

申請日期: 89-2-23

案號: 89103330

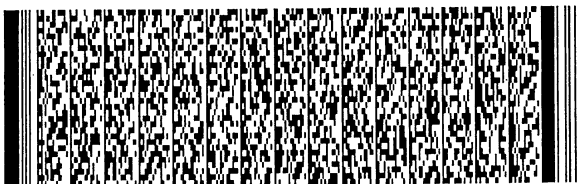
類別: F03H 3/06, F16K 3/10, H01H 5/0

(以上各欄由本局填註)

發明專利說明書

493043

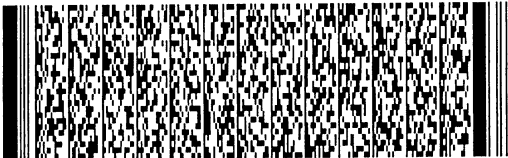
一、發明名稱	中文	半導體裝置
	英文	SEMICONDUCTOR DEVICE
二、發明人	姓名 (中文)	1. 友成惠昭 2. 吉田仁 3. 鎌倉將有 4. 河田裕志
	姓名 (英文)	1. Shigeaki Tomonari 2. Hitoshi Yoshida 3. Masanao Kamakura 4. Hiroshi Kawada
	國籍	1. 日本 2. 日本 3. 日本 4. 日本
	住、居所	1. 日本國大阪府大阪市城東區鳴野西4丁目10-2-301 2. 日本國大阪府大阪市平野區長吉川辺3丁目9-10-312 3. 日本國大阪府枚方市宇山東町7-7-306 4. 日本國大阪府寢屋川市香里北之町9-14
三、申請人	姓名 (名稱) (中文)	1. 松下電工股份有限公司
	姓名 (名稱) (英文)	1. 松下電工株式会社
	國籍	1. 日本
	住、居所 (事務所)	1. 日本國大阪府門真市大字門真1048番地
	代表人姓名 (中文)	1. 今井清輔
代表人姓名 (英文)	1.	



申請日期：	案號：
類別：	

(以上各欄由本局填註)

發明專利說明書

一、 發明名稱	中文	
	英文	
二、 發明人	姓名 (中文)	5. 齊藤公昭 6. 信時和弘 7. 荻原淳 8. 長尾修一
	姓名 (英文)	5. Masaaki Saito 6. Kazuhiro Nobutoki 7. Jun Ogihara 8. Shuichi Nagao
	國籍	5. 日本 6. 日本 7. 日本 8. 日本
	住、居所	5. 日本國大阪府吹田市竹見台4-7-2-302 6. 日本國三重縣松阪市田村町1025-15 7. 日本國大阪府富田林市久野喜台1丁目3-41 8. 日本國大阪府大阪市城東區古市3-9-4-703
三、 申請人	姓名 (名稱) (中文)	
	姓名 (名稱) (英文)	
	國籍	
	住、居所 (事務所)	
	代表人 姓名 (中文)	
代表人 姓名 (英文)		
		

本案已向

國(地區)申請專利	申請日期	案號	主張優先權
日本 JP	1999/02/23	11-045615	有
日本 JP	1999/02/23	11-045592	有
日本 JP	2000/02/10	2000-34077	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)

[發明之背景]

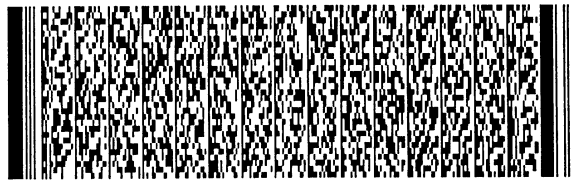
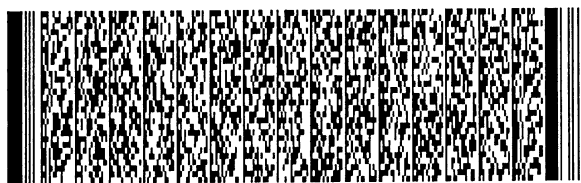
發明之領域

本發明係關於半導體裝置，由半導體基板，與該半導體基板隔離且響應溫度變化移位之可撓區以及被安排於該半導體基板與該可撓區之間之熱絕緣區所構成者，使用該半導體裝置之半導體微型致動器，半導體微型閥，半導體微型繼電器，以及製造半導體微型致動器之方法。

關聯技術

半導體微型致動器，包括具有不同熱膨脹係數且被組合為雙金屬構造之至少二種材料，其中該雙金屬構造被加熱而上述熱膨脹係數間之差異被用以提供位移者，有用於充當一使用半導體裝置之機構，此半導體裝置係由半導體基板，與該半導體基板隔離且響應溫度變化移位之可撓區以及被安排於該半導體基板與該可撓區之間之熱絕緣區所構成。上述半導體微型致動器被揭示於美國專利第5069419號(USP 5069419)"Semiconductor microactuator"。

USP 5069419所述之半導體微型致動器被示於圖53(俯視圖)及圖54(剖視圖)中，此半導體微型致動器擁有雙金屬構造之可撓區，包括鋁薄膜304形成於一矽隔膜300部分中。若使電流流入形成於矽隔膜300中之加熱器301，則產生熱，使隔膜300之溫度升高。由於矽與鋁在熱膨脹係數上之差異很大，產生熱應力，彎曲隔膜300，發生與隔膜300鄰接配置之可動部305之位移。為了提供有效之位移，將二氧化矽之樞紐303安排於隔膜300之周邊與半導體基板



五、發明說明 (2)

之矽框302之間，以防隔膜300所產生之熱逃逸至矽框302。

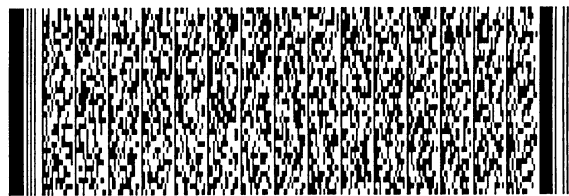
然而，考慮到現在之應用狀態時，被要求的是，進一步減少熱損失。具體而言，熱之逃逸(熱損失)被視為按指定溫度(例如150℃)維持隔膜300之時期一直供給之電力(消耗電力)。

其次，考慮到小型輕便之被電池驅動之用途時被要求的是，電力消耗為100mW或更低。

再者，為關聯技術之半導體微型繼電器之例子，有半導體微型繼電器被揭示於JPA-6-338244及JP-A-7-14483中。茲在參照附圖之下討論其中所揭示之半導體微型繼電器。

圖55為展示關聯技術之半導體微型繼電器之構造之剖視圖。如圖55所示，該半導體微型繼電器擁有懸臂梁313，此梁313具有第一熱膨脹係數且由矽單晶基板312以一端可移動之方式在相對端被支持者所製成。在懸臂梁313之背面上，該半導體微型繼電器擁有金屬層315，此金屬層315以傳導層315具有大於第一熱膨脹係數之第二熱膨脹係數。在懸臂梁313之主表面上，有一接觸電路317藉由氧化膜314被設在一端側上。同樣地，一加熱器電路318藉由氧化膜314被設在懸臂梁313之主表面之約略全面上。

在另一方面，相對之接觸部320具有傳導層319為相對面者被設在藉由接觸電路317上方之指定空間面臨接觸電路317之位置上。使電流流入加熱電路318，因此加熱器電路318被加熱。於是，由懸臂梁313與金屬層316所構成之可



五、發明說明 (3)

撓區被加熱。此時，金屬層316被設定之熱膨脹係數為大於懸臂梁313之熱膨脹係數，致使懸臂梁313及金屬層316向上移位。因此，設在懸臂梁313之一端之接觸電路317壓抵相對接觸部320而造成導電。與習知之靜電驅動繼電器相較，上述雙金屬驅動之繼電器有可能增加接觸間隔及增加接觸負荷。因此，可提供一種具有低接觸電阻及少具焊點之良好可靠性等之繼電器。

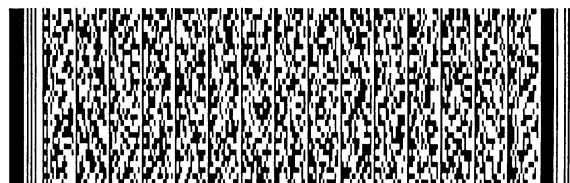
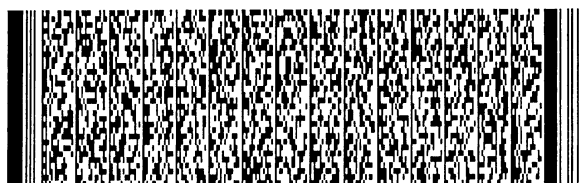
然而，關聯技術之半導體微型繼電器亦有下述問題：為了驅動繼電器，必需使電流流入被設在懸臂梁313之主表面上之加熱器電路318，以便加熱懸臂梁313及金屬層316。然而，形成懸臂梁313之矽單晶係具有極良好之熱傳導性之材料，懸臂梁313在相對端連接至矽單晶基板312，而大量之熱從懸臂梁313逃逸至矽單晶基板312，因此變得極難於以低電力消耗來提高懸臂梁313之溫度。

即，對於關聯技術之半導體微型繼電器，必須經常供給大電力來維持傳導狀態。其電力值極大於可用數10mW來驅動之機械式繼電器。在實用上，要實現低電力消耗是很大之難題。

[發明之概要]

如上所述，關聯技術之使用半導體裝置之半導體微型致動器，半導體微型閥，以及半導體微型繼電器均需要高電力消耗，因此變得難於用電池來驅動，而無法使之小型化以供於手提用途上。

因此，本發明之目的為提供一種藉容易施行之製造方法



五、發明說明(4)

製成之具有低電力消耗之半導體裝置，一種使用半導體裝置之半導體微型致動器，一種半導體微型閥，一種半導體微型繼電器，以及一種製造半導體微型致動器之方法。

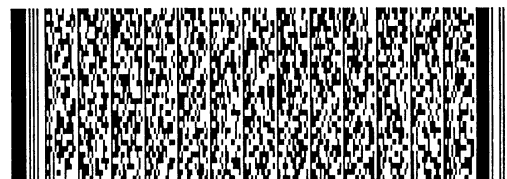
為了上述目的，依照本發明之第一態樣，提供一種半導體裝置，包括：半導體基板；與半導體基板隔離之可撓區，響應溫度變化移位者；以及被安排於半導體基板與可撓區之間之熱絕緣區，此區由樹脂製成以使半導體基板與可撓區接合。樹脂製成之熱絕緣區被安排於半導體基板與可撓區之間，藉此在可撓區溫度發生變化時防止熱之逃逸，因此可抑制電力消耗而進一步使製造方法簡化。

在本發明之第二態樣之情況，在如本發明之第一態樣之半導體裝置中，製造該熱絕緣區之材料具有約 $0.4\text{W}/(\text{m}^\circ\text{C})$ 或更低之熱傳導係數。如此加強可撓區與半導體基板之間之熱絕緣性。

在本發明之第三態樣之情況，在如本發明之第二態樣之半導體裝置中，製造該熱絕緣區之材料為聚醯亞胺。如此加強可撓區與半導體基板之間之熱絕緣性，而使半導體裝置之製造變得更為方便。

在本發明之第四態樣之情況，在本發明之第三態樣中，製造該熱絕緣區之材料為氟化樹脂。如此加強可撓區與半導體基板之間之熱絕緣性，而使半導體裝置之製造變得更為方便。

在本發明之第五態樣之情況，在本發明之第一至第四態樣中，在熱絕緣區之與其厚度方向正交之至少一面上設有



五、發明說明 (5)

由一種比熱絕緣區之材料更硬之材料製成之增強層。如此可增加半導體基板與可撓區之接合強度。

在本發明之第六態樣之情況，在本發明之第五態樣中，該增強層具有 $9.8 \times 10^9 \text{N/m}^2$ 以上之楊格模數。如此可增加半導體基板與可撓區之接合強度。

在本發明之第七態樣之情況，在本發明之第六態樣中，該增強層為二氧化矽薄膜。如此可增加半導體基板與可撓區之接合強度。

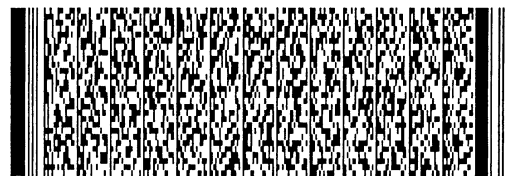
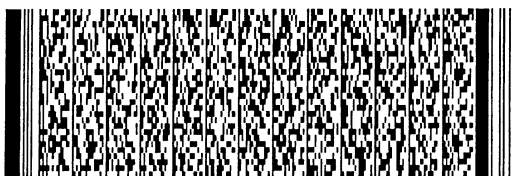
在本發明之第八態樣之情況，在本發明之第一至第七態樣中，在與熱絕緣區接觸之半導體基板及可撓區之部分形成有梳齒。如此可增加半導體基板與可撓區之接合強度。

依照本發明之第九態樣，提供一種半導體裝置，包括如本發明之第一至第八態樣之半導體裝置及一與可撓區鄰接配置之可動元件，其中在可撓區之溫度有變化時，該可動元件則發生根據半導體基板之位移。如此可提供一種半導體裝置，除了具有可用低電力消耗來驅動之效益之外，又具有與本發明申請專利範圍第1項至第8項類似之效益者。

在本發明之第十態樣之情況，在本發明之第九態樣中，該可撓區具有懸臂梁構造。如此半導體裝置可提供可動元件之大位移量。

在本發明之第十一態樣之情況，在本發明之第九態樣中，該可動元件為藉複數之可撓區所支持者。如此可安定支持該可動元件。

在本發明之第十二態樣之情況，在本發明之第十一態樣



五、發明說明 (6)

中，該等可撓區形成一種十字形藉由該可動元件在中心交叉者。如此可提供可動元件之良好之位移準確度。

在本發明之第十三態樣之情況，在本發明之第九態樣中，可動元件之位移包含對半導體基板基面之水平方向位移旋轉。如此可動元件之位移量則變得很大。

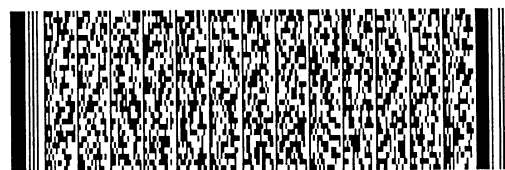
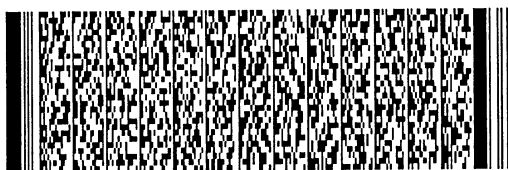
在本發明之第十四態樣之情況，在本發明之第十一或第十三態樣中，該等可撓區為各呈L狀之四個可撓區，此等四個可撓區被安置以沿著各方向與可動元件在中央保持相等間隔。如此可增加可撓區之長度，因此可令可動元件之位移量加大。

在本發明之第十五態樣之情況，在本發明之第九至第十四態樣中，可撓區為具有不同之熱膨脹係數且響應熱膨脹係數之差異移位之至少二區所組成。如此在可撓區之溫度發生變化時，可撓區則可移位。

在本發明之第十六態樣之情況，在本發明之第十五態樣中，可撓區包括由矽製成之區及由鋁製成之區。如此在可撓區之溫度發生變化時，可撓區則可移位，因為鋁與矽在熱膨脹上有差異。

在本發明之第十七態樣之情況，在本發明之第十五態樣中，可撓區包括由矽製成之區及由鎳製成之區。如此在可撓區之溫度發生變化時，可撓區則可移位，因為鎳與矽在熱膨脹上有差異。

在本發明之第十八態樣之情況，在本發明之第十五態樣中，組成可撓區之區中至少一區為由與熱絕緣區相同之材



五、發明說明 (7)

料所製成。由於可撓區與熱絕緣區可同時形成，製造方法被簡化，而可降低成本。

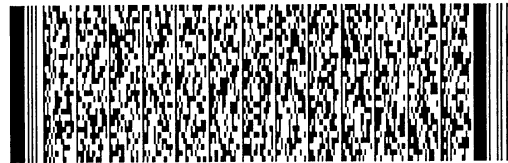
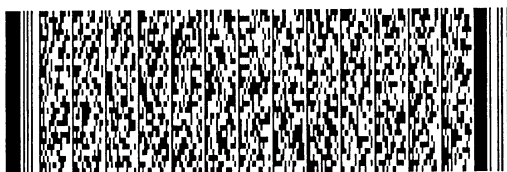
在本發明之第十九態樣之情況，在本發明之第十八態樣中，可撓區包括由矽製成之區，以及由聚醯胺製成之區作為與熱絕緣區相同之材料製成之區。除了與本發明相似之效益外，在可撓區之溫度發生變化時，可撓區則可移位，因為矽與聚醯胺在熱膨脹上有差異，且可撓區具有歸因於聚醯胺之熱絕緣性。

在本發明之第二十態樣之情況，在本發明之第十九態樣中，可撓區包括由矽製成之區，以及由氟化樹脂製成之區作為與熱絕緣區相同之材料製成之區。除了類似之效益外，在可撓區之溫度發生變化時，可撓區則可移位，因為矽與氟化樹脂在熱膨脹上有差異，且可撓區具有歸因於氟化樹脂之熱絕緣性。

在本發明之第二十一態樣之情況，在本發明之第九至第十四態樣中，可撓區為由形狀記憶合金所製成。如此在可撓區之溫度發生變化時，可撓區則可移位。

在本發明之第二十二態樣之情況，在本發明之第九至第二十一態樣中，在可撓區與可動元件之間設有由可撓區與可動元件之接合用之樹脂所製成之熱絕緣區。如此可在可撓區與移動元件之間提供熱絕緣性，而在可撓區之溫度發生變化時，可更抑制電力消耗。

在本發明之第二十三態樣之情況，在本發明之第二十二態樣中，使設在半導體基板與可撓區之間之熱絕緣區之剛



五、發明說明(8)

性不同於設在可撓區與可動元件之間之熱絕緣區之剛性。如此，可動元件之位移方向可取決於熱絕緣區之間在剛性上之差異。

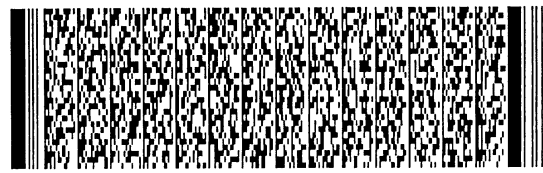
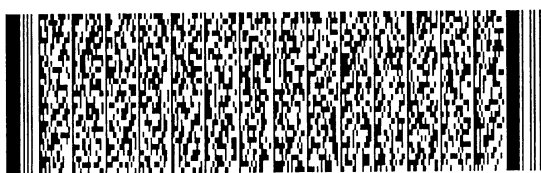
在本發明之第二十四態樣之情況，在本發明之第九至第二十三態樣中，可撓區包含可撓區加熱用之加熱機構。如此可令半導體裝置小型化。

在本發明之第二十五態樣之情況，在本發明之第九至第二十四態樣中，在熱絕緣區未介入之下，形成有對可撓區加熱用之加熱機構供給電力之配線(布線)。如此可增加配線之絕緣間隔，而可增強可撓區之熱絕緣性。

在本發明之第二十六態樣之情況，在本發明之第九至第二十五態樣中，該可動元件形成有凹部。如此，可動元件之熱容量被減少，因此可加速可撓區之溫度變化。

在本發明之第二十七態樣之情況，在本發明之第九至第二十六之態樣中，在可撓區與可動元件或半導體基板之接合部附近設有應力釋放用之外圓角。如此在可撓區移位時，利用外圓角使施加於接合部附近之應力散開，因此可防止該部之毀壞。

在本發明之第二十八態樣之情況，在本發明之第二十七態樣中，半導體基板形成有朝向可撓區之接合部突出之突起部，而該外圓角係以半導體基板上之基面上之外圓角形狀可在突出部基端部兩末端成為R(圓弧)狀之方式所形成。如此在可撓區移位時，利用外圓角使施加於突起部基端部兩端之應力散開，因此可防止該部分之毀壞。



五、發明說明(9)

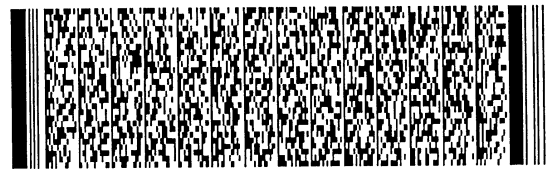
在本發明之第二十九態樣之情況，在本發明之第二十七態樣中，將半導體基板從基面蝕刻以形成一凹部，在此凹部之底面部中形成可撓區，而以可在凹部之底面部與側面部之境界上形成R(圓弧)狀之方式形成外圓角。如此在可撓區移位時，利用外圓角使施加於凹部之底面部與側面部之境界之應力散開，因此可防止該部分之毀壞。

依照本發明之第三十態樣，提供一種半導體微型閥包括第九至第二十九態樣中任一態樣之半導體裝置及一流體元件，此元件連接至半導體裝置且擁有一流體通路，具有在響應可動元件之位移之下變化之流動流體量者。如此可提供一種半導體微型閥，除了具有可用低電力消耗來驅動之效益外，又具有與本發明之第九至第二十九態樣類似之效益者。

在本發明之第三十一態樣之情況，在本發明之第三十態樣中，半導體裝置與流體元件利用陽極接合法接合。如此有可能實現半導體裝置與流體元件之接合。

在本發明之第三十二態樣之情況，在本發明之第三十態樣中，半導體裝置與流體元件利用共晶接合法接合。如此有可能實現半導體裝置與流體元件之接合。

在本發明之第三十三態樣之情況，在本發明之第三十態樣中，半導體裝置與流體元件藉由間隔層接合。如此在半導體裝置與流體元件接合時，半導體裝置與流體元件在熱膨脹上之差異被吸收於間隔物層中，而可抑制施加於可撓區之應力。



五、發明說明 (10)

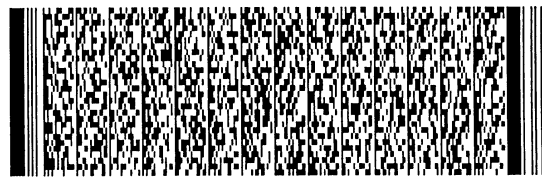
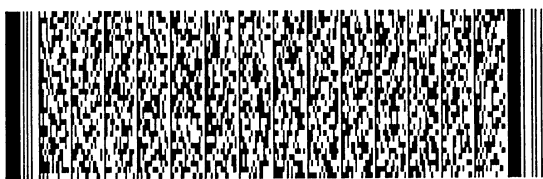
在本發明之第三十四態樣之情況，在本發明之第三十三態樣中，間隔層為由聚醯亞胺所製成。如此在半導體裝置與流體元件接合時，由於聚醯亞胺有彈性，半導體裝置與流體元件在熱膨脹上之差異被吸收於間隔層中，而可抑制施加於可撓區之應力。

依照本發明之第三十五態樣，提供一種半導體微型繼電器包括如本發明之第九至第二十九態樣中任一態樣之半導體裝置及一固定元件，此元件連接至半導體裝置且具有固定接觸器被安排於與設在可動元件上之可動接觸器相對應之位置上，該等固定接觸器可與可動接觸器形成接觸狀態。如此可提供一種半導體微型繼電器，除了具有可用低電力消耗來驅動之效益外，又具有如申請專利範圍第9項至第29項所請之發明類似之效益者。

在本發明之第三十六態樣之情況，在本發明之第三十五態樣中，固定接觸器互相遠離被配置而與可動接觸器形成接觸，因此藉由可動接觸器造成導電。如此可提供一種半導體微型繼電器，其中可設置互相遠離被配置之固定接觸器，可造成導電者。

在本發明之第三十七態樣之情況，在本發明之第三十五或第三十六態樣中，可動接觸器及固定接觸器為金鈷所製成。如此，移動接觸器與固定接觸器可造成導電。

在本發明之第三十八態樣之情況，在本發明之第三十五至第三十七態樣中，半導體裝置與固定元件利用陽極接合法接合。如此有可能實現半導體裝置與固定元件之接合。



五、發明說明 (11)

在本發明之第三十九態樣之情況，在本發明之第三十五至第三十七態樣中，半導體裝置與固定元件利用共晶接合法接合。如此有可能實現半導體裝置與固定元件之接合。

在本發明之第四十態樣之情況，在本發明之第三十五至第三十七態樣中，半導體裝置與固定元件藉由間隔層接合。如此在半導體裝置與固定元件接合時，半導體裝置與固定元件在熱膨脹上之差異被吸收於間隔層中，而可抑制施加於可撓區之應力。

在本發明之第四十一態樣之情況，在本發明之第四十態樣中，間隔層為由聚醯亞胺所製成。如此在半導體裝置與固體元件接合時，由於聚醯亞胺有彈性，半導體裝置與固體元件在熱膨脹上之差異被吸收，而可抑制施加於可撓區之應力。

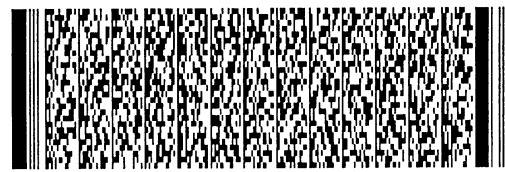
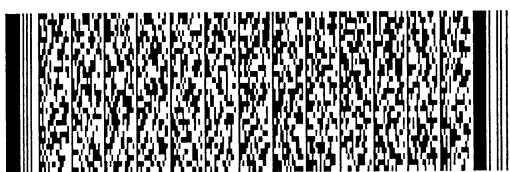
依照本發明之第四十二態樣，提供一種製造方法，其藉包括下述步驟之方法來製備本發明之第十八態樣之半導體裝置：

蝕刻及除去半導體基板之一面以形成底面部，此部為一區形成可撓區之一部分；

蝕刻及除去半導體基板之另一面以形成可動元件中之凹部；

蝕刻及除去半導體基板之另一面以形成至少一個部分，此或此等部分適於被安排於半導體基板與可撓區間之熱絕緣區；

用一熱絕緣性材料來填充上述適於熱絕緣區之部分，以



五、發明說明 (12)

形成熱絕緣區；以及

將該熱絕緣性材料之塗層施加至半導體基板之該一面以形成一區，此區係形成可撓區之一部分者。

如此以相同之材料同時形成熱絕緣區及上述形成可撓區之一部分之一區，該製造方法被簡化而可降低成本。

依照本發明之第四十三態樣，提供一種製造方法，其藉包括下述步驟之方法來製備本發明之第十六態樣之半導體裝置：

蝕刻及除去半導體基板之一面以形成底面部，此部為一區形成可撓區之一部分；

蝕刻及除去半導體基板之另一面以形成可動元件中之凹部；

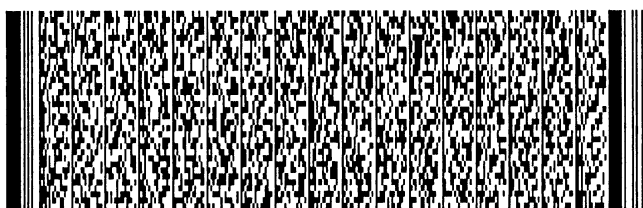
蝕刻及除去半導體基板之另一面以形成至少一個部分，此或此等部分適於被安排於半導體基板與可撓區間之熱絕緣區；

形成一鋁薄膜作為被界定於半導體基板另一面上之可撓區中之一區，以及形成一配線，被用以將電力施加至加熱機構；以及

用熱絕緣性材料來填充上述適於熱絕緣區之部分，以形成熱絕緣區者。

藉此，簡化該製造方法而可降低成本。

依照本發明之第四十四態樣，提供一種製造方法，其藉包括下述步驟之方法來製備本發明之第十七態樣之半導體裝置：



五、發明說明 (13)

蝕刻及除去半導體基板之一面以形成底面部，此部為一區形成可撓區之一部分；

蝕刻及除去半導體基板之另一面以形成可動元件中之凹部；

蝕刻及除去半導體基板之另一面以形成至少一個部分，此或此等部分適於被安排於半導體基板與可撓區間之熱絕緣區；

形成一配線，被用以將電力施加至加熱機構；

用熱絕緣性材料來填充上述適於熱絕緣區之部分，以形成熱絕緣區，以及

形成一鍍薄膜作為被界定於半導體基板另一面上之可撓區中之一區者。

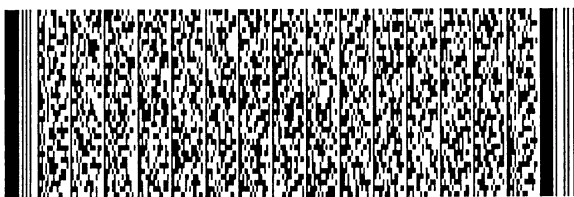
依照本發明之第四十五態樣，提供一種製造方法，其藉包括下述步驟之方法來製備本發明之第一態樣之半導體裝置：

蝕刻及除去半導體基板之一面以形成至少一個部分，此或此等部分適於被安排於半導體基板與可撓區間之熱絕緣區；

用熱絕緣性材料來填充上述適於熱絕緣區之部分，以形成熱絕緣區，以及

蝕刻及除去半導體基板之另一面以形成熱絕緣區者。

依照本發明之第四十六態樣，提供一種製造方法，其藉包括下述步驟之方法來製備本發明之第五態樣之半導體裝置：



五、發明說明 (14)

蝕刻及除去半導體基板之一面以形成至少一個部分，此或此等部分適於被安排於半導體基板與可撓區間之熱絕緣區；

在熱絕緣區中形成一增強層；

用熱絕緣性材料來填充上述適於熱絕緣區之部分，以形成熱絕緣區，以及

蝕刻及除去半導體基板之另一面以形成熱絕緣區者。

本發明係在注意下述事實之下被完成者：如聚醯胺或氟化樹脂等之樹脂材料具有高度之熱絕緣性(為二氧化矽之約80倍)且呈液狀而容易加工；利用旋塗等之半導體製造方法即可容易提供具有任選指定厚度(數 μm 至數 $10\mu\text{m}$)之薄膜。

[較佳具體例之細節說明]

本發明之原理

然而，具有USP5069419所示之構造之半導體微型致動器牽涉到下述問題：首先，要考慮二氧化矽薄膜之樞紐構造之熱絕緣效果。通常從高溫部逃逸至低溫部之熱量 Q 為

$$Q(W) = -\lambda((t_2 - t_1) / \delta)A \quad (\text{式X})$$

。在此， Q ：熱量(熱移速率)

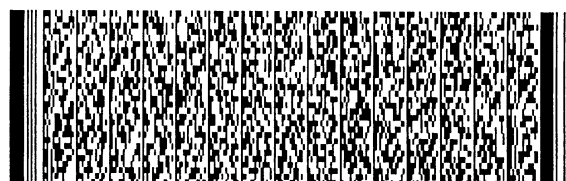
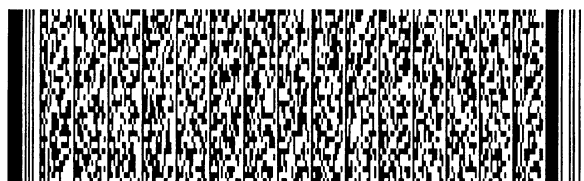
$t_2 - t_1$ ：溫度差($^{\circ}\text{C}$)

δ ：離熱源之距離(cm)

A ：與熱流方向垂直之橫斷面之面積(cm^2)

λ ：熱傳導度($\text{J}/\text{cm s}^{\circ}\text{C}$)

其次，使用該關係式來計算從隔膜300逃逸至矽框302之



五、發明說明 (15)

熱量。設隔膜300與矽框302之溫度差為 150°C ，樞紐303之寬度為 $30\ \mu\text{m}$ ，隔膜300之直徑為 2.5mm ，以及樞紐303之厚度為 $2\ \mu\text{m}$ (從"Electrically-Activated, Micromachined Diaphragm Valves" Technical Digest IEEE Solid-State Sensor and Actuator Workshop, pp65-69, June 1990之內容估計)時，與熱流方向垂直之橫斷面之面積 A_1 則為

$$A_1 = 2.5\text{mm} \times \pi \times 2\ \mu\text{m} = 0.25\text{cm} \times \pi \times 2 \times 10^{-4}\text{cm} = 1.57 \times 10^{-4}\text{cm}^2$$

。由於二氧化矽之熱傳導度 λ 等於 $0.0084(\text{W}/\text{cm}^{\circ}\text{C})$ ，逃逸之熱量 Q_1 為

$$Q_1 = 0.084(\text{W}/\text{cm}^{\circ}\text{C}) \times 150^{\circ}\text{C} / (30 \times 10^{-4}\text{cm}) \times 1.57 \times 10^{-4}\text{cm}^2 = 0.66\text{W} = 600\text{mW}$$

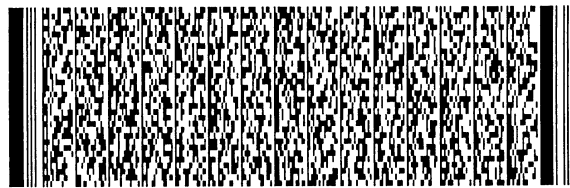
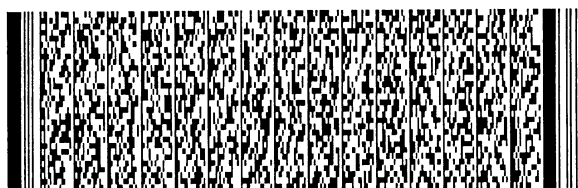
。其次，計算未設有二氧化矽樞紐構造時之從隔膜300逃逸至矽框302之熱量。設矽隔膜300之厚度為 $10\ \mu\text{m}$ 時，與熱流方向垂直之橫斷面之面積 A_2 則為如下：

$$A_2 = 2.5\text{mm} \times \pi \times 10\ \mu\text{m} = 0.25\text{cm} \times \pi \times 10 \times 10^{-4}\text{cm} = 7.85 \times 10^{-4}\text{cm}^2$$

由於矽之熱傳導度 λ 等於 $1.48(\text{W}/\text{cm}^{\circ}\text{C})$ ，逃逸之熱量 Q_2 為

$$Q_2 = 1.48(\text{W}/\text{cm}^{\circ}\text{C}) \times 150^{\circ}\text{C} / (30 \times 10^{-4}\text{cm} \times 7.85 \times 10^{-4}\text{cm}^2) = 58\text{W}$$

。於是，設置二氧化矽薄膜樞紐303，藉此可產生約90倍之熱絕緣效果。因此，USP5069419所述之半導體微型致動器擁有一種在熱效率上優於傳統構造之構造。然而，考慮到現在之應用狀態時，被要求的是，進一步減少熱損失。



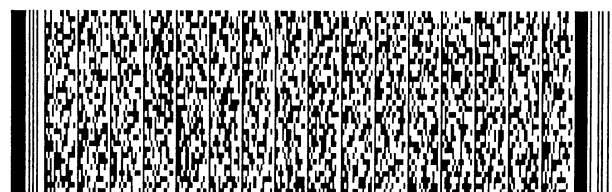
五、發明說明 (16)

具體而言，熱之逃逸(熱損失)被視為按指定溫度(例如150°C)維持隔膜300之時期一直供給之電力(消耗電力)。

在USP5069419所述之半導體微型致動器中，樞紐部303之二氧化矽薄膜之厚度為 $2\mu\text{m}$ 。關於決定樞紐(303)二氧化矽薄膜之厚度之因素，其說明書中並未說明清楚。然而，若USP5069419所述之半導體微型致動器與微型閥等一起使用，則可設想的是，施加於可動元件之壓力將會集中於樞紐303，而需要膜厚達到一種使樞紐303在該壓力下不致損壞之程度。然而，若樞紐303之膜厚增加。熱絕緣效果則會降低，如該熱損計算式(式X)所示。於是，可推斷的是，具有合理之強度且產生熱絕緣效果之二氧化矽薄膜之厚度被決定為 $2\mu\text{m}$ 。

附帶提述的是，USP5069419所述之半導體微型致動器為屬於一種可動構造，具有由矽隔膜300與鋁薄膜304所組成之雙金屬者，如其專利說明書所述；為了提供電絕緣，將二氧化矽薄膜306安插於隔膜300與鋁薄膜304之間。

在半導體製法方面，被要求的是，二氧化矽薄膜306與樞紐303之二氧化矽薄膜同時形成且具有相等之膜厚。然而，若安插於隔膜300與鋁薄膜304間之二氧化矽薄膜306之厚度變為 $2\mu\text{m}$ ，則可設想驅動源之雙金屬特性之降低。資料"Electrically-Activated, Micromachined Diaphragm Valves" Technical Digest IEEE Solid-State Sensor and Actuator Workshop, pp65-69, June 1990所載之例子中，鋁薄膜304具有5至 $6\mu\text{m}$ 之膜厚，而若具有2



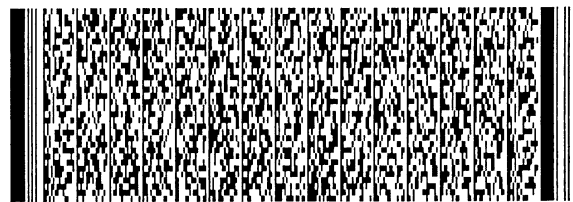
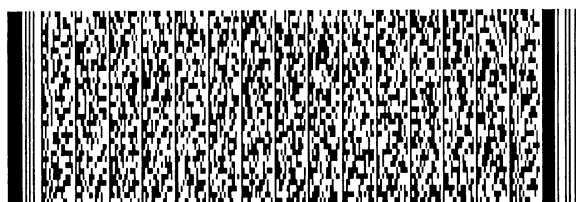
五、發明說明 (17)

μm 膜厚之二氧化矽薄膜306被安插於隔膜300與鋁薄膜304間，則可容易推斷的是，二氧化矽薄膜306成為在加熱時阻止隔膜300彎曲之一因素。

在半導體之製造過程中，通常在約 2000°C 之高溫下形成二氧化矽薄膜。因此，考慮到矽及二氧化矽之熱膨脹係數時，有可能相當大之內應力產生於矽隔膜300與二氧化矽薄膜306之間。隨著二氧化矽薄膜306變得更厚，內應力會增加，引起雙金屬特性之降低。因此，隔膜300與鋁薄膜304間之二氧化矽薄膜306必須儘量薄化(至 $2 \times 10^{-8}\text{m}$ (200 \AA))，而樞紐303之二氧化矽薄膜必須加厚至某種程度($2 \mu\text{m}$)。然而，二氧化矽之此種薄膜構造之形成係需要非常複雜之半導體製造方法(製造過程)。USP5069419之專利說明書並未提及該製造方法。

為一補救辦法，另一種樞紐構造被揭示於USP第5,271,597號，其中並未採用如上述之二氧化矽薄膜構造，而樞紐部之二氧化矽薄膜與設在隔膜與鋁薄膜間之二氧化矽薄膜具有互相相等之膜厚。在此一方法中，樞紐部之二氧化矽薄膜被薄化，而為了補償樞紐部之強度因該薄膜之薄化而降低，利用一部分隔膜之矽來結合隔膜與矽框，除了結合樞紐之外，因此其熱絕緣效果降低，而未提供半導體微型致動器之電力消耗減少用之構造。如此，半導體微型致動器之熱絕緣構造上之大多數問題仍然是(繼續存在)有待解決。

為關聯技術之半導體微型閥之一例，一種超微型閥被揭



五、發明說明 (18)

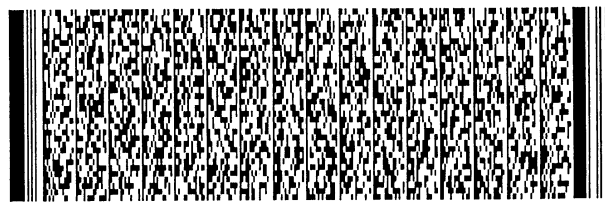
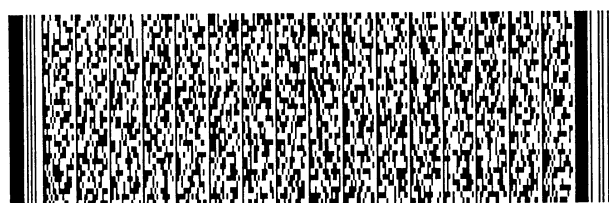
示於USP5058856。此超微型閥亦使用一種半導體微型致動器包括至少二種具有不同熱膨脹係數之材料，互相組合為雙金屬構造者，其中該雙金屬構造被加熱而上述熱膨脹係數間之差異被用以提供位移。此微型致動器擁有由安排一扭桿彈性懸掛系而設置之熱絕緣構造。此一構造使其對矽框之熱損失減至最少，因為與熱流垂直之橫斷面之面積減少且熱流通過之通路之長度增加。然而，由於扭桿彈性懸掛構造係由矽所形成，可設想的是，無法產生如前述熱損計算中所論述之充分之熱絕緣效果。

