣相沉積) 等形成希望厚度之低電阻率之半導體膜 34。其次，施行犧牲層 33 之蝕刻，如同圖 (d) 所示，獲得埋入低電阻區域之半導體基板 30。

其後，與上述同樣地，為了以蝕刻施行厚度之調整及對

希望之處形成凹部，同圖(e)所示，在不希望蝕刻之區域以絕緣膜等形成遮罩32，施行同圖(f)所示之蝕刻，其後，如同圖(g)所示，除去遮罩32而完成可動基板20。又，欲形成之凹部有數處，且深度不同之情形，只要隨時形成適當之遮罩而重複同圖(e)~(g)所示之步驟即可。

對如以上所製造之可動基板20，以通用之MEMS製程形成接點部等後，接合於形成布線等之固定基板10，利用光微影法與蝕刻法形成可動電極23及第1及第2彈性支持部22、24，而完成靜電微開關1。

其次，一面參照圖9~圖10，一面說明上述高電阻率及低電阻率之範圍。圖9係表示調查有關使用作為可動基板20之半導體之電阻率與高頻特性之1之插入損耗之關係之模擬結果之曲線圖。使用於模擬之模型係本實施型態之靜電微開關1，顯示各種特性之數值如以下所述。

即，半導體基板30之材料：矽、半導體基板30之厚度：20 μm 、半導體基板30之比介電常數：11.36、半導體基板30之介質，損耗特性之 $\tan\delta$ ：0.013、可動基板20之可動接點28之厚度：1 μm 、可動基板20之可動接點28之寬度：100 μm 、固定基板10之材料：派熱克斯(註冊商標)硬玻璃、固定基板10之厚度：500 μm 、固定基板10之固定接點13a、14a之厚度：2 μm 、固定基板10之固定接點13a、14a之寬度：300 μm 、2個固定接點13a、14a之間隔：40 μm 。又，半導體基板30之電阻率為1種。

參照圖9時，可知：半導體之電阻率在300 Ωcm 以內時，

插入損耗會急遽減少，在800 Ωcm 開始飽和，在此以上緩慢減少。也就是說，作為高電阻率，以電阻率在800 Ωcm 以上較為理想。

圖10係表示在本實施型態之靜電微開關1中，調查切換之信號之頻率與插入損耗之關係之模擬結果之曲線圖。在圖示中，打叉記號連成之曲線如圖3及圖4所示，係表示可動基板20之半導體之特定部分為800 Ωcm 之高電阻率，其他部分為300 Ωcm 之低電阻率之本實施型態。另一方面，菱形記號連成之曲線係表示可動基板之半導體全部為300 Ωcm 之低電阻率之比較例。又，正方形記號連成之曲線係表示可動基板之半導體全部為800 Ωcm 之高電阻率之比較例。參照圖10時，可知：本實施型態之靜電微開關1具有與可動基板之半導體全部為高電阻率之情形同樣優異之高頻特性。

而，如上所述，在本實施型態之可動基板20中，如圖3及圖4所示，在固定基板10之配置側之面，高頻信號通過之信號線13、14附近之區域為高電阻率之區域HR。因此，其次，一面參照圖11及圖12，一面說明在本實施型態之可動基板20中，應該將由與信號線13、14相向之區域起多大程度之區域設定為高電阻率之區域HR。

圖11及圖12係表示在本實施型態之靜電微開關1中，改變高電阻率之區域HR之大小(寬度)時之切換之信號之頻率f與插入損耗(Insertion Loss)之關係之模擬結果之圖。圖11(a)係在利用於該模擬之模型中，將可動基板20、可動接

點 28、玻璃基板 10a、及固定接點 13a、14a 簡化而加以表示之圖。又，同圖 (b) 係明示信號線 13、14 之寬度、間隔、及配置。

又，在上述模型中，將高電阻率設定為 $800\ \Omega\text{cm}$ ，低電阻率設定為 $300\ \Omega\text{cm}$ 。又，如圖 11(a) 所示，在可動基板 20 中，將由與信號線 13、14 相向之區域起擴大特定寬度 W 之區域設定為高電阻率之區域 HR，並在此寬度 W 為 0, 70, 100, 130, 160 μm 之情形，分別進行上述模擬。

圖 12 係表示上述模擬之結果之曲線圖。參照同圖時，可知：高電阻率之區域 HR 只要為由與信號線 13、14 相向之區域起擴大 100 μm 之寬度 W 之區域即可。此係由於因流過信號線之高頻信號而產生之電場會傳播至信號線附近之空間之故。因此，可知不管可動基板 20 採用何種構造，只要將由與流過高頻信號之信號線相向之區域起擴大 100 μm 以上之區域設定為高電阻率即可。

又，在本實施型態中，由於在固定基板 10 之信號線 13、14 之寬度 (290 μm) 寬於在可動基板 20 之可動接點 28 之寬度 (100 μm)，故以由與信號線 13、14 相向之區域為基準區域決定高電阻率之區域 HR。但，可動接點 28 之寬度寬於信號線 13、14 之寬度之情形，只要以可動接點 28 之區域決定高電阻率之區域 HR 即可。

其次，一面參照圖 13，一面說明有關本實施型態之靜電微開關 1 之響應時間。圖 13 係表示驅動靜電微開關時之響應時間之分布之曲線圖。在圖示中，如圖 3 及圖 4 所示，灰

色之棒狀曲線係表示可動基板20之半導體之特定部分為800 Ωcm 之高電阻率，其他部分為300 Ωcm 之低電阻率之本實施型態。另一方面，斜線之棒狀曲線係表示可動基板之半導體全部為800 Ωcm 之高電阻率之比較例。

參照圖13時，可知：可動基板之半導體全部為高電阻率之情形，響應時間受到前述耗盡層之形成及CR電路之充電特性之影響而延長。對此，本實施型態之靜電微開關1由於將被施加電壓之部分設定為低電阻率，故上述之影響較少，其結果，可知響應時間可縮短至100 μsec 以下。

由以上可以瞭解：本實施型態之靜電微開關1不會導致驅動電壓上升及動作速度降低，而具有插入損耗少之優異之高頻特性。

又，必要之低電阻率區域最好決定於電壓施加至可動基板20與固定基板10時，在可動基板20內產生之耗盡層90之厚度、可動基板20全体之電阻值為R、可動基板20與固定基板12間之電容為C時之CR電路之充電特性。

在此，耗盡層90之厚度係利用以可動基板20與固定電極12模型化之MIS構造之臨限值電壓、可動基板20之電阻率、真空之介電常數等所求出，MIS構造之臨限值電壓係決定於構造體之面積及間隙等之尺寸。又，可動基板20全體之電阻值R係決定於可動基板20之電阻率及其分布、及可動基板20之體積。因此，必要之低電阻率區域之厚度有必要考慮可動基板20之材質及構造、可動基板20與固定電極12之關係位置等種種之特徵而加以設計。

另外，在本實施型態中，低電阻區域與高電阻區域之境界雖相當明確，但適切地設定區域之厚度及電阻率時，即使電阻率因上述境界而徐徐發生變化，當然也可獲得同樣之效果。

[實施型態2]

其次，一面參照圖14，一面說明本發明之另一實施型態。本實施型態之靜電微開關1與圖1~圖5所示之靜電微開關1相比，僅可動基板20之高電阻區域與低電阻區域相異而已，其他構成相同。又，在與上述實施型態所說明之構成同樣之機能附上同一符號而省略其說明。

圖14係表示本實施型態之靜電微開關1之構造之圖，同圖(a)(b)係分別對應於圖3及圖4之圖。如圖所示，在本實施型態之可動基板20中，僅流過高頻信號之信號線13、14附近之區域為高電阻率之區域HR，其他區域為低電阻率之區域。上述構成之可動基板20可利用準備低電阻率之半導體基板，在該半導體基板上之特定區域形成高電阻率之半導體膜之方式加以製造。

在本實施型態之靜電微開關1中，也可發揮與上述實施型態同樣之效果。又，高電阻率之區域HR之寬度及厚度只要施行圖11及圖12所示之模擬而加以決定即可。

[實施型態3]

其次，一面參照圖15，一面說明本發明之又另一實施型態。本實施型態之靜電微開關1與圖1~圖5所示之靜電微開關1相比，僅可動基板20之高電阻區域與低電阻區域相異

而已，其他構成相同。又，在與上述實施型態所說明之構成同樣之機能附上同一符號而省略其說明。

圖15係表示本實施型態之靜電微開關1之構造之圖，同圖(a)(b)係分別對應於圖3及圖4之圖。如圖所示，在本實施型態之可動基板20中，在下面由流過高頻信號之信號線13、14附近之區域起至上面之對應區域為高電阻率之區域HR，其他區域為低電阻率之區域。為製造上述構成之可動基板20，只要利用2個低電阻率之半導體基板夾入高電阻率之半導體基板而接合之半導體基板即可。

在本實施型態中，可發揮與上述實施型態同樣之效果，且因不需要如圖7所示之利用摻雜等之電阻率之控制、及如圖8所示之半導體膜之形成，故可實現製造期間之縮短及製造成本之削減。又，與上述實施型態同樣地，為了在可動電極23及固定電極12之相向之面內產生更均勻之靜電引力，最好將電壓施加至電性連接於可動電極23之固定基板10之連接墊15b、16b之雙方。

[實施型態4]

其次，一面參照圖16，一面說明本發明之又另一實施型態。本實施型態之靜電微開關1與圖15所示之靜電微開關1相比，僅未形成由可動基板20之兩側緣部中央向中央部之缺口部26a、26b之點相異而已，其他構成相同。又，在與上述實施型態所說明之構成同樣之機能附上同一符號而省略其說明。

圖16係表示本實施型態之靜電微開關1之構造之圖，同

圖(a)(b)係分別對應於圖15(a)(b)之圖。又，圖16(c)係表示同圖(b)之C-C'線之剖面圖。如圖所示，本實施型態之可動基板20與圖15所示之可動基板20相比，並未形成由可動基板20之兩側緣部中央向中央部之缺口部26a、26b，而形成凹部26c。

凹部26c雖與信號線13、14相向，但因凹部26c為高電阻率，故可維持插入損耗少之優異之高頻特性。更由於未設置缺口部26a、26b，可提高剛性，不僅可增進可動基板20之強度，且難以受到形成於可動基板20之絕緣膜27、可動接點28等之膜之殘留應力之影響，故可減少彎曲之影響，提高尺寸精度。

又，在上述實施型態中，雖說明有關利用接點之接觸而切換之靜電微開關1，但本案發明顯然即使適用於如專利文獻1所載之利用靜電電容之變化而切換之靜電微開關，也可獲得同樣之效果。

[實施型態5]

其次，一面參照圖17，一面說明本發明之又另一實施型態。圖17係表示本實施型態之無線通信機41之概略構成。在無線通信機41中，靜電微開關42連接於內部處理電路43與天線44之間。使靜電微開關42通電、斷電時，可將內部處理電路43切換於可經由天線44發送或接收之狀態、與不能發送或接收之狀態。在本實施型態中，在靜電微開關42利用圖1~圖16所示之靜電微開關1。因此，在靜電微開關42中，不會導致驅動電壓上升及動作速度降低，可抑制內