此由資料"SILICON MICROVALVES FOR GASFLOW CONTROL" (The 8th International Conference on Solid-State Sensor and Actuators, Stockholm, Sweden, 1995, p276-279)中所載之微型閥性能比較表即可推斷。此項資料對於一微型閥涉及USP 5069419所揭示之"semiconductor microactuator"者與一微型閥關於USP 5058856所揭示之"microminiature valve"者做比較；後者之耐壓性為前者之6倍且後者之流量範圍為前者之10倍，但後者之電力消耗為前者之約2倍且後者之耐熱性為前者之約三分之一。

因此，USP 5058856所揭示之超微型閥由於矽所形成之扭桿彈性懸掛構造之存在而能夠產生強大之力，但消耗較大之電力。

第一具體例

茲研討本發明之第一具體例。圖1為半導體微型致動器



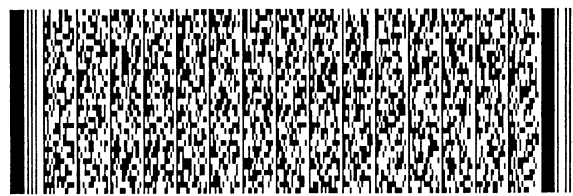
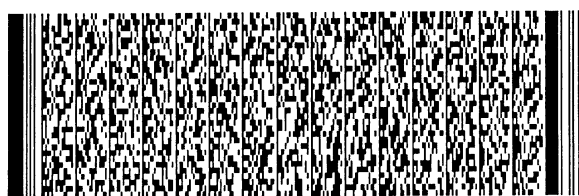
五、發明說明 (19)

之構造之一部分剖面透視圖，該致動器使用依照本發明之半導體裝置。圖2A為剖視圖而圖2B為俯視圖。

如圖所示，半導體微型致動器1包括：半導體基板3，成為一形成約略類似四邊形之空心框架；各別形成約略類似方形片之四個薄層部2S，此等薄層部2S約略從半導體基板3(具有藉由熱絕緣區7連接之一端)之各邊中心向內與半導體基板3分開；可動元件5，形成類似一空心平截頭四稜柱體，具有類似四邊形之開放頂面而向底部變窄者，此可動元件5具有頂部開放之邊緣連接至薄層部2S之相對端；以及被安排於薄層部2S之頂面上之由鋁薄膜、鎳薄膜等之類所形成之薄膜2M，此等薄膜2M與薄層部2S構成可撓區2。

半導體基板3、薄層部2S、以及可動元件5例如藉矽基板等之半導體基板之加工手段來形成。各薄層部2S在一表面上形成有加熱機構所構成之擴散有雜質之電阻器6(擴散電阻器6)。將電力藉連接至電極塊4(被安排於半導體基板3之四個角隅部者)之配線4a供給至擴散電阻器6，而擴散電阻器6之溫度升高，加熱各由薄層部2S與薄膜2M所構成之各可撓區2。薄膜2M為由鋁、鎳等之類所製成，如上所述，而薄層部2S為由矽等所製成；薄膜2M與薄層部2S具有互相不同之熱膨脹係數。

各熱絕緣區7，被用以連接半導體基板3與可撓區2者，各具有約略與薄層部2S相等之厚度且由半導體基板3與可撓區2之熱絕緣用之熱絕緣性材料如氟化樹脂或聚醯亞胺等所製成。在安排於半導體基板3之四個角隅部之電極塊4



五、發明說明 (20)

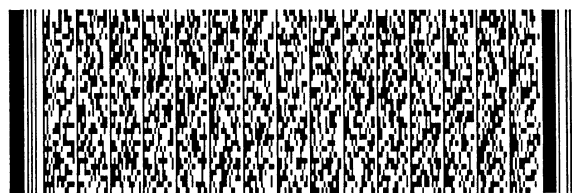
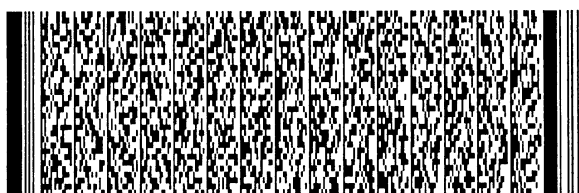
中，圖2B之上右角及下左角之電極塊4均連接至外部電源，而二個擴散電阻器6之串聯電路並聯連接至電源。

四個可撓區2保持一種以可動元件5為中心之十字形，而可動元件5之周邊被可撓區2支持。半導體基板3、可撓區2、以及熱絕緣區7(各別設在半導體基板3與可撓區2之間者)構成一個半導體裝置8。

在所述之半導體微型致動器1中，當電力施加至擴散電阻器6時，其溫度則上升，加熱可撓區2，而產生熱應力，因為構成各可撓區2之薄膜2M與薄層部2S在其熱膨脹係數上有差異。例如，若成為薄膜2M之鋁、鎳等金屬之薄膜具有大於形成薄層部2S之矽之熱膨脹係數，可撓區2則向圖中之下方彎曲。與可撓區2鄰接配置之可動元件5受到可撓區2之熱應力而移位於以半導體基板3為基準之下方。

如上所述，半導體微型致動器1包括四個可撓區2保持一種以可動元件5為中心之十字形者，而可動元件5之位移成為對該半導體基板3不旋轉之移位；提供其移位之良好控制準確度而可產生強大之力。如上所述，各可撓區2在該表面上形成有供可撓區2加熱用之擴散電阻器6，即包含擴散電阻器6，因此半導體微型致動器1可小型化。

本具體例之半導體微型致動器1包括各由具有不同熱膨脹係數之二區(即薄層部2S與薄膜2M)所構成之各可撓區2，但本發明並未受限於此。例如，各可撓區2可由鎳鈦等之形狀記憶合金所製成，而形狀記憶合金所製成之可撓區2可由溫度之變化而發生位移。



五、發明說明 (21)

當然，此項發明被限於半導體微型致動器之用途上。可應用到的是，以下述方式使用溫度檢測器：例如利用雷射位移裝置來測定由溫度變化所引起之可撓區之位移量以檢測出依照可撓區位移量之溫度。即，本發明被應用於利用熱絕緣區被設在各可撓區2與半導體基板3之間之效果之半導體裝置，因此半導體微型致動器1具有下述效益：可防止其可撓區被加熱時所產生之熱逃逸至半導體基板3。

茲為了說明與本發明之半導體微型致動器1一起使用之半導體裝置8之功能，將熱絕緣區7沿著半導體基板3與可撓區2之連接方向之長度及厚度各別為 $30\ \mu\text{m}$ 及 $20\ \mu\text{m}$ 且聚醯亞胺被用作材料如圖3(半導體裝置8之剖視圖)所示之情況作為一特定例加以論述。

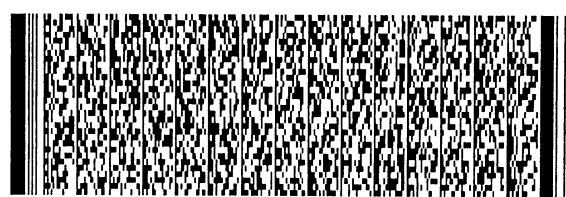
假定圖1所示之可撓區2之連接方向之長度為 $800\ \mu\text{m}$ 且可撓區2之寬度(與連接方向正交之方向之長度)為 $600\ \mu\text{m}$ 。

依照關聯技術之說明中所示之式X計算從可撓區2通過熱絕緣區7逃逸至半導體基板3之熱量 Q_3 。在此，與逃逸之熱流垂直之橫斷面之面積 A_{10} 為如下：

$$A_{10} = (\text{聚醯亞胺之厚度}) \times (\text{可撓區之寬度}) = 20\ \mu\text{m} \times 600\ \mu\text{m} = 1.2 \times 10^{-4}\ \text{cm}^2$$

聚醯亞胺之熱傳導度為 $1.17 \times 10^{-3}\ (\text{W}/\text{cm}^\circ\text{C})$ ，離熱源之距離 δ ，即可撓區2與半導體基板3之距離為 $30\ \mu\text{m}$ 。因此，從被加熱至 150°C 之可撓區2逃逸至半導體基板3之熱量 Q_3 為如下：

$$Q_3 = 1.17 \times 10^{-3}\ (\text{W}/\text{cm}^\circ\text{C}) \times (150^\circ\text{C} / (30 \times 10^{-4}\ \text{cm})) \times 1.2$$



五、發明說明 (22)

$$\times 10^{-4}(\text{cm}^2)=4.2 \times 10^{-3}(\text{W})=4.2(\text{mW})$$

由於半導體裝置8具有四個可撓區2，全部之熱量變為16.8mW。此指示：由輸入電力16.8mW饋入擴散電阻器6即可將可撓區2之溫度維持於150℃；電力消耗上，與關聯技術之660mW相較，可減少至1/40。

其次，研討聚醯亞胺所製成之熱絕緣區7之強度。圖4A所示之具有兩固定端之雙懸臂梁構造被考慮。若負荷W從下方施加於梁21(相當於可撓區2)之中心如圖4A所示，梁21之剪力及力矩則各別變為如圖4B、圖4C所示。在圖4A中，熱絕緣區7位於固定端22a與梁21之間或固定端22b與梁21之間。於是，施加於梁21之力被求出，例如，設1g負荷W施加於梁21之中心(相當於46.7kPa之壓力施加於微型閥用之孔口500μm之情況)。

施加於該梁之剪力F1為

$$F1=W/2=1.0 \times 10^{-3}(\text{kgf})/2=0.5 \times 10^{-3}(\text{kgf})=4.9 \times 10^{-3}(\text{N})$$

，而施加於該梁之最大抗剪強度Fmax為

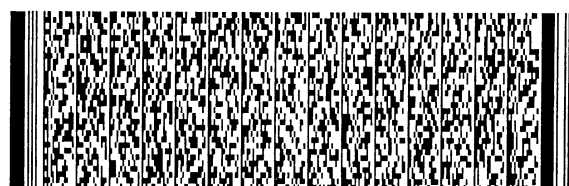
$F_{\text{max}}=F1/S1$ (其中S1為該梁之橫斷面積)。在此設梁21之寬度b1為600μm且梁21之厚度h1為20μm，橫斷面積S1則為

$$S1=(b1)(h1)=600 \times 10^{-4} \times 20 \times 10^{-4}=1.2 \times 10^{-4}\text{cm}^2。因$$

此，施加於梁21之最大抗剪強度Fmax為

$$F_{\text{max}}=0.50 \times 10^{-3}(\text{kgf})/1.2 \times 10^{-4}(\text{cm}^2)=4.16(\text{kgf}/\text{cm}^2)=$$

$4.16 \times 0.098(\text{MPa})=0.41(\text{MPa})$ 。其次，求出施加於梁21之



五、發明說明 (23)

最大應力 σ_{max} 。最大應力 σ_{max} 係以 $\sigma_{max}=M_{max}/Z_1$ 表示，其中 M_{max} 為最大力矩，而 Z_1 為剖面模數。最大力矩 M_{max} 等於 $WL/8$ (其中 L 為該梁之長度 $800 \mu m$) 如圖 4C 所示。

因此，最大力矩 M_{max} 為

$$M_{max}=WL/8=1.0 \times 10^{-3}(\text{kgf}) \times 800 \times 10^{-4}(\text{cm})/8=1.0 \times 10^{-5}(\text{kgf cm})=9.8 \times 10^{-5}(\text{Ncm})。$$

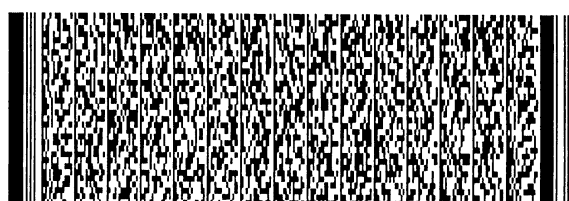
$$Z_1=(b_1)(h_1)^2/6=1/6 \times 600 \times 10^{-4} \times (20 \times 10^{-4})^2=4.0 \times 10^{-8}(\text{cm}^3)。$$

$$\sigma_{max}=M_{max}/Z=1.0 \times 10^{-5}(\text{kgf cm})/4.0 \times 10^{-8}(\text{cm}^3)=250(\text{kgf/cm}^2)=24.5(\text{MPa})。$$

梁 21 具有 $600 \mu m$ 寬度及 $800 \mu m$ 長度，如上所述。

由於聚醯亞胺具有破壞強度約 30MPa ，可提供一種半導體微型致動器，在如上述之熱絕緣區 7 中有能力抵抗約 $1g$ 之負荷。如另一例所示，可提高該熱絕緣區 7 之強度。關於氟化樹脂雖然未提述，但亦可期待類似之效益。

茲在參照圖 5A 至 5D 之下研討熱絕緣區 7 之形成方法之例子。首先，如圖 5A 所示，將半導體基板 17 之表面上之相當於熱絕緣區之部分利用 KOH 等予以蝕刻以形成凹槽 15。然後，如圖 5B 所示，利用塗覆器等以旋轉施加聚醯亞胺薄膜 16 之塗層，以便填充凹槽 15。其次，如圖 5C 所示，實行半導體光蝕刻法等，以完成圖型化，俾能使填充凹槽 15 之部分之聚醯亞胺薄膜 16 被留下來且其他部分被除去，然後實行加熱至約 400°C 以使聚醯亞胺所含之有機溶劑等蒸發出去，而固化。其次，如圖 5D 所示，用 KOH 等從半導體基板



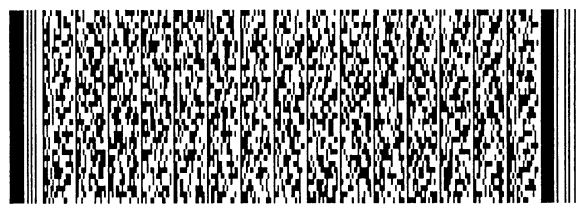
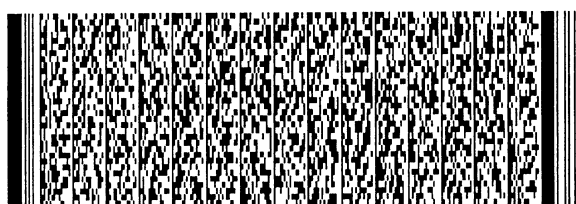
五、發明說明 (24)

17之背面起施行蝕刻。在圖5D中，數字19代表半導體基板，成為框架者，而數字20代表可撓區。熱絕緣區7係經過此種方法所形成。

如此，利用聚醯胺、氟化樹脂等之樹脂材料之性質即具有高度之熱絕緣性(熱傳導係數： $0.4W/(m^{\circ}C)$ 或更小，為二氧化矽之約80倍)且屬於液體，容易加工，以及實行旋塗等之半導體製法即可容易形成所欲厚度(數 μm 至數 $10\mu m$)之薄膜者，使熱絕緣區7形成於可撓區2與半導體基板8之間。因此，使用該半導體裝置製法即可容易提供一種具有比關聯技術之例子為優之熱絕緣效果及強度之半導體裝置。如上所述，使熱絕緣區7之厚度幾乎等於可撓區2之薄層部2S，藉此，使半導體基板3與可撓區2可靠連接而可提高連接部之強度。

使用半導體裝置8之半導體微型致動器1之效益包括：容易製造而具有高度之熱絕緣性；防止該擴散電阻器6所產生之熱之逃逸而用低電力消耗即可驅動，即，可用電池來驅動，因此可小型化。

其次，研討半導體裝置8之另一構形例。如圖6A及6B所示，此例之半導體裝置在半導體基板3與可撓區2之間形成有由熱絕緣性材料如氟化樹脂或聚醯亞胺等所製成之熱絕緣區7，此點與圖3之半導體裝置相同，但前者(本例)與後者不同的是，使熱絕緣區7形成於一具有增強層12之底面(與厚度方向正交之面)上，該增強層12係由一種比形成該熱絕緣區7之材料為硬之材料如二氧化矽薄膜(楊格模



五、發明說明 (25)

數： $9.8 \times 10^{-9} \text{N/m}^2$ 以上) 等所製成。圖6A為剖視圖，而圖6B為俯視圖。圖7為沿著圖6B之線Y-Y'採取之剖視圖。

具體而言，如圖7所示，熱絕緣區7具有厚度 $19 \mu\text{m}$ ，而增強層12具有厚度 $1 \mu\text{m}$ 。如圖6A所示，熱絕緣區7之沿著半導體基板3與可撓區2連接之方向之長度為 $30 \mu\text{m}$ ，而Y-Y'方向即深度方向之長度為 $600 \mu\text{m}$ 。在此，使用聚醯亞胺為形成熱絕緣區7之材料並使用二氧化矽為形成增強層12之材料時之熱絕緣區7之強度係在與上述圖3之熱絕緣區7之強度計算類似之條件下計算者。

設熱絕緣區7及增強層12之各材料之楊格模數為 E_i 且各區橫斷面之橫斷面積為 A_i 時，可由下式得到從底面至中立軸 ηa 之距離：

[式1]

$$\eta a_i = \frac{\sum_i E_i \int \eta dA_i}{\sum_i E_i \cdot A_i}$$

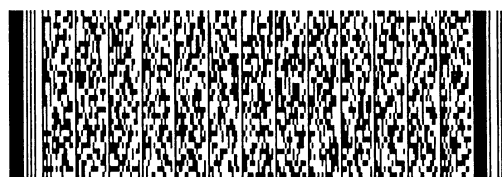
關於形成增強層12之二氧化矽，求出數值如下：

[式2]

楊格模數 E_s ； $7.3 \times 10^{10} (\text{N/m}^2)$

橫斷面積 A_s ； $1 \times 10^{-6} \times 600 \times 10^{-6} (\text{m}^2)$

$$\begin{aligned} E_s \cdot A_s &= 7.3 \times 10^{10} (\text{N/m}^2) \times 1 \times 10^{-6} \times 600 \times 10^{-6} (\text{m}^2) \\ &= 43.8 \text{N} \end{aligned}$$



五、發明說明 (26)

$$\begin{aligned} E_s \int \eta dA_s &= E_s \int_0^{1\mu\text{m}} \eta (600 \times 10^{-6} d\eta) \\ &= 7.3 \times 6 \times 10^6 \times [\eta^2/2]_0^{1\mu\text{m}} \\ &= 21.9 \times 10^{-6} \text{ N-m} \end{aligned}$$

關於形成熱絕緣區7之聚醯亞胺，求出數值如下：

[式3]

楊格模數 E_f ; $5.0 \times 10^8 \text{ (N/m}^2\text{)}$

橫斷面積 A_f ; $19 \times 10^{-6} \times 600 \times 10^{-6} \text{ (m}^2\text{)}$

$$\begin{aligned} E_f \cdot A_f &= 5.0 \times 10^8 \text{ (N/m}^2\text{)} \times 19 \times 10^{-6} \times 600 \times 10^{-6} \text{ (m}^2\text{)} \\ &= 5.70 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E_f \int \eta dA_f &= E_f \int_{1\mu\text{m}}^{20\mu\text{m}} \eta (600 \times 10^{-6} d\eta) \\ &= 5.0 \times 6 \times 10^4 \times [\eta^2/2]_{1\mu\text{m}}^{20\mu\text{m}} \\ &= 59.8 \times 10^{-6} \text{ N-m} \end{aligned}$$

使用所求得之數值以求出離中立軸之距離 ηa 如下：

[式4]

$$\eta a = \frac{\sum_i E_i \int \eta dA_i}{\sum_i E_i \cdot A_i} = \frac{(21.9 + 59.8) \times 10^{-6}}{(42.8 + 5.7)}$$

$$= 1.68 \times 10^{-6} \text{ (m)} = 1.68 \mu\text{m}$$

其次，求出二氧化矽及聚醯亞胺之中立軸有關之二次力矩 I_s 及 I_f 如下：

[式5]

$$\begin{aligned} I_s &= \int \eta_i^2 dA_i = \int_{0.66\mu\text{m}}^{1.68\mu\text{m}} \eta_i^2 (600 \times 10^{-6} d\eta_i) \\ &= 600 \times 10^{-6} \times [\eta^3/3]_{0.68\mu\text{m}}^{1.68\mu\text{m}} \\ &= 8.86 \times 10^{-22} \text{ m}^4 \end{aligned}$$



五、發明說明 (27)

$$\begin{aligned}
 I_f &= \int \eta_i^2 dA_i = \int_{-0.68\mu\text{m}}^{18.32\mu\text{m}} \eta_i^2 (600 \times 10^{-6} d\eta_i) \\
 &= 600 \times 10^{-6} \times [\eta^3/3]_{-0.68\mu\text{m}}^{18.32\mu\text{m}} \\
 &= 1.22 \times 10^{-18} \text{ m}^4
 \end{aligned}$$

在此， $\eta_i = \eta - \eta a$ ，即 η_i 代表離中立軸之距離。如前述參照圖4A至4C之說明，若有1g負荷施加於具有二固定端之梁之中心，施加於該梁之最大力矩 M_{max} 則為

$$\begin{aligned}
 M_{\text{max}} &= 1.00 \times 10^{-5} (\text{kgf cm}) = 9.8 \times 1.00 \times 10^{-5} \times 10^{-2} (\text{Nm}) = \\
 &= 9.8 \times 10^{-7} (\text{Nm})。
 \end{aligned}$$

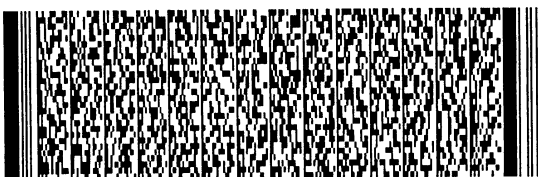
二氧化矽之最大抗彎應力 $\sigma_{s \text{ max}}$ 可算出如下：

[式6]

$$\begin{aligned}
 \sigma_{s \text{ max}} &= M_{\text{max}} \frac{E_s \cdot \eta_i}{\sum I_i} \\
 &= \frac{0.98 \times 10^{-6} \times 7.3 \times 10^{10} \times 1.68 \times 10^{-6}}{7.3 \times 10^{10} \times 8.86 \times 10^{-22} + 5 \times 10^8 \times 1.22 \times 10^{-18}} \\
 &= 1.78 \times 10^8 (\text{kg/m}^2) = 178 (\text{MPa})
 \end{aligned}$$

在此， I_i 代表二次力矩 I_s 及 I_f 。聚醯亞胺之最大抗彎應力 $\sigma_{f \text{ max}}$ 可算出如下：

[式7]



五、發明說明 (28)

$$\begin{aligned}\sigma_{f \max} &= M_{\max} \frac{E_f \cdot \eta_i}{\sum_i E_i \cdot I_i} \\ &= \frac{0.98 \times 10^{-6} \times 5.0 \times 10^8 \times 18.32 \times 10^{-6}}{7.3 \times 10^{10} \times 8.86 \times 10^{-22} + 5 \times 10^8 \times 1.22 \times 10^{-18}} \\ &= 1.33 \times 10^7 \text{ (kg/m}^2\text{)} = 13.3 \text{ (MPa)}\end{aligned}$$

因此，施加於聚醯亞胺所製之熱絕緣區7之應力為圖3所示之例子之約一半。顯然，相當於二倍之強度。在圖6中，增強層12被設在熱絕緣區7之底面上，但在熱絕緣區7之頂面上設置增強層12時亦可產生類似之效果，祇要其方向為與厚度方向正交之方向。若在熱絕緣區7之頂面及底面上均設有增強層12，則可在熱絕緣區7之頂面或底面產生二倍之效果。

茲在參照圖8A至8E之下研討圖6A及6B所示之熱絕緣區7之形成方法之例子。首先，如圖8A所示，將半導體基板17a之表面上之相當於熱絕緣區之部分利用KOH等予以蝕刻以形成凹槽15a。然後，如圖8B所示，藉熱氧化法等之方法使二氧化矽薄膜18形成於半導體基板17a之表面上。二氧化矽薄膜18除了凹槽15a之表面部外，藉蝕刻等之手段予以除去。

其次，如圖8C所示，利用塗覆器等以旋轉施加聚醯亞胺薄膜16a之塗層，以便填充凹槽15a。其次，如圖8D所示，實行半導體光蝕刻法等，以完成圖型化，俾能使填充凹槽15a之部分之聚醯亞胺薄膜16a被留下來且其他部分被除



五、發明說明 (29)

去，然後實行加熱至約 400°C 以使聚醯亞胺所含之有機溶劑等蒸發出去，而固化。其次，如圖8E所示，用KOH等從半導體基板17a之背面起施行蝕刻，藉此形成熱絕緣區。在圖8E中，數字19a代表半導體基板，成為框架者，而數字20a代表可撓區。

其次，研討半導體裝置8之另一構形例。如圖9B(俯視圖)所示，在半導體基板3與可撓區2之間設有一熱絕緣區10，而半導體基板3及可撓區2在其與熱絕緣區10接觸之部分沿著半導體基板3與可撓區2連接之方向(與線B-B'正交)形成有梳齒。如圖10(此圖為在圖9中沿著線B-B'採取之剖視圖)所示，可撓區2、半導體基板3、以及熱絕緣區10沿著B-B'方向混合。熱絕緣區10為由氟化樹脂、聚醯亞胺等所形成。

為了計算熱絕緣區10之強度，以熱絕緣區10之厚度為 $20\mu\text{m}$ ，且與B-B'方向正交之方向之寬度為 $30\mu\text{m}$ ，如圖9A及9B所示設定者，作為一特定例。如圖10所示，設由可撓區2與半導體基板3所構成之各梳齒之沿B-B'方向之寬度為 $180\mu\text{m}$ ，而熱絕緣區10之沿B-B'方向之寬度為 $30\mu\text{m}$ 。熱絕緣區10之材料為聚醯亞胺，而半導體基板3及可撓區2均由矽所形成。在與圖3之強度計算相似之條件下計算熱絕緣區10之強度以供比較之用。

關於包括矽與聚醯亞胺組合之構造如圖10所示者，設矽之楊格模數為 E_{Si} ，聚醯亞胺之楊格模數為 E_{ph} ，矽部之橫斷面之二次力矩為 I_{Si} ，聚醯亞胺部之橫斷面之二次力矩為



五、發明說明 (30)

I_{Ph} ，施加於矽部之力矩為 M_{Si} ，而施加於聚醯亞胺部之力矩為 M_{Ph} 時，下面之關係式則被用到：

[式 8]

$$\frac{1}{\rho} = \frac{M_{Si}}{E_{Si} \cdot I_{Si}} = \frac{M_{Ph}}{E_{Ph} \cdot I_{Ph}} = k \text{ (常數)}$$

$$M_{max} = M_{Si} + M_{Ph} \quad \rho : \text{曲率}$$

其次，由下式各別代表矽部之力矩 M_{Si} 及聚醯亞胺部之力矩 M_{Ph} ：

$$M_{Si} = k \cdot E_{Si} \cdot I_{Si} \quad M_{Ph} = k \cdot E_{Ph} \cdot I_{Ph} \quad k = \frac{M_{Ph}}{E_{Ph} \cdot I_{Ph}}$$

然後，施加於熱絕緣構造全體之力矩 M_{max} 成為

$$\begin{aligned} M_{max} &= M_{Si} + M_{Ph} = k \cdot E_{Si} \cdot I_{Si} + M_{Ph} \\ &= \frac{E_{Si} \cdot I_{Si}}{E_{Ph} \cdot I_{Ph}} M_{Ph} + M_{Ph} \end{aligned}$$

[式 9]

聚醯亞胺部之力矩 M_{Ph} 為

$$M_{Ph} = \frac{M_{max}}{\frac{E_{Si} \cdot I_{Si}}{E_{Ph} \cdot I_{Ph}} + 1}$$

同樣，矽部之力矩 M_{Si} 為



五、發明說明 (31)

$$M_{Si} = \frac{M_{\max}}{\frac{E_{Ph} \cdot I_{Ph}}{E_{Si} \cdot I_{Si}} + 1}$$

計算關於矽部及聚醯亞胺部之數值。

矽之楊格模數 $E_{Si} = 0.19 \times 10^{-12} \text{ (N/m}^2\text{)} = 1.9 \times 10^{-12} \text{ (達因/cm}^2\text{)}$

[式 10] $E_{Si} = 1.9 \times 10^{12} \text{ (達因/cm}^2\text{)} \times 1.019 \times 10^{-6} = 1.93 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$

$$I_{Si} = \frac{1}{12} bh^3 = \frac{1}{12} \times 180 \times 3 \times 10^{-4} \text{ (cm)} \times (20 \times 10^{-4} \text{ cm})^3$$

$$= 3.6 \times 10^{-11} \text{ cm}^4$$

因此， $E_{Si} I_{Si} = 1.93 \times 10^6 \text{ (kgf/cm}^2\text{)} \times 3.6 \times 10^{-11} \text{ (cm}^4\text{)}$

$$= 6.94 \times 10^{-5} \text{ (kgf/cm}^2\text{)} = 6.8 \times 10^{-4} \text{ N cm}^2。$$

聚醯亞胺之楊格模數 E_{Ph} 為 500 MPa。

[式 11] $E_{Ph} = 5.0 \times 10^6 \text{ (Pa)} \times 1.019 \times 10^{-5} = 5.10 \times 10^3 \text{ kgf/cm}^2$

$$I_{Ph} = \frac{1}{12} bh^3 = \frac{1}{12} \times 30 \times 2 \times 10^{-4} \text{ (cm)} \times (20 \times 10^{-4} \text{ cm})^3$$

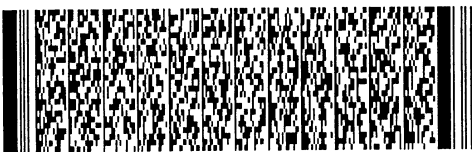
$$= 4.0 \times 10^{-12} \text{ cm}^4$$

因此， $E_{Ph} I_{Ph} = 5.10 \times 10^3 \text{ (kgf/cm}^2\text{)} \times 4 \times 10^{-12} \text{ (cm}^4\text{)} = 2.04 \times$

$$10^{-8} \text{ (kgf/cm}^2\text{)} = 2.00 \times 10^{-7} \text{ (N cm}^2\text{)}。$$

施加於聚醯亞胺部之力矩 M_{Ph} 為如下：

[式 12]



五、發明說明 (32)

$$M_{ph} = \frac{1.0 \times 10^{-5} (\text{kgf} \cdot \text{cm})}{\frac{6.94 \times 10^{-5}}{2.04 \times 10^{-8}} + 1} = 2.93 \times 10^{-9} (\text{kgf} \cdot \text{cm})$$

$$M_{ph} = 2.93 \times 10^{-9} (\text{kgf cm}) = 2.87 \times 10^{-8} (\text{N cm})。$$

同樣，施加於矽部之力矩 M_{Si} 為如下：

[式13]

$$M_{Si} = \frac{1.0 \times 10^{-5} (\text{kgf} \cdot \text{cm})}{\frac{2.04 \times 10^{-6}}{6.94 \times 10^{-5}} + 1} = 9.99 \times 10^{-6} (\text{kgf} \cdot \text{cm})$$

$$M_{Si} = 9.99 \times 10^{-6} (\text{kgf cm}) = 9.79 \times 10^{-6} (\text{N cm})。$$

其次，施加於聚醯亞胺部之最大應力 σ_{ph} 為如下：

[式14]

$$Z_a = \frac{1}{6} b h^2 = 2.0 \times 10^{-9} (\text{cm}^3)$$

$$\sigma_{ph} = \frac{M_{ph}}{Z_a} = \frac{2.93 \times 10^{-9} (\text{kgf} \cdot \text{cm})}{3.8 \times 10^{-9} (\text{cm}^3)}$$

$$= 0.77 (\text{kgf/cm}^2) = 7.54 \times 10^{-2} (\text{MPa})$$

在此， Z_a 為剖面模數。施加於矽部之最大應力 σ_{Si} 可求出如下：

[式15]

$$Z_b = \frac{1}{6} b h^2 = 3.5 \times 10^{-8} (\text{cm}^3)$$

$$\sigma_{Si} = \frac{M_{Si}}{Z_b} = \frac{9.99 \times 10^{-6} (\text{kgf} \cdot \text{cm})}{3.6 \times 10^{-8} (\text{cm}^3)}$$



五、發明說明 (33)

$$=2.77\text{kgf/cm}^2=27(\text{MPa})$$

在此， Z_b 為剖面模數。

因此，施加於聚醯亞胺所製之熱絕緣區7之應力為圖3所示之例子之約 $1/300$ 。顯然，相當於300倍之強度。在圖9中，藉半導體基板3及可撓區所形成之梳齒之數目並未限於圖9所示者，設置一含有二個以上之梳齒之構造即可產生類似之效果。

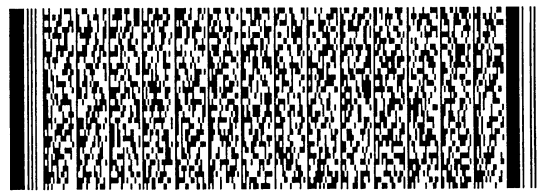
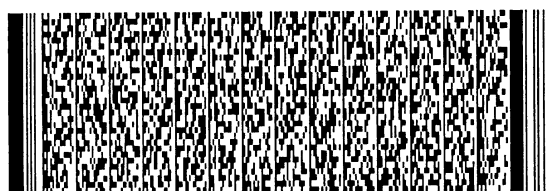
第二具體例

其次，研討本發明之第二具體例。圖11為本發明第二具體例之半導體微型致動器之透視圖。圖12A為剖視圖，而圖12B為俯視圖。

第二具體例之半導體微型致動器1a與上文參照圖1及2所述之半導體微型致動器不同的是，前者包括一新熱絕緣區7A被設在可撓區2與可動元件5之間，而藉該熱絕緣區7A使可撓區2與可動元件5連接。

如此設置熱絕緣區7A，藉此加強可撓區2與可動元件5間之絕緣性，而防止一擴散電阻器6所產生之熱逃逸至可動元件5以便有效加熱可撓區2，因而減少電力消耗。

使被設在半導體基板3與可撓區2間之熱絕緣區7之剛性不同於被設在可撓區2與可動元件5間之熱絕緣區7A，以便確定可動元件5之移位方向。例如，使熱絕緣區7之剛性高於熱絕緣區7A，藉此可令可動元件5往半導體基板3之厚度方向之下方(圖11中之下方)移位；使熱絕緣區7之剛性低



五、發明說明 (34)

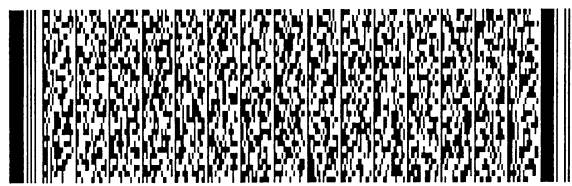
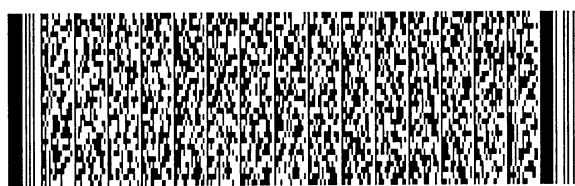
於熱絕緣區7A，藉此可令可動元件5往相反之方向移位。

在本具體例中，在可撓區2與半導體基板3之連接部之附近或可撓區2與可動元件5之連接部之附近設有外圓角，被用以釋放在可撓區2移位時施加之應力。

即，如圖12B所示，約略從成為框架之半導體基板3之各邊緣之中心向內突出之突起部25與可撓區2藉熱絕緣區7連接，而外圓角25a以半導體基板3之基面上之形狀可成為R(圓弧)狀之方式形成於突起部25之基端部之兩端。形成一掩模而實行濕式蝕刻等，藉此形成外圓角25a。

如圖12A所示，凹口部27為由圖中之半導體基板3之下面側所製成，薄層部2S構成可撓區2之一部分且形成於凹口部27之底面部27a中，而外圓角28以可形成R(圓弧)狀之方式形成於凹口部27之底面部27a與側面部27b之境界上。凹口部27係由半導體基板之基面藉蝕刻法所製成。例如，在凹口部27之底面部27a與側面部27b之境界上形成一犧牲層，然後藉蝕刻法予以除料，藉在犧牲層擴散時利用等方性(各向同性)之性質來形成外圓角28。

如此形成外圓角25a及28，藉此將在可撓區2移位時施加之應力利用外圓角25a及28予以分散及釋放，以防止半導體基板3毀壞。即，若突起部25之兩基端部末端從具有稜邊之半導體基板3向內突出，則有可能引起可撓區2之應力集中於該稜邊上，破壞半導體基板3。同樣，為形成可撓區2而設置之凹口部27若在底面部27a與側面部27b之境界具有稜邊，則有可能引起可撓區2之應力集中於該稜邊



五、發明說明 (35)

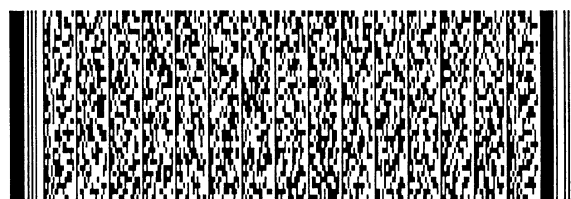
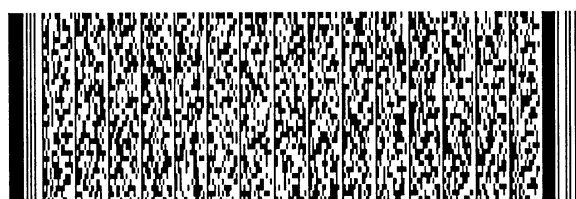
上，破壞半導體基板3。

圖13展示半導體微型致動器之另一構造例，如圖11及12所示在可撓區與半導體基板之間以及在可撓區與可動元件之間形成有熱絕緣區者，而下文將要討論其製造方法。

如圖13所示，半導體基板3a與可撓區2a藉由熱絕緣區7a連接，而可撓區2a與可動元件5a藉由熱絕緣區7b連接。可撓區2a為由具有不同之熱膨脹係數之薄膜2m與薄層部2s所製成，而擴散電阻器6a被安排於薄層部2s上。配線(線路)13a被用以將電力供給至擴散電阻器6a，而此配線13a從半導體基板3a上之電極塊(未圖示)通過熱絕緣區7a之底面連接至擴散電阻器6a。數字9a及9b代表保護薄膜。

茲在參照圖14A至14E之下研討該半導體微型致動器之製造方法。首先，藉熱氧化法等使氧化矽膜80a形成於單晶矽基板80之雙面上，而將形成於單晶矽基板80背面上之氧化矽膜80a使用一被圖型化至具有指定圖型而充當掩模之光刻膠(感光性樹脂)予以蝕刻以形成開口80b，而藉電漿灰化法等除去該光刻膠。所形成之開口80b在氫氧化鉀水溶液(KOH水溶液)等之液中被蝕刻，因此形成一間隙80c(圖14A)。此時可使用TMAH(氫氧化四甲銨溶液)、胼水溶液等以代替KOH水溶液。此亦適用於以下之說明。

其次，將氧化矽膜80a完全除去，然後使硼等經過沈積及熱擴散，而使擴散電阻器6a(用作加熱器)形成於單晶矽基板80上。其後，藉熱氧化法等使氧化矽膜81b形成於單晶矽基板80之雙面上，而藉低壓CVD(化學蒸氣沈積)法使



五、發明說明 (36)

氮化矽膜81a形成於各氧化矽膜81b之頂部上(圖14B)。

將氧化矽膜81b及氮化矽膜81a使用一被圖型化至具有指定圖型而充當掩模之光刻膠予以蝕刻，以形成開口82，而藉電漿灰化法等除去該光刻膠(圖14C)。

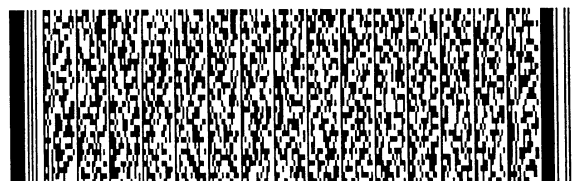
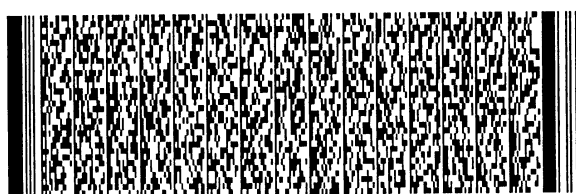
其次，將單晶半導體基板80之開口82在KOH水溶液等之液中予以蝕刻以形成可動元件5a及薄層部2s。此時，為了提供具有任一指定厚度之可動元件5a及具有任一指定厚度之各薄層部2s，可按不同時間開始從單晶半導體基板80之各面施加之蝕刻。其次，蝕刻單晶半導體基板80，藉此形成凹槽83a及83b，以形成熱絕緣區7a及7b。凹槽83a及83b為有待較後之步驟中使用聚醯亞胺等之有機材料來填充之凹槽，而蝕刻係以各凹槽之底厚可成為約 $10\ \mu\text{m}$ 之方式施行者(圖14D)。

其後，將經過蝕刻而形成有可動元件5a及薄層部2s之基板表面予以氧化，以形成在基板之鍍覆時所需要之保護膜84。

將鋁藉濺鍍法或EB蒸發法施加於單晶半導體基板80上，而形成連接至擴散電阻器6a之配線(鋁配線)13a(圖15A)。

其次，使用聚醯亞胺等之有機物質85來填充凹槽83a及83b(圖15B)。如此，提供一種構造，其中在有機物質85之下面上形成有配線13a。聚醯亞胺等之有機物質85係使用半導體光蝕刻法僅形成於指定部分。

其次，藉濺鍍法等使指定圖型之金屬圖型形成於薄層部2s上方之氮化矽膜81a(圖13中之保護薄膜9a)上，以形成薄



五、發明說明 (37)

膜2m(圖15C)。薄層部2s與薄膜2m構成半導體微型致動器之驅動源之雙金屬構造。

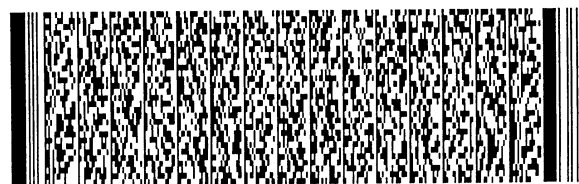
其次，藉RIE等施行從薄層部2s之背面起施行蝕刻，而薄層部2s從單晶半導體基板80(圖13中之半導體基板3a)及可動元件5a之周邊分離(圖15D)，因此，可動元件5a、可撓區2、以及半導體基板3a被絕熱，而在其間設有熱絕緣區7a, 7b。

附帶提述的是，在圖13所示之構造例中，配線13a被安排於熱絕緣區7a之下部面上，但配線(鋁配線)13b可安排於各熱絕緣區7a之頂面與底面之約略中間，即在熱絕緣區7a中，如圖16所示。

為了如此形成配線13b，在圖14E所示之保護薄膜84之形成步驟後，可在圖15B所示之使用聚醯亞胺等有機物質85施行填充之步驟將聚醯亞胺約略對中心填充該圖14D之步驟所形成之凹槽83a，而可再次實行圖15B所示之填充步驟以填充凹槽83a。

由於配線13b如此形成於熱絕緣區7a中，在較後之步驟中之蝕刻步驟等產生鋁保護效果，而可提供一種高可靠度之配線構造。

在上述配線構造中，可將配線安排於熱絕緣區之頂面上(圖12A)；在可撓區、熱絕緣區、以及半導體基板互相齊平(同高)之邊上之面上形成配線，以便與熱絕緣區中或熱絕緣區之底面上安排配線之情況相較，可減少配線之高度差而產生對線路損壞之防止效果。



五、發明說明 (38)

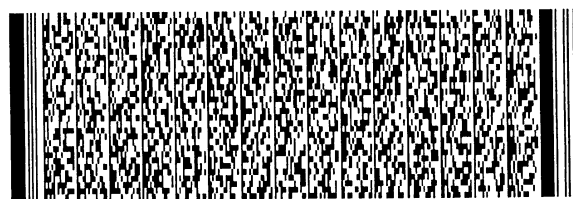
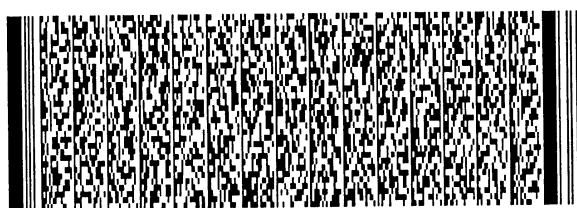
為了如此使配線形成於熱絕緣區之頂面上，在圖14E所示之保護薄膜84之形成步驟後，可在圖15B所示之使用有機物質(如聚醯亞胺等)85施行填充之步驟使用聚醯亞胺來填充該圖14D之步驟所形成之凹槽83a，然後可在圖15A所示之配線形成步驟使配線形成於聚醯亞胺之頂面上。

第三具體例

其次，研討本發明之第三具體例。圖17及18為展示本發明第三具體例之半導體微型致動器之構造之透視圖及俯視圖。第三具體例之半導體微型致動器與第二具體例不同的是，在第二具體例中對擴散電阻器6供給電力之配線4a係通過熱絕緣區7之頂面連接至擴散電阻器6；而在第三具體例中形成有由有機材料製成之內圓角部29，例如形成於越過半導體基板3及可撓區2之薄層部2S延伸之部分(所謂之入口角部)中，而藉由內圓角部29形成配線4a。即，在第三具體例中，配線4a係在熱絕緣區7未介入之下所形成。

此一構造可藉下述方法製造之：由半導體基板頂面之邊部形成凹槽，在此，例如藉異方蝕刻法形成可撓區2，將有機材料之樹脂如聚醯亞胺等注入該凹槽後使之在高溫下固化，而施行蝕刻以除料，直至內圓角部29從半導體基板之背面出現，然後藉鋁之濺鍍等之方法在內圓角部29之頂面上形成配線4a。

配線4a係由一種具有良好熱傳導度之材料如鋁等所製成，因而可能具有一些耐熱性，為樹脂製之熱絕緣區7所具耐熱性之幾分之一，雖然其橫斷面積小。若配線4a形成



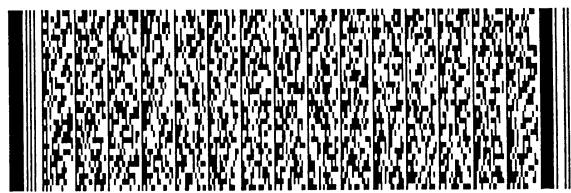
五、發明說明 (39)

於熱絕緣區7中，則無法設置配線4a之熱絕緣間隔，從而無法提供熱絕緣區7之熱絕緣性能。在本具體例中，配線4a係在熱絕緣區7未介入之下所形成，因此可設置配線4a之很大之熱絕緣間隔，而可在抑制耐熱性之惡化之下提高熱絕緣效果。由於形成有內圓角部，熱絕緣區7之機械強度被提高。

如此，在使用本具體例之半導體微型致動器時，與第二具體例之半導體微型致動器相較，可提高熱絕緣效果而進一步可實現低電力消耗。

第四具體例

其次，研討本發明之第四具體例。圖19及20為展示本發明第四具體例之半導體微型致動器之構造之透視圖及俯視圖。第四具體例之半導體微型致動器31與第一具體例之半導體微型致動器不同的是，在第一具體例中可撓區2之四個各別形成約略類似方形片之薄層部2S係約略保持一種以可動元件5為中心之十字形；而在第四具體例之半導體微型致動器31中，可撓區32之四個薄層部32S各別形成約略類似L形，各薄層部32S在一端連接至可動元件35之如四邊形開放之頂面邊緣各邊之約略中央，而可撓區32形成如佛教之萬字形(右旋)在中心與可動元件35交叉。即，可撓區32之薄層部32S係對中心之可動元件35在每一方向按相等之間隔被配置者。此外，各薄層部32S經過熱絕緣區37連接於與方形框架之半導體基板33各邊之端部相對之端部。各可撓區32為由薄層部32S與薄膜32M(由鋁、鎳等之類



五、發明說明 (40)

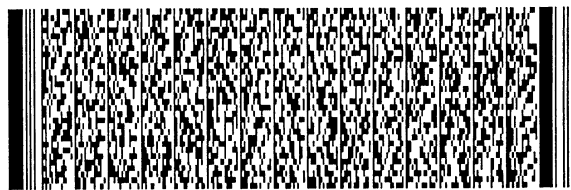
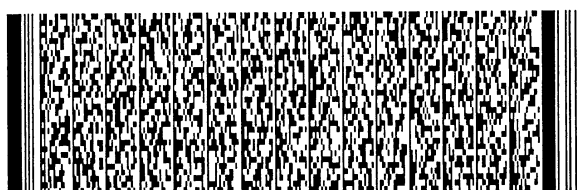
所製成)所構成，如同第一具體例之可撓區，而加熱機構之各擴散電阻器36形成於薄層部32S之表面上，如第一具體例之情形。外部電力藉由被安排於半導體基板之四個隅角之電極塊34及配線34a供給至擴散電阻器36。半導體基板33、可撓區32、以及熱絕緣區37構成半導體裝置38。

在半導體微型致動器31中，如同第一具體例之半導體微型致動器，隨著擴散電阻器36之溫度上升，可撓區32被加熱而向下移位，因為各薄層部32S與各薄膜32M在熱膨脹有差異(在薄膜32M具有大於薄層部32S之熱膨脹係數之情況)。由於可撓區32向下移位，與可撓區32連接之可動元件35受到可撓區32之熱應力而移位於以半導體基板33為基準之下方。

在本具體例中，可撓區32形成如佛教之萬字形(右旋)在中心與可動元件35交叉如上所述，因此，可動元件35之位移包含關於半導體基板33之水平方向之旋轉。由於各可撓區32形成如L狀，與可撓區32單純形成如方形片之情況相較，可令可撓區32之長度增長，而可撓區32之位移量變大，因此可令可動元件35之位移量變大。半導體裝置38可採用圖3、圖6、以及圖9所示之任一構造，而可提供一種具有與上述半導體微型致動器所具者類似之效益之半導體微型致動器。

第五具體例

其次，研討本發明之第五具體例。圖21及22為展示本發明第五具體例之半導體微型致動器之構造之透視圖及俯視



五、發明說明 (41)

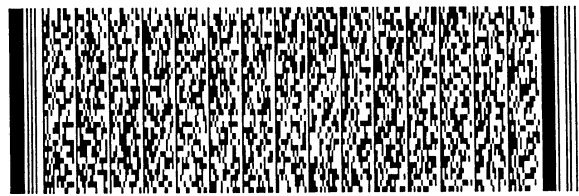
圖。本具體例之半導體微型致動器31a亦包括可撓區32形成如同佛教之萬字形(右旋)在中心與可動元件35交叉者，且具有熱膨脹區37a各別被安排於可動元件35與各可撓區32之間，以便連接可動元件35與可撓區32。

如此設置熱膨脹區37a，藉此提高可撓區32與可動元件35間之熱絕緣性而可防止其擴散電阻器36所產生之熱逃逸至可動元件35。因此，與第四具體例相較，可有效加熱可撓區32以減少電力消耗。

在本具體例中，在可撓區32與半導體基板33之連接部之附近或可撓區32與可動元件35之連接部之附近設有外圓角，被用以釋放在可撓區32移位時施加之應力，如上文參照圖11及12所述之具體例。例如，如圖22A所示，使R(圓弧)狀外圓角39a形成於從半導體基板33各側端部向內突出之突起部39之兩基端部末端。

第六具體例

其次，研討本發明之第六具體例。圖23為展示本發明第六具體例之半導體微型致動器之構造之透視圖。本具體例之半導體微型致動器41包括：半導體基板43，成為一形成約略類似四邊形之空心框架；各別形成約略類似方形片之四個薄層部42S，此等薄層部42S從半導體基板43(具有藉由熱絕緣區47連接之一端)之各邊向內與半導體基板43分開；可動元件45，形成類似一空心平截頭四稜柱體，具有類似四邊形之開放頂面而向底部變窄者，此可動元件45具有頂部開放之邊緣連接至薄層部42S之相對端；以及被安



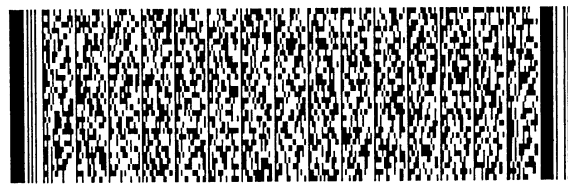
五、發明說明 (42)

排於薄層部42S之頂面上之由鋁薄膜、鎳薄膜等之類所形成之薄膜42M，每一薄膜42M與每一薄層部42S各自構成一可撓區42。

半導體基板43、薄層部42S、以及可動元件45例如藉矽基板等之半導體基板之加工手段來形成。各薄層部42S在一表面上形成有加熱機構所構成之擴散有雜質之電阻器46(擴散電阻器46)。將電力藉連接至電極塊44(被安排於半導體基板43之四個角隅部上，而連接至外部電源者)之配線44a供給至擴散電阻器46，而擴散電阻器46之溫度升高，加熱可撓區42。薄膜42M為由鋁、鎳等之類所製成，如上所述，而薄層部42S為由矽等所製成；薄膜42M與薄層部42S具有互相不同之熱膨脹係數。

被用以連接半導體基板43與可撓區42之各熱絕緣區47各具有約略與薄層部2S相等之厚度且由半導體基板43與可撓區42之熱絕緣用之熱絕緣性材料如氟化樹脂或聚醯亞胺等所製成。半導體基板43、可撓區42、以及熱絕緣區47(各別設在半導體基板43與可撓區42之間者)構成一個半導體裝置48。半導體微型致動器41擁有一懸臂梁構造，此構造具有各可撓區42在一端被支持於半導體基板43上。

在所述之半導體微型致動器41中，當電力施加至擴散電阻器46時，其溫度則上升，加熱可撓區42，而產生熱應力，因為構成各可撓區42之薄膜42M與薄層部42S在熱膨脹係數上有差異。例如，若成為薄膜42M之鋁、鎳等金屬之薄膜具有大於形成薄層部2S之矽之熱膨脹係數，可撓區42



五、發明說明 (43)

則向圖中之下方彎曲。與可撓區42鄰接配置之可動元件45受到可撓區42之熱應力而移位於以半導體基板43為基準之下方。

在本具體例中，可撓區42屬於懸臂梁構造，因此可提供可撓區42之高撓性，而使可撓區42在加熱時之位移量變大。因此，可動元件45之位移量變大而提供強大之力。半導體裝置48可採用上文第一具體例中參照圖3、圖6、以及圖9所述之任一構造，而可提供一種具有與上述半導體微型致動器所具者類似之效益之半導體微型致動器。

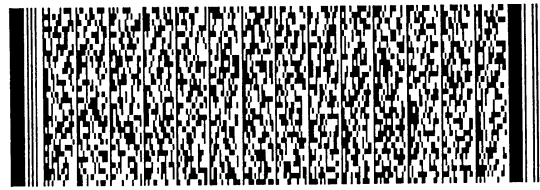
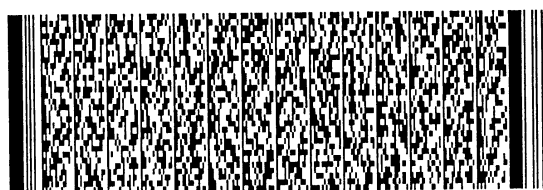
第七具體例

其次，研討本發明之第七具體例。圖24為展示本發明第七具體例之半導體微型致動器41a之構造之透視圖。第七具體例與第六具體例不同的是，各可撓區42與一可動元件45藉一由樹脂如聚醯亞胺或氟化樹脂等製成之熱絕緣區47a連接，該熱絕緣區47被安排於可撓區42與可動元件45之間。

如此設置新熱絕緣區47a，藉此提高可撓區42與可動元件45間之熱絕緣性而可防止其擴散電阻器46所產生之熱逃逸至可動元件45；與第六具體例相較，可有效加熱可撓區42以減少電力消耗。

第八具體例

其次，研討本發明之第八具體例。圖25為展示本發明第八具體例之半導體微型致動器41b之構造之透視圖。第八具體例與第七具體例不同的是，可撓區42之薄膜47M與熱



五、發明說明 (44)

絕緣區47為由相同之材料即具有熱絕緣性之樹脂如聚醯亞胺或氟化樹脂等所製成，藉此有可能同時形成熱絕緣區47及薄膜47M；可簡化製造方法(製程)。

使半導體微型致動器41b之可動元件45形成以具有凹部45H，作為一由頂面製成之凹槽。與圖26所示之半導體微型致動器41c之可動元件45a(此可動元件45a未形成有凹部)相較，減少可動元件45之熱容量，因此可迅速提高可撓區42之溫度。(由於)形成凹部45，藉此減少可動元件45之重量(容量)，因此半導體微型致動器41b亦具有在受到外部衝擊時不會失靈之效益。

第九具體例

其次，研討本發明之第九具體例。圖27為本發明第九具體例之半導體微型閥55之構造之一部分剖面透視圖。半導體微型閥55包括：由一基板之加工所形成之流體元件之托架50；以及藉陽極接合法或共晶接合法接合至托架50之頂面上之致動器部。上文參照圖1及2所述之半導體微型致動器1包括保持以可動元件5為中心之十字形狀之可撓區2者被用作該致動器部。

托架50形成有通孔51(所謂之孔口)，相當於一流體流動通路設在與安排於托架50表面上之半導體微型致動器1之可動元件5相對應之位置上者，以及形成於通孔51之頂面開口周邊之具有約略平坦之頂面且從周圍環境突出之床部52。可動元件5相當於所謂之閥體。

在所述之半導體微型閥55中，當電力施加至擴散電阻器



五、發明說明 (45)

6以加熱可撓區2時，由於薄層部2S與薄膜2M在熱膨脹上有差異，致使各可撓區2移位，而連接至可撓區2之可動元件5亦移位。隨著可動元件5移位，可動元件5之底面部與托架50之床部52之間隔發生變化，控制其通過通孔51流動之流體量。

本具體例之半導體微型閥55亦形成有由樹脂(如聚醯亞胺等)所製成之熱絕緣區7在半導體基板3與各可撓區2之間，俾可防止可撓區2加熱用之熱逃逸至半導體基板3。如此，有可能抑制半導體微型閥之驅動上之電力消耗。

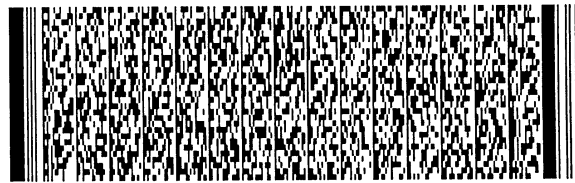
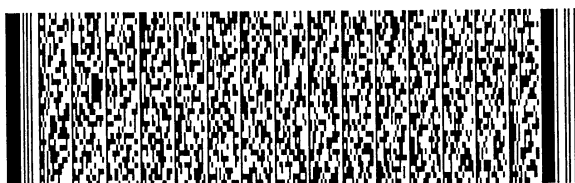
由於四個可撓區2保持一種以可動元件5為中心之十字形狀，半導體微型閥具有可動元件5及流體之良好控制準確度。

圖28展示一使用上文參照圖11及12所述之半導體微型致動器1a作為圖27中之半導體微型閥致動器部之構形例。圖28中之半導體微型閥包括托架50以及藉由聚醯亞胺所製之間隔層53接合之半導體微型致動器1a。

熱絕緣區7A亦被設在各可撓區2與可動元件5之間，因此與圖27所示之半導體微型閥相較，有可能更減少從可撓區2逃出之熱，而可抑制半導體微型閥驅動上之電力消耗。

在可撓區2與半導體基板3之連接部中或在可撓區2與可動元件5之連接部附近設有各外圓角各別被用以釋放在可撓區2移位時施加之應力，藉此提供之效益乃類似上文參照圖11及圖12所述之效益。

此外，在托架50與半導體微型致動器1a之間形成有間隔



五、發明說明 (46)

層53，藉此提供下述效益：通常半導體微型致動器1a為由矽基板所製成，而托架50為由玻璃基板所製成。由於兩者在高溫下接合（在400℃溫度下藉陽極接合），在室溫下在兩者之間產生一應力，因為矽基板與玻璃基板在熱膨脹上有差異而造成兩者之收縮度有差異。由於應力集中於半導體微型致動器1a之可撓區2上，無法提供可撓區2之充分位移量，而使半導體微型閥之驅動性能惡化。於是，將間隔層53設在托架50與半導體微型致動器1a之間，藉此可將兩者之間所產生之應力予以吸收及釋放如前所述。

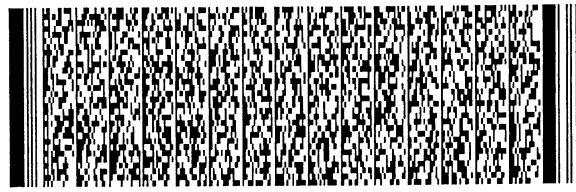
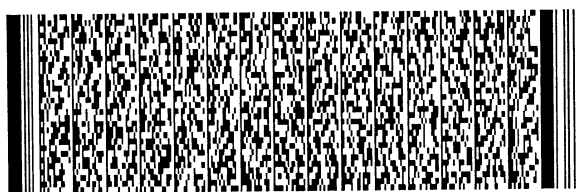
圖28之半導體微型閥之操作乃與圖27之半導體微型閥之操作類似，因而在此不再予以論述。

圖29展示一使用上文參照圖17所述之半導體微型致動器1b作為圖27中之半導體微型致動器部之構形例。圖29之半導體微型閥與圖28所示者不同的是，在熱絕緣區7未介入之下形成有配線4a，以將電力供給至可撓區2加熱用之擴散電阻器6。由於有可能提供配線4a之廣大之熱絕緣間隔，此半導體微型閥可具有更高之熱絕緣效果，而可抑制半導體微型閥驅動用之電力消耗。

圖29之半導體微型閥之操作乃與圖27之半導體微型閥之操作類似，因而在此不再予以論述。

第十具體例

其次，研討本發明之第十具體例。圖30為本發明第十具體例之半導體微型閥之構造之一部分剖面透視圖。該半導體微型閥包括：由一基板之加工所形成之流體元件之托架



五、發明說明 (47)

56；以及藉陽極接合法或共晶接合法接合至托架56之頂面上之致動器部。上文參照圖19及20所述之半導體微型致動器31包括形成類似佛教之萬字形(右旋)在中心與可動元件35交叉之可撓區32者被用作致動器部。

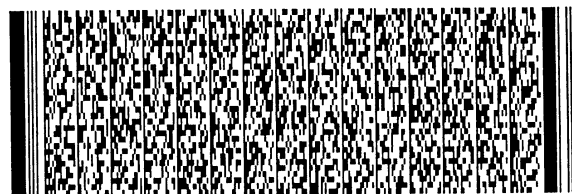
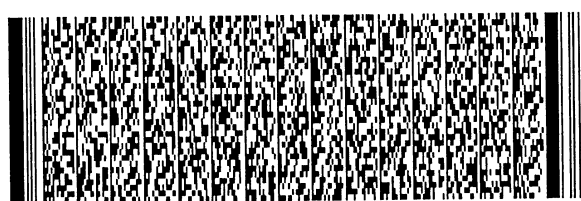
托架56形成有通孔51(所謂之孔口)，相當於一流體流動通路設在與安排於托架56表面上之半導體微型致動器31之可動元件35相對應之位置上者，以及形成於通孔57之頂面開口周邊之具有約略平坦之頂面且從周圍環境突出之床部58。可動元件35相當於所謂之閥體。

在所述之半導體微型閥中，當電力施加至擴散電阻器36以加熱可撓區32時，由於薄層部32S與薄膜32M在熱膨脹上有差異，致使各可撓區32移位，而連接至可撓區32之可動元件35亦移位。隨著可動元件35移位，可動元件35之底面部與托架56之床部58之間隔發生變化，控制其通過通孔57流動之流體量。

本具體例之半導體微型閥亦形成有由樹脂(如聚醯亞胺等)所製成之熱絕緣區37在半導體基板33與各可撓區32之間，俾可防止可撓區32加熱用之熱逃逸至半導體基板33。如此，有可能抑制半導體微型閥之驅動上之電力消耗。

由於本具體例之半導體微型閥包括可撓區32各別形成如L狀，各可撓區32之長度變長，致使可撓區32之位移量變大，從而可令可動元件35之位移量變大。因此，本半導體微型閥具有廣大範圍之流體流量控制。

圖31展示一使用上文參照圖21及22所述之半導體微型致



五、發明說明 (48)

動器31a作為圖30中之致動器部之構形例。圖31中之半導體微型閥亦包括熱絕緣區37a被設在各可撓區32與可動元件35之間，因此與圖30所示之半導體微型閥相較，有可能更減少從可撓區32逃出之熱，而可抑制半導體微型閥之驅動上之電力消耗。

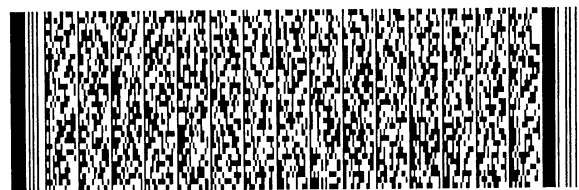
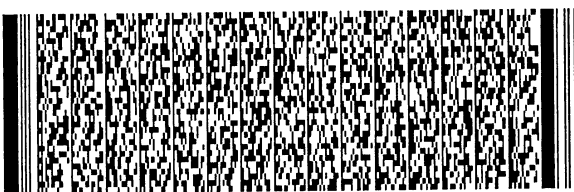
在可撓區32與半導體基板33之連接部之附近或在可撓區32與可動元件35之連接部附近設有各外圓角各別被用以釋放在可撓區32移位時施加之應力，藉此提供之效益乃類似上文參照圖21及圖22所述之效益。

第十一具體例

其次，研討本發明之第十一具體例。圖32為本發明第十一具體例之半導體微型繼電器之構造之一部分剖面透視圖。圖32之半導體微型繼電器包括：在一表面上形成有固定接觸器67及68之固定元件之固定片65；以及藉陽極接合法或共晶接合法接合至固定片56之頂面上之致動器部。上文參照圖23所述之半導體微型致動器41被用作該致動器部。

在半導體微型致動器41之可動元件45之底面上設有一可動接觸器66，而固定片65上之固定接觸器67及68被安排於與由此遠離之可動接觸器66相對應之位置上，俾可與可動接觸器66形成接觸。

當電流流入擴散電阻器46而可撓區42被加熱時，由於薄層部42S與薄膜42M在熱膨脹上有差異，致使各可撓區42移位，而可動元件45亦移位。隨著可動元件45移位，設在可



五、發明說明 (49)

動元件45底面上之可動接觸器66與固定接觸器67及68形成接觸，而固定接觸器67及68藉由可動接觸器66發生導電，使繼電器接通。

本具體例之半導體微型繼電器使用半導體微型致動器41，此半導體微型致動器41具有可撓區42與半導體基板43間之熱絕緣上之高效率，以及具有低電力消耗如第六具體例所述。半導體微型致動器41為屬於一種以半導體基板43為固定端之懸臂梁構造，而本半導體微型繼電器具有強大之接觸壓力。

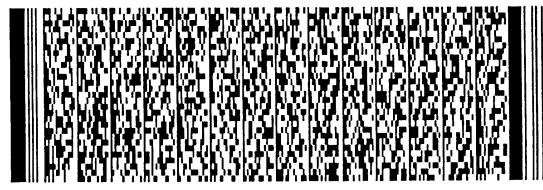
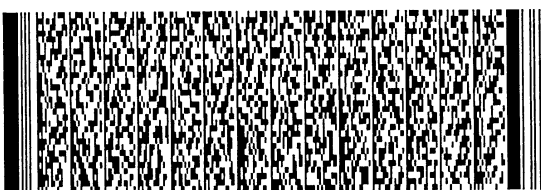
第十二具體例

其次，研討本發明之第十二具體例。圖33為展示本發明第十二具體例之半導體微型繼電器之構造之透視圖。圖33所示之致動器部使用上文參照圖25所述之半導體微型致動器41b。

即，在本具體例之半導體微型繼電器中，可撓區42之薄膜47M與熱絕緣區47(用以連接可撓區42與半導體基板43)為由相同之材料如聚醯亞胺等所製成。

在圖33所示之半導體微型繼電器中，在可動元件45形成有凹部45H。與圖37所示之未形成有凹部之可動元件相較，其熱容量小，而可迅速提高可撓區42之溫度，且減少可動元件45之重量(容量)，因此可動元件在受到外部衝擊時不會失靈，如上文參照圖25所述者。

其次，研討本具體例之半導體微型繼電器之製造方法。將半導體基板43如矽基板等(參照圖34A)使用KOH等在氮化



五、發明說明 (50)

矽膜等作為掩模之下予以蝕刻以從底面除料而形成一間隙40(參照圖34B)。間隙40成為半導體微型繼電器中之可動接觸器與固定接觸器間之接觸間隙。矽基板之半導體基板43可為p型或n型，而較佳的是其晶體取向為 $\langle 100 \rangle$ 。

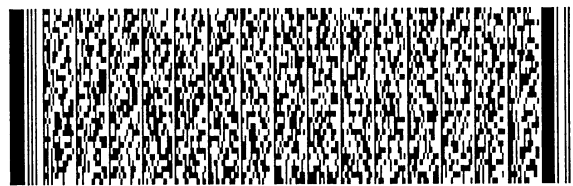
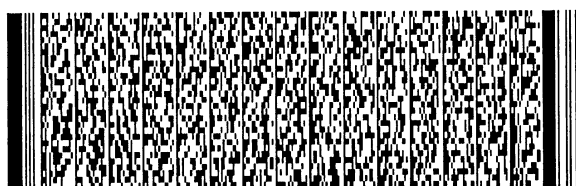
其次，藉離子注入法或雜質(不純物)擴散法使擴散電阻器46形成於半導體基板43之頂面上(參照圖34C)。雜質可為p型或n型。

再者，使氮化矽膜等形成於半導體基板43之雙面上而施行圖型化。其次，使用KOH等實行蝕刻(異方蝕刻)，以從半導體基板43之頂面除料而使凹部45H以空心形狀形成於可動元件45之頂部上。同時，使用KOH等實行從半導體基板43之底面除料之蝕刻(異方蝕刻)以形成一凹部，而使凹部之底面部形成為薄層部42S，此薄層部形成可撓區2之一部分(參照圖34D)。

其次，在氮化矽膜等充當掩模之下實行蝕刻以從半導體基板43之頂面除料而使孔47B及47C形成於將成為熱絕緣區47及47a之部分中(參照圖35A)。其蝕刻深度相當於熱絕緣區47、47a之厚度。

在下一步驟，藉濺鍍法等形成鋁薄膜，而完成圖型化，藉此形成被用以對擴散電阻器46等之類供給電力之配線49A(參照圖35B)。

其次，將半導體基板43全面塗覆以聚醯亞胺等之熱絕緣材料之膜，以填充孔47B及47C。繼之，除了填充部分之熱絕緣性材料或薄層部42S上方之熱絕緣性材料外，將熱絕



五、發明說明 (51)

緣性材料藉蝕刻等方法予以除去，而由相同之聚醯亞胺等之材料來形成熱絕緣區47及47a暨薄膜47M(參照圖35C)。將熱絕緣區47及47a之底面側予以蝕刻除料(參照圖35D)，而藉鍍法等之方法使可動元件45在底面側上形成有金鈷等所製成之可動接觸器66(後述)。

其次，藉陽極接合法等使所加工之半導體基板43與固定片65(藉鍍法形成有金鈷等之固定接觸器67者)接合(參照圖36A)。最後，藉RIE等使可動元件45及可撓區42從成為框架之半導體基板43分離以便製造半導體微型繼電器(參照圖36B)。即，製造半導體微型致動器41b。

由於可撓區42之薄膜47M與熱絕緣區47如此由相同之材料同時形成，使製造方法(製程)簡化而可降低成本。

圖38展示本具體例之半導體微型繼電器中由可撓區42之薄層部42S與薄膜47M所構成之所謂之雙金屬構造。如該圖中所示，厚度 $20\ \mu\text{m}$ 之聚醯亞胺(商品名"Photonis")作為薄膜47M形成於厚度 $10\ \mu\text{m}$ 之矽所製薄層部42S之頂面上。可撓區42具有 $1000\ \mu\text{m} \times 1000\ \mu\text{m}$ 之平面尺寸。此時，可撓區42之彎曲程度係由下面之Timochenko式所代表：

[式16]

$$\frac{1}{\rho} = \frac{6(\alpha_{\text{Si}} - \alpha_{\text{ph}})\Delta T(t_{\text{Si}} + t_{\text{ph}})t_{\text{Si}} \cdot t_{\text{ph}} \cdot E_{\text{Si}} \cdot E_{\text{ph}}}{3(t_{\text{Si}} + t_{\text{ph}})^2 t_{\text{Si}} t_{\text{ph}} E_{\text{Si}} E_{\text{ph}} + (t_{\text{Si}} E_{\text{Si}} + t_{\text{ph}} E_{\text{ph}})(t_{\text{Si}}^3 E_{\text{Si}} + t_{\text{ph}}^3 E_{\text{ph}})}$$

$$w = 2\rho \sin^2\left(\frac{L}{2\rho}\right); \quad \frac{L}{2\rho} \text{ [rad]} \quad \text{用弧度單位}$$



五、發明說明 (52)

在此，

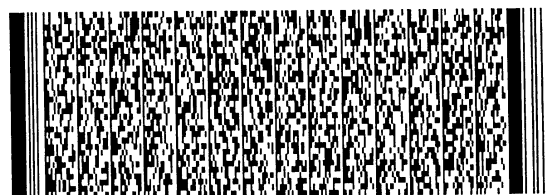
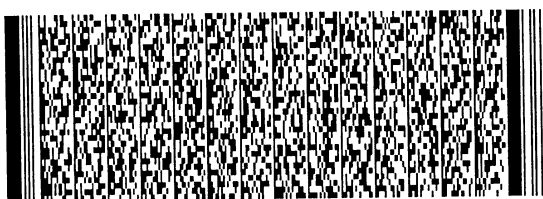
ρ ; 曲率	W ; 位移量
E_{Ph} : Photonis 之楊格模數	$4.90 \times 10^9 \text{ N/m}^2$
E_{Si} : 矽之楊格模數	$1.90 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$
α_{Ph} : Photonis 之線膨脹係數	$2.30 \times 10^{-5} / \text{K}$
α_{Si} : 矽之線膨脹係數	$4.15 \times 10^{-6} / \text{K}$
t_{Ph} : Photonis 之厚度	$20 \mu\text{m}$
t_{Si} : 矽之厚度	$10 \mu\text{m}$

其中 ΔT 代表溫度變化。

圖39展示對該式給予特定之數值而計算之結果。如圖39所示，可撓區42之溫度愈高，可撓區42之位移量(彎曲程度)愈大。若彎曲程度大於半導體微型繼電器之可動接觸器66與固定接觸器67、68間之接觸間隙，可動接觸器66則與固定接觸器67及68形成接觸，使繼電器接通。

茲研討在接觸間隙為 $20 \mu\text{m}$ 且雙金屬保持 200°C 之溫度時之雙金屬之作用。如圖39所示， 200°C 溫度之雙金屬之位移量為約 $65 \mu\text{m}$ 。

半導體微型繼電器為屬於懸臂梁構造，而相當於可撓區42之梁(懸臂梁)移位如圖40所示。梁端之位移量 X_a 為 $X_a = (F_a \tau a^3) / (3E_a I_a)$ 所代表。 F_a 代表施加於梁端之力， τa 代表梁之長度，而 E_a 代表梁之楊格模數。 I_a 代表梁之橫斷面之二次力矩。若梁之橫斷面為矩形，則 $I_a = b a \tau a^3 / 12$ (其中 $b a$ 代表梁之深寬度)，因此梁端之彎曲程度 $X_a = 4F_a \tau a^3 / (3b a \tau a^3 E_a)$ 。依照此式，施加於梁端之力 F_a 為



五、發明說明 (53)

由 $F_a = (X_a b a^3 E a) / (4 \tau a^3)$ 所代表。設接觸間隙為 $20 \mu m$ 時，接觸壓力 f_a 則變得等於 $((X_a - 20 \mu m) b a^3 E a) / (4 \tau a^3)$ 。由於梁端之彎曲程度 X_a 為 $65 \mu m$ ，接觸壓力 f_a 變得等於 $0.87 gf = 8.5 \times 10^{-3} N$ ；幾乎接近 $1 gf (9.8 \times 10^{-3} N)$ 之接觸壓力被提供。

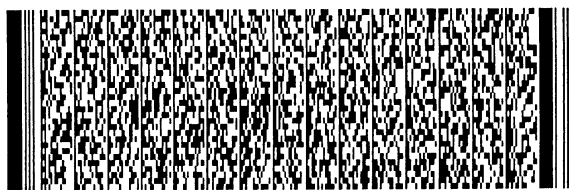
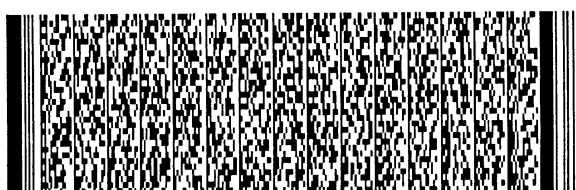
第十三具體例

其次，研討本發明之第十三具體例。圖41為展示本發明第十三具體例之半導體微型繼電器之構造之剖視圖。圖41所示之半導體微型繼電器包括上文參照圖23所述之半導體微型致動器41作為圖33所示之半導體微型繼電器之致動器部。本具體例之半導體微型繼電器與圖33之半導體微型繼電器不同的是，各可撓區42之薄膜47M為由金屬薄膜如鋁或鎳薄膜等所製成。

在本具體例之半導體微型繼電器中，亦使可動元件45形成有凹部45H；與圖48所示之半導體微型繼電器擁有未形成有凹部之可動元件者相較，可迅速提高可撓區42之溫度，且由於減少可動元件之重量(容量)，可防止其受到外部衝擊時發生故障(失靈)，如第十二具體例中所述。

其次，研討圖41所示之半導體微型繼電器之製造方法。首先，關於一種製造半導體微型繼電器之方法，其中形成各可撓區之一部分之薄膜42M係由鋁薄膜所製成者，加以論述。

將半導體基板43如矽基板等(參照圖42A)使用KOH等在氮化矽膜等作為掩模之下予以蝕刻以從底面除料而形成一間



五、發明說明 (54)

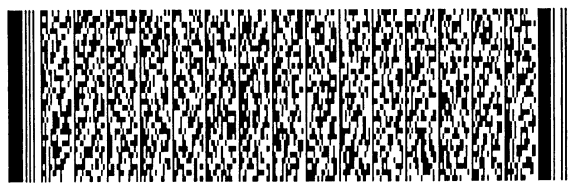
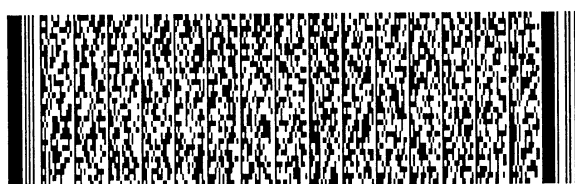
隙40(參照圖42B)。間隙40成為半導體微型繼電器中之可動接觸器與固定接觸器間之接觸間隙。半導體基板(矽基板)43可為p型或n型，而較佳的是其晶體取向為 $\langle 100 \rangle$ 。

其次，藉離子注入法或雜質擴散法使擴散電阻器46形成於半導體基板43之頂面上(參照圖42C)。雜質可為p型或n型。

再者，使氮化矽膜等形成於半導體基板43之雙面上而施行圖型化。其次，使用KOH等實行蝕刻(異方蝕刻)，以從半導體基板43之頂面除料而使凹部45H以空心形狀形成於可動元件45之頂部上。同時，使用KOH等實行從半導體基板43之底面除料之蝕刻(異方蝕刻)以形成一凹部，而使凹部之底面部形成為薄層部42S，此薄層部形成可撓區2之一部分(參照圖42D)。

其次，在氮化矽膜等充當掩模之下實行蝕刻以從半導體基板43之頂面除料而使孔47B及47C形成於將成為熱絕緣區47及47a之部分中(參照圖43A)。其蝕刻深度相當於熱絕緣區47、47a之厚度。

在下一步驟，藉濺渡法等形成鋁薄膜，而完成圖型化，藉此形成薄膜42M(成為可撓區42之一部分)以及對擴散電阻器46供電之配線49A，如圖43B所示。其次，將半導體基板43全面塗覆以聚醯亞胺等之熱絕緣材料之膜，以填充形成於半導體基板43之頂面中之孔47B及47C，然後藉蝕刻等方法除去填充部分以外之熱絕緣性材料，而形成熱絕緣區47及47a(參照圖43C)。



五、發明說明 (55)