部處理電路43所發送或接收之高頻信號之插入損耗。

[實施型態6]

其次，一面參照圖18，一面說明本發明之又另一實施型態。圖18係表示本實施型態之計測器51之概略構成。在計測器51中，多數靜電微開關52分別連接於由1個內部處理電路56至多數測定對象物58之多數信號線57之途中。使各靜電微開關52通電、斷電時，可切換內部處理電路56預期發送或接收之測定對象物58。

在本實施型態中，在靜電微開關52利用圖1~圖16所示之靜電微開關1。因此，在靜電微開關52中，不會導致驅動電壓上升及動作速度降低，可抑制內部處理電路56所發送或接收之高頻信號之插入損耗。

[實施型態7]

其次，一面參照圖19，一面說明本發明之又另一實施型態。圖19係表示本實施型態之可攜式資訊終端機61之要部構成。在可攜式資訊終端機61中，利用2個靜電微開關62a、62b。一方之靜電微開關62a具有切換內部天線63與外部天線64之作用，他方之靜電微開關62b可將信號流切換至發送電路側之功率放大器65與接收電路側之低雜訊放大器66。

在本實施型態中，在靜電微開關62a、62b利用圖1~圖16所示之靜電微開關1。因此，在靜電微開關62a、62b中，不會導致驅動電壓上升及動作速度降低，可抑制經由功率放大器65發送，或經由低雜訊放大器66接收之高頻信號之

插入損耗。

如以上所述，本發明之靜電微開關可使直流電流至高頻信號以低損耗通過，且長時間維持穩定之特性。因此，在無線通信機41、計測器51、及可攜式資訊終端機61採用本發明之靜電微開關時，可一面抑制對使用於內部處理電路之放大器等之負擔，一面長時間高精度地傳送信號。又，因小型且耗電力也少，特別在電池驅動型之無線通信機及可攜式資訊終端機、多數使用之計測器等可發揮其效果。

又，在上述實施型態中，將作為可動基板20之低電阻率部分之電阻率設定為300 Ωcm ，但從響應速度之觀點，上述低電阻率部分之電阻率愈低愈好。例如，通常在MEMS元件使用之半導體之電阻率為3~4 Ωcm 程度，故只要將此種半導體使用作為上述低電阻率部分即可。

本發明並不僅限定於上述各實施型態，在請求項所示之範圍內可施行種種變更，將分別揭示於不同實施型態之技術的手段適當組合所得之實施型態也包含於本發明之技術的範圍。

[產業上之可利用性]

如以上所述，本發明之靜電微開關可避免驅動電壓之上升，防止動作速度之降低，並維持良好之高頻特性，故亦可適用於利用高頻信號之其他MEMS元件。

【圖式簡單說明】

圖1係表示本發明之一實施型態之靜電微開關之構造之分解組裝圖。

圖 2 係上述靜電微開關之平面圖。

圖 3 係在圖 2 之 A-A' 線之箭號所視之剖面圖。

圖 4 係上述靜電微開關之可動基板之底面圖。

圖 5 係在圖 2 之 B-B' 線之箭號所視之剖面圖。

圖 6(a) 係表示電壓施加至固定電極與 1 個連接墊之間時之等效電路圖，圖 6(b) 係表示電壓施加至固定電極與 2 個連接墊之間時之等效電路圖。

圖 7(a)~(f) 係表示可動基板之製造步驟之一例之剖面圖。

圖 8(a)~(g) 係表示可動基板之製造步驟之另一例之剖面圖。

圖 9 係表示調查有關使用作為可動基板之半導體之電阻率與插入損耗之關係之模擬結果之曲線圖。

圖 10 係表示在上述靜電微開關中，調查切換之信號之頻率與插入損耗之關係之模擬結果之曲線圖。

圖 11 係表示在上述靜電微開關中，利用於調查改變高電阻率區域之寬度時之更換之信號之頻率與插入損耗之關係之模擬之模型，同圖 (a) 係剖面圖，同圖 (b) 係平面圖。

圖 12 係表示上述模擬之結果之曲線圖。

圖 13 係表示驅動上述靜電微開關時之響應時間之分布之曲線圖。

圖 14 係表示本發明之另一實施型態之靜電微開關之構造之圖，同圖 (a) 係剖面圖，同圖 (b) 係上述靜電微開關之可動基板之底面圖。

圖 15 係表示本發明之另一實施型態之靜電微開關之構造之圖，同圖 (a) 係剖面圖，同圖 (b) 係上述靜電微開關之可動基板之底面圖。

圖 16 係表示本發明之又另一實施型態之靜電微開關之構造之圖，同圖 (a) 係剖面圖，同圖 (b) 係上述靜電微開關之可動基板之底面圖，同圖 (c) 係同圖 (b) 之 C-C' 線之箭號所視之剖面圖。

圖 17 係表示本發明之又另一實施型態之無線通信機之概略構成之區塊圖。

圖 18 係表示本發明之又另一實施型態之計測器之概略構成之區塊圖。

圖 19 係表示本發明之又另一實施型態之可攜式資訊終端機之要部構成之電路圖。

圖 20 係表示以往之 RF-MEMS 元件之概要之剖面圖，同圖 (a) 係表示電壓未施加至上述 RF-MEMS 元件之可動體與可動用固定電極之間之狀態，同圖 (b) 係有施加上述電極之狀態。

圖 21 係表示上述 RF-MEMS 元件之可動電極與共面線路之配置關係例之簡化圖，同圖 (a) 係平面圖，同圖 (b) 係剖面圖。

圖 22(a) 係表示電壓未施加至上述可動體與上述可動用固定電極之間之狀態之模型化之圖，同圖 (b) 係表示其等效電路圖。

圖 23(a) 係表示電壓施加至上述可動體與上述可動用固定

電極之間之狀態之模型化之圖，同圖(b)係表示其等效電路圖。

圖24係在圖23(b)所示之等效電路圖中，使矽半導體之電阻率發生各種變化所示之比 C/C_0 與施加電壓 V 之關係之曲線圖。

圖25係表示電源將電壓施加至上述可動體與上述可動用固定電極之間之狀態之等效電路圖。

圖26係表示在圖25所示之等效電路圖中，電阻 R 與時間 t 之關係之曲線圖。

【主要元件符號說明】

1	靜電微開關
10	固定基板
12	固定電極
13, 14	信號線(固定側信號導通部)
20	可動基板
23	可動電極
28	可動接點(可動側信號導通部)
34	低電阻率之半導體膜
HR	高電阻率之區域

五、中文發明摘要：

本發明之課題在於提供可一面維持高頻特性，一面防止驅動電壓上升及動作速度降低之靜電微開關。本發明之靜電微開關係利用設於固定基板10之固定電極12、與彈性支持於固定基板10之可動基板20之可動電極23之間之靜電引力使可動基板20位移，藉以施行設於固定基板10之信號線14、與設於可動基板20之可動接點28間之切換。可動基板20係利用含有多數電阻率之半導體所構成，在可動電極23中朝向固定電極12之部分為低電阻率。又，在可動基板20中朝向信號線14之部分為高電阻率。

六、英文發明摘要：

An electrostatic micro switch (1,42, 52, 62a, 62b) comprises a fixed electrode (12) which is provided in a fixed substrate (10); a movable substrate (20) which includes a movable electrode (23), the movable electrode (23) being arranged while facing the fixed electrode (12), the movable substrate (20) being elastically supported by the fixed substrate (10); a fixed-side signal conducting unit (13,14) which is provided in the fixed substrate (10); and a movable-side signal conducting unit (28) which provided in the movable substrate (20), the movable-side signal conducting unit (28) displacing the movable substrate (20) by electrostatic attraction between the movable electrode and the fixed electrode (12) to perform switching between the movable-side signal conducting unit (28) and the fixed-side signal

conducting unit (13, 14), wherein the movable substrate (20) is made of a semiconductor including a plurality of regions having different values of resistivity; at least a portion where the movable-side signal conducting unit (28) is provided and a portion which faces the fixed-side signal conducting unit (13, 14) have high resistivity in the movable substrate (20); and at least a part of the movable electrode has low resistivity.

十、申請專利範圍：

1. 一種靜電微開關，其特徵在於：

前述靜電微開關係包含設於固定基板之固定電極；

含有與前述固定電極相向配置之可動電極，且彈性支持於前述固定基板之可動基板；

設於前述固定基板之固定側信號導通部；

利用前述可動電極與前述固定電極之間之靜電引力使前述可動基板位移，藉以施行與前述固定側信號導通部間之切換之設於前述可動基板之可動側信號導通部；

前述可動基板係包含具有電阻率相異之多數區域之半導體；

在前述可動基板中，至少設有前述可動側信號導通部之部分、與朝向前述固定側信號導通部之部分為高電阻率；且

前述可動電極之至少一部分為低電阻率者。

2. 如請求項1之靜電微開關，其中前述可動基板係至少在設有前述可動側信號導通部之部分、朝向前述固定側信號導通部之部分、及該等之周邊部分為高電阻率者。

3. 如請求項2之靜電微開關，其中前述周邊部分係為在前述可動基板中，在距離設有前述可動側信號導通部之部分、與朝向前述固定側信號導通部之部分至少100 μm 外側之部分者。

4. 如請求項1之靜電微開關，其中前述可動基板係接合具備前述可動電極之低電阻率之半導體基板、與具備前述

可動側信號導通部之高電阻率之半導體基板者。

5. 如請求項1之靜電微開關，其中前述可動電極之低電阻率之區域係利用摻雜法所形成者。
6. 如請求項1之靜電微開關，其中前述高電阻率係在800 Ωcm 以上者。
7. 如請求項1之靜電微開關，其中前述低電阻率係在300 Ωcm 以下者。
8. 一種無線機，其特徵在於：

前述無線機係包含天線、內部處理電路、及連接於前述天線與前述內部處理電路之間之靜電微開關；

前述靜電微開關係包含：

設於固定基板之固定電極；

含有與前述固定電極相向配置之可動電極，且彈性支持於前述固定基板之可動基板；

設於前述固定基板之固定側信號導通部；

利用前述可動電極與前述固定電極之間之靜電引力使前述可動基板位移，藉以施行與前述固定側信號導通部間之切換之設於前述可動基板之可動側信號導通部；

前述可動基板係包含具有電阻率相異之多數區域之半導體；

在前述可動基板中，至少設有前述可動側信號導通部之部分、與朝向前述固定側信號導通部之部分為高電阻率；且前述可動電極之至少一部分為低電阻率者。

9. 一種靜電微開關之製造方法，其特徵在於包含：

在固定基板設置固定電極及固定側信號導通部之步驟；

在高電阻率之半導體基板之一部分形成低電阻率區域之步驟；

加工前述半導體基板而形成可動基板之步驟；

在前述可動基板設置可動側信號導通部之步驟；及

將前述可動基板接合於前述固定基板而一體化之步驟者。

10. 如請求項9之靜電微開關之製造方法，其中在形成前述低電阻率區域之步驟中，在前述高電阻率之半導體基板之與前述固定電極成相對向之區域，施行摻雜而形成低電阻率區域者。