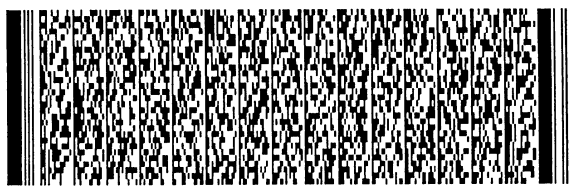
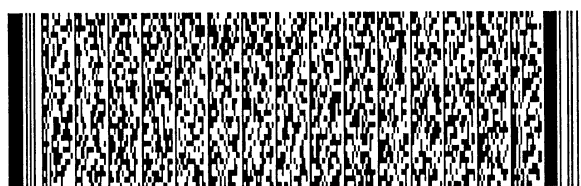
其次，將熱絕緣區47及47a之底面側予以蝕刻除料以形成僅由熱絕緣性材料所製成之熱絕緣區47及47a(參照圖43D)。其次，藉鍍法等之方法使可動元件45在底面側上形成有金鈷等所製成之可動接觸器66。

其次，藉陽極接合法等使所加工之半導體基板43與固定片65(藉鍍法形成有金鈷等之固定接觸器67者)接合(參照圖44A)。最後，藉RIE等使可動元件45及可撓區42從半導體基板43(成為框架者)分離以便製造半導體微型繼電器。即，製造半導體微型致動器41a。

其次，研討一種製造如圖41所示之半導體微型繼電器之方法，其中薄膜42M係由鎳所製成。如圖45A至45E所示，在半導體基板43之底面中形成間隙40之步驟，在半導體基板43之頂面中形成擴散電阻器46之步驟，在可動元件45之頂部上形成凹部45H之步驟，形成可撓區42之薄層部42S之步驟，以及形成熱絕緣區預定部分之孔47B及47C之步驟係與上文參照圖42A至42D及43a所述之步驟類似，因而在此不再予以論述。

在下一步驟，藉濺鍍法等形成鋁薄膜，而完成圖型化，藉此形成對擴散電阻器46等之類供電之配線49A，如圖46A所示。其次，將半導體基板43全面塗覆以聚醯亞胺等之熱絕緣材料之膜，以填充形成於半導體基板43之頂面中之孔47B及47C，藉蝕刻等方法除去填充部分以外之熱絕緣性材料，而形成熱絕緣區47及47a如圖46B所示。

其次，將熱絕緣區47及47a之底面側予以蝕刻除料(參照



五、發明說明 (56)

圖46C)，藉鍍法等之方法使薄層部42S在頂面上形成有鍍薄膜作為薄膜42M(參照圖46D)，而藉鍍法等之方法使可動元件45在底面側上形成有金銻等所製成之可動接觸器66(參照圖46E)。

其次，藉陽極接合法等使所加工之半導體基板43與固定片65(藉鍍法形成有金銻等之固定接觸器67者)接合(參照圖47A)。最後，藉RIE等使可動元件45及可撓區42從半導體基板43(成為框架者)分離以便製造半導體微型繼電器(參照圖47B)。即，製造半導體微型致動器41a。

圖49展示，圖41所示之半導體微型繼電器中由可撓區42之薄層部42S與薄膜42M所構成之所謂之雙金屬構造。如圖49所示，厚度 $5\ \mu\text{m}$ 之鋁薄膜作為薄膜42M形成於厚度 $15\ \mu\text{m}$ 之矽所製之薄層部42S之頂部上。可撓區42具有 $1000\ \mu\text{m} \times 1000\ \mu\text{m}$ 之平面尺寸。

此時，可撓區42之位移量(彎曲程度)係由Timochenko式如下述所代表：

[式17]

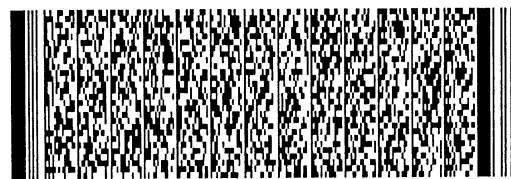
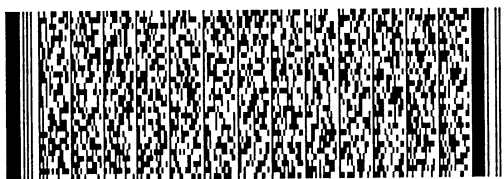
$$\frac{1}{\rho} = \frac{6(\alpha_{\text{Si}} - \alpha_{\text{Al}})\Delta T(t_{\text{Si}} + t_{\text{Al}})t_{\text{Si}} \cdot t_{\text{Al}} \cdot E_{\text{Si}} \cdot E_{\text{Al}}}{3(t_{\text{Si}} + t_{\text{Al}})^2 t_{\text{Si}} t_{\text{Al}} E_{\text{Si}} E_{\text{Al}} + (t_{\text{Si}} E_{\text{Si}} + t_{\text{Al}} E_{\text{Al}})(t_{\text{Si}}^3 E_{\text{Si}} + t_{\text{Al}}^3 E_{\text{Al}})}$$

$$W = 2\rho \sin^2\left(\frac{L}{2\rho}\right) \quad ; \quad \frac{L}{2\rho} \quad \text{用弧度[rad]單位}$$

在此，

ρ ；曲率

w ；位移量



五、發明說明 (57)

E_{Al} : 鋁之楊格模數	$6.86 \times 10^{10} \text{ N/m}^2$
E_{Si} : 矽之楊格模數	$1.90 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$
α_{Al} : 鋁之線膨脹係數	$2.37 \times 10^{-5} / \text{K}$
α_{Si} : 矽之線膨脹係數	$4.15 \times 10^{-6} / \text{K}$
t_{Al} : 鋁之厚度	$5 \mu\text{m}$
t_{Si} : 矽之厚度	

其中 ΔT 代表溫度變化。

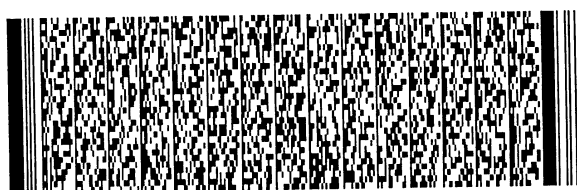
圖50展示對該式給予特定之數值而計算之結果。如圖50所示，可撓區42之溫度愈高，可撓區42之位移量(彎曲程度)愈大。若位移量變得大於半導體微型繼電器之可動接觸器66與固定接觸器67、68間之接觸間隙，可動接觸器66則與固定接觸器67及68形成接觸，使繼電器接通。

茲研討在接觸間隙為 $20 \mu\text{m}$ 且雙金屬保持 200°C 之溫度時之雙金屬之作用。如圖50所示， 200°C 溫度之雙金屬之位移量為約 $70 \mu\text{m}$ 。

如上文所述，接觸壓力 f_a 為由 $f_a = ((X_a - 20 \mu\text{m}) \beta a^3 E a) / (4 \tau a^3)$ 所代表。若求出接觸壓力 f_a 為 $f_a = 0.82 \text{ gf} = 8.0 \times 10^{-3} \text{ N}$ ，則幾乎接近 $1 \text{ gf} (9.8 \times 10^{-3} \text{ N})$ 之接觸壓力被提供。

在另一方面，在使用鎳薄膜為薄膜42M時，由於鎳之熱膨脹係數小於鋁，可撓區42響應溫度變化之位移量(彎曲程度)小。但鎳之楊格模數大於鋁，因此可產生強大之熱應力。

圖51展示具有鋁製薄膜42M之可撓區42及具有鎳製薄膜42M之可撓區42在矽製薄層部42S之厚度有變化時之位移特



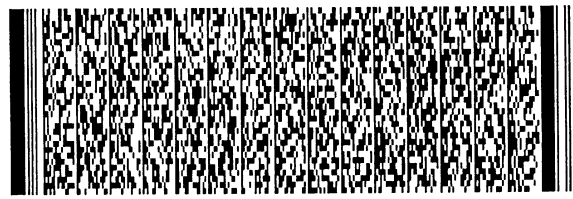
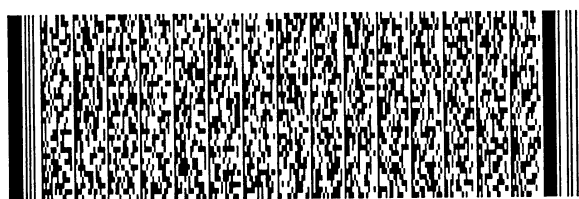
五、發明說明 (58)

性，其中鋁膜及鎳膜之厚度各為 $5\ \mu\text{m}$ ，而可撓區42之溫度為 $200\ ^\circ\text{C}$ 。如圖中所示，在薄層部42S之厚度為 $20\ \mu\text{m}$ 時，具有鋁之可撓區42與具有鎳之可撓區42之特性曲線之關係（位移量大小）上逆轉，而在薄層部42S之厚度變得大於 $20\ \mu\text{m}$ 時，具有鎳製薄膜42M之可撓區42之位移量則變得大於具有鋁製薄膜42M者。如此，在薄層部42S較厚時，使用鎳膜為薄膜42M即可提供良好之特性。

圖52展示本具體例之半導體微型繼電器之另一構形例。圖52所示之半導體微型繼電器與圖41所示者不同的是，其包括藉由聚醯亞胺所製之間隔層63（例如利用陽極接合法）接合之固定片65與半導體微型致動器41a。如此可將產生於固定片65與半導體微型致動器41a間之應力予以吸收及釋放，如上文參照圖28所述之具體例之情況。

圖57及58展示半導體微型致動器之另一構形例。圖58(a)為剖視圖而圖58(b)為俯視圖。示於此等圖中之半導體微型致動器7為由半導體基板3與可動元件1所界定，半導體基板3為由矽等之類所製成且成為空心之平行六面體狀框架，而可動元件1為由矽等之類所製成且在四個部分藉由懸垂機構4從半導體基板之內側連接，以便可動元件1從半導體基板3懸掛下來。

可動元件1以四邊形部分可沿著下降之方向逐漸減少面積之方式形成一空心之截頭正角錐。凸台2為由截頭正角錐之下方四邊形部所界定。凸台2藉懸臂梁6以各懸臂梁可從截頭正角錐之上方四邊形之一邊往下降之方向延伸之方



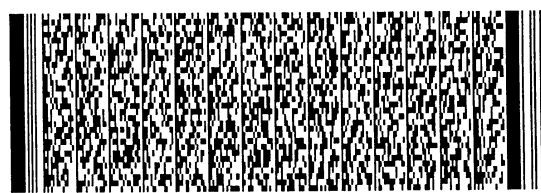
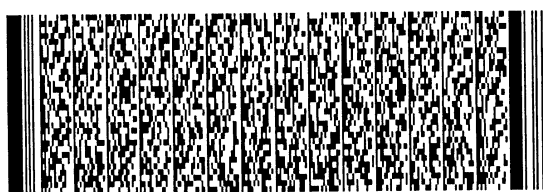
五、發明說明 (59)

式懸掛。四個懸臂梁6各別被用作藉由凸台2交叉伸出之腳部。懸垂機構4為由聚醯亞胺、氟化樹脂等之類所製成，且以半導體基板3之表面可與重疊接觸於懸臂梁6頂面上之懸垂機構4接合以連接半導體基板3與可動元件1之方式所形成。懸臂梁6具有由擴散電阻器等之類所製成之加熱機構5，以加熱懸臂梁6。

圖59及60展示半導體微型致動器之另一構形例。圖59為使用本發明半導體裝置之半導體微型致動器之構造之一部分剖面透視圖。圖60為俯視圖。示於此等圖中之半導體微型致動器10為由半導體基板13與可動元件11所界定，半導體基板13為由矽等之類所製成且成為空心之平行六面體狀框架，而可動元件11為由矽等之類所製成且在四個部分藉由懸垂機構14從半導體基板內側連接，以便可動元件11從半導體基板13懸掛下來。

可動元件11以四邊形部分可沿著下降之方向逐漸減少面積之方式形成一空心之截頭正角錐。凸台12為由截頭正角錐之下方四邊形部所界定。凸台12藉懸臂梁16以各懸臂梁可從截頭正角錐之上方四邊形之一邊往下降之方向延伸之方式懸掛。四個懸臂梁16各別被用作以佛教之萬字形(右旋)藉由凸台12伸出之腳部。懸垂機構14為由聚醯亞胺、氟化樹脂等之類所製成，且以半導體基板13之表面可與重疊接觸於懸臂梁16頂面上之懸垂機構14接合以連接半導體基板13與可動元件11之方式所形成。

圖61展示半導體微型閥之另一構形例，且此圖為使用本



五、發明說明 (60)

發明半導體裝置之半導體微型閥之構造之一部分剖面透視圖。半導體微型閥30為由一被用作流體控制元件之閥座31以及一藉陽極接合法或共晶接合法接合至閥座31頂部上之閥體32所界定。為此閥體採用與圖57及58所示之微型致動器相同之構造。

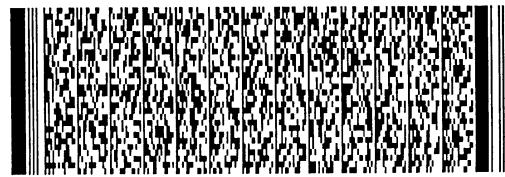
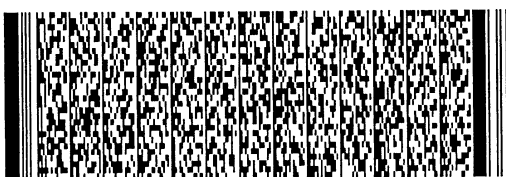
孔口35以可與閥體32之凸台2相對之方式被設在閥座31之表面上，而被用作相當於流體流路之孔部。座部36藉一種使孔口35之近旁部突出以圍繞孔口35之方法形成有上部平坦面。

在上述情況下，使一電流流至加熱機構5以使可動元件1之梁變形，俾可引動可動元件1。可動元件1之引動使由閥體(41)凸台2之底面與座部36所界定之間隙發生變化，以控制通過孔口35之流體量。

圖62展示半導體微型閥之另一構形例，且此圖為使用本發明半導體裝置之半導體微型閥之構造之一部分剖面透視圖。半導體微型閥為由一被用作流體控制元件之閥座41以及一藉陽極接合法或共晶接合法接合至閥座41頂部上之閥體42所界定。為此閥體採用與圖59及60所示之微型致動器10相同之構造。

孔口45以可與閥體42之凸台12相對之方式被設在閥座41之表面上，而被用作相當於流體流路之孔部。座部46藉一種使孔口45之近旁部突出以圍繞孔口45之方法形成有上部平坦面。

在上述情況下，使一電流流至加熱機構(未圖示)以使可



五、發明說明 (61)

動元件11之梁16變形，俾可引動可動元件11。可動元件11之引動使由閥體(41)凸台12之底面與座部46所界定之間隙發生變化，以控制通過孔口45之流體量。

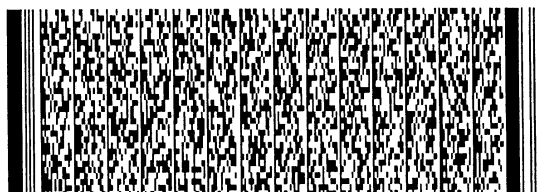
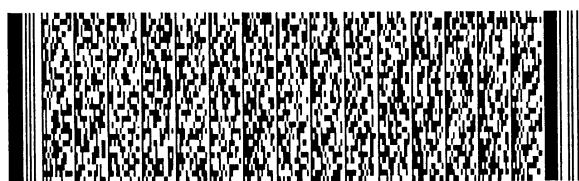
如上所述，關聯技術之使用半導體裝置之半導體微型致動器，半導體微型閥，以及半導體微型繼電器均需要高電動器，半導體微型閥，以及半導體微型繼電器均需要高電力消耗，因此變得難於用電池來驅動，而無法使之小型化以供於手提用途上。

因此，本發明之目的為提供一種藉容易施行之製造方法製成之具有低電力消耗之半導體裝置，一種使用半導體裝置之半導體微型致動器，一種半導體微型閥，一種半導體微型繼電器，以及一種製造半導體微型致動器之方法。

為了上述目的，依照本發明之第一態樣，提供一種半導體裝置，包括：半導體基板；與半導體基板隔離之可撓區，響應溫度變化移位者；以及被安排於半導體基板與可撓區之間之熱絕緣區，此區由樹脂製成以使半導體基板與可撓區接合。樹脂製成之熱絕緣區被安排於半導體基板與可撓區之間，藉此在可撓區溫度發生變化時防止熱之逃逸，因此可抑制電力消耗而進一步使製造方法簡化。

在本發明之第二態樣之情況，在如本發明之第一態樣之半導體裝置中，製造該熱絕緣區之材料具有約 $0.4\text{W}(\text{m}^\circ\text{C})$ 或更低之熱傳導係數。如此加強可撓區與半導體基板之間之熱絕緣性。

在本發明之第三態樣之情況，在如本發明之第二態樣之



五、發明說明 (62)

半導體裝置中，製造該熱絕緣區之材料為聚醯亞胺。如此加強可撓區與半導體基板之間之熱絕緣性，而使半導體裝置之製造變得較為方便。

在本發明之第四態樣之情況，在本發明之第三態樣中，製造該熱絕緣區之材料為氟化樹脂。如此加強可撓區與半導體基板之間之熱絕緣性，而使半導體裝置之製造變得較為方便。

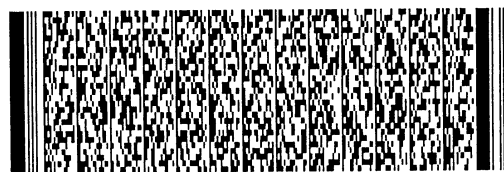
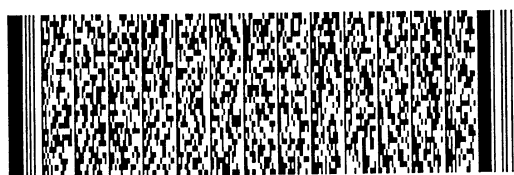
在本發明之第五態樣之情況，在本發明之第一至第四態樣中，在熱絕緣區之與其厚度方向正交之至少一面上設有由一種比熱絕緣區之材料更硬之材料製成之增強層。如此可增加半導體基板與可撓區之接合強度。

在本發明之第六態樣之情況，在本發明之第五態樣中，該增強層具有 $9.8 \times 10^9 \text{N/m}^2$ 以上之楊格模數。如此可增加半導體基板與可撓區之接合強度。

在本發明之第七態樣之情況，在本發明之第六態樣中，該增強層為二氧化矽薄膜，如此可增加半導體基板與可撓區之接合強度。

在本發明之第八態樣之情況，在本發明之第一至第七態樣中，在與熱絕緣區接觸之半導體基板及可撓區之部分形成有梳齒。如此可增加半導體基板與可撓區之接合強度。

依照本發明之第九態樣，提供一種半導體裝置，包括如本發明之第一至第八態樣之半導體裝置及一與可撓區鄰接配置之可動元件，其中在可撓區之溫度有變化時，該可動元件則發生根據半導體基板之位移。如此可提供一種半導



五、發明說明 (63)

體裝置，除了具有可用低電力消耗來驅動之效益之外，又具有與本發明申請專利範圍第1項至第8項類似之效益者。

在本發明之第十態樣之情況，在本發明之第九態樣中，該可撓區具有懸臂梁構造。如此半導體裝置可提供可動元件之大位移量。

在本發明之第十一態樣之情況，在本發明之第九態樣中，該可動元件為藉複數之可撓區所支持者。如此可安定支持該可動元件。

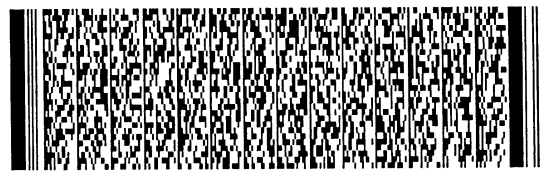
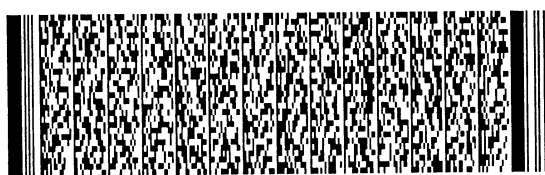
在本發明之第十二態樣之情況，在本發明之第十一態樣中，該等可撓區形成一種十字形藉由該可動元件在中心交叉者。如此可提供可動元件之良好之位移準確度。

在本發明之第十三態樣之情況，在本發明之第九態樣中，可動元件之位移包含對半導體基板基面之水平方向位移旋轉。如此可動元件之位移量則變得很大。

在本發明之第十四態樣之情況，在本發明之第十一或第十三態樣中，該等可撓區為各呈L狀之四個可撓區，此等四個可撓區被安置以沿著各方向與可動元件在中央保持相等間隔。如此可增加可撓區之長度，因此可令可動元件之位移量加大。

在本發明之第十五態樣之情況，在本發明之第九至第十四態樣中，可撓區為具有不同之熱膨脹係數且響應熱膨脹係數之差異移位之至少二區所組成。如此在可撓區之溫度發生變化時，可撓區則可移位。

在本發明之第十六態樣之情況，在本發明之第十五態樣



五、發明說明 (64)

中，可撓區包括由矽製成之區及由鋁製成之區。如此在可撓區之溫度發生變化時，可撓區則可移位，因為鋁與矽在熱膨脹上有差異。

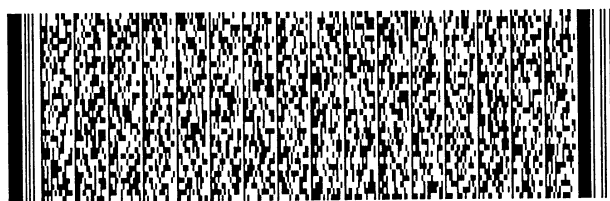
在本發明之第十七態樣之情況，在本發明之第十五態樣中，可撓區包括由矽製成之區及由鎳製成之區。如此在可撓區之溫度發生變化時，可撓區則可移位，因為鎳與矽在熱膨脹上有差異。

在本發明之第十八態樣之情況，在本發明之第十五態樣中，組成可撓區之區中至少一區為由與熱絕緣區相同之材料所製成。由於可撓區與熱絕緣區可同時形成，製造方法被簡化，而可降低成本。

在本發明之第十九態樣之情況，在本發明之第十八態樣中，可撓區包括由矽製成之區，以及由聚醯胺製成之區作為與熱絕緣區相同之材料製成之區。除了與本發明相似之效益外，在可撓區之溫度發生變化時，可撓區則可移位，因為矽與聚醯胺在熱膨脹上有差異，且可撓區具有歸因於聚醯胺之熱絕緣性。

在本發明之第二十態樣之情況，在本發明之第十九態樣中，可撓區包括由矽製成之區，以及由氟化樹脂製成之區作為與熱絕緣區相同之材料製成之區。除了類似之效益外，在可撓區之溫度發生變化時，可撓區則可移位，因為矽與氟化樹脂在熱膨脹上有差異，且可撓區具有歸因於氟化樹脂之熱絕緣性。

在本發明之第二十一態樣之情況，在本發明之第九至第



五、發明說明 (65)

十四態樣中，可撓區為由形狀記憶合金所製成。如此在可撓區之溫度發生變化時，可撓區則可移位。

在本發明之第二十二態樣之情況，在本發明之第九至第二十一態樣中，在可撓區與可動元件之間設有由可撓區與可動元件之接合用之樹脂所製成之熱絕緣區。如此可在可撓區與移動元件之間提供熱絕緣性，而在可撓區之溫度發生變化時，可更抑制電力消耗。

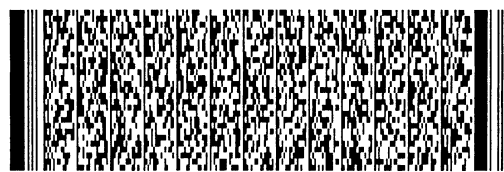
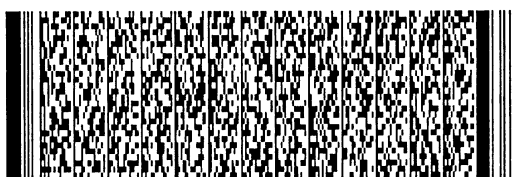
在本發明之第二十三態樣之情況，在本發明之第二十二態樣中，使設在半導體基板與可撓區之間之熱絕緣區之剛性不同於設在可撓區與可動元件之間之熱絕緣區之剛性。如此，可動元件之位移方向可取決於熱絕緣區之間在剛性上之差異。

在本發明之第二十四態樣之情況，在本發明之第九至第二十三態樣中，可撓區包含可撓區加熱用之加熱機構。如此可令半導體裝置小型化。

在本發明之第二十五態樣之情況，在本發明之第九至第二十四態樣中，在熱絕緣區未介入之下，形成有對可撓區加熱用之加熱機構供給電力之配線(布線)。如此可增加配線之絕緣間隔，而可增強可撓區之熱絕緣性。

在本發明之第二十六態樣之情況，在本發明之第九至第二十五態樣中，該可動元件形成有凹部。如此，可動元件之熱容量被減少，因此可加速可撓區之溫度變化。

在本發明之第二十七態樣之情況，在本發明之第九至第二十六之態樣中，在可撓區與可動元件或半導體基板之接



五、發明說明 (66)

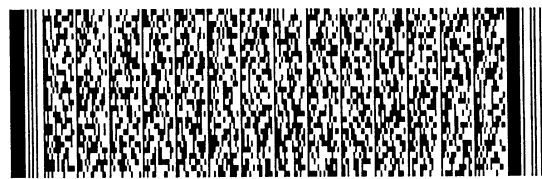
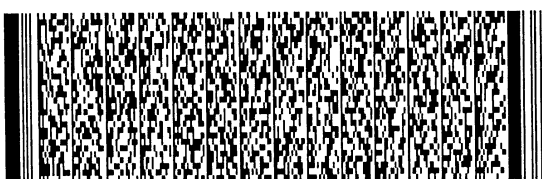
合部附近設有應力釋放用之外圓角。如此在可撓區移位時，利用外圓角使施加於接合部附近之應力散開，因此可防止該部之毀壞。

在本發明之第二十八態樣之情況，在本發明之第二十七態樣中，半導體基板形成有朝向可撓區之接合部突出之突起部，而該外圓角係以半導體基板上之基面上之外圓角形狀可在突出部基端部兩末端成為R(圓弧)狀之方式所形成。如此在可撓區移位時，利用外圓角使施加於突起部基端部兩端之應力散開，因此可防止該部分之毀壞。

在本發明之第二十九態樣之情況，在本發明之第二十七態樣中，將半導體基板從基面蝕刻以形成一凹部，在此凹部之底面部中形成可撓區，而以可在凹部之底面部與側面部之境界上形成R(圓弧)狀之方式形成外圓角。如此在可撓區移位時，利用外圓角使施加於凹部之底面部與側面部之境界之應力散開，因此可防止該部分之毀壞。

依照本發明之第三十態樣，提供一種半導體微型閥包括第九至第二十九態樣中任一態樣之半導體裝置及一流體元件，此元件連接至半導體裝置且擁有一流體通路，具有在響應可動元件之位移之下變化之流動流體量者。如此可提供一種半導體微型閥，除了具有可用低電力消耗來驅動之效益外，又具有與本發明之第九至第二十九態樣類似之效益者。

在本發明之第三十一態樣之情況，在本發明之第三十態樣中，半導體裝置與流體元件利用陽極接合法接合。如此



五、發明說明 (67)

有可能實現半導體裝置與流體元件之接合。

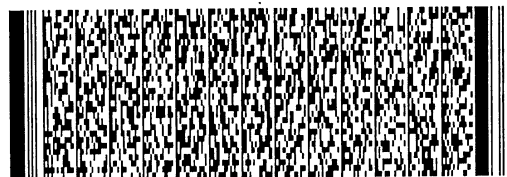
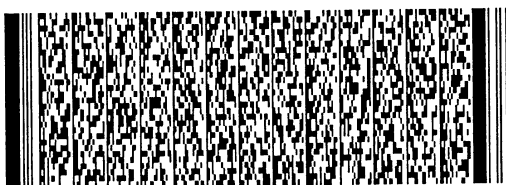
在本發明之第三十二態樣之情況，在本發明之第三十態樣中，半導體裝置與流體元件利用共晶接合法接合。如此有可能實現半導體裝置與流體元件之接合。

在本發明之第三十三態樣之情況，在本發明之第三十態樣中，半導體裝置與流體元件藉由間隔層接合。如此在半導體裝置與流體元件接合時，半導體裝置與流體元件在熱膨脹上之差異被吸收於間隔物層中，而可抑制施加於可撓區之應力。

在本發明之第三十四態樣之情況，在本發明之第三十三態樣中，間隔層為由聚醯亞胺所製成。如此在半導體裝置與流體元件接合時，由於聚醯亞胺有彈性，半導體裝置與流體元件在熱膨脹上之差異被吸收於間隔層中，而可抑制施加於可撓區之應力。

依照本發明之第三十五態樣，提供一種半導體微型繼電器包括如本發明之第九至第二十九態樣中任一態樣之半導體裝置及一固定元件，此元件連接至半導體裝置且具有固定接觸器被安排於與設在可動元件上之可動接觸器相對應之位置上，該等固定接觸器可與可動接觸器形成接觸狀態。如此可提供一種半導體微型繼電器，除了具有可用低電力消耗來驅動之效益外，又具有如申請專利範圍第9項至第29項所請之發明類似之效益者。

在本發明之第三十六態樣之情況，在本發明之第三十五態樣中，固定接觸器互相遠離被配置而與可動接觸器形成



五、發明說明 (68)

接觸，因此藉由可動接觸器造成導電。如此可提供一種半導體微型繼電器，其中可設置互相遠離被配置之固定接觸器，可造成導電者。

在本發明之第三十七態樣之情況，在本發明之第三十五或第三十六態樣中，可動接觸器及固定接觸器為金鈷所製成。如此，移動接觸器與固定接觸器可造成導電。

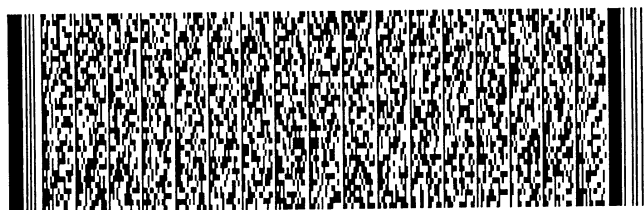
在本發明之第三十八態樣之情況，在本發明之第三十五至第三十七態樣中，半導體裝置與固定元件利用陽極接合法接合。如此有可能實現半導體裝置與固定元件之接合。

在本發明之第三十九態樣之情況，在本發明之第三十五至第三十七態樣中，半導體裝置與固定元件利用共晶接合法接合。如此有可能實現半導體裝置與固定元件之接合。

在本發明之第四十態樣之情況，在本發明之第三十五至第三十七態樣中，半導體裝置與固定元件藉由間隔層接合。如此在半導體裝置與固定元件接合時，半導體裝置與固定元件在熱膨脹上之差異被吸收於間隔層中，而可抑制施加於可撓區之應力。

在本發明之第四十一態樣之情況，在本發明之第四十態樣中，間隔層為由聚醯亞胺所製成。如此在半導體裝置與固體元件接合時，由於聚醯亞胺有彈性，半導體裝置與固體元件在熱膨脹上之差異被吸收，而可抑制施加於可撓區之應力。

依照本發明之第四十二態樣，提供一種製造方法，其藉包括下述步驟之方法來製備本發明之第十八態樣之半導體



五、發明說明 (69)

裝置：

蝕刻及除去半導體基板之一面以形成底面部，此部為一區形成可撓區之一部分；

蝕刻及除去半導體基板之另一面以形成可動元件中之凹部；

蝕刻及除去半導體基板之另一面以形成至少一個部分，此或此等部分適於被安排於半導體基板與可撓區間之熱絕緣區；

用一熱絕緣性材料來填充上述適於熱絕緣區之部分，以形成熱絕緣區；以及

將該熱絕緣性材料之塗層施加至半導體基板之該一面以形成一區，此區係形成可撓區之一部分者。

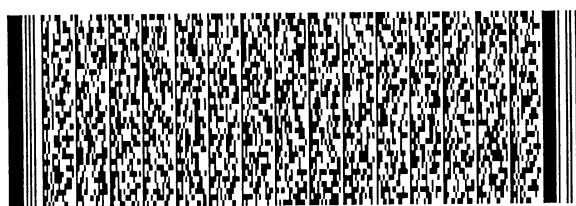
如此以相同之材料同時形成熱絕緣區及上述形成可撓區之一部分之一區，該製造方法被簡化而可降低成本。

依照本發明之第四十三態樣，提供一種製造方法，其藉包括下述步驟之方法來製備本發明之第十六態樣之半導體裝置：

蝕刻及除去半導體基板之一面以形成底面部，此部為一區形成可撓區之一部分；

蝕刻及除去半導體基板之另一面以形成可動元件中之凹部；

蝕刻及除去半導體基板之另一面以形成至少一個部分，此或此等部分適於被安排於半導體基板與可撓區間之熱絕緣區；



五、發明說明 (70)

形成一鋁薄膜作為被界定於半導體基板另一面上之可撓區中之一區，以及形成一配線，被用以將電力施加至加熱機構；以及

用熱絕緣性材料來填充上述適於熱絕緣區之部分，以形成熱絕緣區者。

藉此，簡化該製造方法而可降低成本。

依照本發明之第四十四態樣，提供一種製造方法，其藉包括下述步驟之方法來製備本發明之第十七態樣之半導體裝置：

蝕刻及除去半導體基板之一面以形成底面部，此部為一區形成可撓區之一部分；

蝕刻及除去半導體基板之另一面以形成可動元件中之凹部；

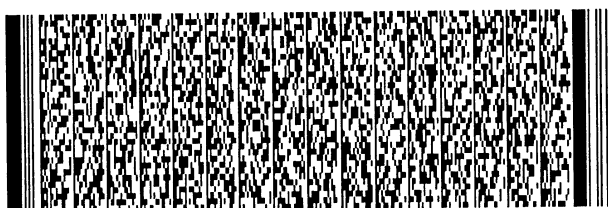
蝕刻及除去半導體基板之另一面以形成至少一個部分，此或此等部分適於被安排於半導體基板與可撓區間之熱絕緣區；

形成一配線，被用以將電力施加至加熱機構；

用熱絕緣性材料來填充上述適於熱絕緣區之部分，以形成熱絕緣區，以及

形成一鎳薄膜作為被界定於半導體基板另一面上之可撓區中之一區，藉此使鎳所界定之該區可形成於可撓區中者。

依照本發明之第四十五態樣，提供一種製造方法，其藉包括下述步驟之方法來製備本發明之第一態樣之半導體裝



五、發明說明 (71)

置：

蝕刻及除去半導體基板之一面以形成至少一個部分，此或此等部分適於被安排於半導體基板與可撓區間之熱絕緣區；

用熱絕緣性材料來填充上述適於熱絕緣區之部分，以形成熱絕緣區，以及

蝕刻及除去半導體基板之另一面以形成熱絕緣區，藉此可將熱絕緣區安排於半導體基板與可撓區之間者。

依照本發明之第四十六態樣，提供一種製造方法，其藉包括下述步驟之方法來製備本發明之第五態樣之半導體裝置：

蝕刻及除去半導體基板之一面以形成至少一個部分，此或此等部分適於被安排於半導體基板與可撓區間之熱絕緣區；

在熱絕緣區中形成一增強層；

用熱絕緣性材料來填充上述適於熱絕緣區之部分，以形成熱絕緣區，以及

蝕刻及除去半導體基板之另一面以形成熱絕緣區，藉此可將熱絕緣區安排於半導體基板與可撓區之間，而使增強層可形成於熱絕緣區中者。



圖式簡單說明

在附圖中：

圖1為半導體微型致動器(使用與本發明第一具體例相對應之半導體裝置)之構造之一部分剖面透視圖；

圖2(a)為展示圖1之半導體微型致動器之構造之剖視圖，而圖2(b)為展示圖1之半導體微型致動器之構造之俯視圖；

圖3為展示圖1之半導體裝置之構造之剖視圖；

圖4(a)至4(c)展示構造模型，被用以求出圖1之半導體裝置之強度；圖4(a)為簡略圖，圖4(b)為分布圖，而圖4(c)為分布圖；

圖5(a)至5(d)為展示圖1之半導體裝置之製造方法之剖視圖；

圖6(a)及6(b)為展示另一種半導體裝置之構造之剖視圖及俯視圖；

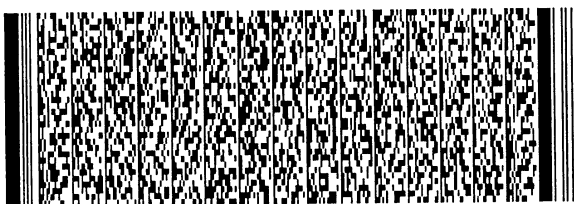
圖7為沿著圖6(b)之線Y-Y'採取之剖視圖，展示圖6(a)及6(b)之半導體裝置之構造者；

圖8(a)至8(e)為展示圖6(a)及6(b)之半導體裝置之製造方法之剖視圖；

圖9(a)及9(b)為展示另一種不同半導體裝置之構造之剖視圖及俯視圖；

圖10為沿著圖9(b)之線B-B'採取之剖視圖，展示圖9(a)及9(b)之半導體裝置之構造者；

圖11為與本發明第二具體例相對應之半導體微型致動器之構造之一部分剖面透視圖；



圖式簡單說明

圖12(a)為展示圖11之半導體微型致動器之構造之剖視圖，而圖2(b)為展示圖11之半導體微型致動器之構造之俯視圖；

圖13為展示另一種半導體微型致動器之構造之剖視圖；

圖14(a)至14(e)為展示圖13之半導體微型致動器之製造方法之剖視圖；

圖15(a)至15(d)為展示圖13之半導體微型致動器之製造方法之剖視圖；

圖16為展示圖13之半導體微型致動器之另一配線構造之剖視圖；

圖17為與本發明第三具體例相對應之半導體微型致動器之構造之一部分剖面透視圖；

圖18為展示與本發明第三具體例相對應之半導體微型致動器之構造之俯視圖；

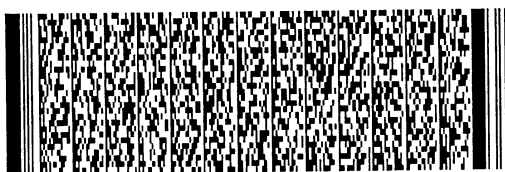
圖19為與本發明第四具體例相對應之半導體微型致動器之構造之一部分剖面透視圖；

圖20為展示與本發明第四具體例相對應之半導體微型致動器之構造之俯視圖；

圖21為與本發明第五具體例相對應之半導體微型致動器之構造之一部分剖面透視圖；

圖22為展示與本發明第五具體例相對應之半導體微型致動器之構造一俯視圖；

圖23為與本發明第六具體例相對應之半導體微型致動器之構造之一部分剖面透視圖；



圖式簡單說明

圖24為與本發明第七具體例相對應之半導體微型致動器之構造之一部分剖面透視圖；

圖25為與本發明第八具體例相對應之半導體微型致動器之構造之一部分剖面透視圖；

圖26為另一種半導體微型致動器之構造之一部分剖面透視圖；

圖27為與本發明第九具體例相對應之半導體微型閥之構造之一部分剖面透視圖；

圖28為另一種半導體微型閥之構造之一部分剖面透視圖；

圖29為另一種不同半導體微型閥之構造之一部分剖面透視圖；

圖30為與本發明第十具體例相對應之半導體微型閥之構造之一部分剖面透視圖；

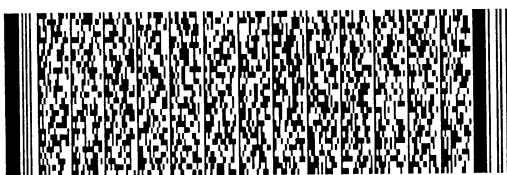
圖31為另一種半導體微型閥之構造之一部分剖面透視圖；

圖32為與本發明第十一具體例相對應之半導體微型繼電器之構造之一部分剖面透視圖；

圖33為與本發明第十二具體例相對應之半導體微型繼電器之構造之一部分剖面透視圖；

圖34(a)至34(d)為展示圖33之半導體微型繼電器之製造方法之剖視圖；

圖35(a)至35(e)為展示圖33之半導體微型繼電器之製造方法之剖視圖；



圖式簡單說明

圖36(a)及36(b)為展示圖33之半導體微型繼電器之製造方法之剖視圖；

圖37為另一種半導體微型繼電器之構造之一部分剖面透視圖；

圖38為一透視圖，被用以說明圖33之半導體微型繼電器之功能；

圖39為一關係圖，被用以說明圖33之半導體微型繼電器之功能；

圖40為一側視圖，被用以說明圖33之半導體微型繼電器之功能；

圖41為與本發明第十三具體例相對應之半導體微型繼電器之構造之一部分剖面透視圖；

圖42(a)至42(d)為展示圖41之半導體微型繼電器之製造方法之剖視圖；

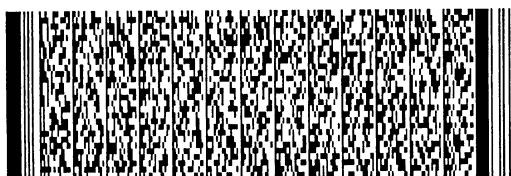
圖43(a)至43(e)為展示圖41之半導體微型繼電器之製造方法之剖視圖；

圖44(a)及44(b)為展示圖33之半導體微型繼電器之製造方法之剖視圖；

圖45(a)至45(e)為展示圖41之半導體微型繼電器之另一製造方法之剖視圖；

圖46(a)至46(e)為展示圖41之半導體微型繼電器之另一製造方法之剖視圖；

圖47(a)及47(b)為展示圖33之半導體微型繼電器之另一製造方法之剖視圖；



圖式簡單說明

圖48為另一種半導體微型繼電器之構造之一部分剖面透視圖；

圖49為一透視圖，被用以說明圖41之半導體微型繼電器之功能；

圖50為一關係圖，被用以說明圖41之半導體微型繼電器之功能；

圖51為一關係圖，被用以說明圖41之半導體微型繼電器之功能；

圖52為另一種半導體微型繼電器之構造之一部分剖面透視圖；

圖53為展示關聯技術之半導體微型致動器之構造之俯視圖；

圖54為展示關聯技術之半導體微型致動器之構造之剖視圖；

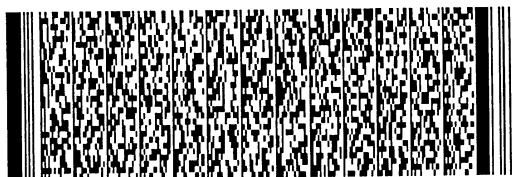
圖55為展示關聯技術之半導體微型繼電器之構造之剖視圖；以及

圖56為一簡略圖，被用以說明關聯技術之半導體微型繼電器之功能。

圖57為半導體微型致動器(使用與本發明另一具體例相對應之半導體裝置)之構造之一部分剖面透視圖；

圖58(a)為展示圖57之半導體微型致動器之構造之剖視圖；

圖58(b)為展示圖57之半導體微型致動器之構造之俯視圖；



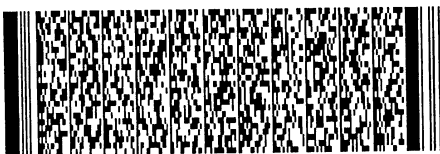
圖式簡單說明

圖59為半導體微型致動器(使用與本發明另一具體例相對應之半導體裝置)之構造之一部分剖面透視圖；

圖60為展示圖59之半導體微型致動器之構造之俯視圖；

圖61為半導體微型閥(使用與本發明另一具體例相對應之半導體裝置)之構造之一部分剖面透視圖；以及

圖62為半導體微型閥(使用與本發明另一具體例相對應之半導體裝置)之構造之一部分剖面透視圖。

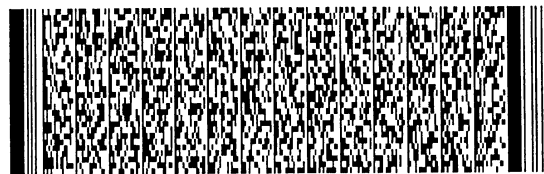
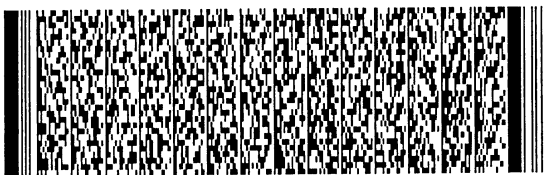


四、中文發明摘要 (發明之名稱：半導體裝置)

可撓區2在一端藉由熱絕緣區7連接到成為框架之半導體基板3而在相對之一端連接到可動元件5。熱絕緣區7為由熱絕緣性材料如聚醯亞胺或氟化樹脂等之樹脂所製成。可撓區2為由具有不同之熱膨脹係數之薄層部2S與薄膜2M所構成。當形成於薄層部2S之表面上之擴散電阻器6被加熱時，則由於薄層部2S與薄膜2M在熱膨脹上有差異，使可撓區2移位，而使可動元件5發生根據半導體基板3之位移。

英文發明摘要 (發明之名稱：SEMICONDUCTOR DEVICE)

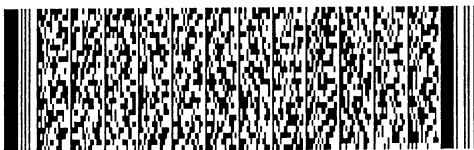
A flexible area 2 is joined at one end via a thermal insulation area 7 to a semiconductor substrate 3 which becomes a frame and at an opposite end to a moving element 5. The thermal insulation area 7 is made of a thermal insulation material a resin such as polyimide or a fluoridated resin. The flexible area 2 is made up of a thin portion 2S and a thin film 2M different in thermal expansion coefficient. When a diffused resistor 6 formed on the surface of the thin



四、中文發明摘要 (發明之名稱：半導體裝置)

英文發明摘要 (發明之名稱：SEMICONDUCTOR DEVICE)

portion 2S is heated, the flexible area 2 is displaced because of the thermal expansion difference between the thin portion 2S and the thin film 2M, and the moving element 5 is displaced with respect to the semiconductor substrate 3.



、申請專利範圍

1. 一種半導體裝置，包括：

半導體基板；

可撓區，此區在響應溫度變化之下發生根據該半導體基板之位移；以及

隔熱區，此區被安排於該半導體基板與該可撓區之間且由該半導體基板與該可撓區之接合用之樹脂所製成者。

2. 如申請專利範圍第1項之半導體裝置，其中該樹脂具有約 $0.4\text{W}/(\text{m}^{\circ}\text{C})$ 或更低之熱傳導係數者。

3. 如申請專利範圍第2項之半導體裝置，其中製造該隔熱區之材料為聚醯亞胺者。

4. 如申請專利範圍第2項之半導體裝置，其中製造該隔熱區之材料為氟化樹脂者。

5. 如申請專利範圍第1項之半導體裝置，其中該隔熱區為具有由一種比該樹脂更硬之材料製成之增強層者。

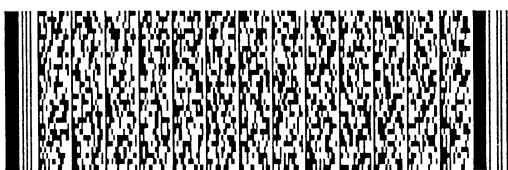
6. 如申請專利範圍第5項之半導體裝置，其中該增強層具有 $9.8 \times 10^9 \text{N}/\text{m}^2$ 以上之楊格模數者。

7. 如申請專利範圍第6項之半導體裝置，其中該增強層為二氧化矽薄膜者。

8. 如申請專利範圍第1項之半導體裝置，其中與該區接觸之該半導體基板及該可撓區之部分為形成梳齒狀者。

9. 一種半導體裝置，包括：

如申請專利範圍第1至8項中任一項之半導體裝置；以及一與可撓區鄰接配置之可動元件，其中在可撓區之溫度有變化時，該可動元件則發生根據半導體基板之位移者。



六、申請專利範圍

10. 如申請專利範圍第9項之半導體裝置，其中該可撓區具有懸臂梁構造者。

11. 如申請專利範圍第9項之半導體裝置，其中該可動元件為藉複數之可撓區所支持者。

12. 如申請專利範圍第11項之半導體裝置，其中該等可撓區形成一種十字形藉由該可動元件在中心交叉者。

13. 如申請專利範圍第9項之半導體裝置，其中該可動元件之位移包含對半導體基板基面之水平方向位移旋轉者。

14. 如申請專利範圍第11項之半導體裝置，其中該等可撓區為各呈L狀之四個可撓區，此等四個可撓區被安置以沿著各方向與可動元件在中央保持相等間隔者。

15. 如申請專利範圍第9至14項中任一項之半導體裝置，其中可撓區為由具有不同之熱膨脹係數且響應熱膨脹係數之差異移位之至少二區所組成者。

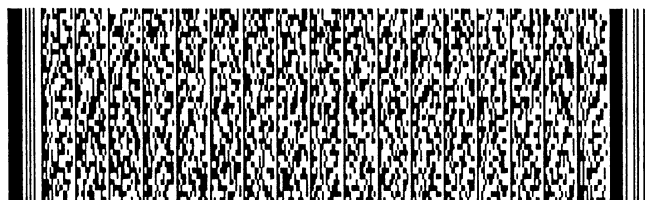
16. 如申請專利範圍第15項之半導體裝置，其中可撓區包括由矽製成之區及由鋁製成之區者。

17. 如申請專利範圍第15項之半導體裝置，其中可撓區包括由矽製成之區及由鎳製成之區者。

18. 如申請專利範圍第15項之半導體裝置，其中組成可撓區之區中至少一區為由與隔熱區相同之材料所製成者。

19. 如申請專利範圍第18項之半導體裝置，其中可撓區包括由矽製成之區，以及由聚醯胺製成之區作為與隔熱區相同之材料製成之區者。

20. 如申請專利範圍第18項之半導體裝置，其中可撓區



六、申請專利範圍

包括由矽製成之區，以及由氟化樹脂製成之區作為與隔熱區相同之材料製成之區者。

21. 如申請專利範圍第9項之半導體裝置，其中可撓區為由形狀記憶合金所製成者。

22. 如申請專利範圍第9項之半導體裝置，其中在可撓區與該可動元件之間設有由可撓區與該可動元件之接合用之樹脂所製成之隔熱區者。

23. 如申請專利範圍第22項之半導體裝置，其中使設在半導體基板與可撓區之間之隔熱區之剛性不同於設在可撓區與該可動元件之間之隔熱區之剛性者。

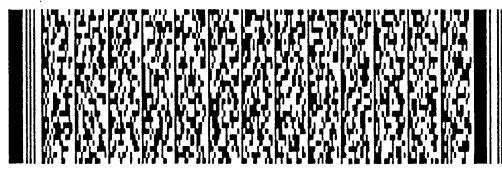
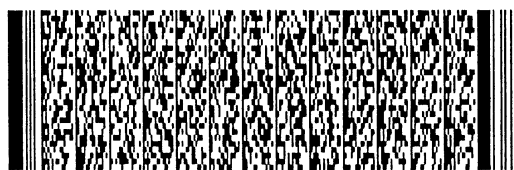
24. 如申請專利範圍第9項之半導體裝置，其中可撓區包含可撓區加熱用之加熱機構者。

25. 如申請專利範圍第9項之半導體裝置，又包括：被用以對可撓區加熱用之加熱機構供給電力之一配線，係在隔熱區未介入之下所形成者。

26. 如申請專利範圍第9項之半導體裝置，其中該可動元件形成有凹部者。

27. 如申請專利範圍第9項之半導體裝置，其中在可撓區與該可動元件或半導體基板之接合部附近設有應力釋放用之外圓角者。

28. 如申請專利範圍第27項之半導體裝置，其中半導體基板形成有朝向可撓區之接合部突出之突起部，又其中該外圓角係以半導體基板上之基面上之外圓角形狀可在突起部基端部之兩端成為R(圓弧)狀之方式所形成者。



六、申請專利範圍

29. 如申請專利範圍第27項之半導體裝置，其藉包括下述步驟之方法所製成：將半導體基板從基面蝕刻以形成一凹部，在此凹部之底面部中形成可撓區，而以可在凹部之底面部與側面部之境界上形成R(圓弧)狀之方式形成外圓角者。

30. 一種半導體微型閥，包括：

如申請專利範圍第9至29項中任一項之半導體裝置；以及

一流體元件，此元件連接至半導體裝置且擁有一流體通路，其具有在響應可動元件之位移之下變化之流動流體量者。

31. 如申請專利範圍第30項之半導體微型閥，其中該半導體裝置與該流體元件係利用陽極接合法接合者。

32. 如申請專利範圍第30項之半導體微型閥，其中該半導體裝置與該流體元件係利用共晶接合法接合者。

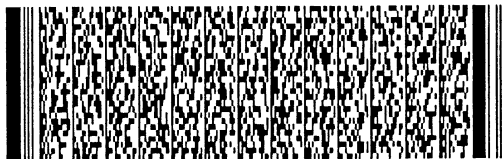
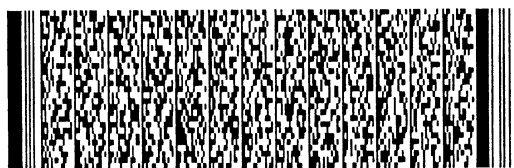
33. 如申請專利範圍第30項之半導體微型閥，其中該半導體裝置與該流體元件係藉由間隔層接合者。

34. 如申請專利範圍第33項之半導體微型閥，其中該間隔層為由聚醯亞胺所製成者。

35. 一種半導體微型繼電器，包括：

如申請專利範圍第9至29項中任一項之半導體裝置；以及

一固定元件，此元件連接至該半導體裝置且具有固定接觸器被安排於與設在可動元件上之可動接觸器相對應之位



六、申請專利範圍

置上，該等固定接觸器可與可動接觸器形成接觸狀態者。

36. 如申請專利範圍第35項之半導體微型繼電器，其中固定接觸器互相遠離被配置而與可動接觸器形成接觸，因此藉由可動接觸器造成導電者。

37. 如申請專利範圍第35項之半導體微型繼電器，其中可動接觸器及固定接觸器為金鈷所製成者。

38. 如申請專利範圍第35項之半導體微型繼電器，其中該半導體裝置與該固定元件係利用陽極接合法接合者。

39. 如申請專利範圍第35項之半導體微型繼電器，其中該半導體裝置與該固定元件係利用共晶接合法接合者。

40. 如申請專利範圍第35項之半導體微型繼電器，其中該半導體裝置與該固定元件係藉由間隔層接合者。

41. 如申請專利範圍第40項之半導體微型繼電器，其中該間隔層為由聚醯亞胺所製成者。

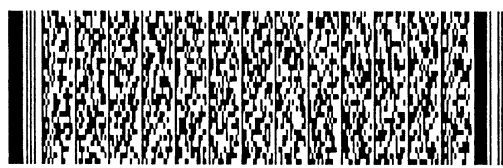
42. 一種屬於藉包括下述步驟之方法來製備如申請專利範圍第18項之半導體裝置之製造方法：