11. 如請求項9之靜電微開關之製造方法，其中在形成前述低電阻率區域之步驟中，除去前述高電阻率之半導體基板之與前述固定電極成相對向之區域，在除去後之區域形成低電阻率之半導體膜者。

十一、圖式：

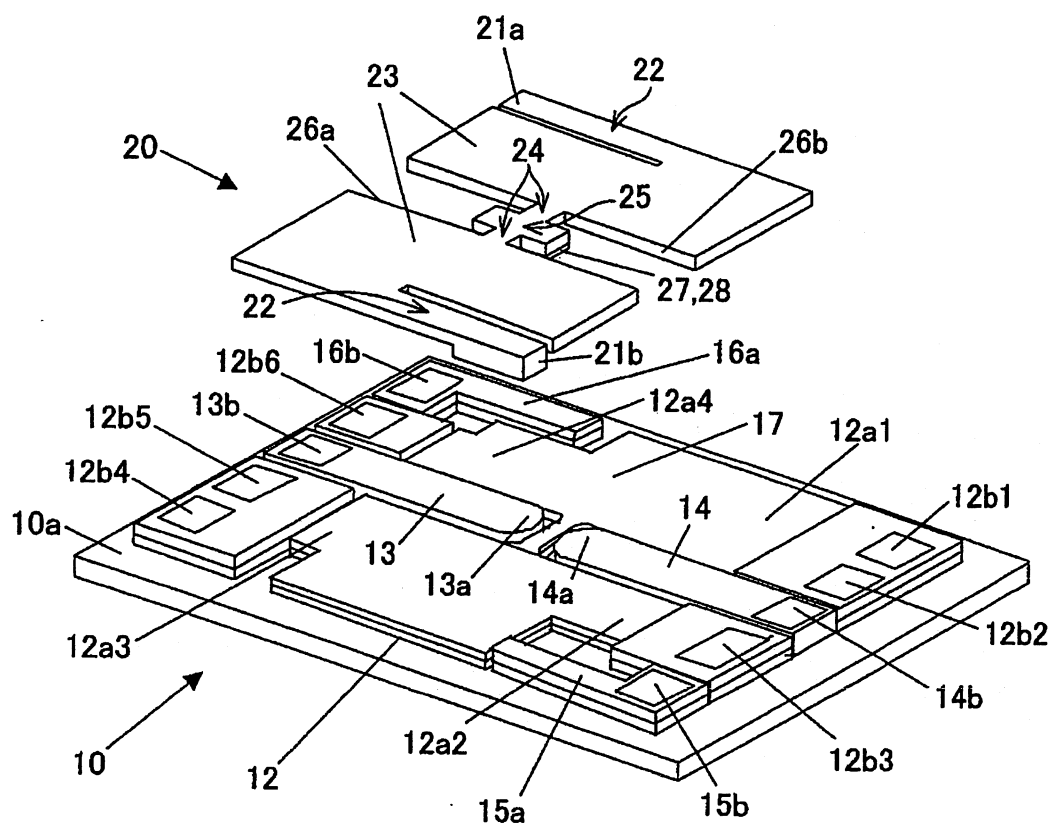


圖 1

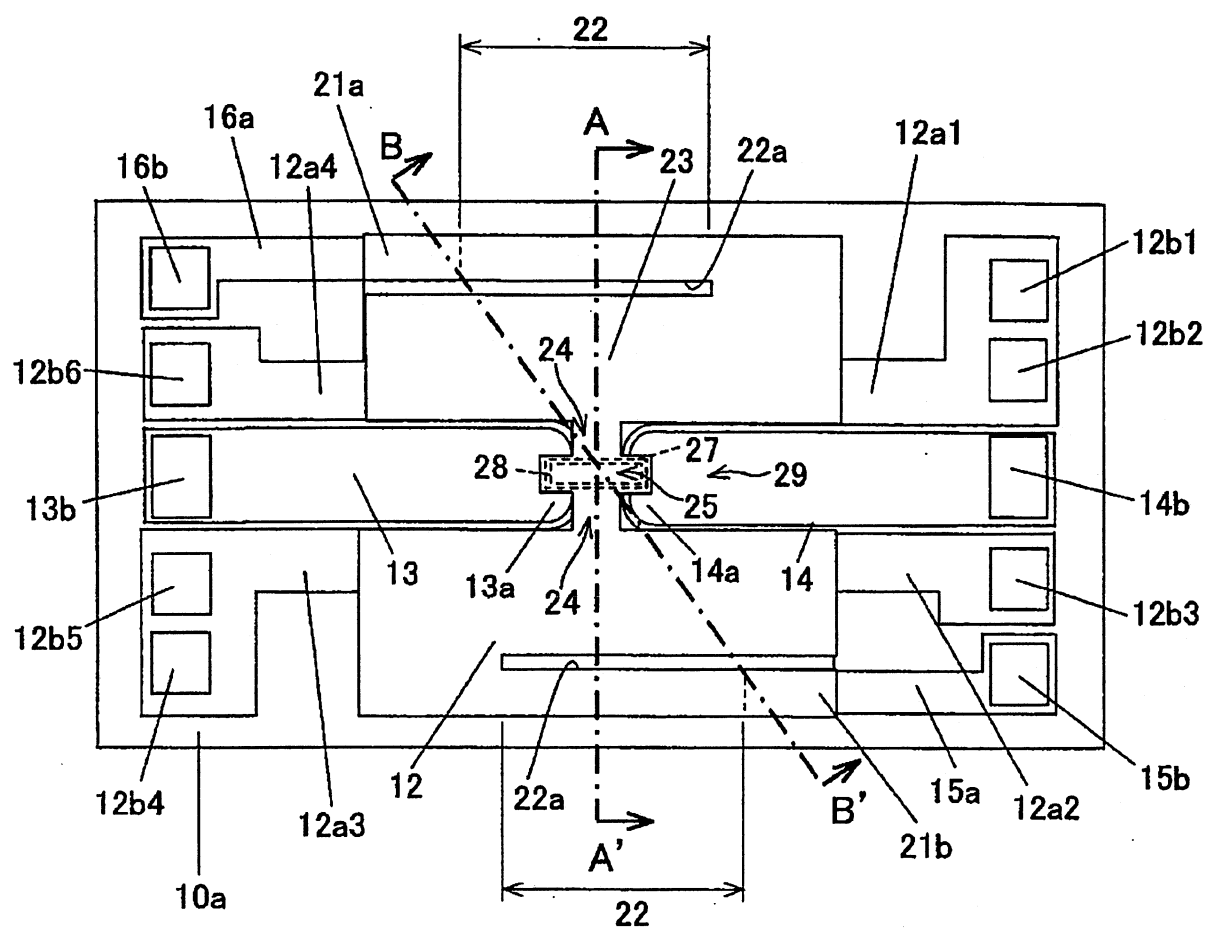


圖 2

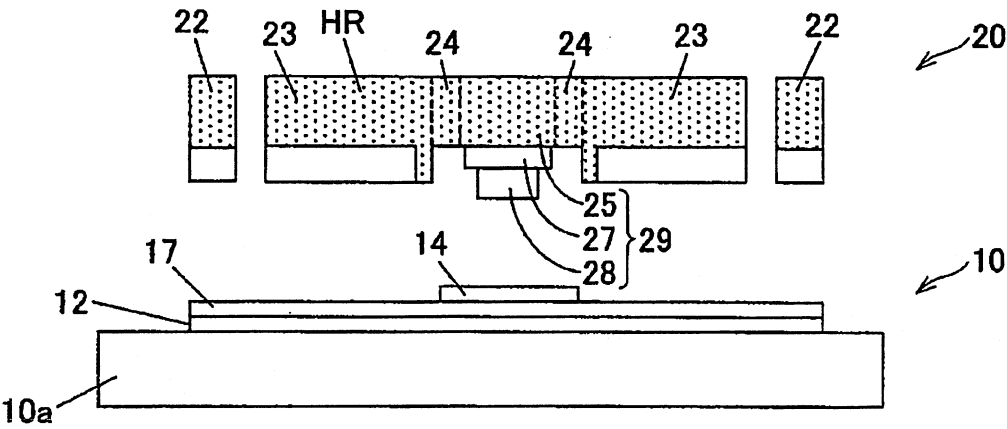


圖 3

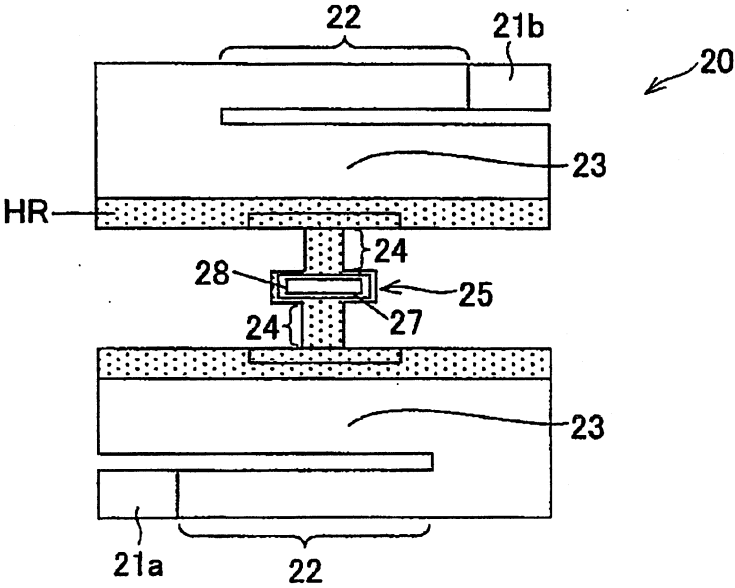


圖 4

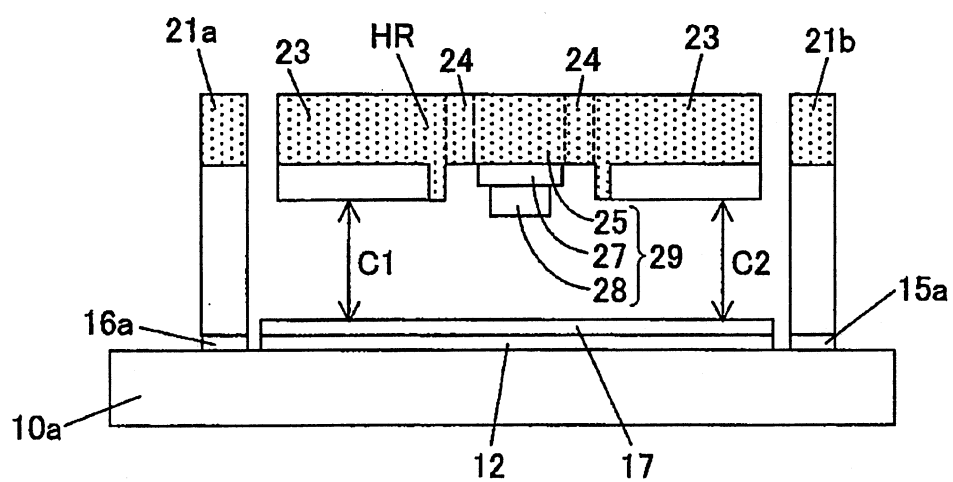


圖 5

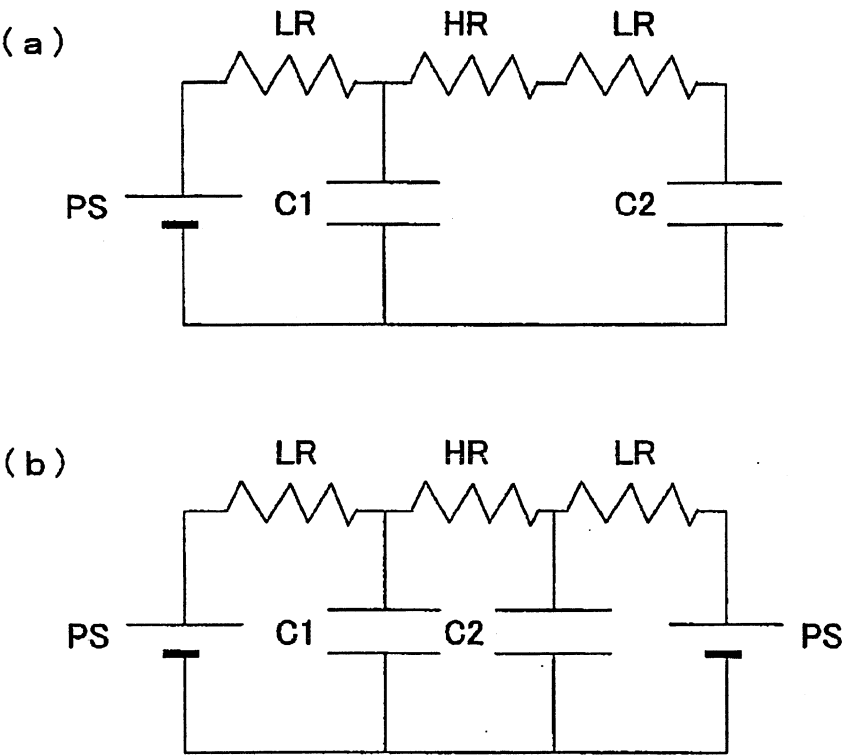


圖 6

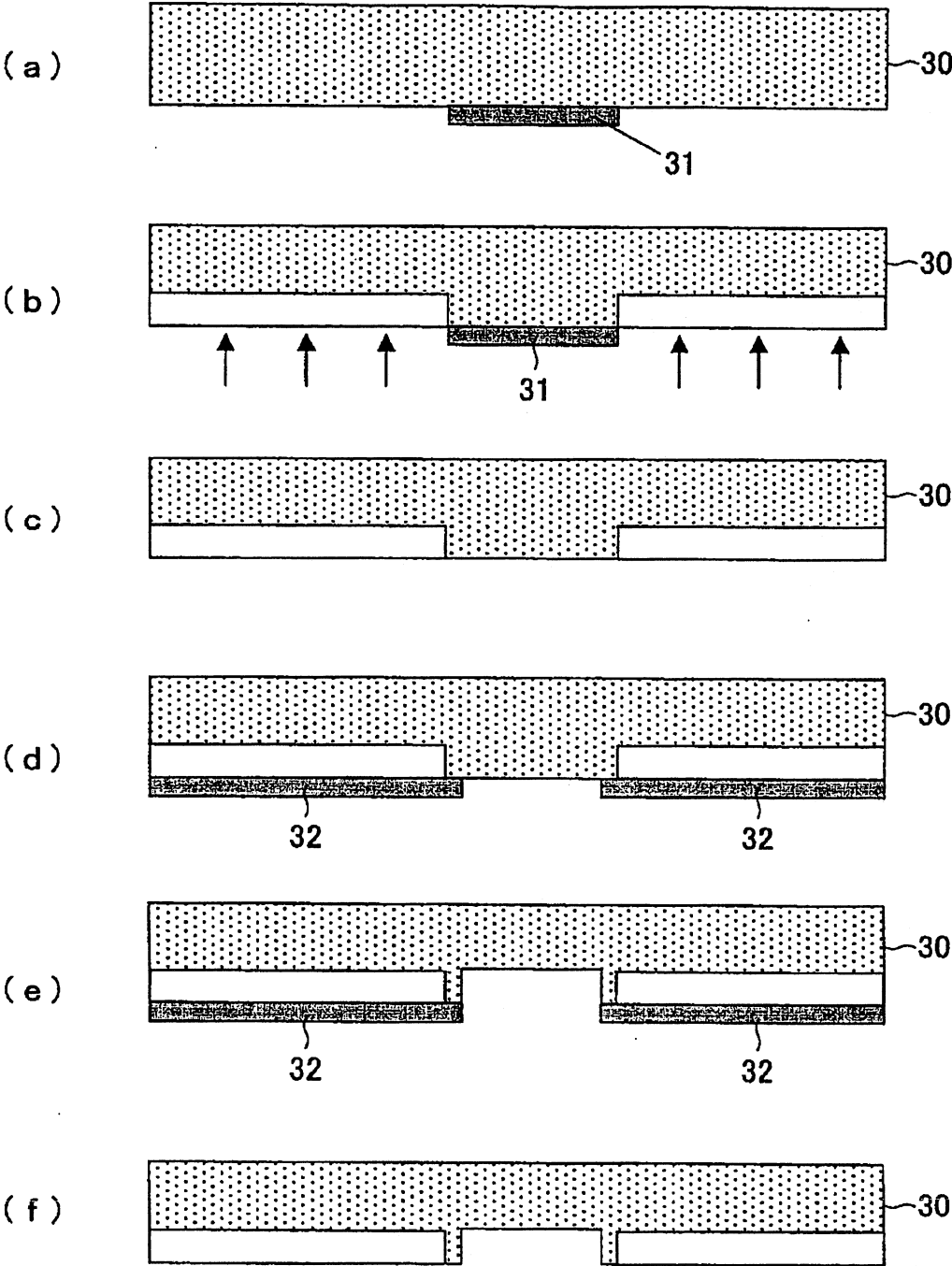


圖 7