蝕刻及除去半導體基板之一面以形成底面部，此部為一區形成可撓區之一部分；

蝕刻及除去半導體基板之另一面以形成可動元件中之凹部；

蝕刻及除去半導體基板之另一面以形成至少一個部分，此或此等部分適於被安排於半導體基板與可撓區間之隔熱區；

用一熱絕緣性材料來填充上述適於隔熱區之部分，以形



六、申請專利範圍

成隔熱區；以及

將該熱絕緣性材料之塗層施加至半導體基板之該一面以形成一區，此區係形成可撓區之一部分者。

43. 一種屬於藉包括下述步驟之方法來製備如申請專利範圍第16項之半導體裝置之製造方法：

蝕刻及除去半導體基板之一面以形成底面部，此部為一區形成可撓區之一部分；

蝕刻及除去半導體基板之另一面以形成可動元件中之凹部；

蝕刻及除去半導體基板之另一面以形成至少一個部分，此或此等部分適於被安排於半導體基板與可撓區間之隔熱區；

形成一鋁薄膜作為被界定於半導體基板另一面上之可撓區中之一區，以及形成一配線，被用以將電力施加至加熱機構；以及

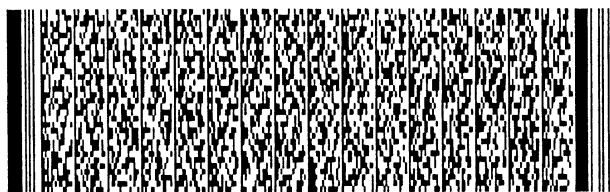
用熱絕緣性材料來填充上述適於隔熱區之部分，以形成隔熱區者。

44. 一種屬於藉包括下述步驟之方法來製備如申請專利範圍第17項之半導體裝置之製造方法：

蝕刻及除去半導體基板之一面以形成底面部，此部為一區形成可撓區之一部分；

蝕刻及除去半導體基板之另一面以形成可動元件中之凹部；

蝕刻及除去半導體基板之另一面以形成至少一個部分，



六、申請專利範圍

此或此等部分適於被安排於半導體基板與可撓區間之隔熱區；

形成一配線，被用以將電力施加至加熱機構；

用熱絕緣性材料來填充上述適於隔熱區之部分，以形成隔熱區，以及

形成一鍍薄膜作為被界定於半導體基板另一面上之可撓區中之一區者。

45. 一種屬於藉包括下述步驟之方法來製備如申請專利範圍第1項之半導體裝置之製造方法：

蝕刻及除去半導體基板之一面以形成至少一個部分，此或此等部分適於被安排於半導體基板與可撓區間之隔熱區；

用熱絕緣性材料來填充上述適於隔熱區之部分，以形成隔熱區，以及

蝕刻及除去半導體基板之另一面以形成隔熱區者。

46. 一種屬於藉包括下述步驟之方法來製備如申請專利範圍第5項之半導體裝置之製造方法：

蝕刻及除去半導體基板之一面以形成至少一個部分，此或此等部分適於被安排於半導體基板與可撓區間之隔熱區；

在隔熱區中形成一增強層；

用熱絕緣性材料來填充上述適於隔熱區之部分，以形成隔熱區，以及

蝕刻及除去半導體基板之另一面以形成隔熱區者。

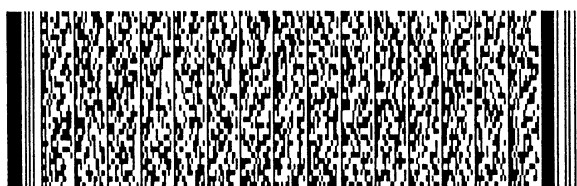


圖 1

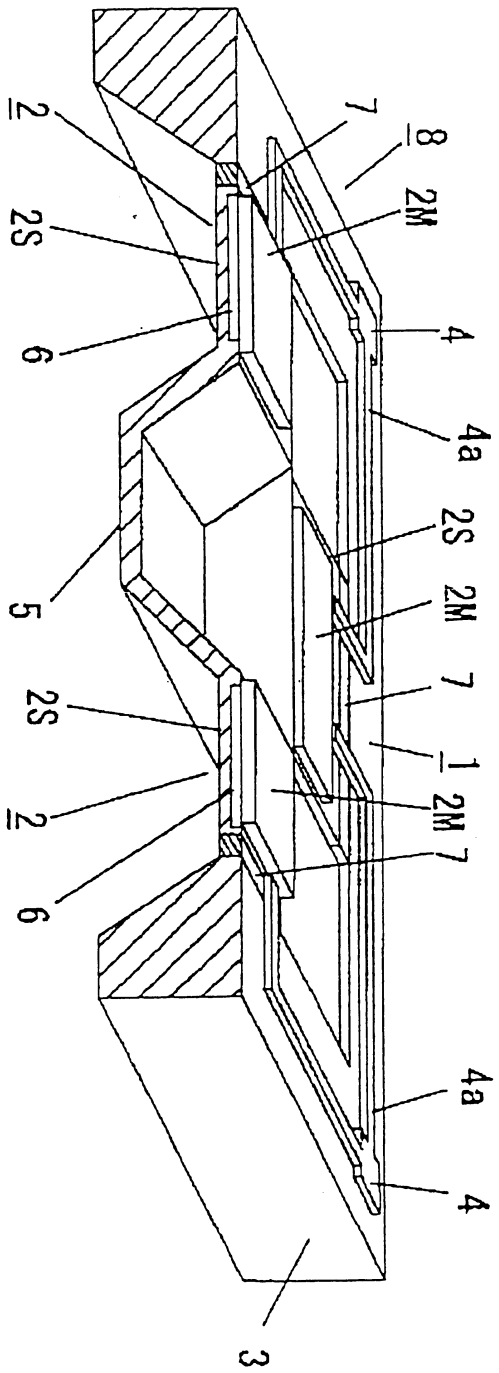


圖 2

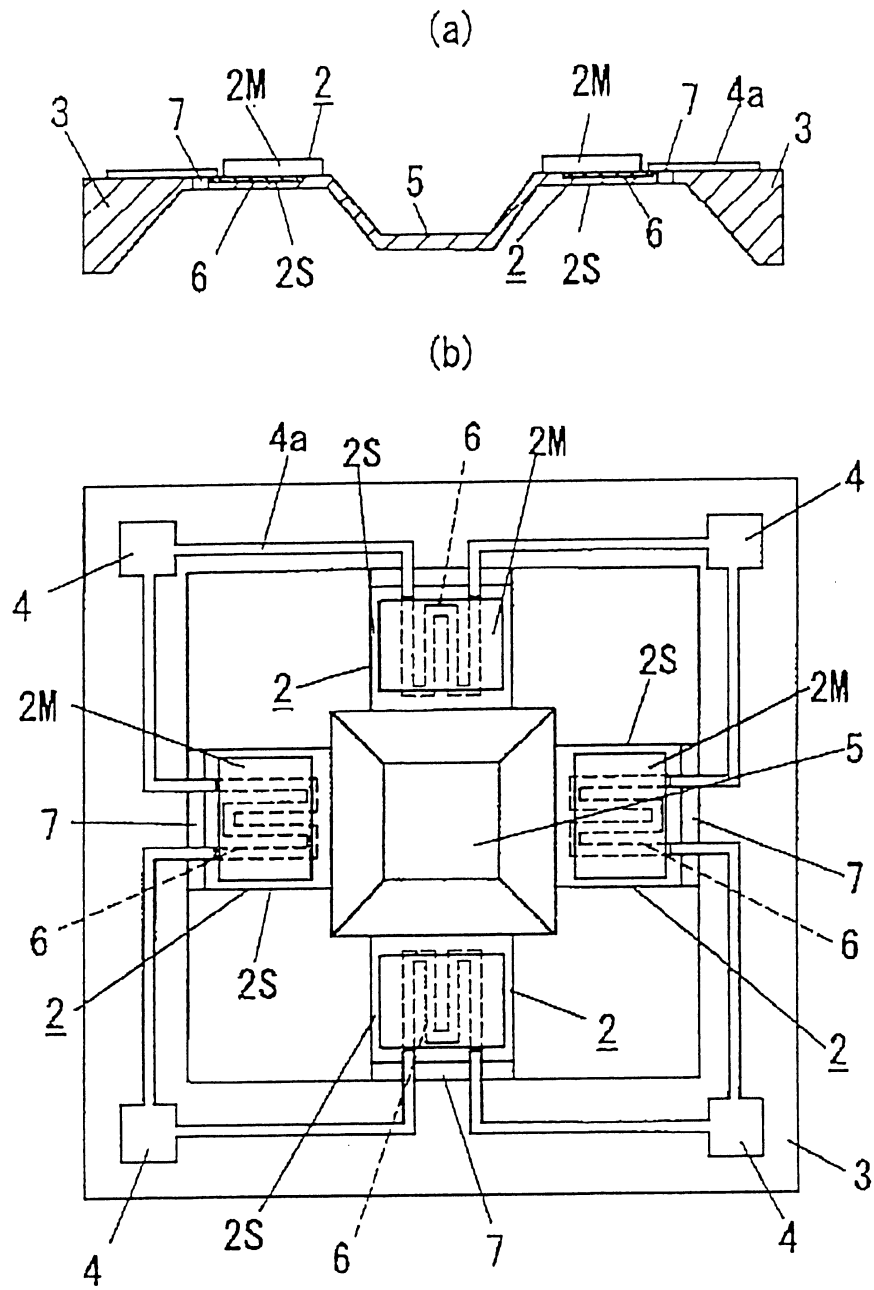


圖 3

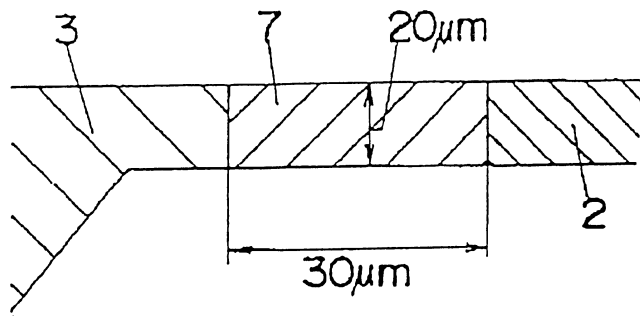


圖 4

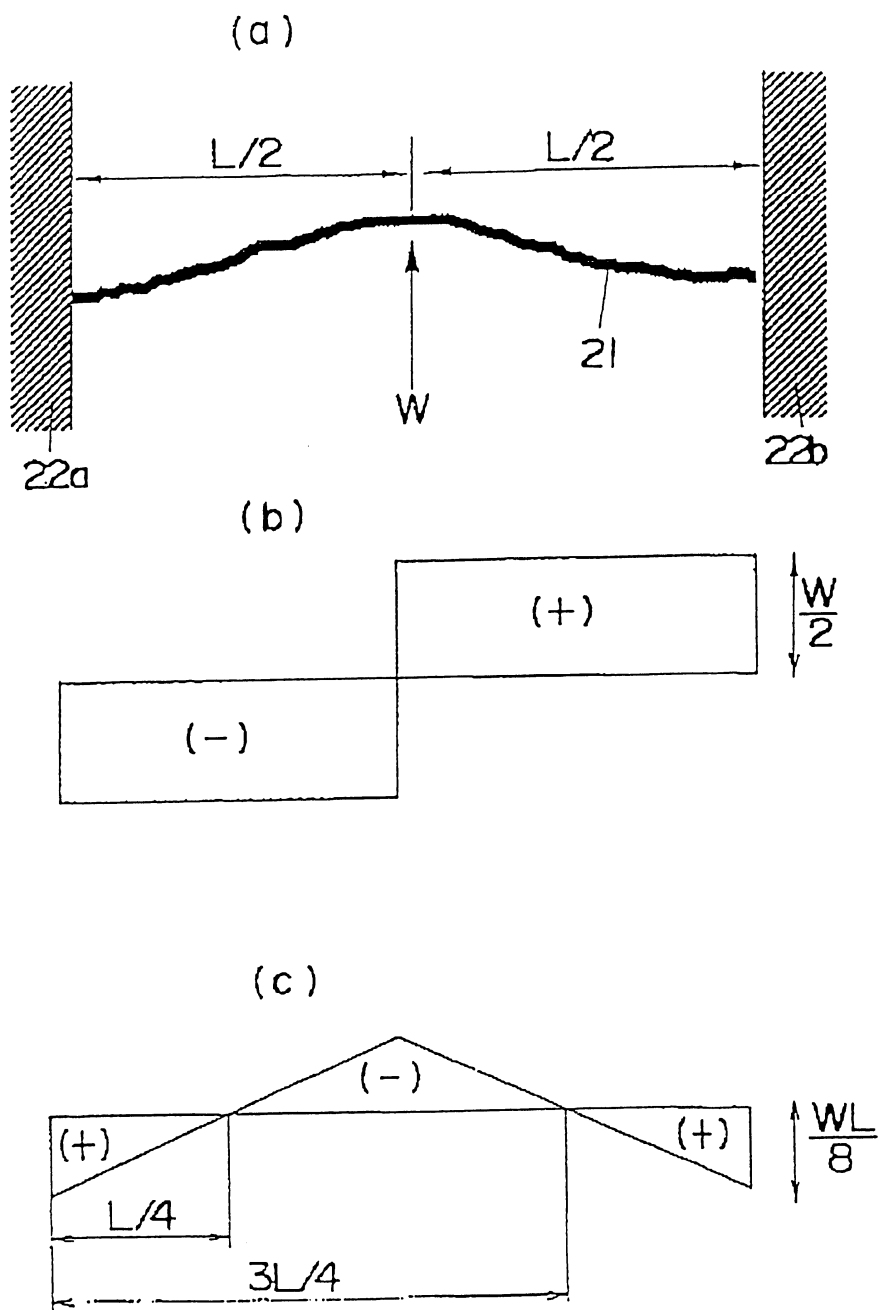


圖 5

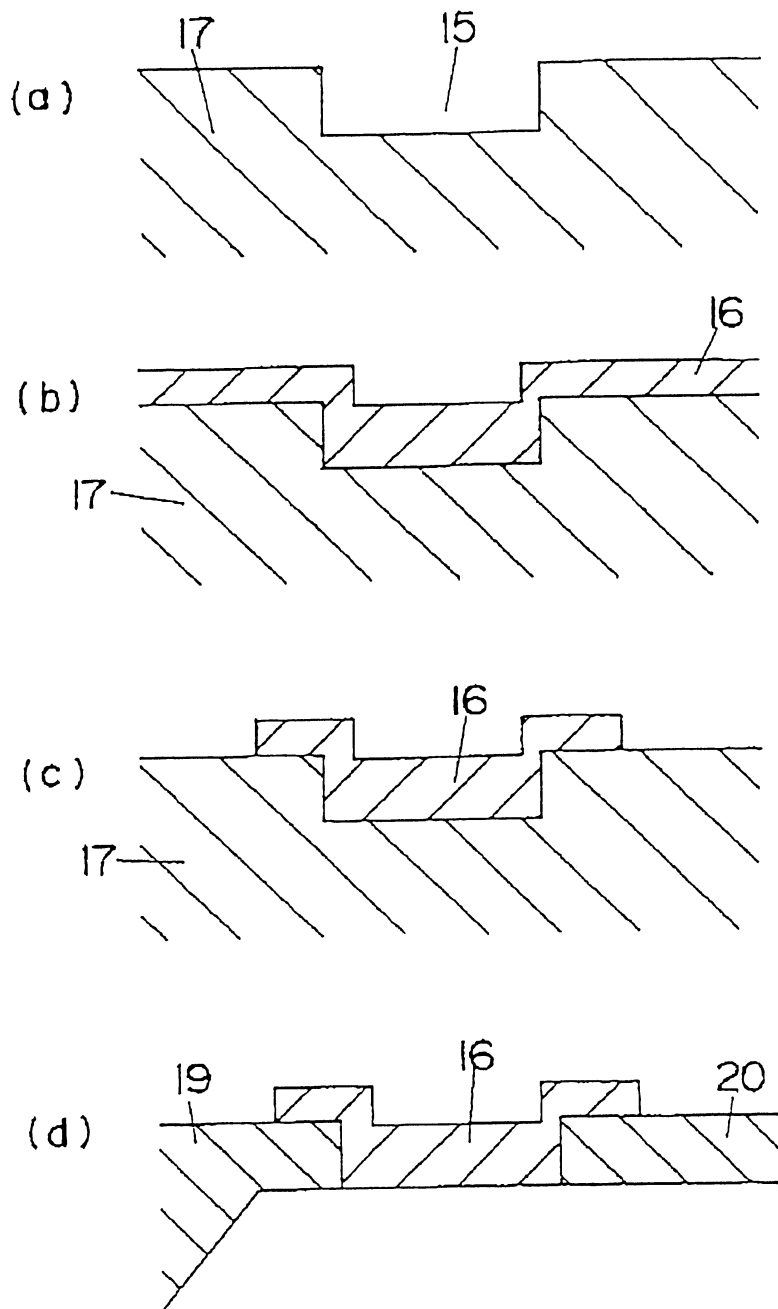


圖 6

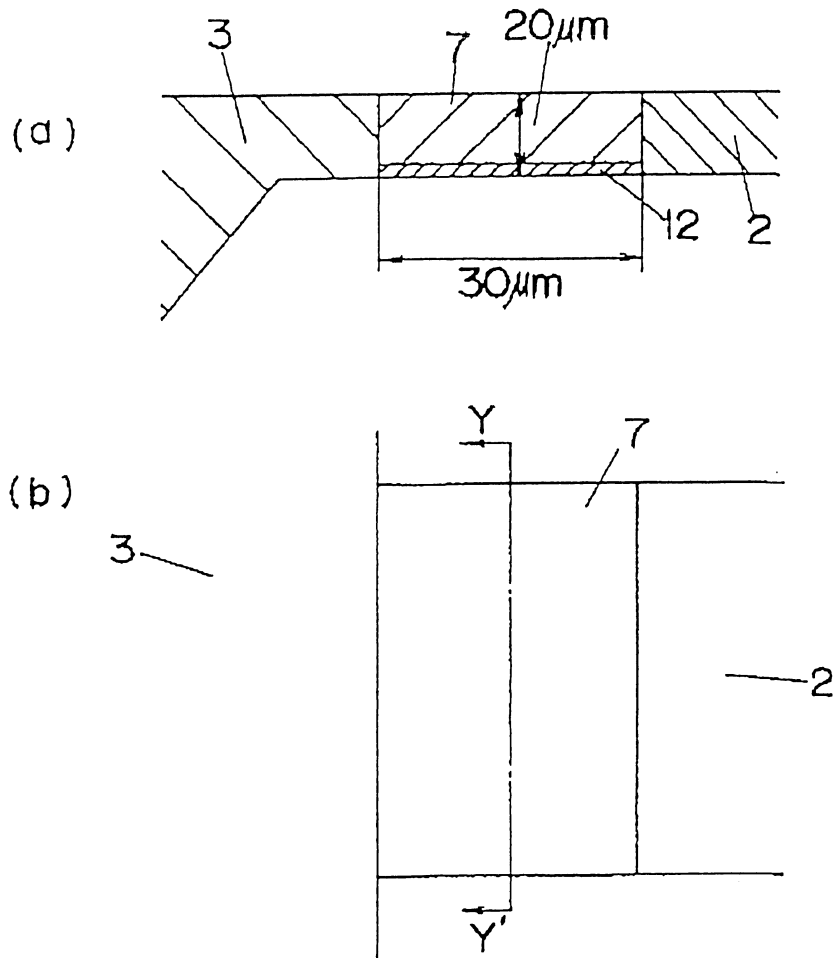


圖 7

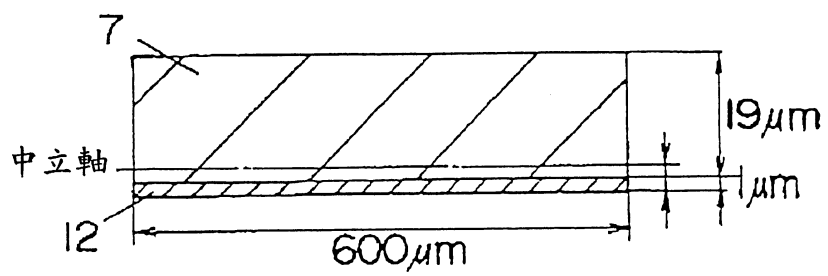


圖 8

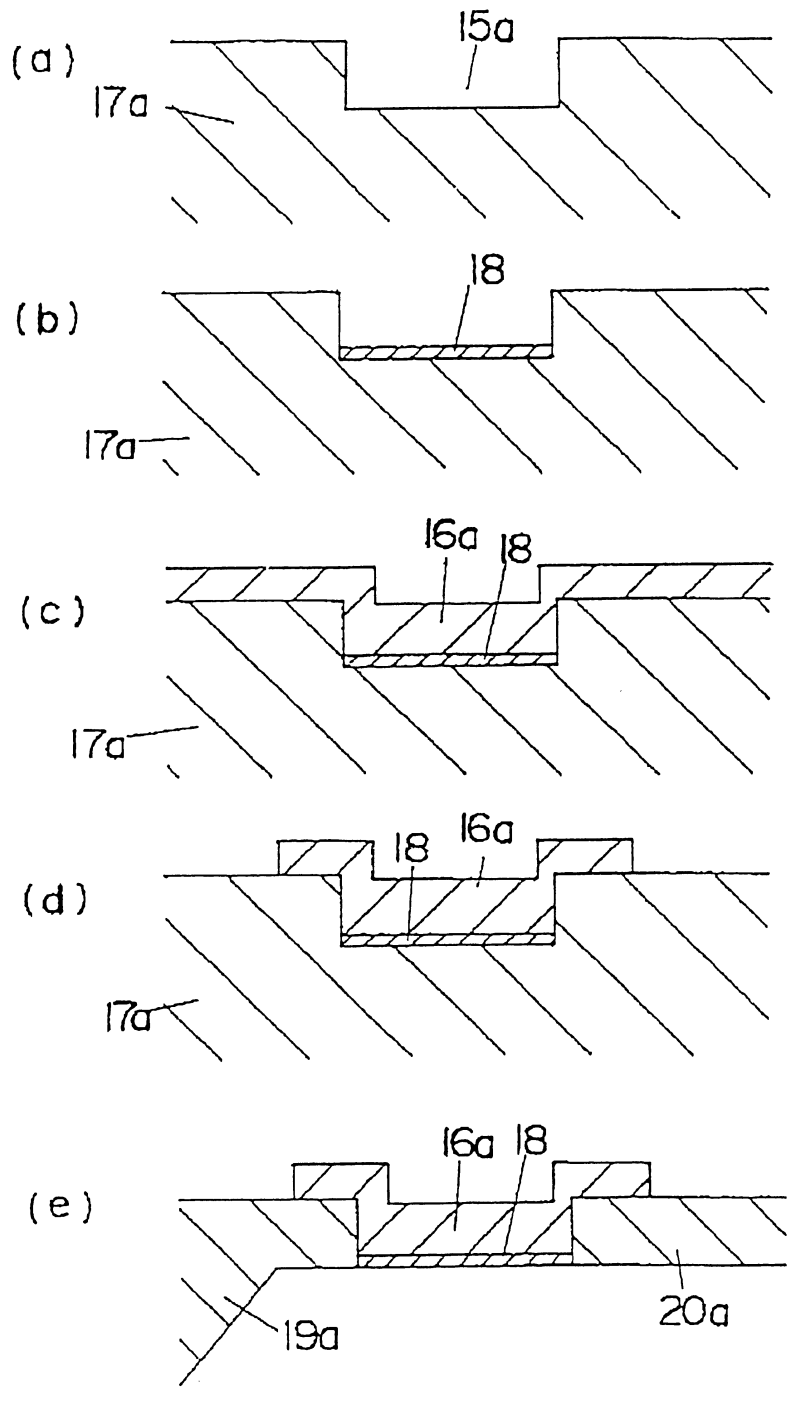


圖 9

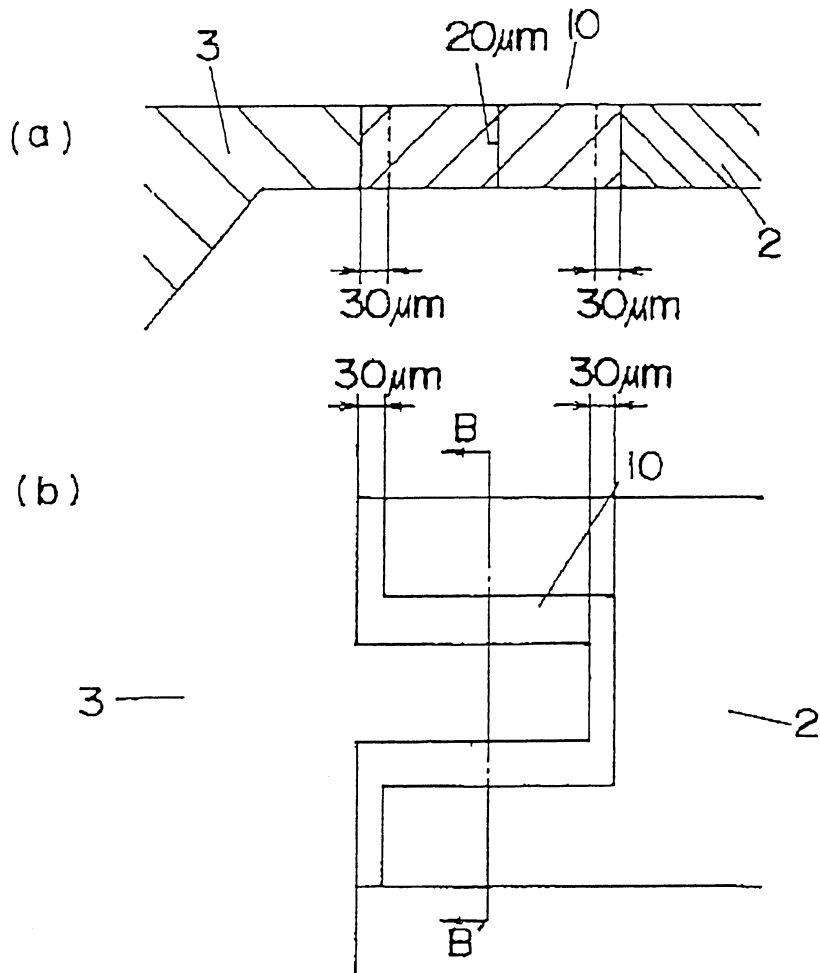


圖 10

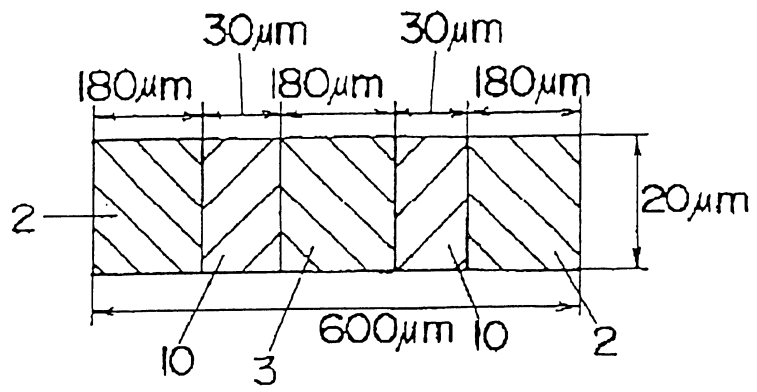


圖 11

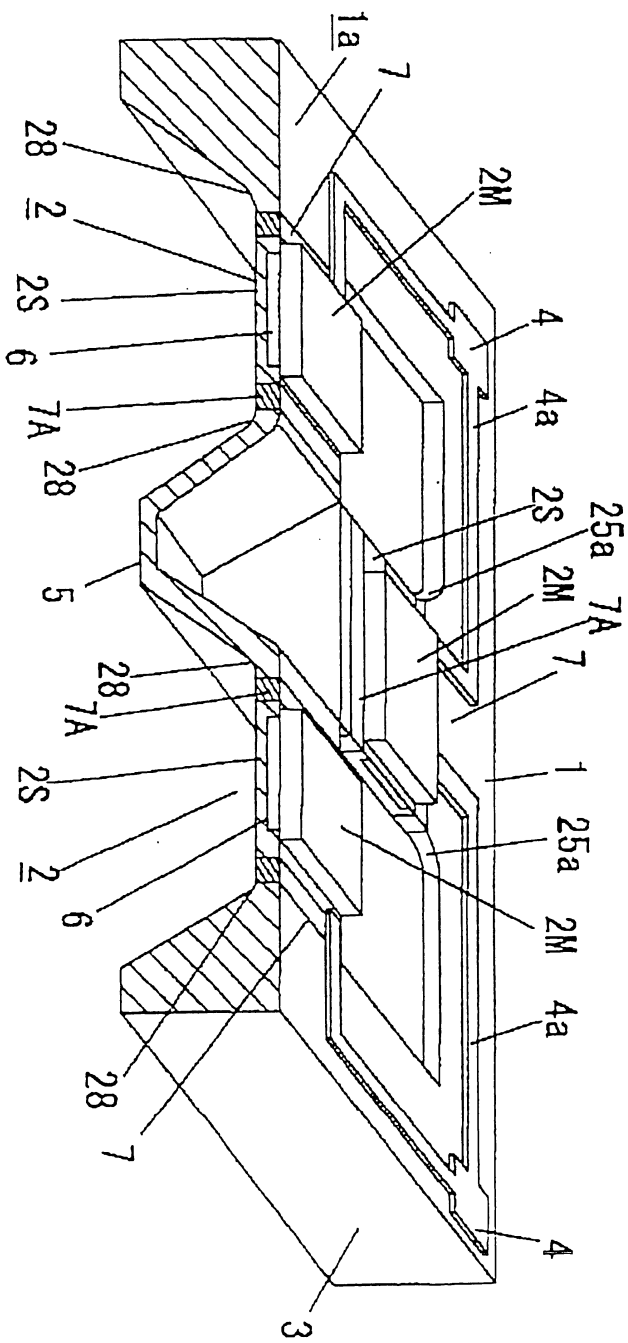


圖 1 2

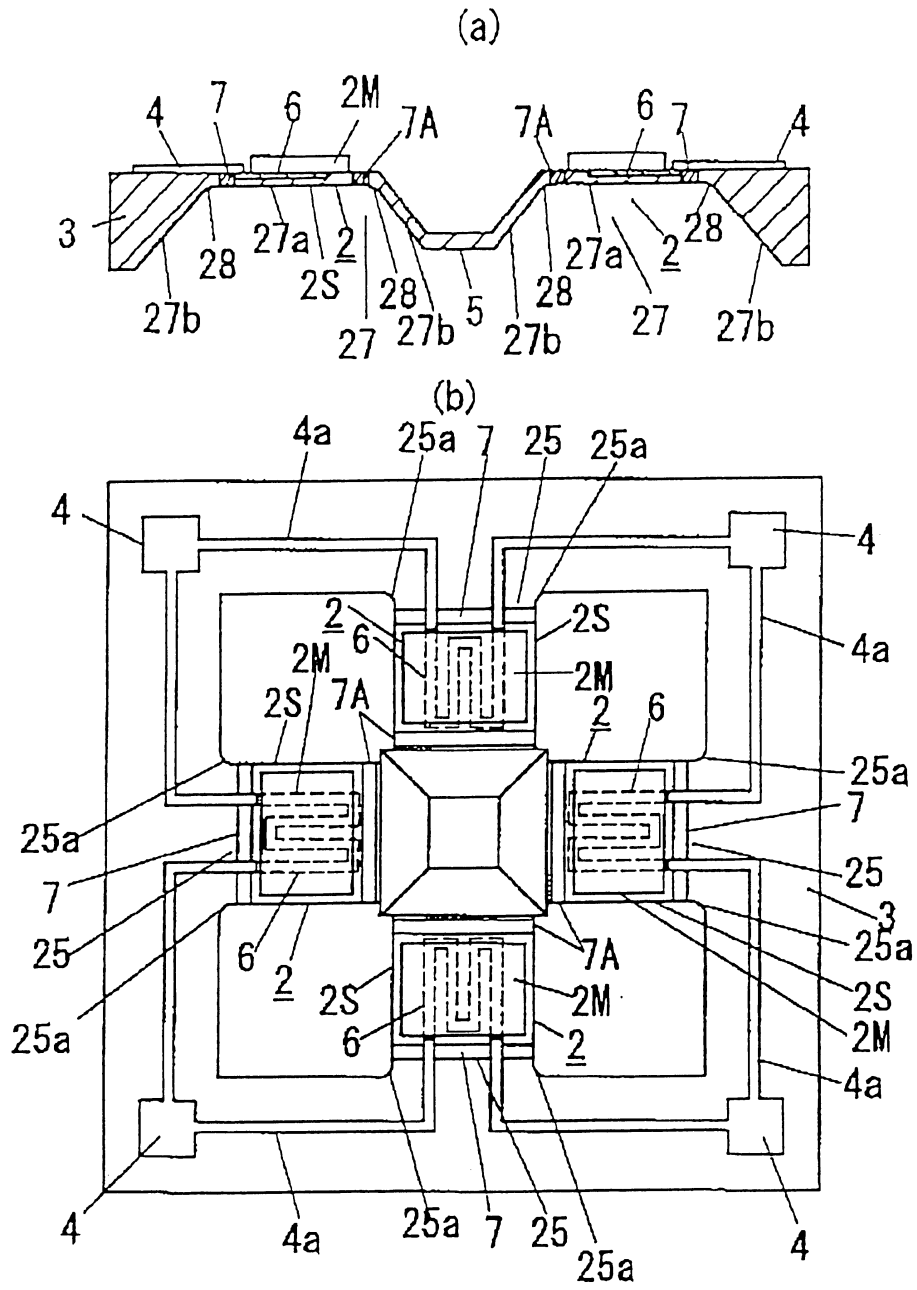


圖 13

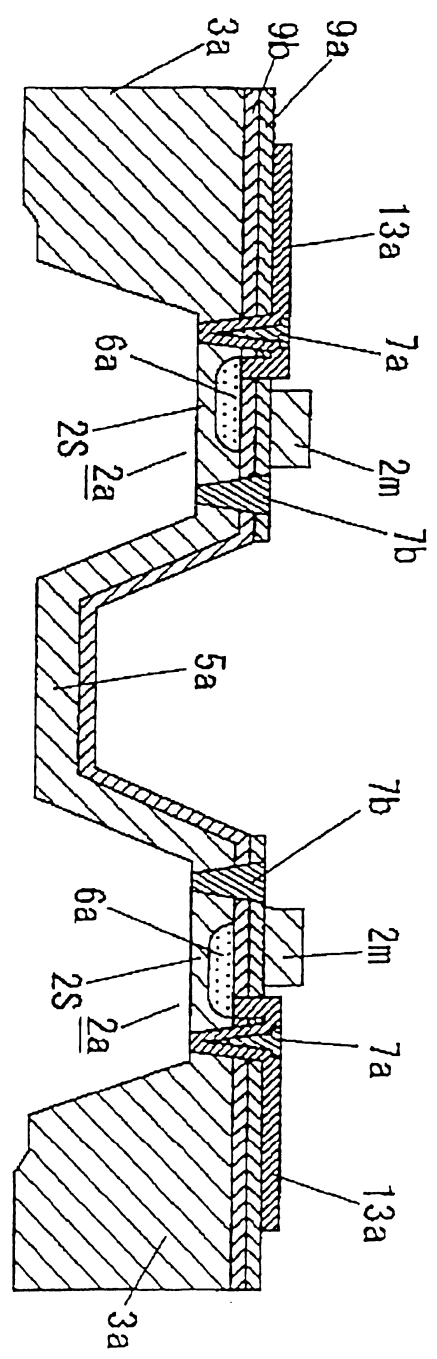


圖 1 4

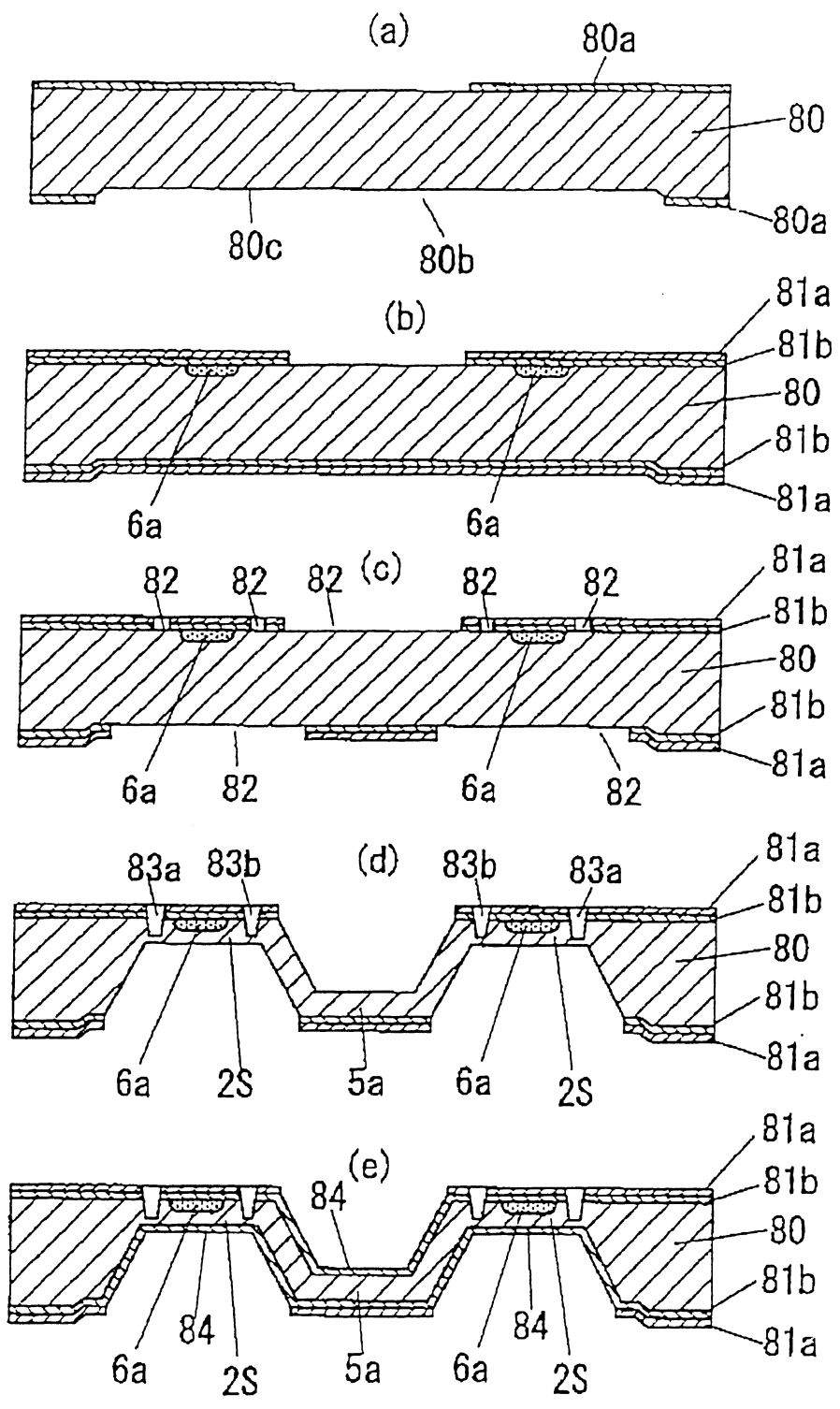


圖 15

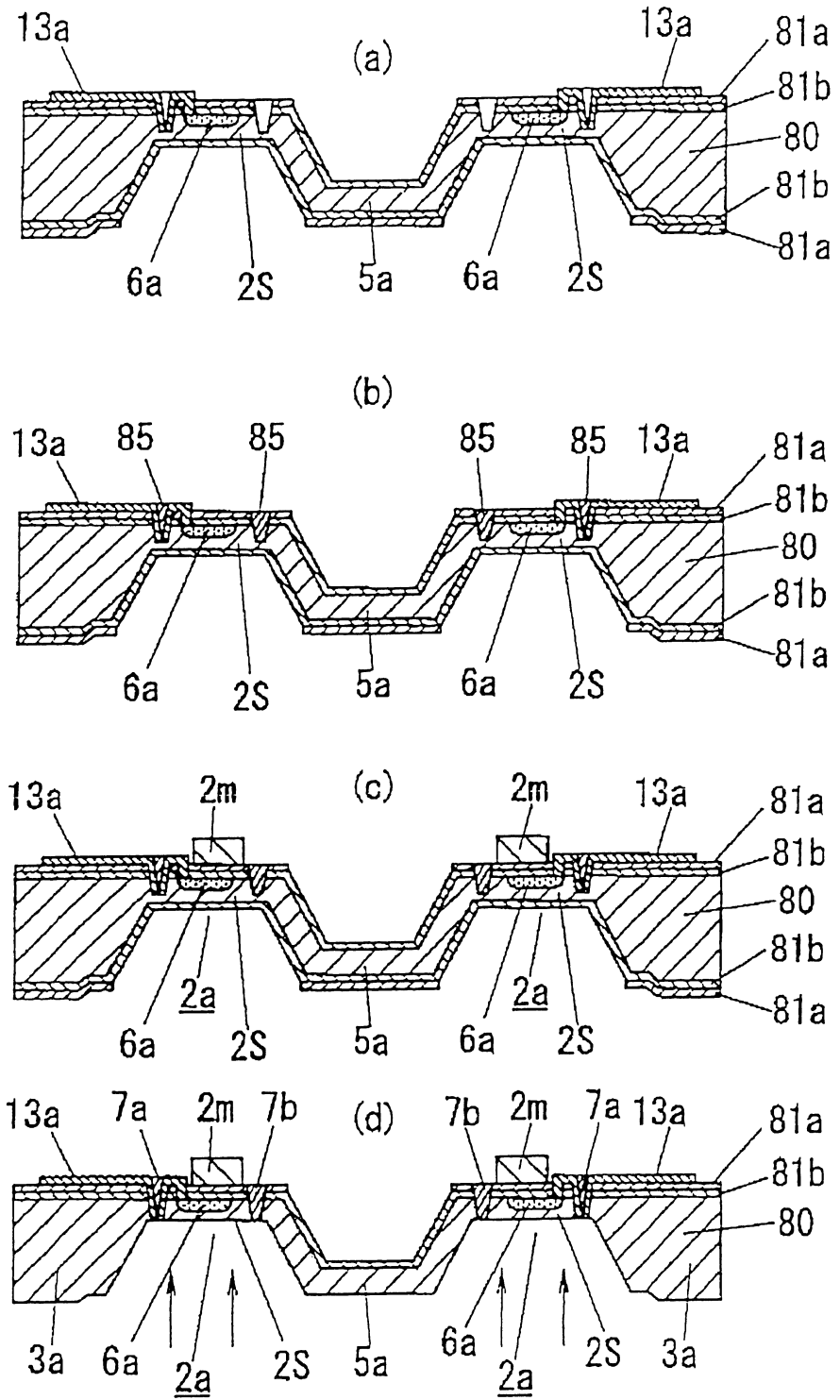


圖 16

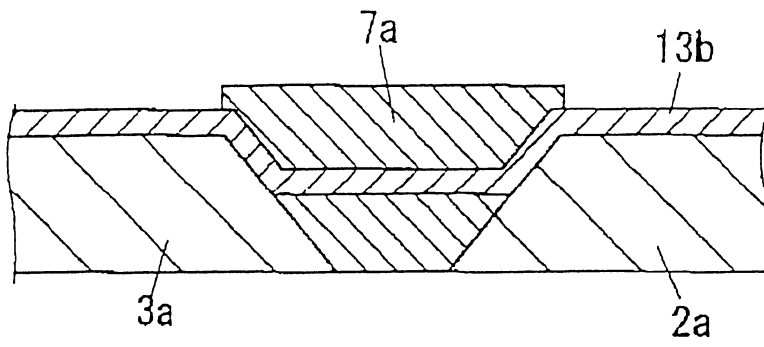


圖 17

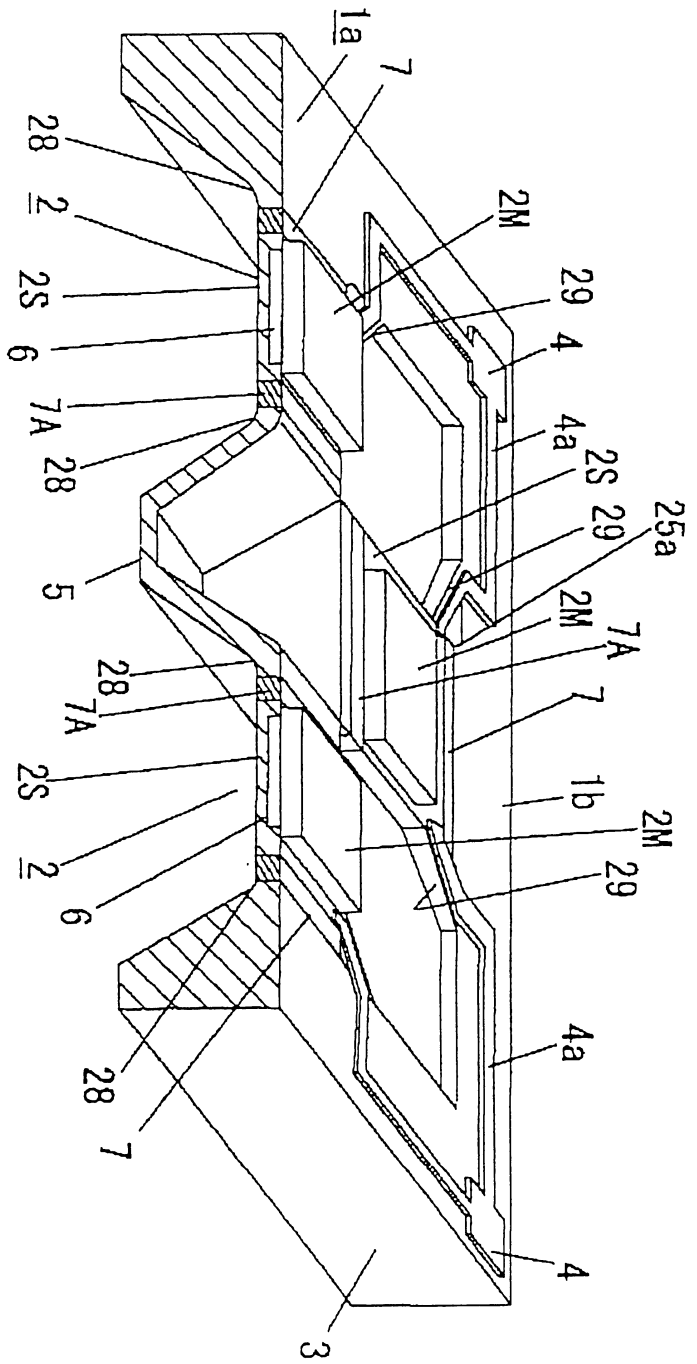


圖18

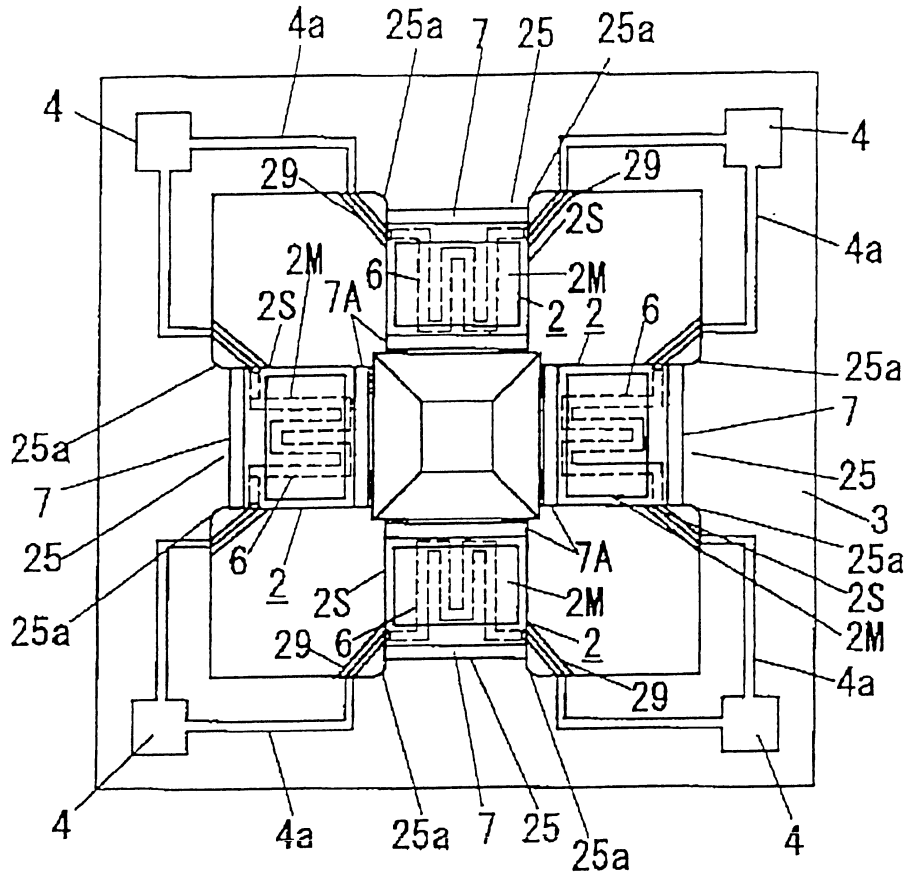


圖 19

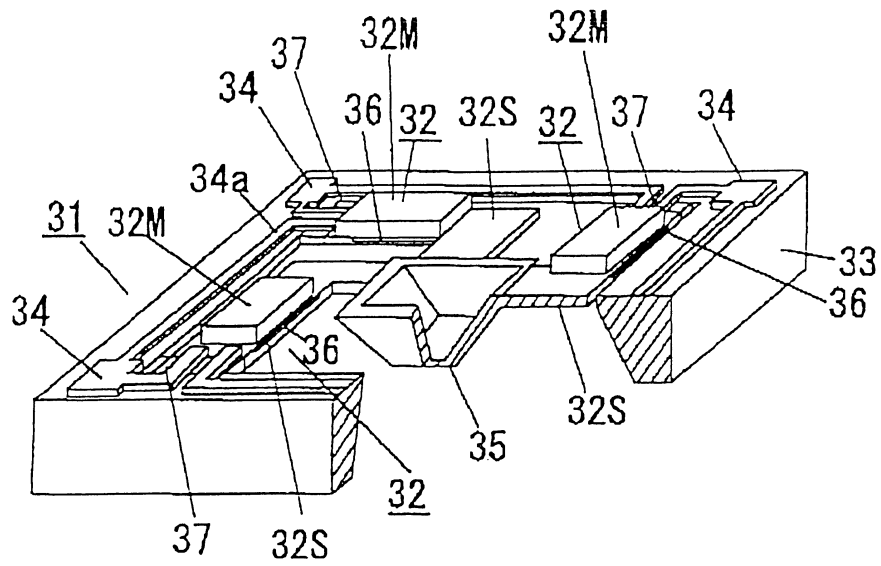


圖 20

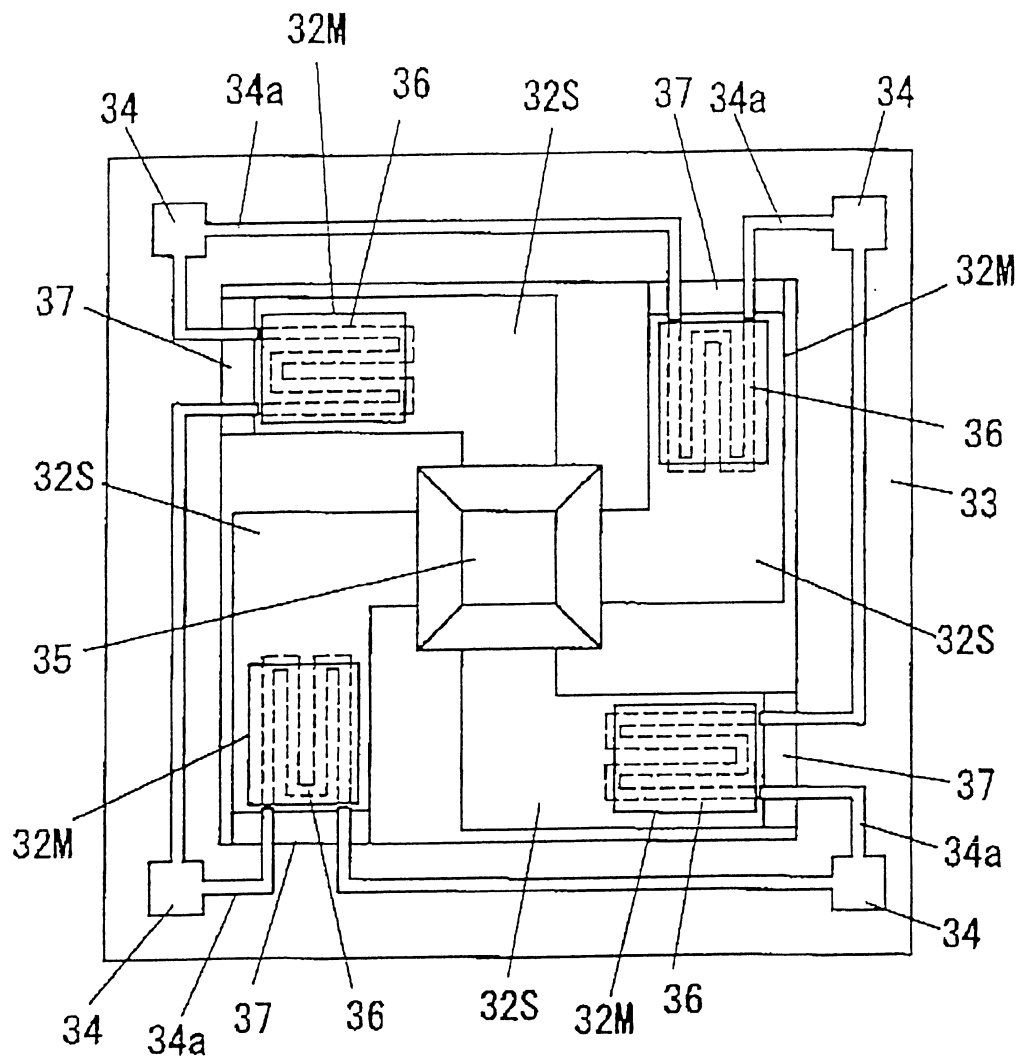


圖 2 1

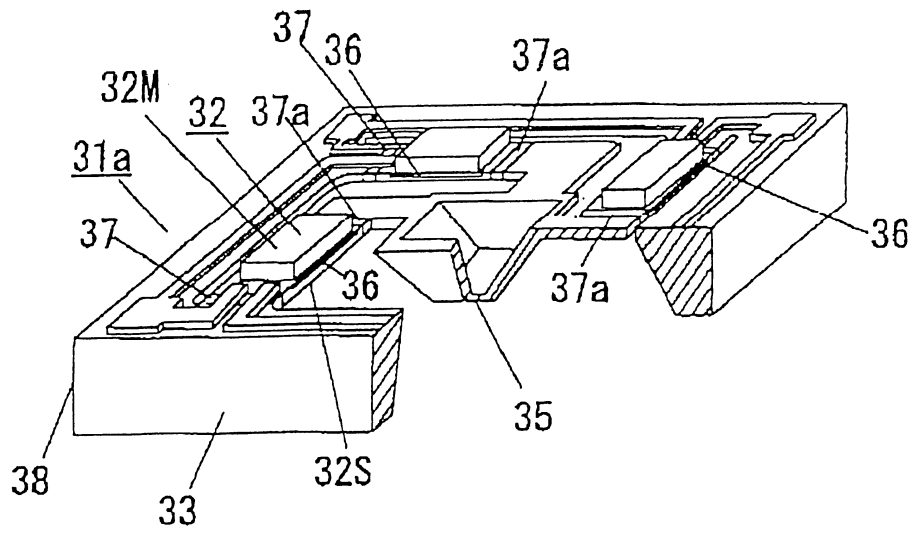


圖 22

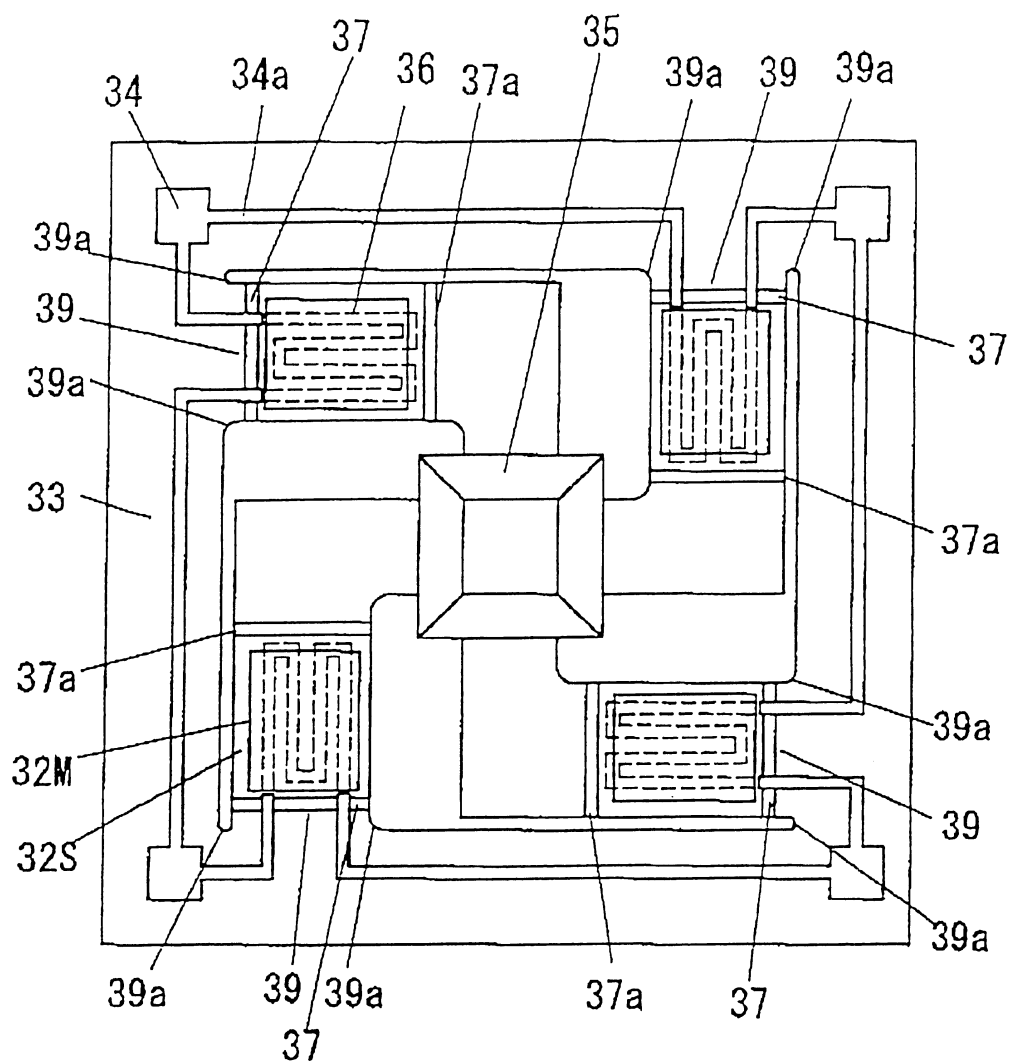


圖 23

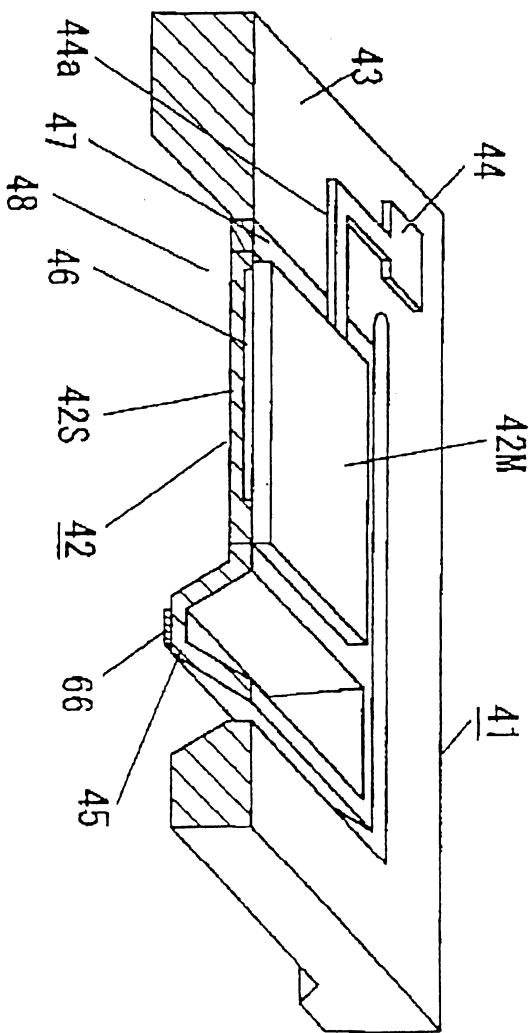
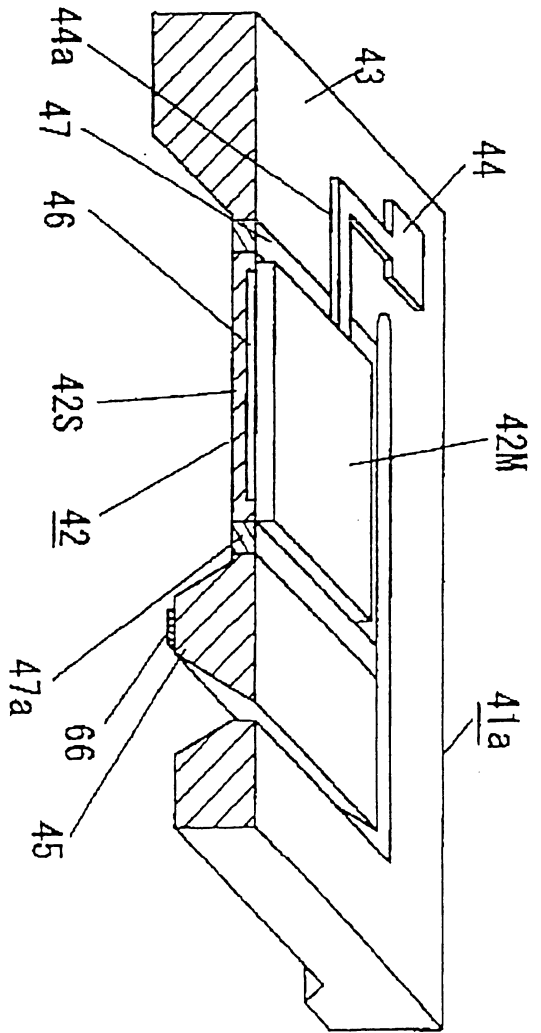