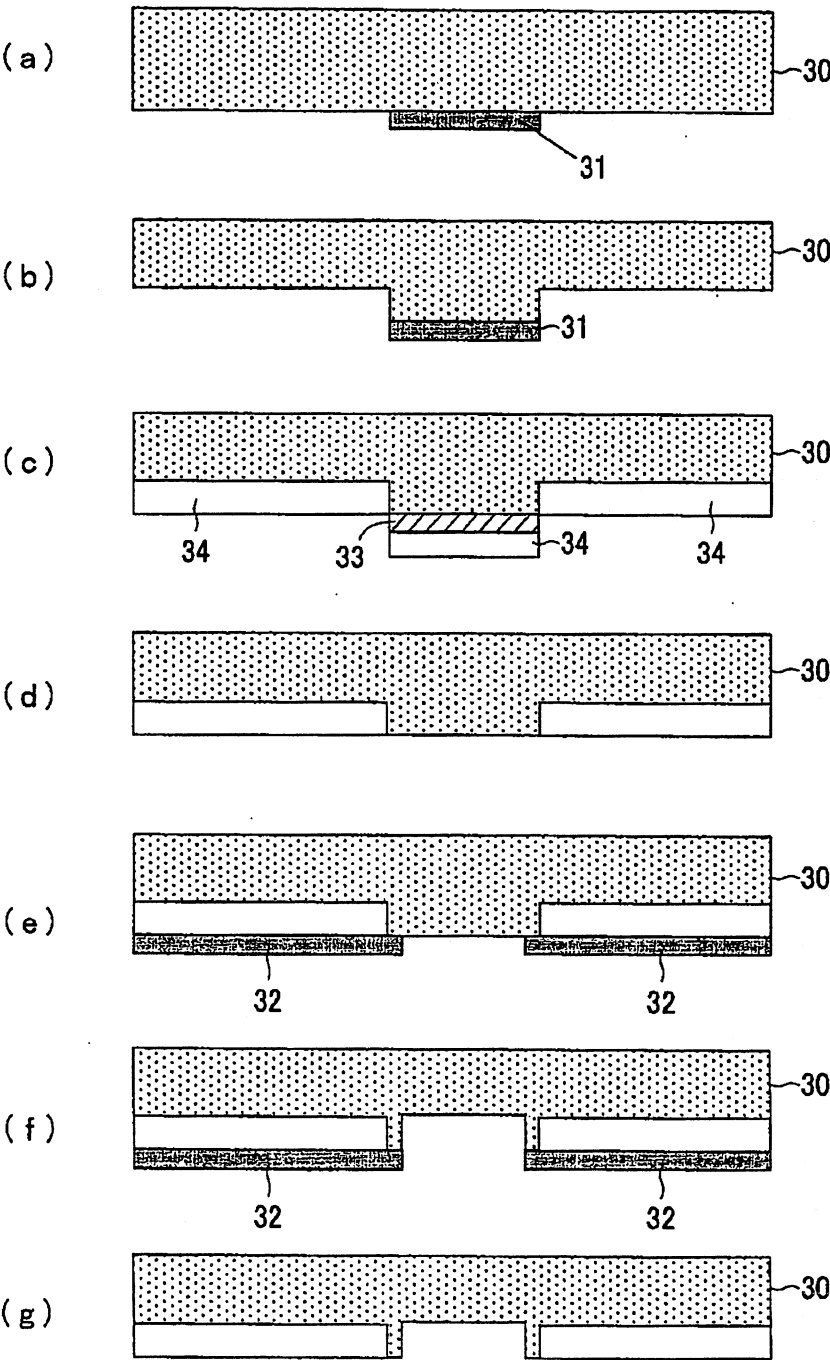


圖 8

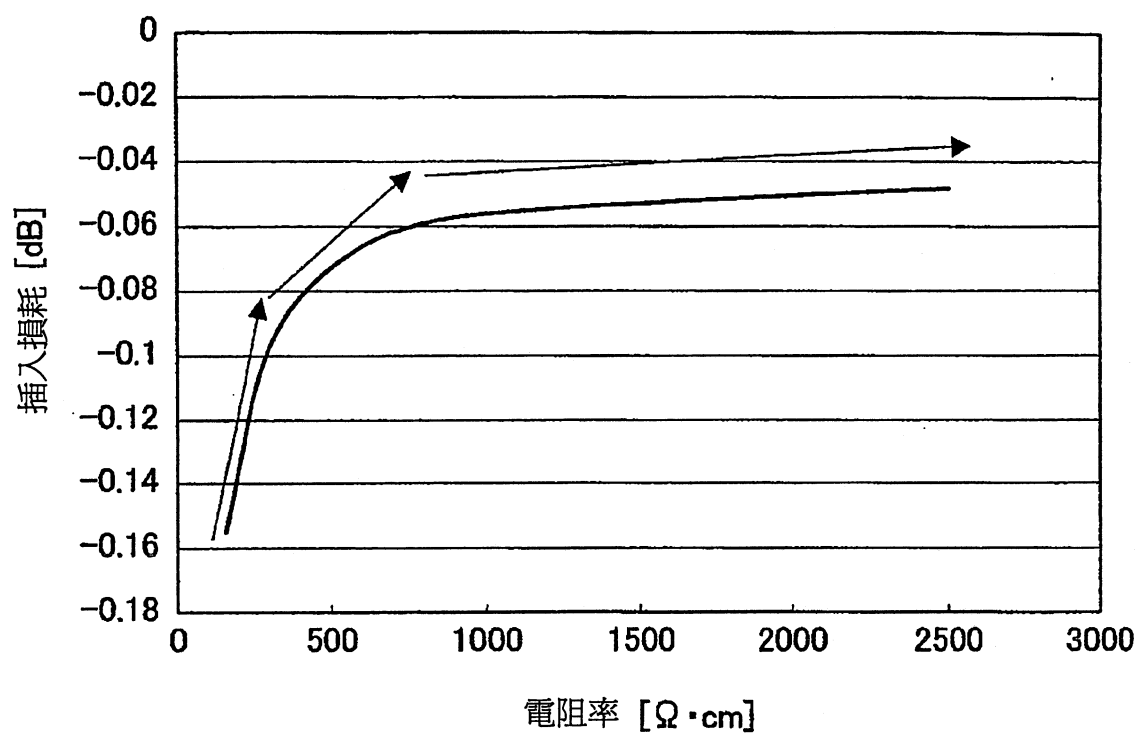


圖 9

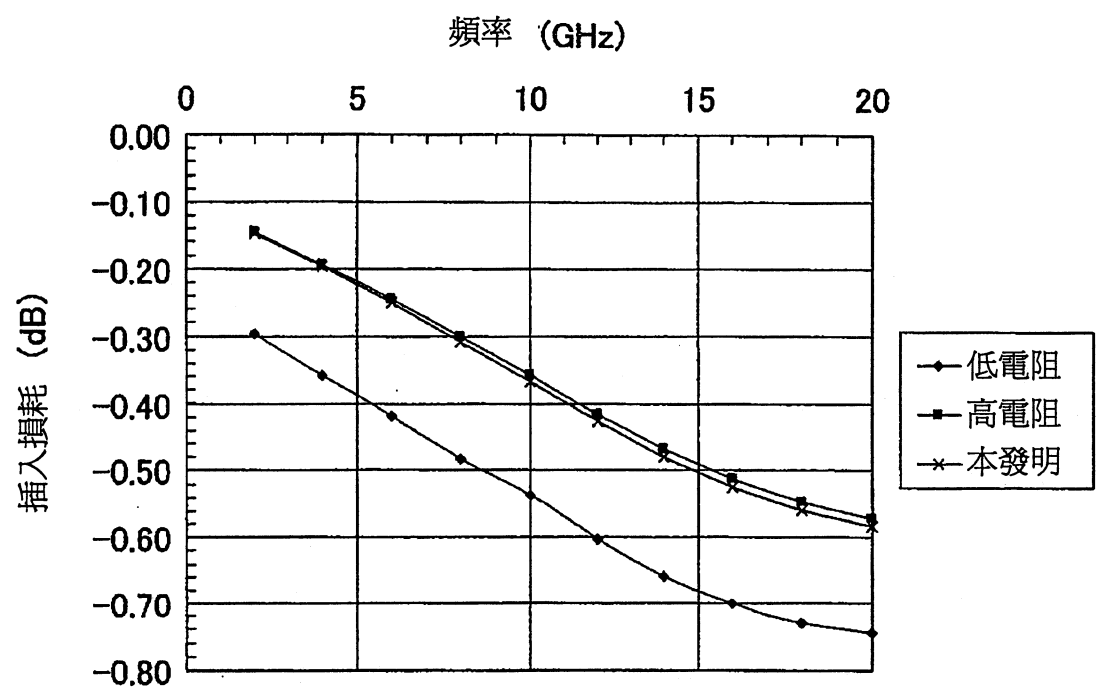


圖 10

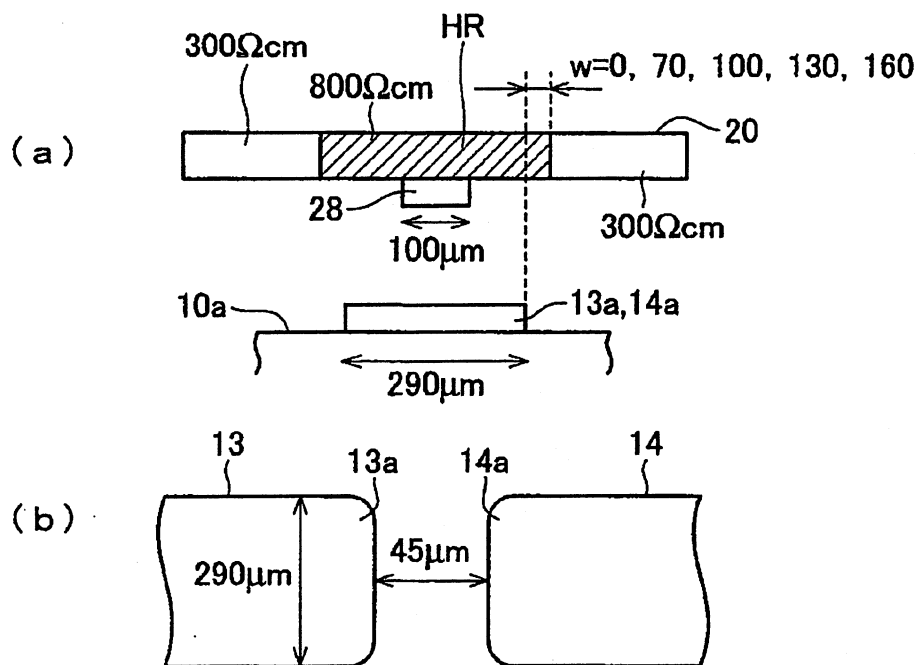


圖 11

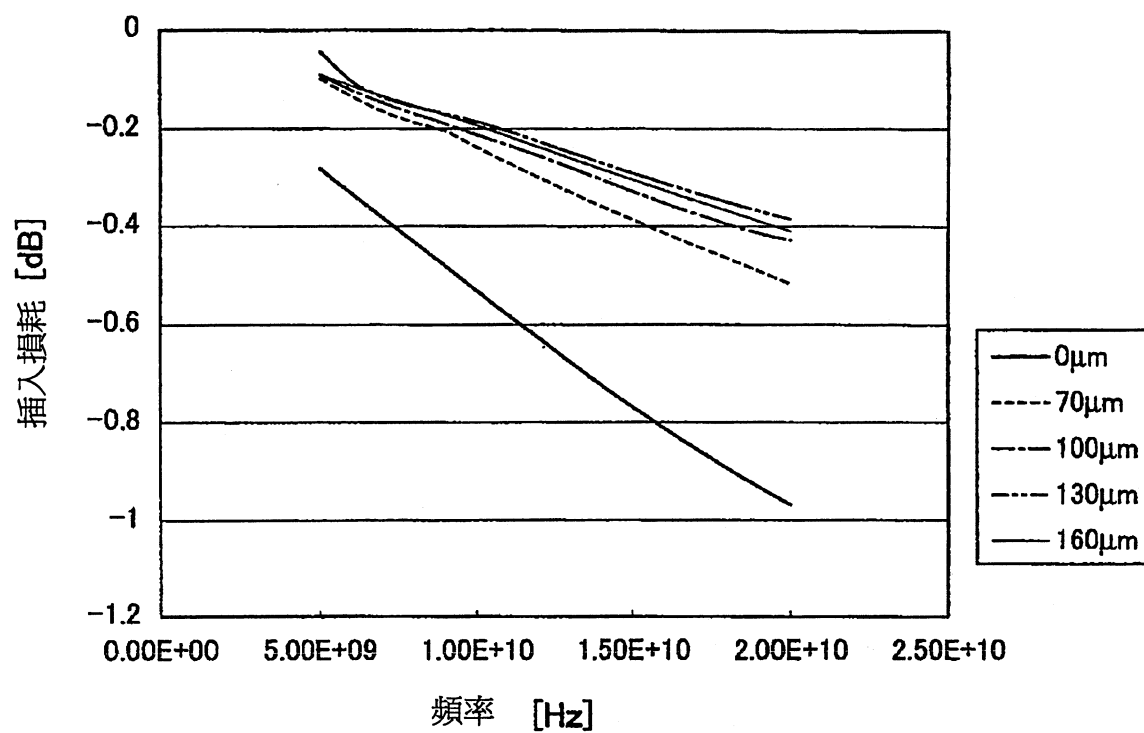