圖 24



25

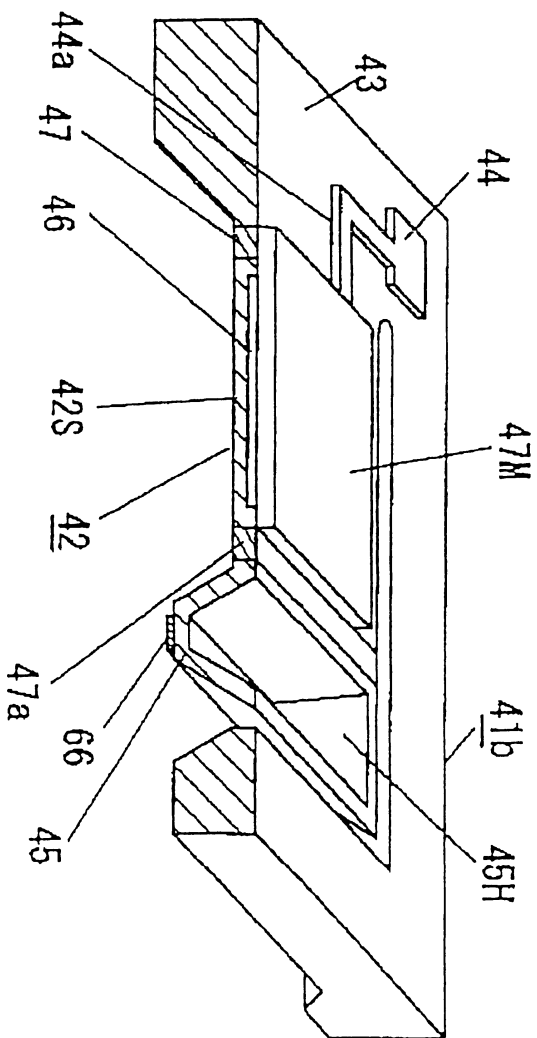


圖 26

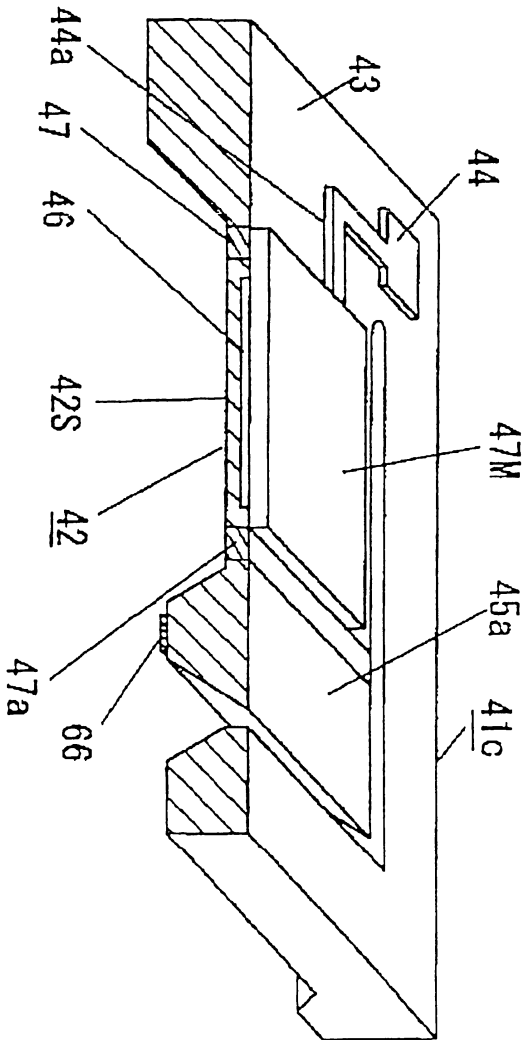


圖 27

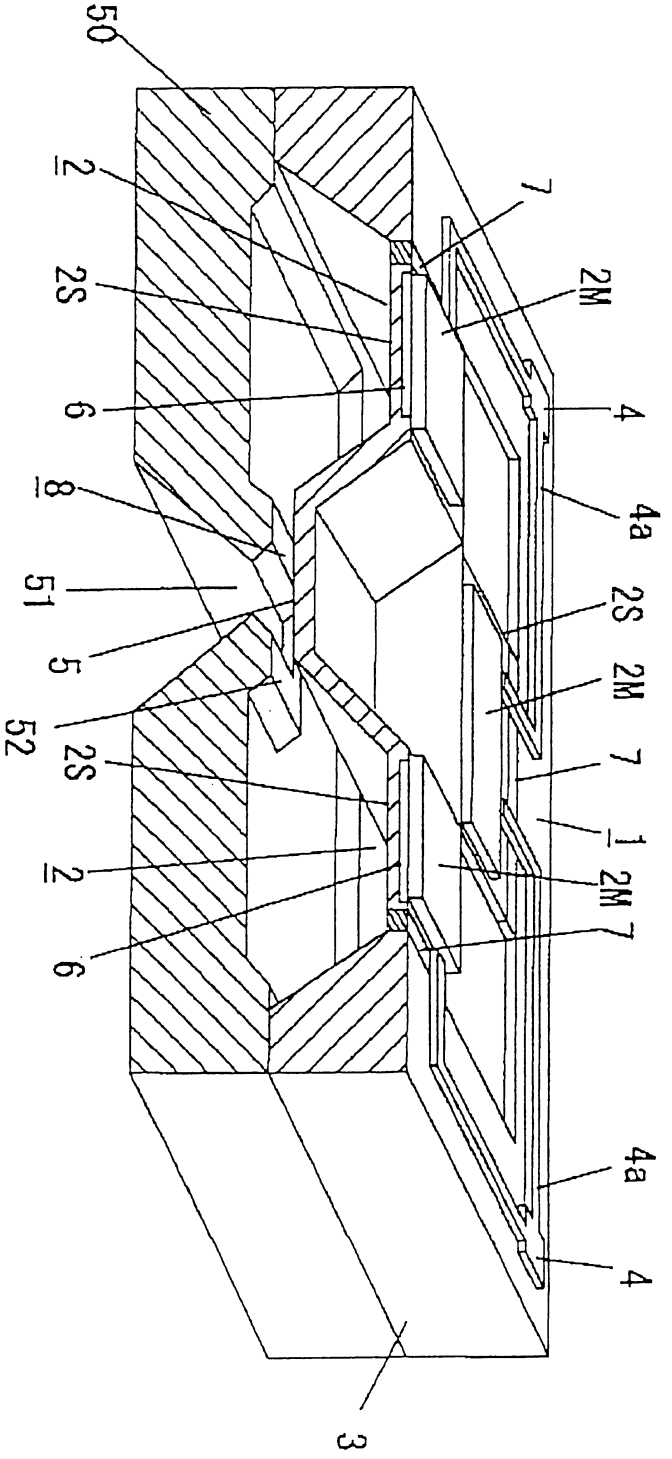


圖 28

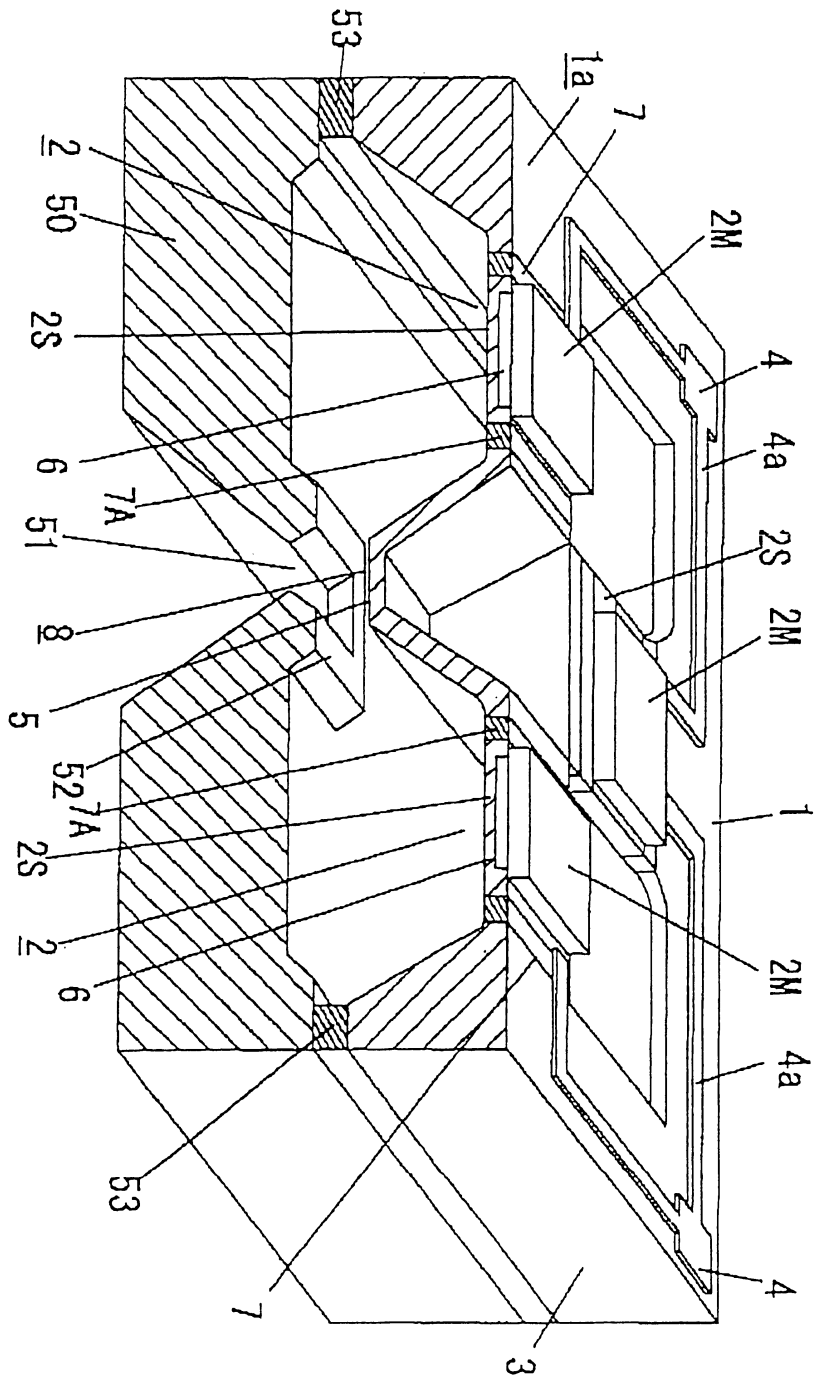


圖 29

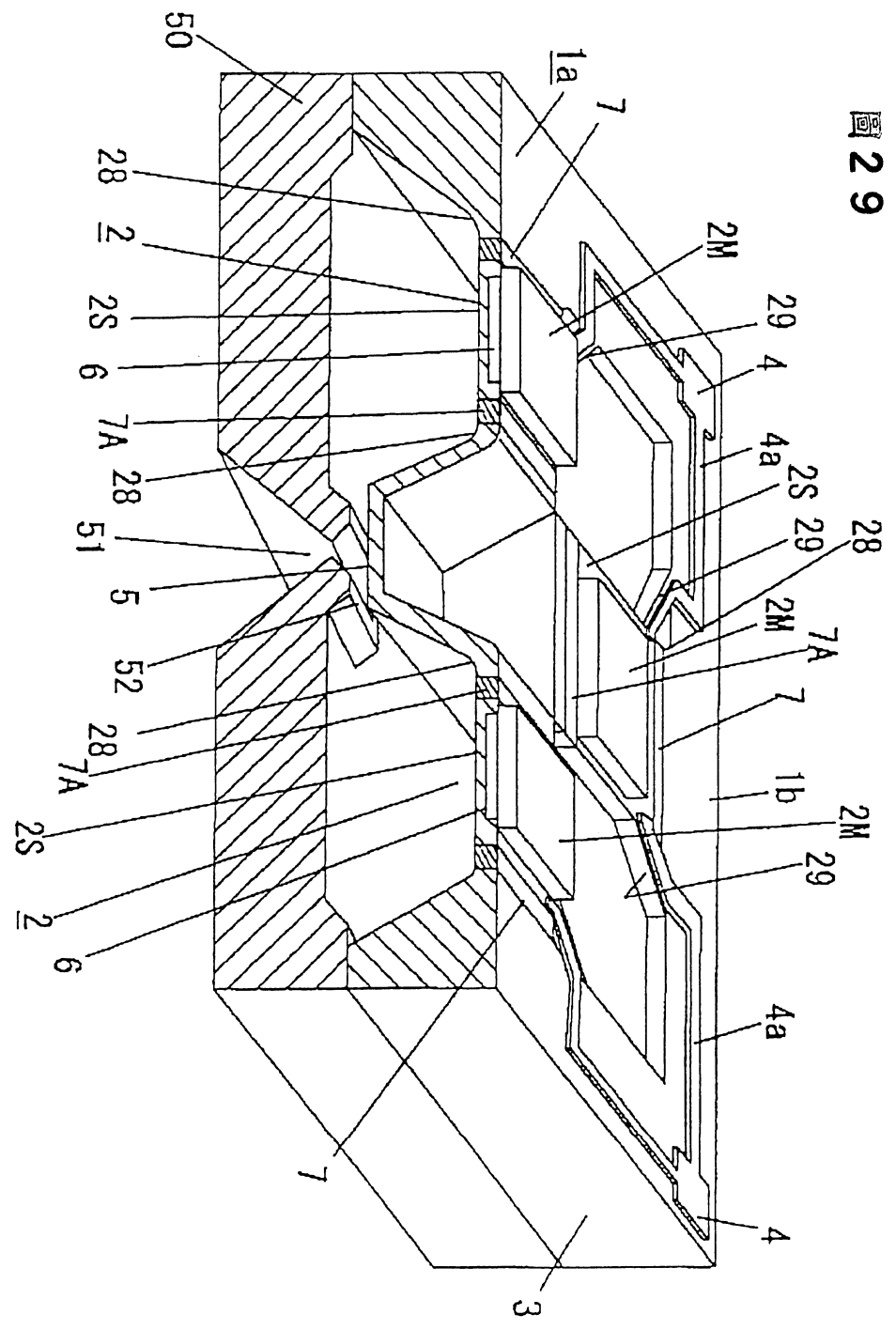


圖 30

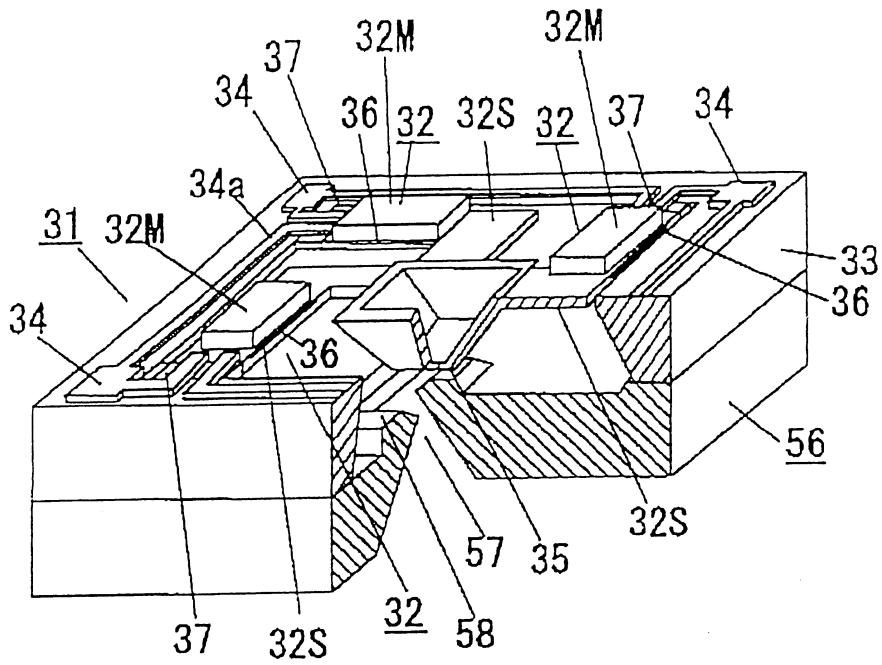


圖 3 1

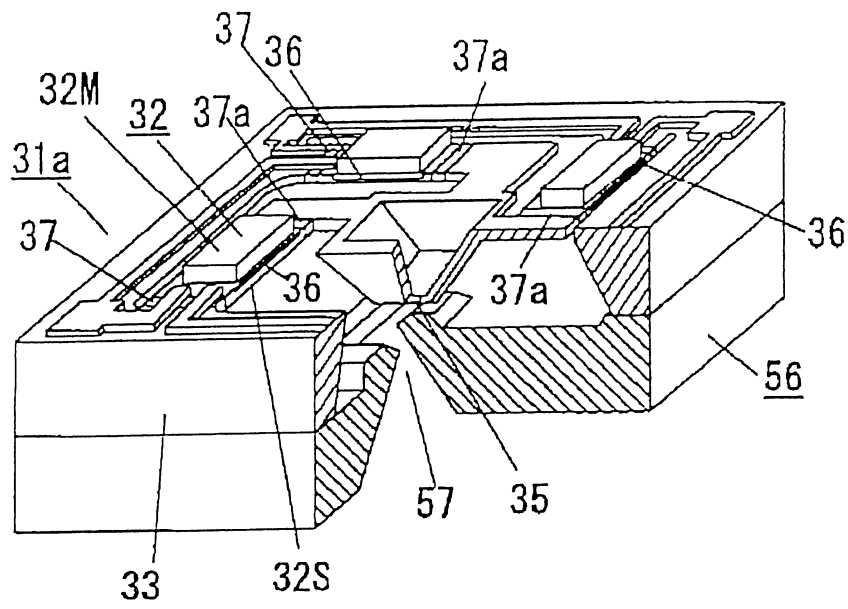


圖 32

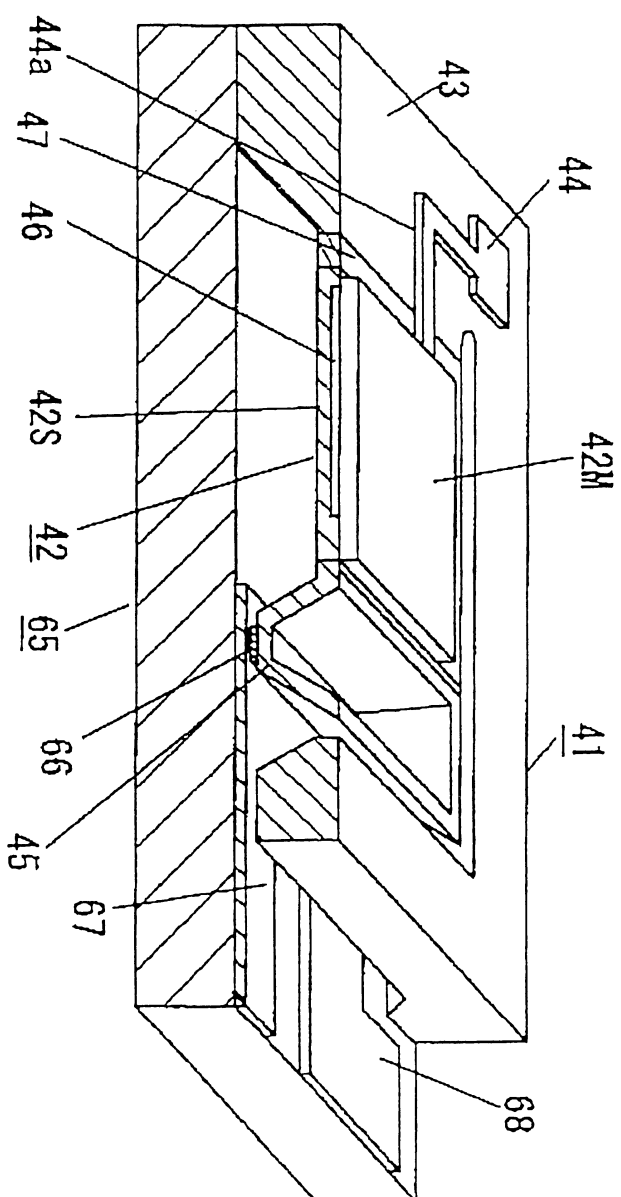


圖 33

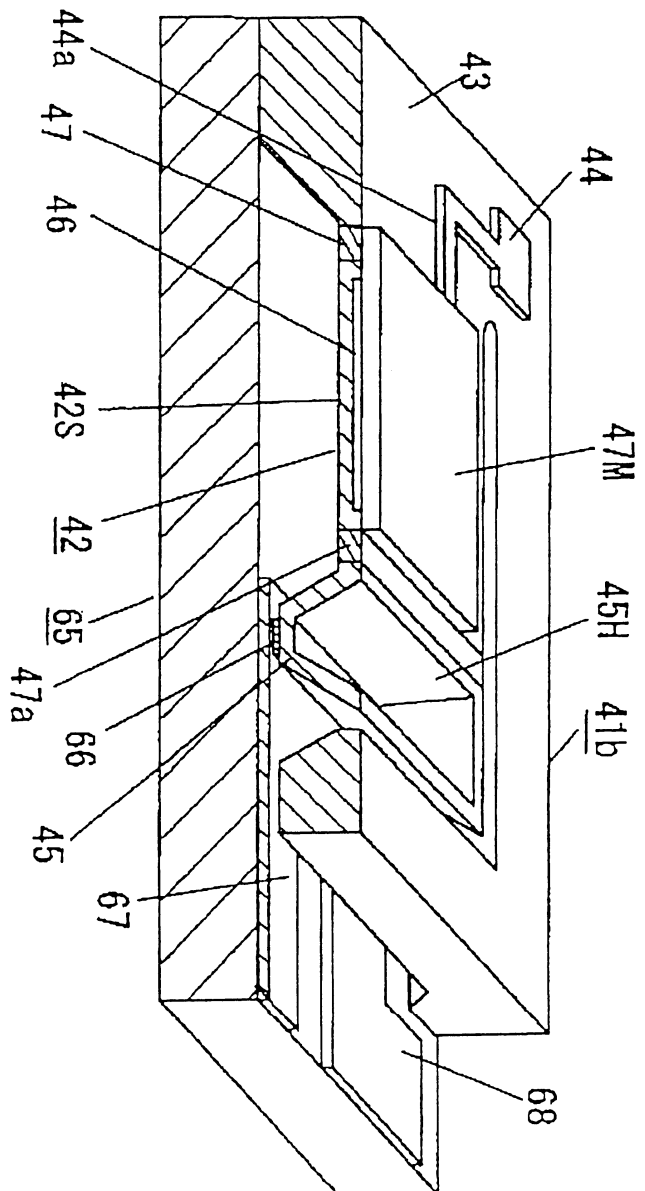


圖 3 4

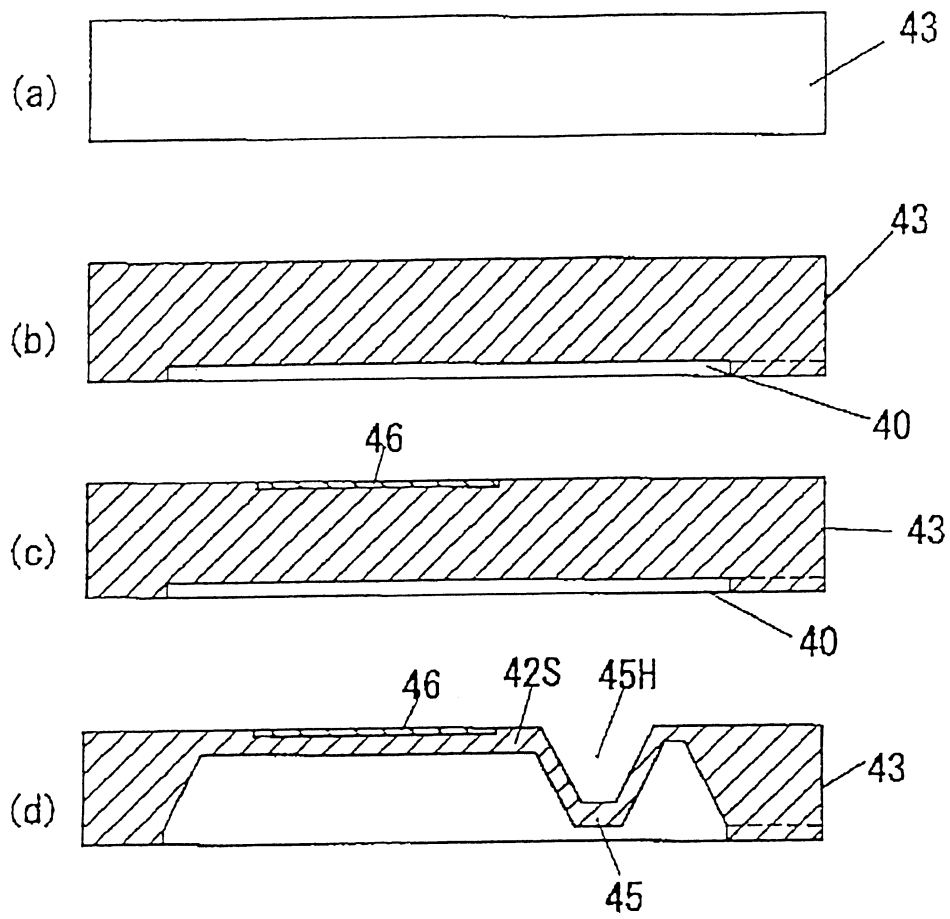


圖35

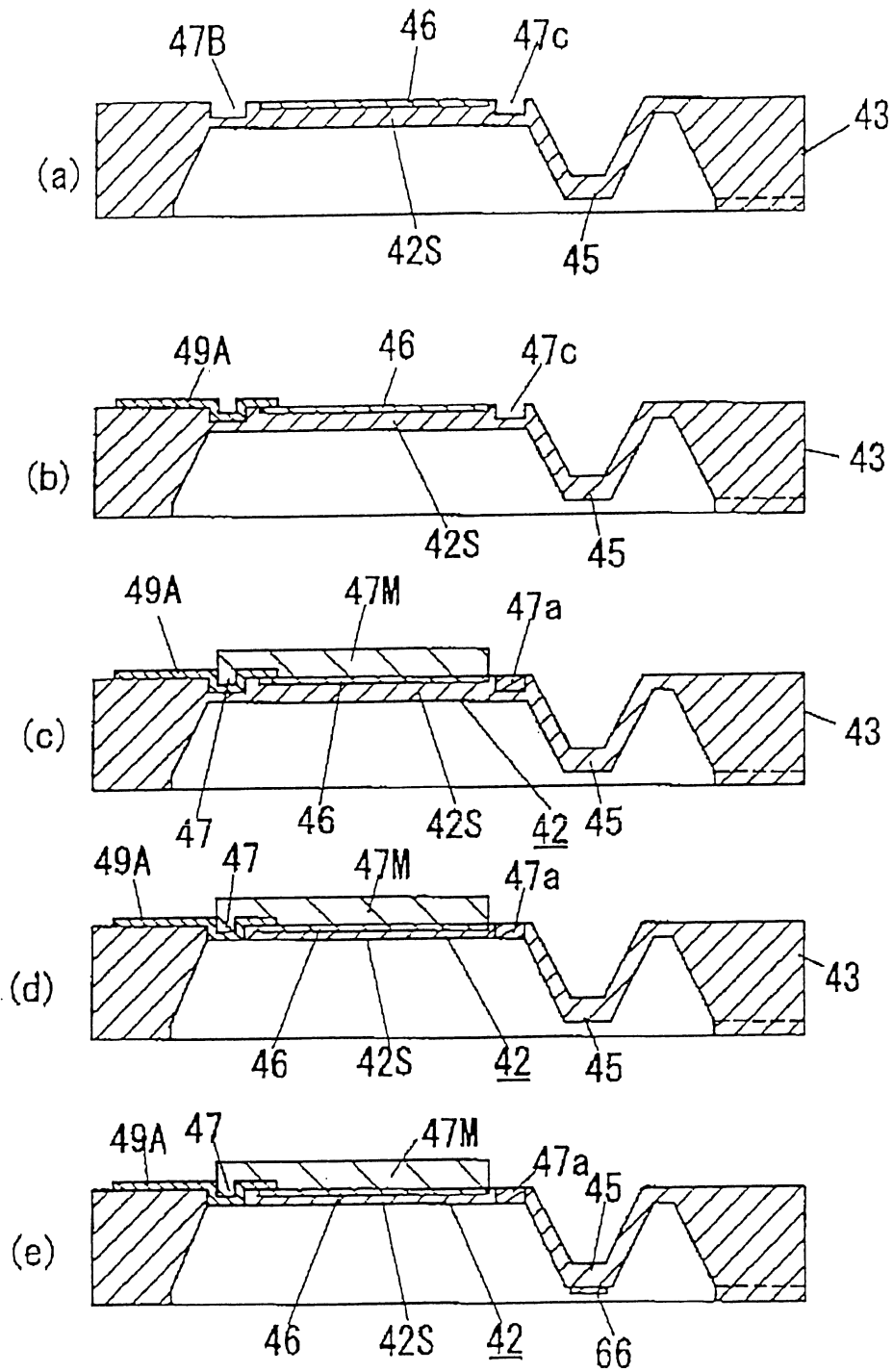


圖 3 6

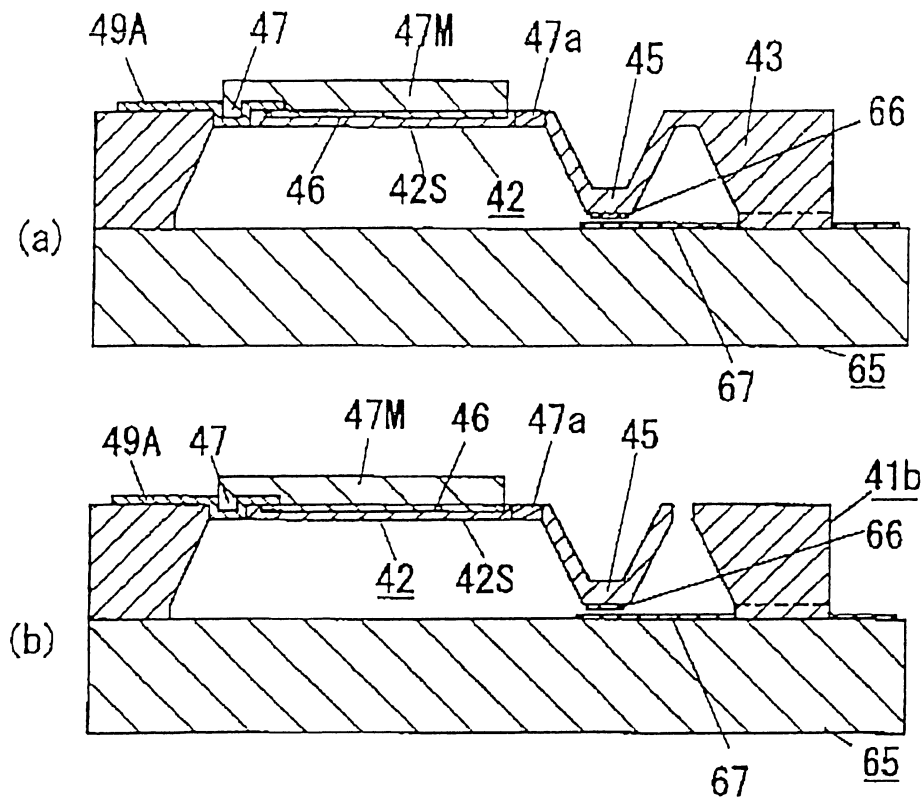


圖 37

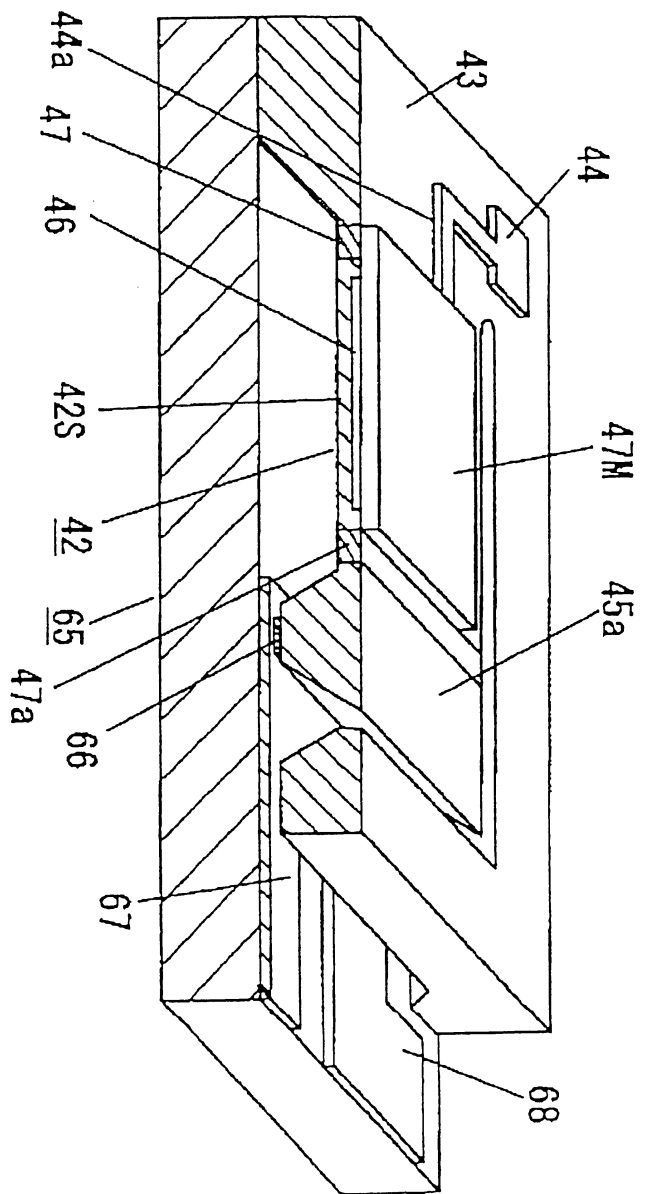


圖 3 8

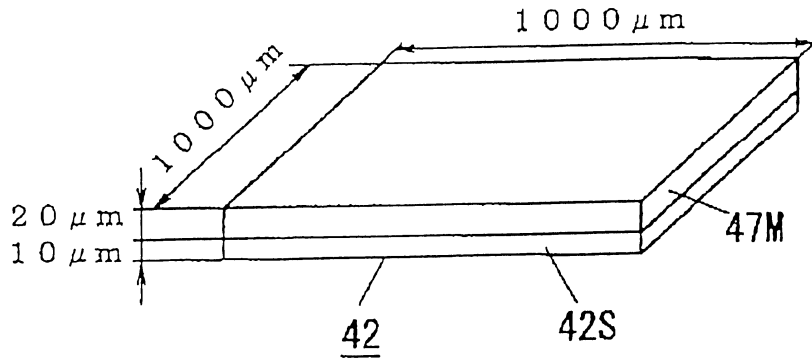


圖 3 9

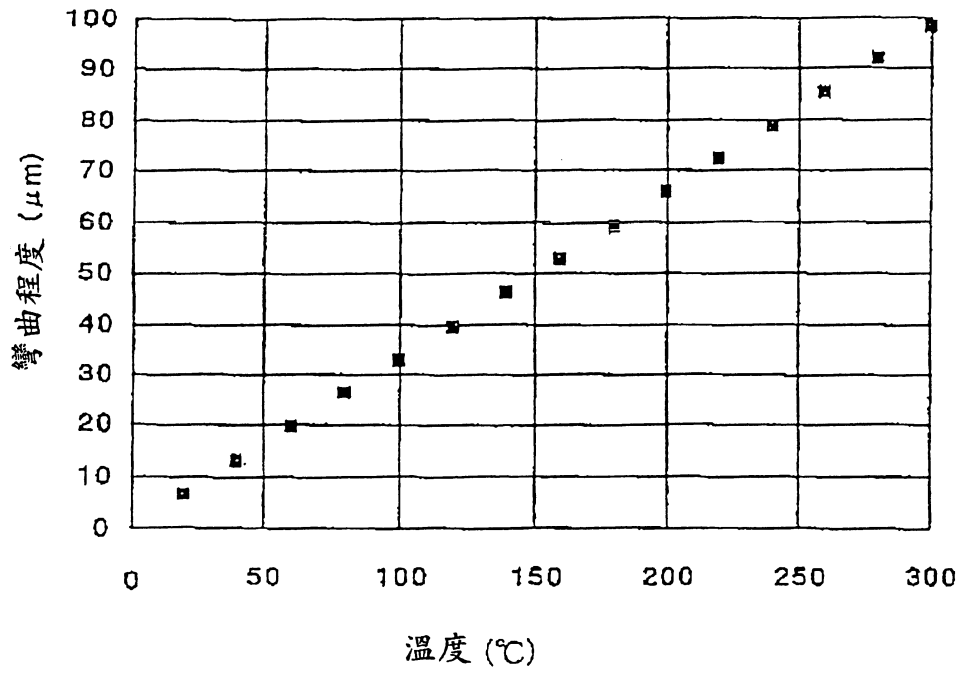


圖 40

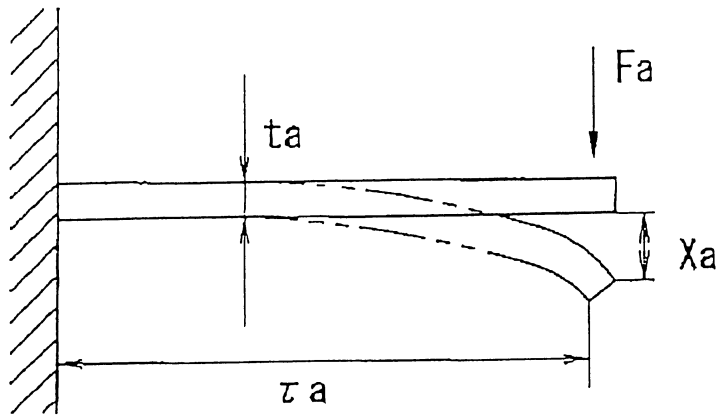


圖 4 1

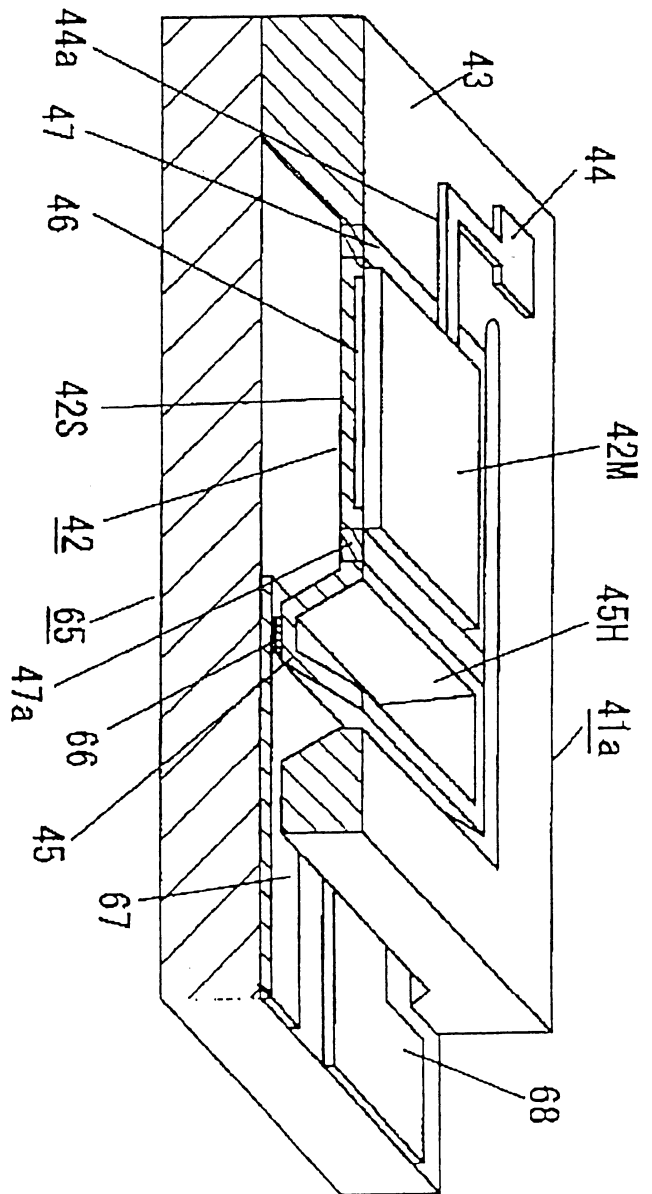


圖 4 2

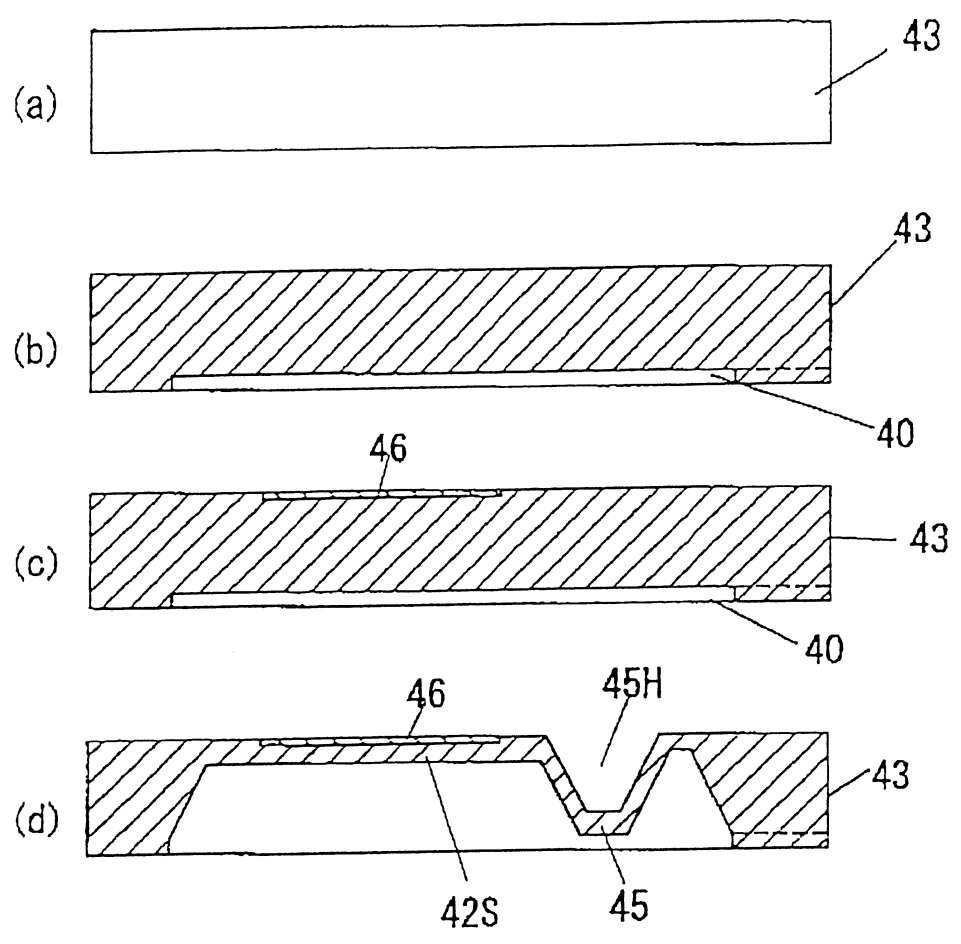


圖 43