圖 12

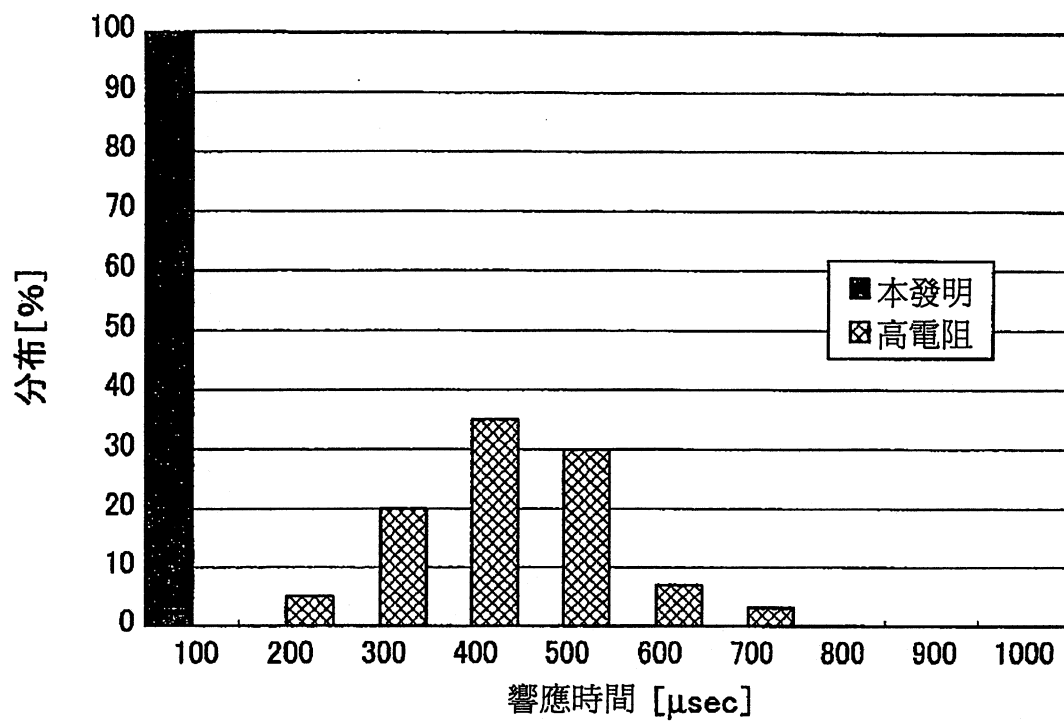


圖 13

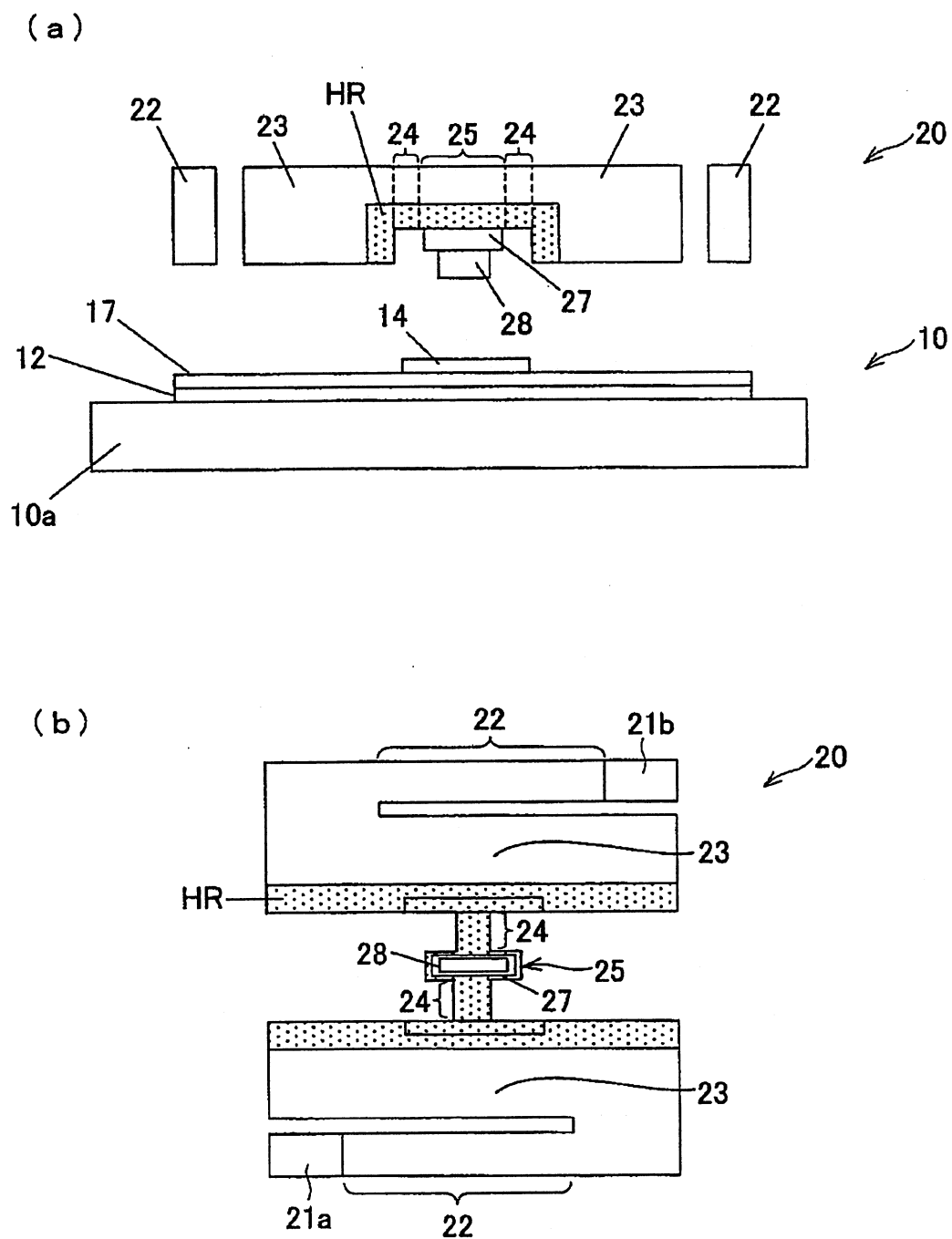


圖 14

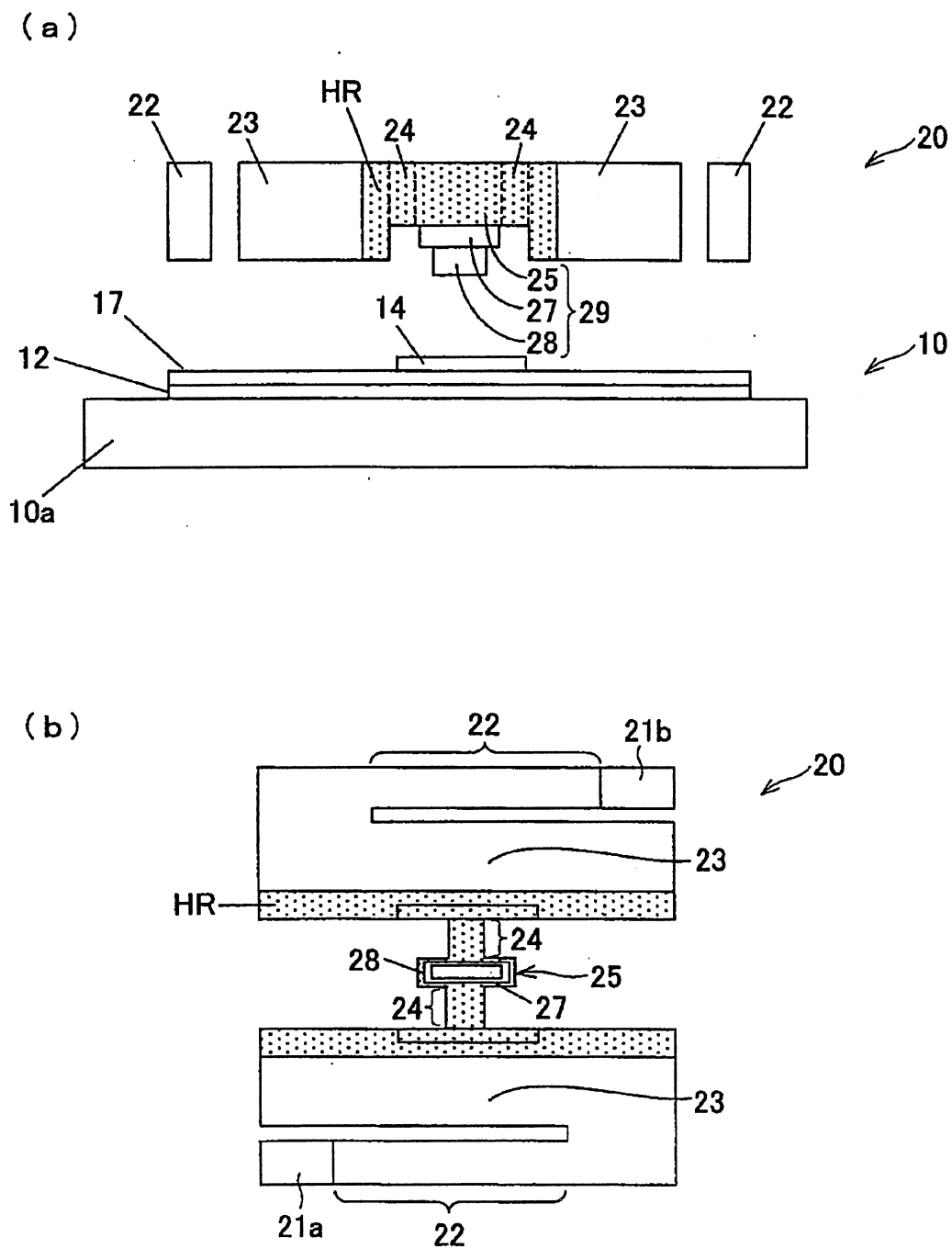


圖 15

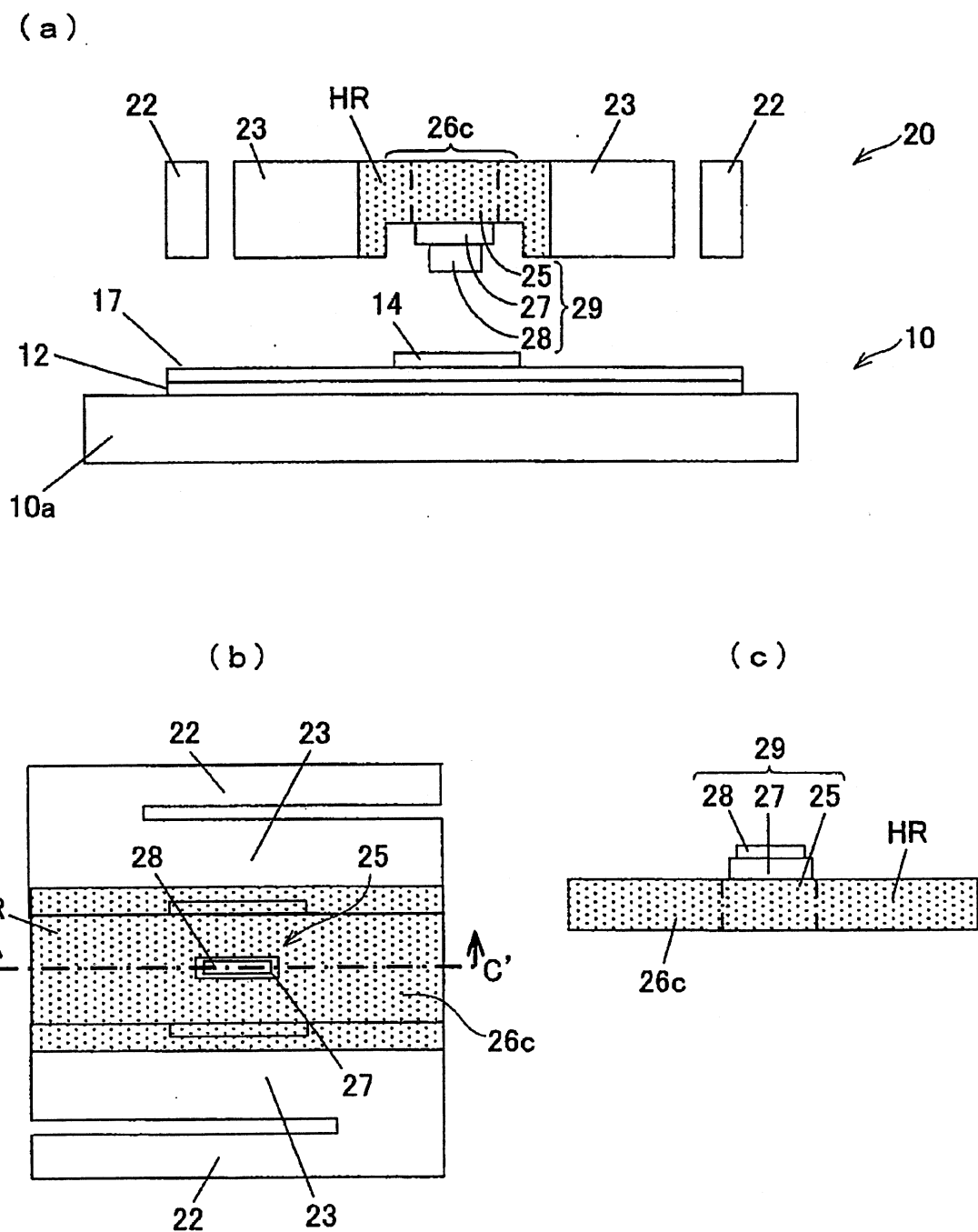


圖 16

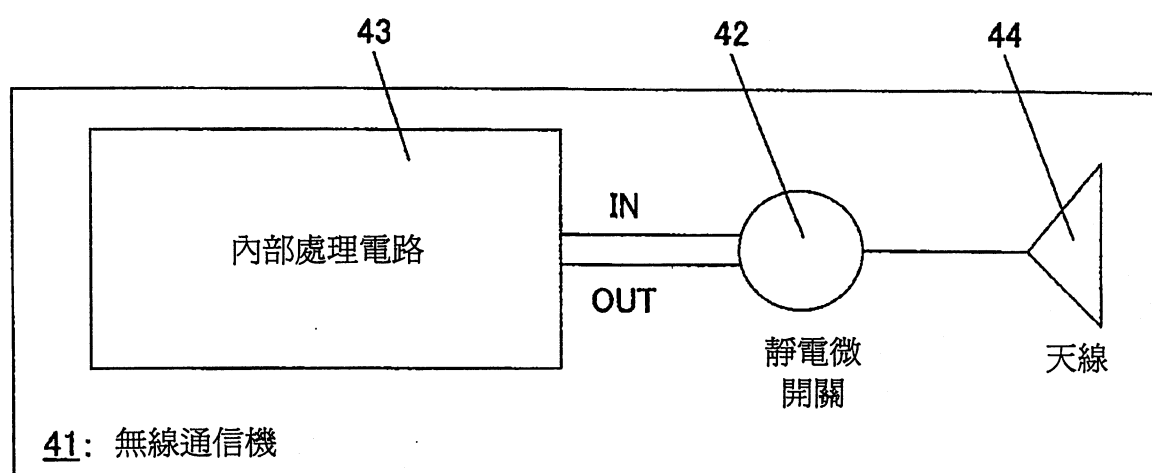


圖 17

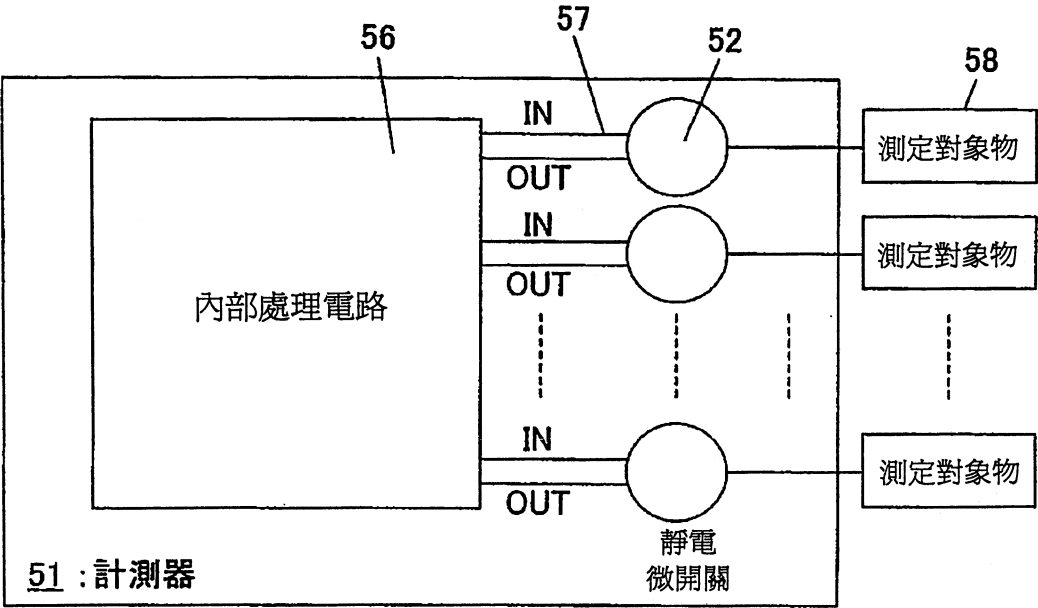


圖 18

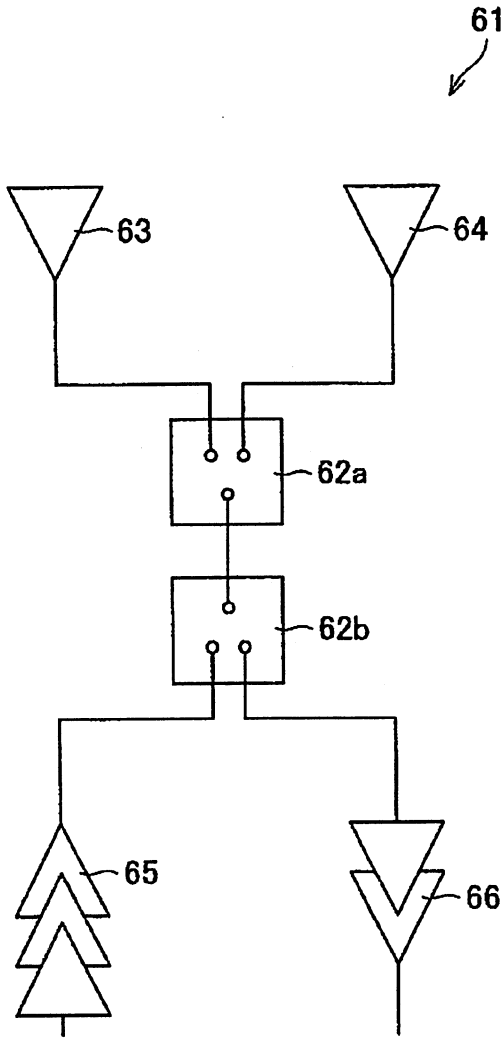


圖 19

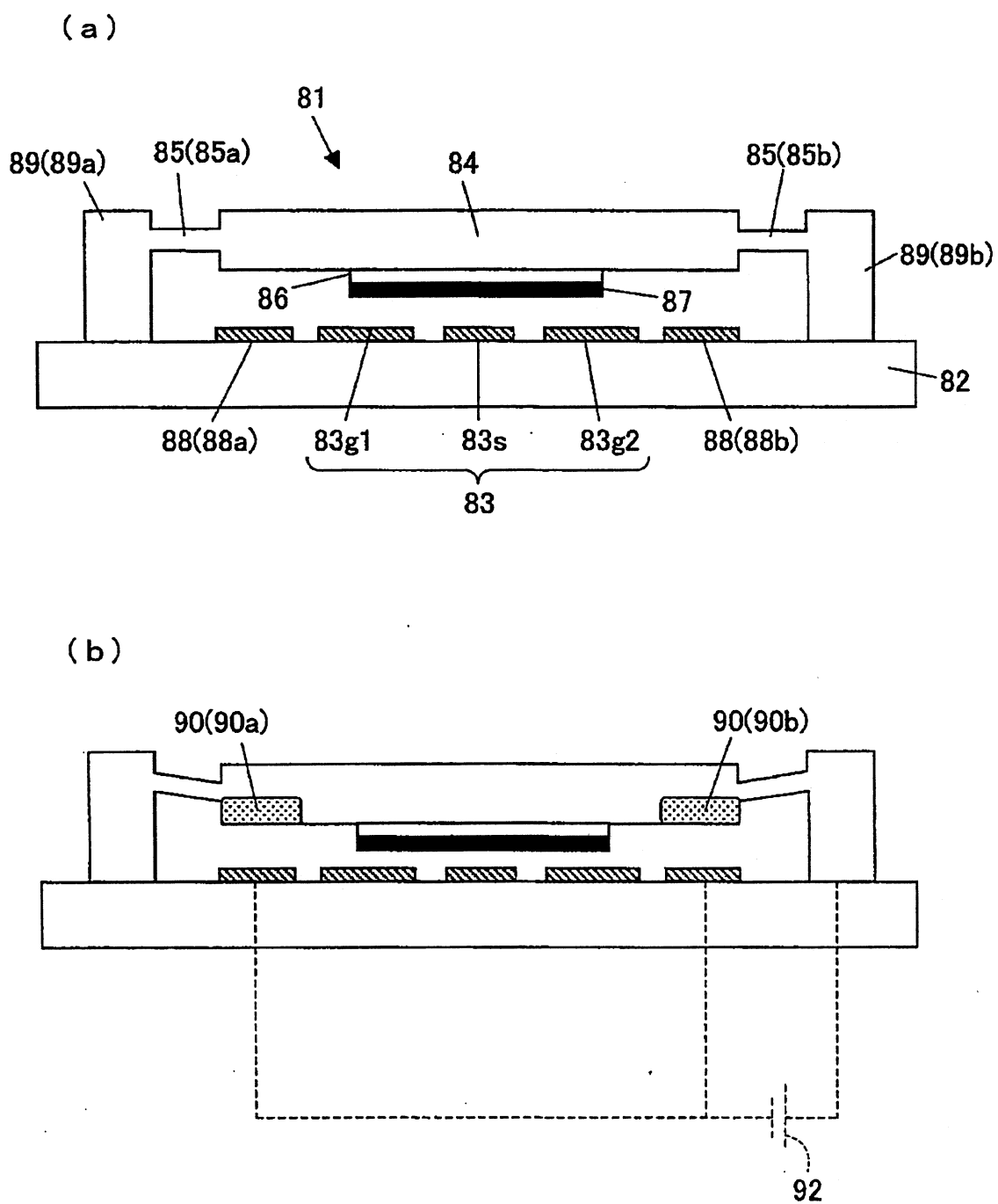
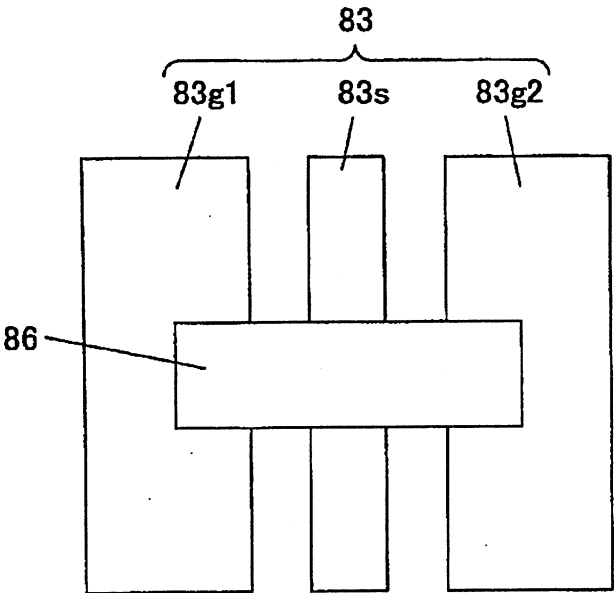