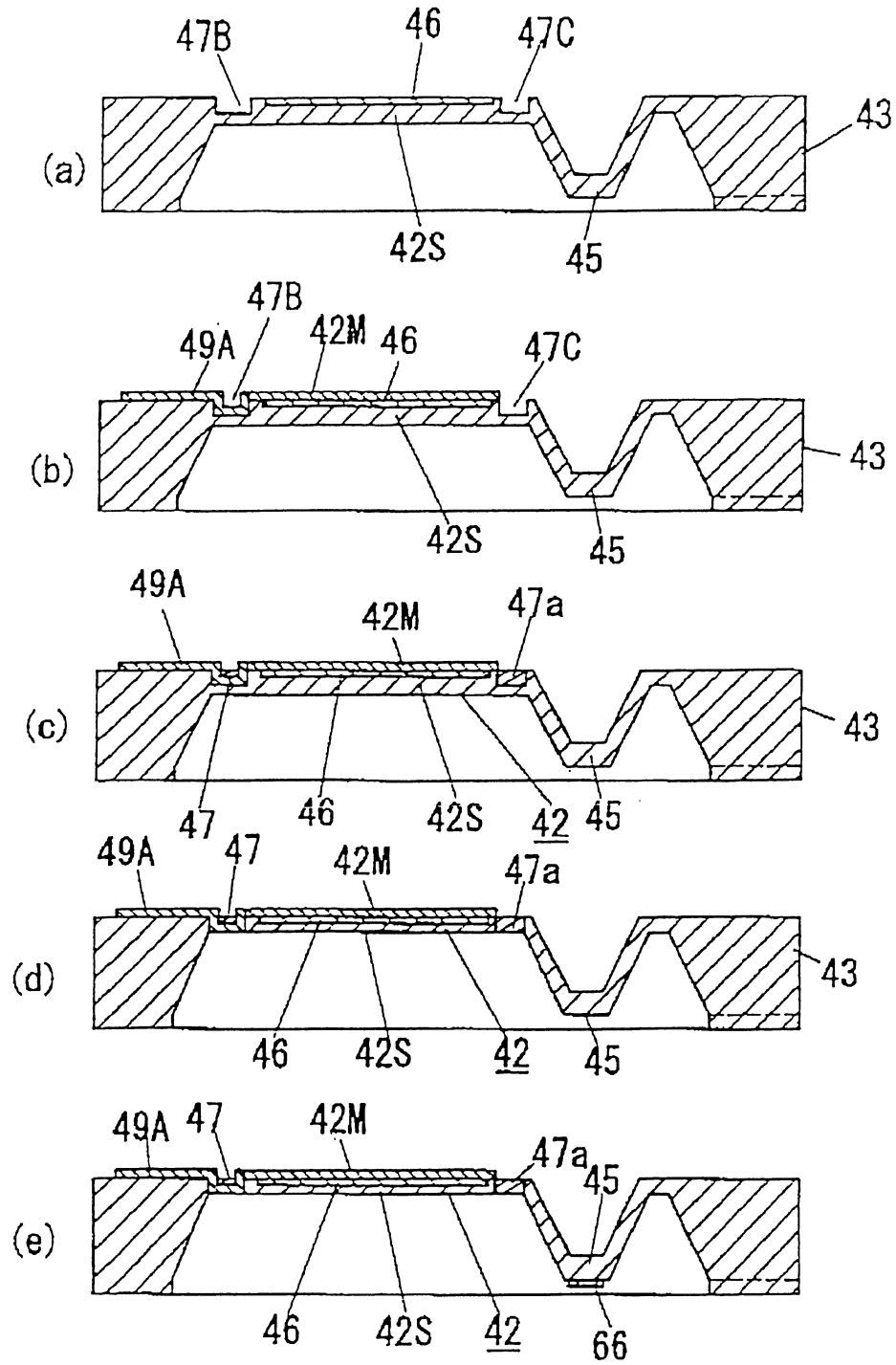


圖 44

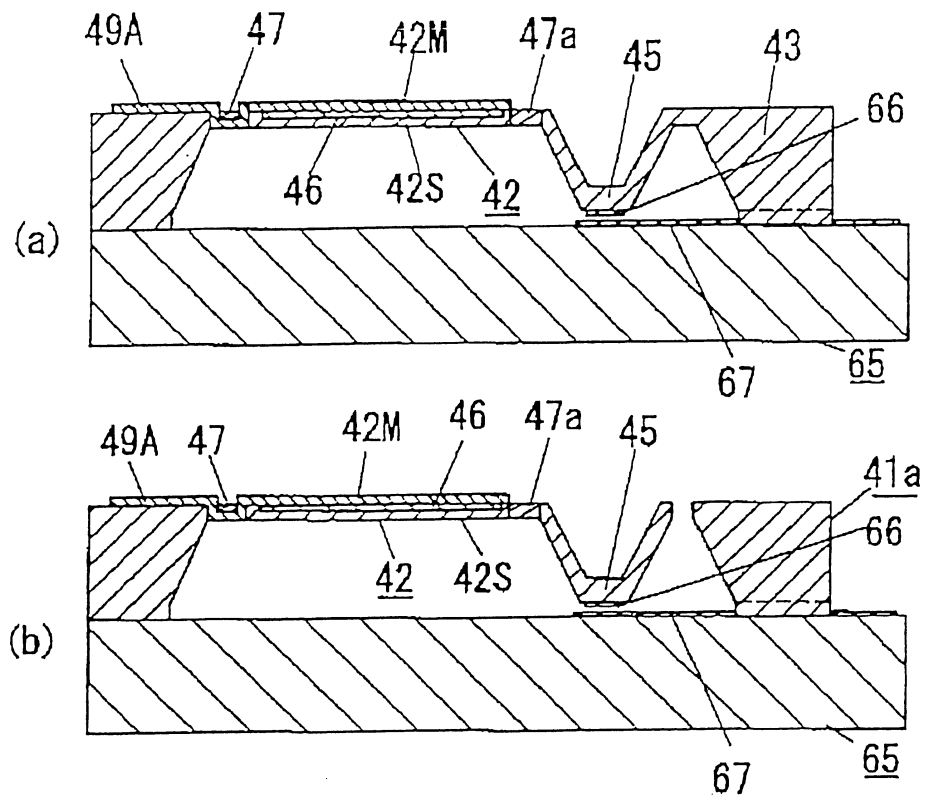


圖 45

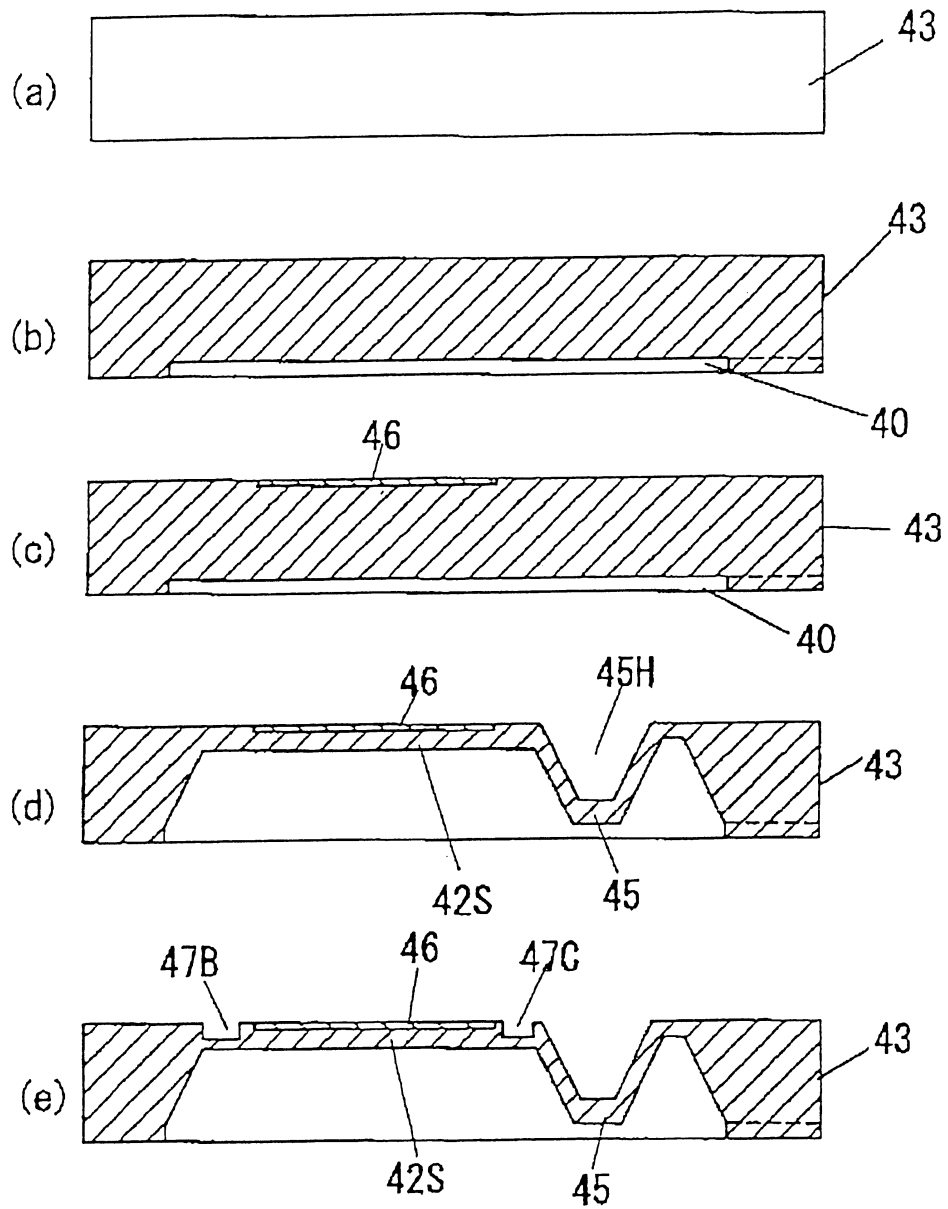


圖 46

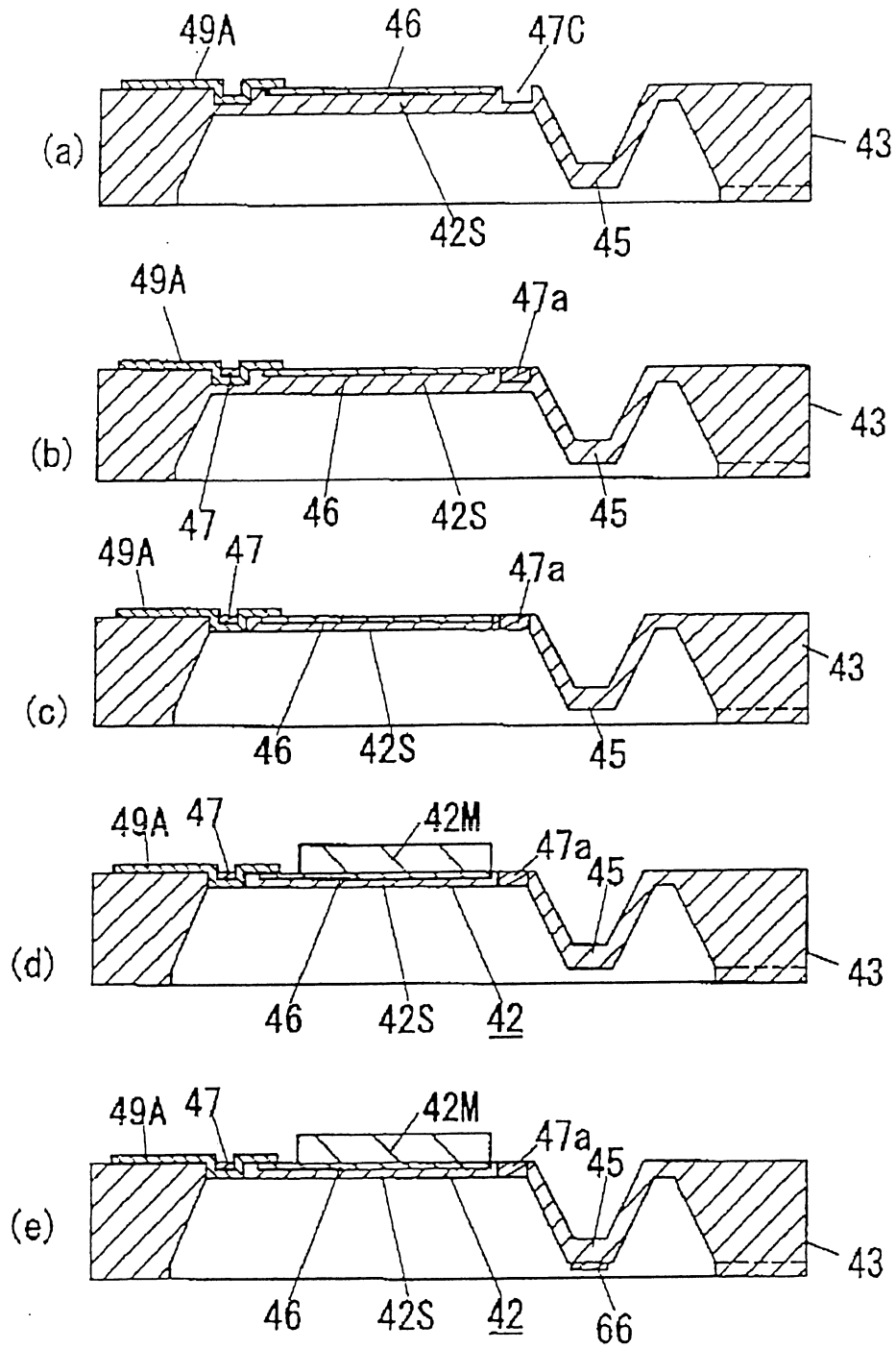


圖 47

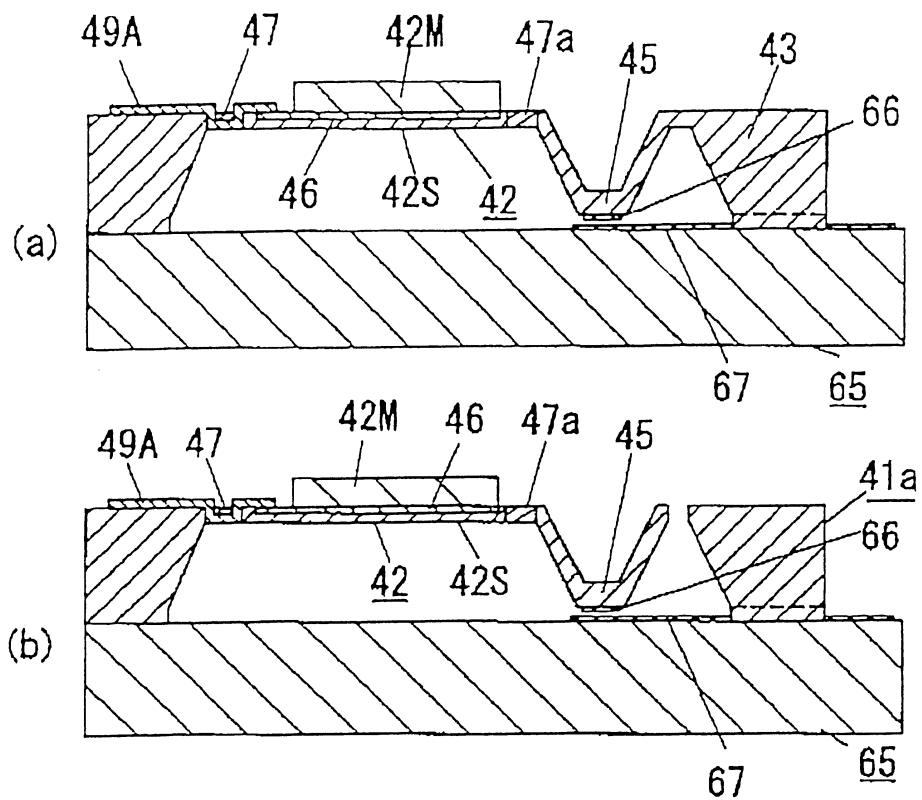


圖 48

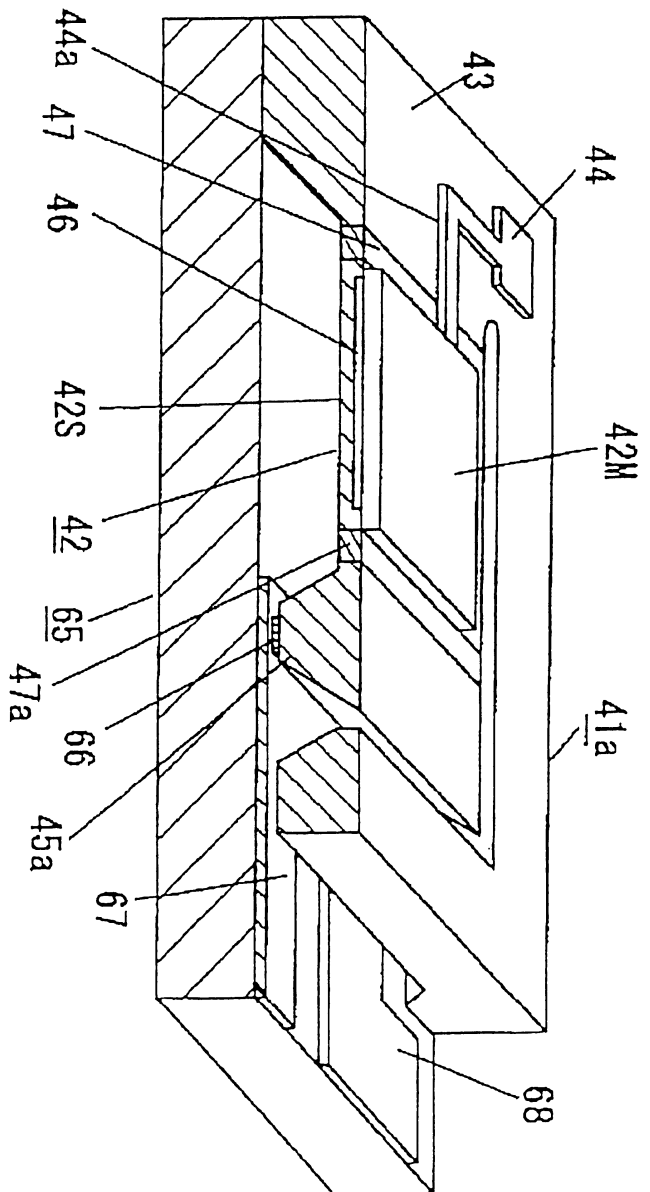


圖 49

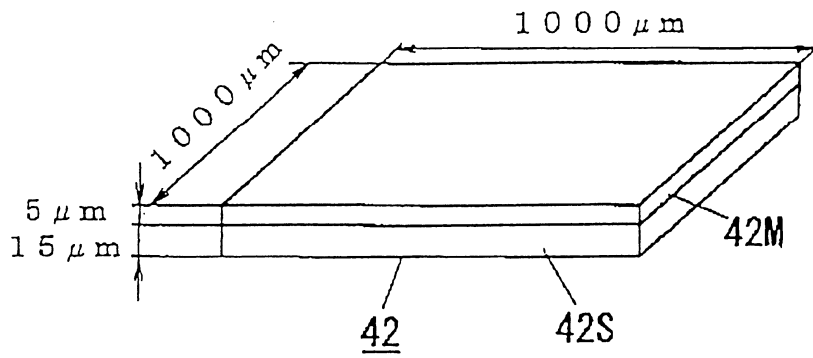


圖 50

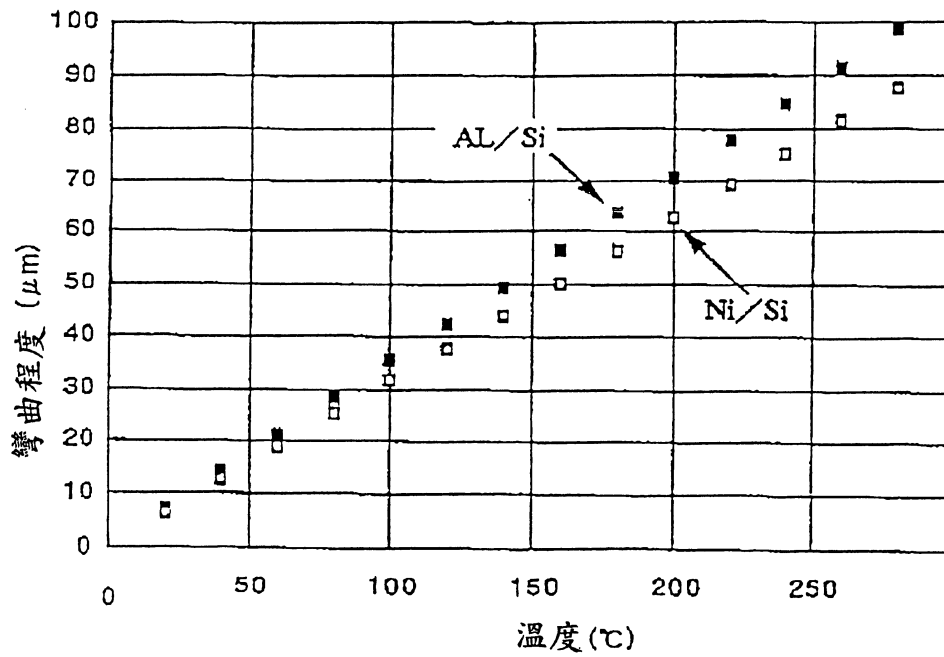


圖 5 1

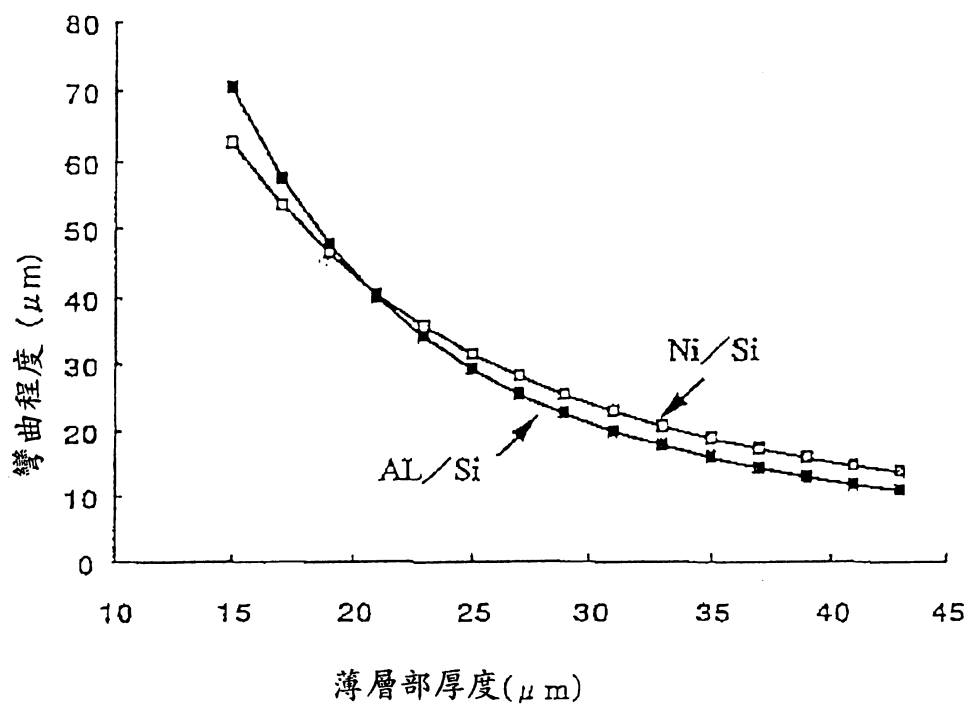


圖 52

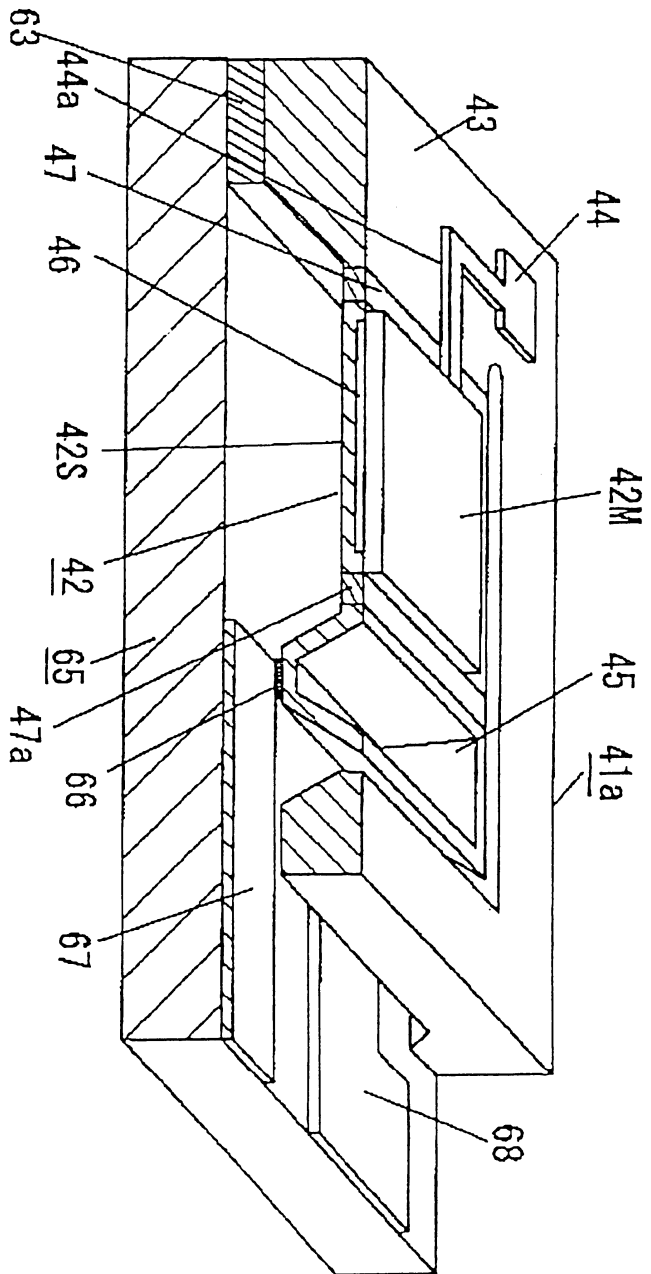


圖 5 3

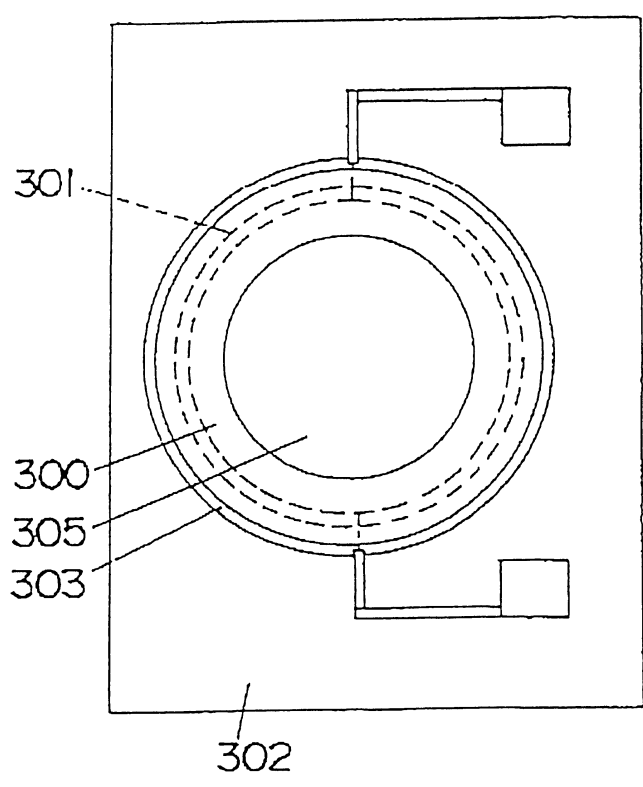


圖 5 4

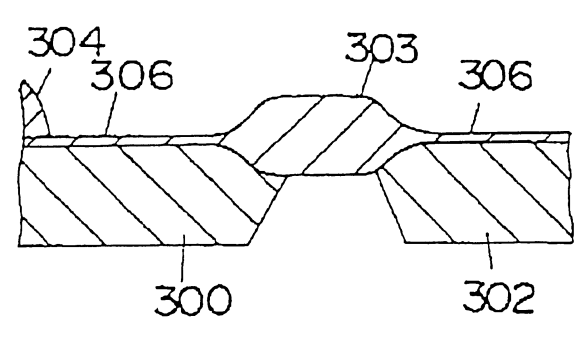


圖 55

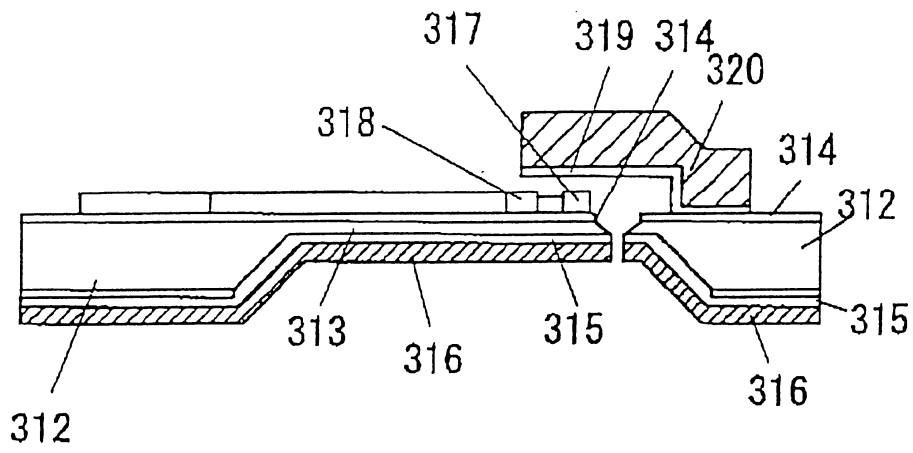


圖 56

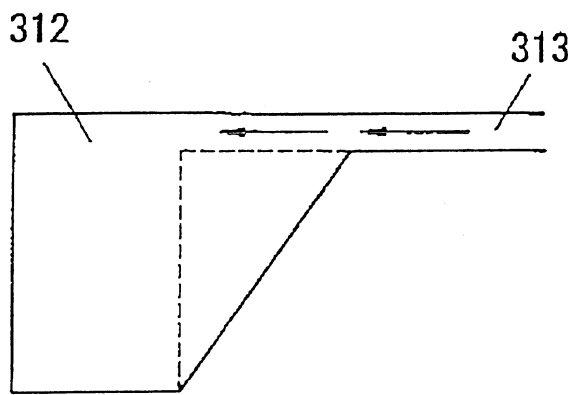


圖57

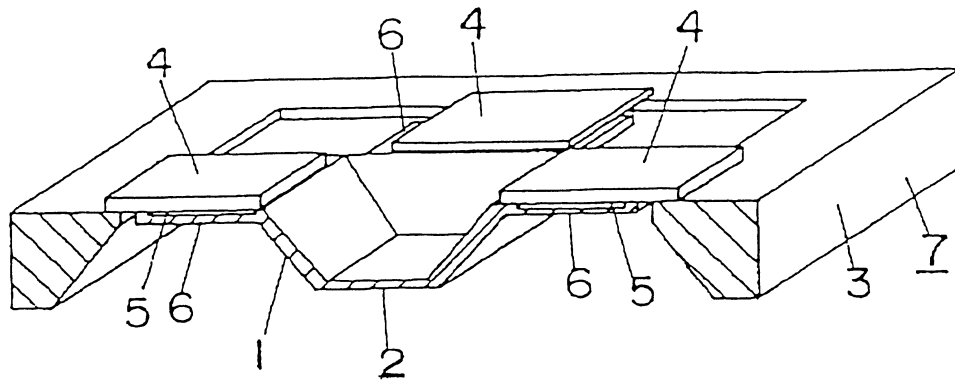


圖 58

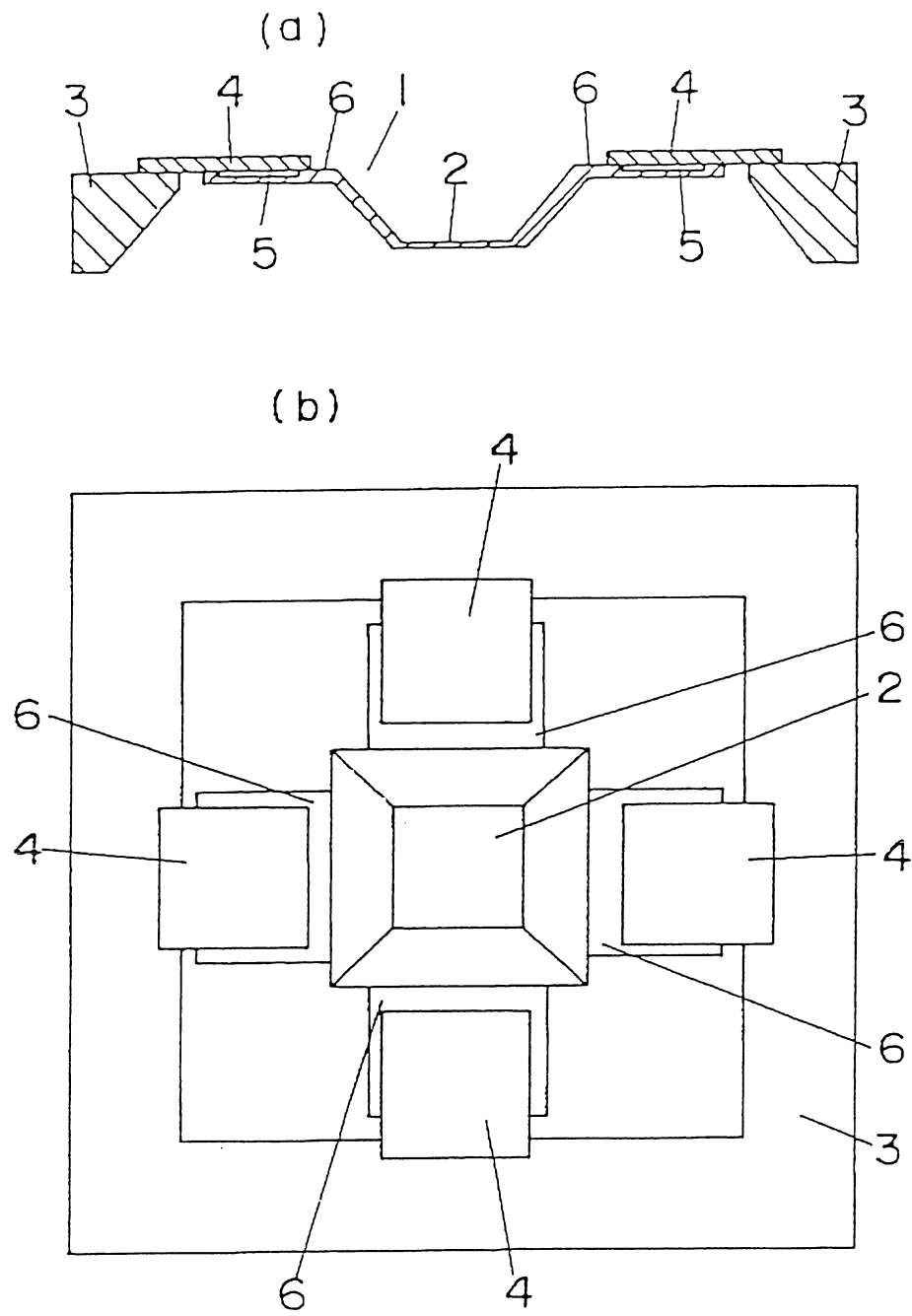


圖 59

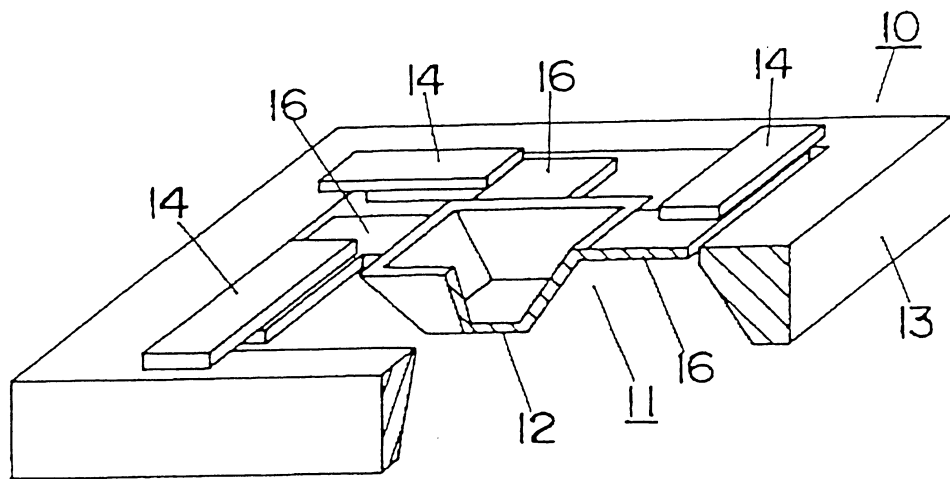


圖 60

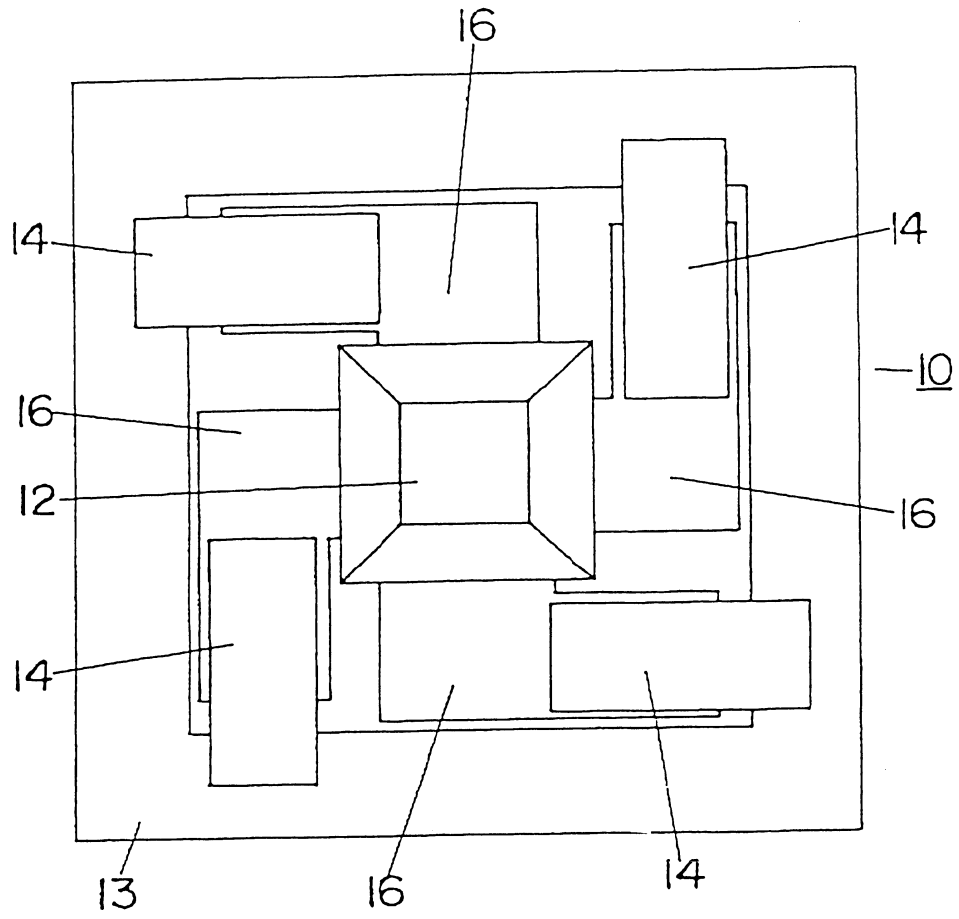


圖 6 1

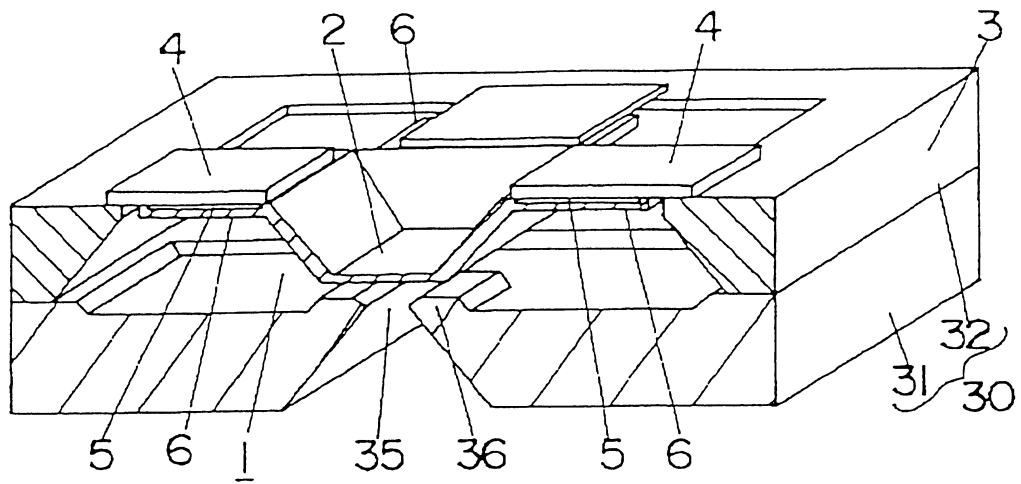


圖 6 2