圖 20

(a)



(b)

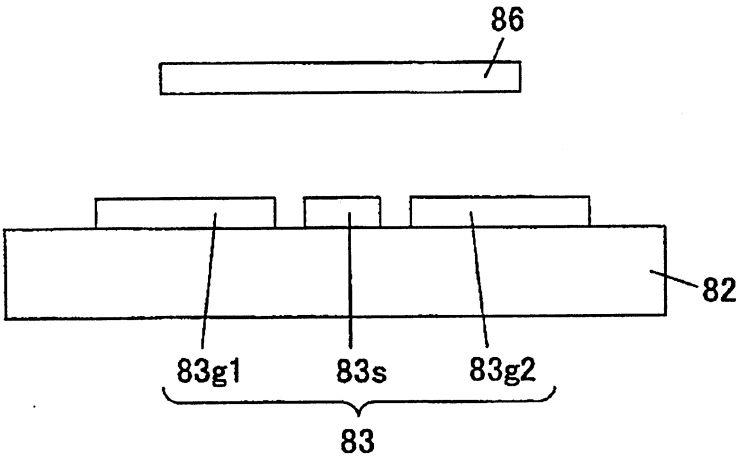


圖 21

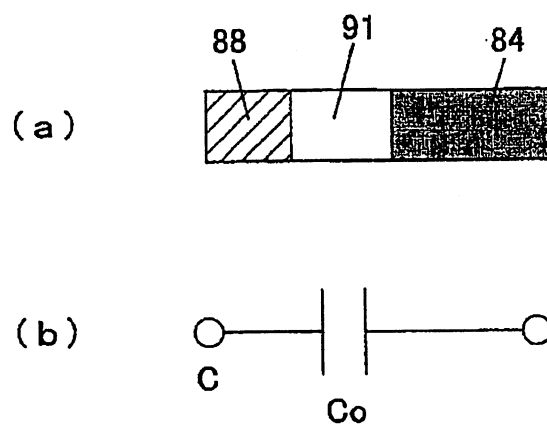


圖 22

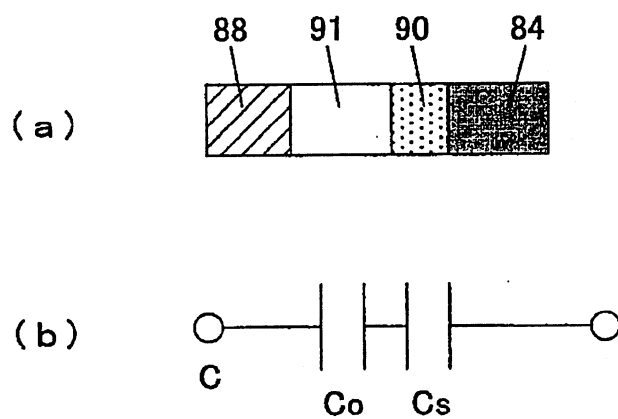


圖 23

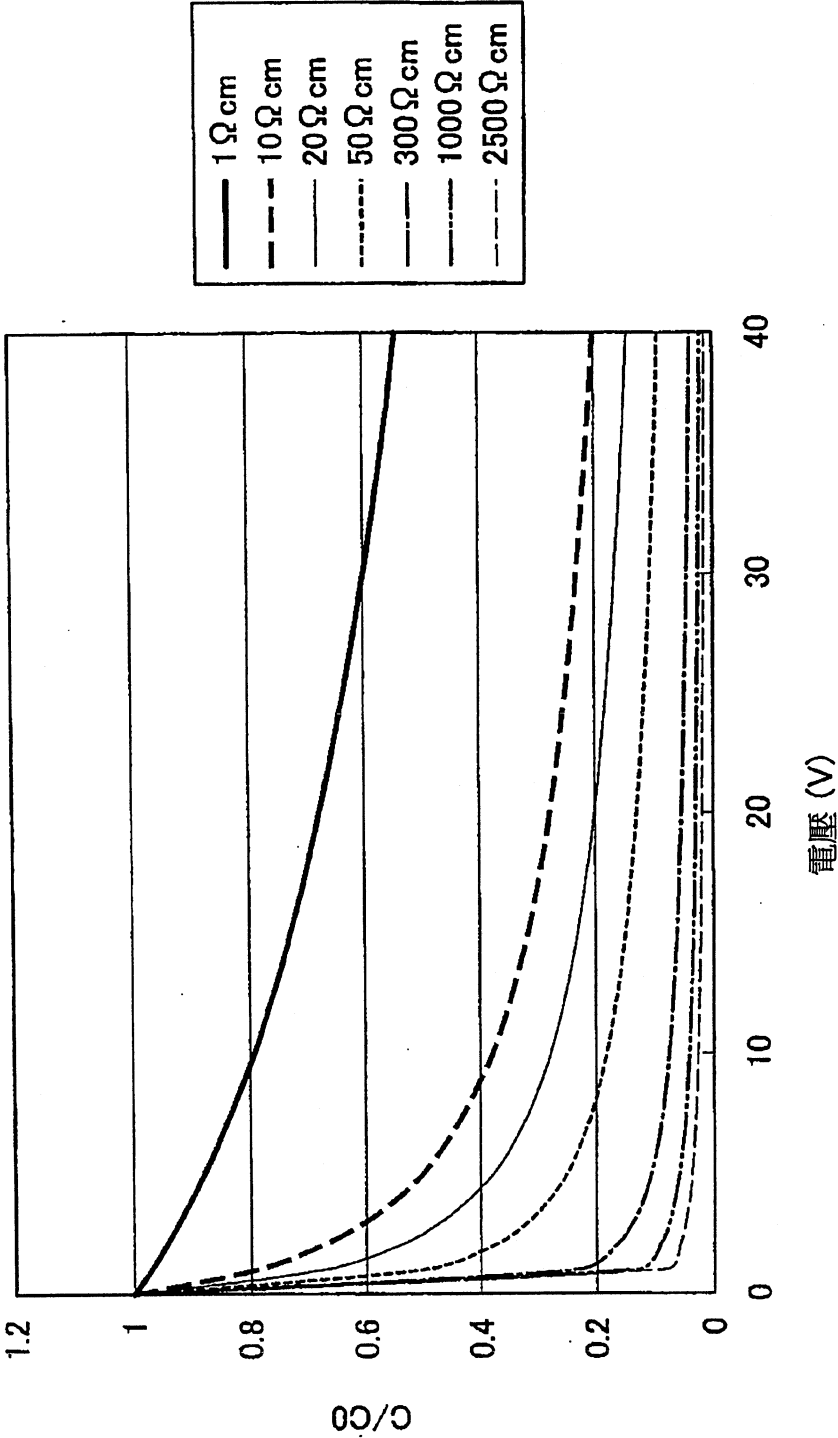


圖 24

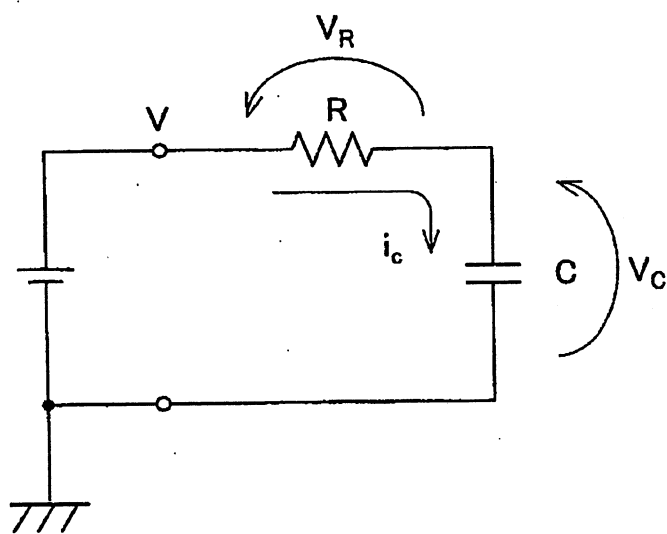


圖 25

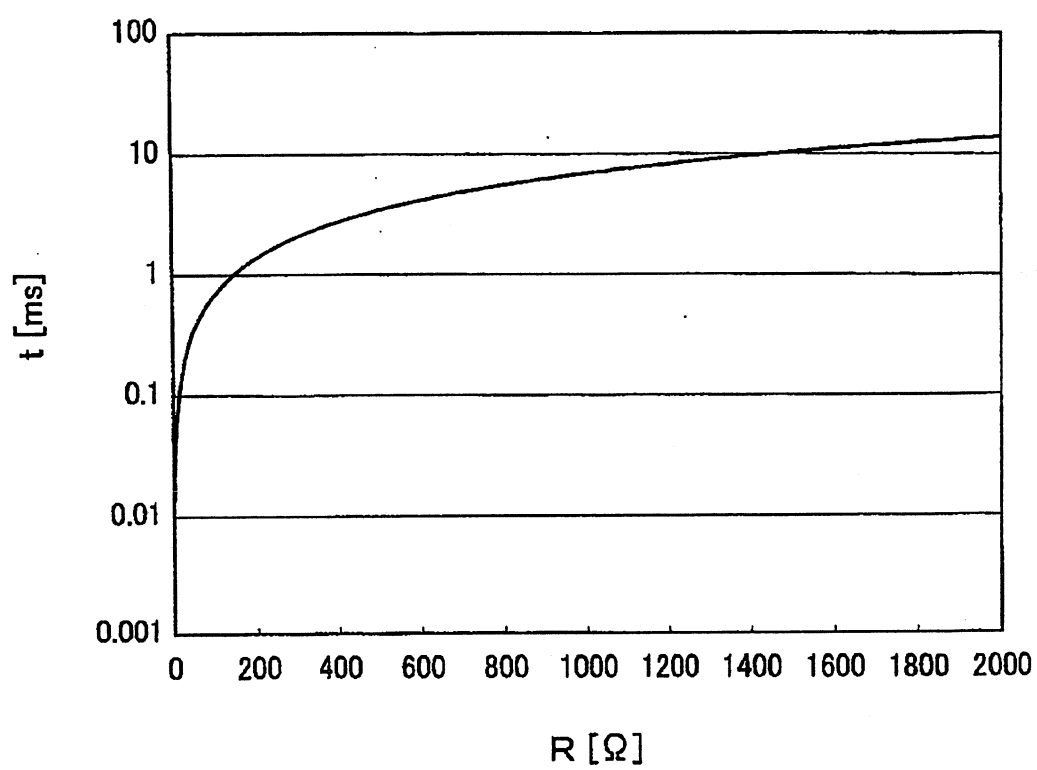


圖 26

七、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第(3)圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

10	固定基板
10a	玻璃基板
12	固定電極
14	信號線
17, 27	絕緣膜
20	可動基板
22	第1彈性支持部
23	可動電極
24	第2彈性支持部
25	接點設置部
28	可動接點
29	可動接點部
HR	高電阻率之區域

八、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

(無)