



(21)申請案號：103146116 (22)申請日：中華民國 103 (2014) 年 12 月 29 日

(51)Int. Cl. : **G01P15/125 (2006.01)**

(71)申請人：財團法人國家實驗研究院(中華民國) NATIONAL APPLIED RESEARCH LABORATORIES (TW)

新竹市科學園區展業一路 26 號 7 樓

(72)發明人：曾聖翔 TSENG, SHENG HSIANG (TW)；王怡仁 WANG, YI JEN (TW)；蔡瀚輝 TSAI, HANN HUEI (TW)；莊英宗 JUANG, YING ZONG (TW)

(74)代理人：廖嫻涵

(56)參考文獻：

TW 201122483A

US 6230566B1

Qu, Hongwei, Deyou Fang, and Huikai Xie. "A monolithic CMOS-MEMS 3-axis accelerometer with a low-noise, low-power dual-chopper amplifier." IEEE Sensors Journal ,Vol. 8 ,No. 9 ,Sep. 2008: 1511-1518.

審查人員：江國埤

申請專利範圍項數：8 項 圖式數：7 共 24 頁

(54)名稱

Z 軸扭轉式加速度計結構

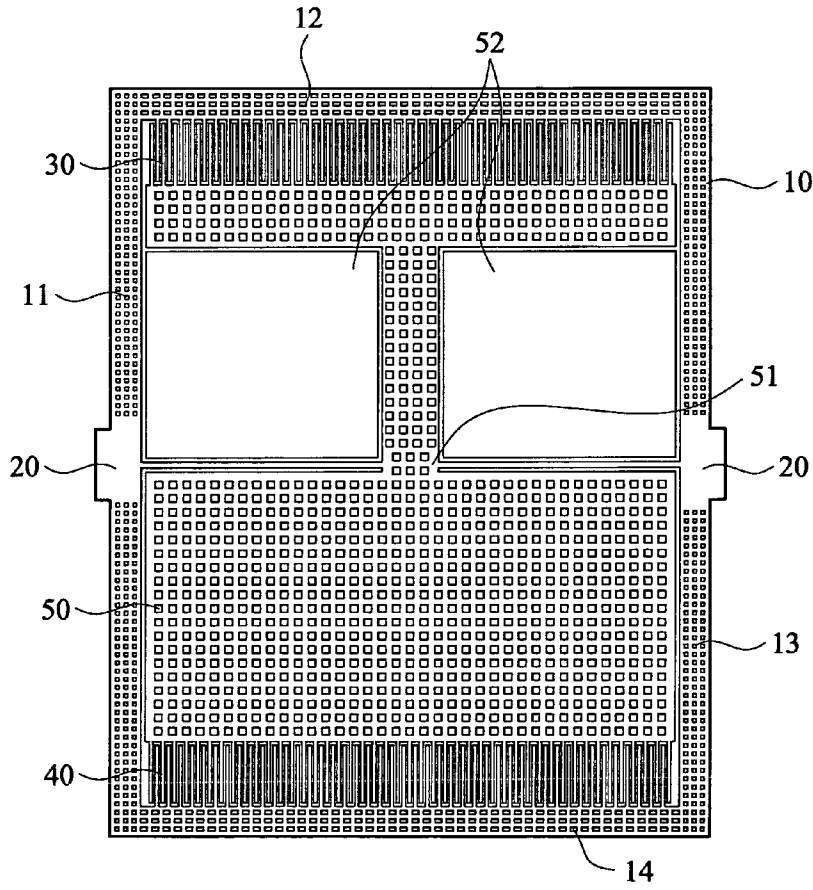
MONOLITHIC Z-AXIS DISPLACEMENT CMOS MEMS ACCELEROMETER

(57)摘要

本發明為一種 Z 軸扭轉式加速度計結構，其係金氧半導體(CMOS)及微機電(MEMS)半導體所形成，並包括有：一匹配邊框；二軸支撐部；一第一指叉部；一第二指叉部；以及一質量塊。本發明之實施，Z 軸扭轉式加速度計結構因具有不對稱之結構體、及第一指叉部與第二指叉部對等性的阻抗結構，可以增加加速度計之靈敏度及感測訊號的對稱性。另一方面，由於可以從金氧半導體及微機電半導體的正面，即半導體底面基板的相對面，進行二次蝕刻，更可以再降低製作困難度並使製造良率提升。

The present invention discloses a monolithic Z-axis displacement CMOS MEMS accelerometer, it includes a curl matching frame, two anchors, a first comb structure, a second comb structure and a proof mass. With the implementation of the present invention, the unsymmetrical structure body of the Z-axis displacement CMOS MEMS accelerometer and the equal impedance of the first comb structure and the second comb structure, the sensitivity and the symmetry of the signal sensed by the accelerometer can be improved. On the other hand, due to the feasibility of applying 2 etching processes from the top side, the ease and the yield of production are both promoted.

指定代表圖：



第 1 圖

符號簡單說明：

- 100 100 . . . Z 軸扭轉式  
 加速度計結構
- 10 . . . 匹配邊框
- 11 . . . 邊區一
- 12 . . . 邊區二
- 13 . . . 邊區三
- 14 . . . 邊區四
- 20 . . . 軸支撐部
- 30 . . . 第一指叉部
- 40 . . . 第二指叉部
- 50 . . . 質量塊
- 51 . . . 扭轉軸
- 52 . . . 隔斷區域

## 發明摘要

公告本

※ 申請案號：103146116

※ 申請日：103.12.29

※ IPC 分類：G01P 15/125 (A006,01)

【發明名稱】Z 軸扭轉式加速度計結構

MONOLITHIC Z-AXIS DISPLACEMENT CMOS

MEMS ACCELEROMETER

## 【中文】

本發明為一種 Z 軸扭轉式加速度計結構，其係金氧半導體 (CMOS) 及微機電 (MEMS) 半導體所形成，並包括有：一匹配邊框；二軸支撐部；一第一指叉部；一第二指叉部；以及一質量塊。本發明之實施，Z 軸扭轉式加速度計結構因具有不對稱之結構體、及第一指叉部與第二指叉部對等性的阻抗結構，可以增加加速度計之靈敏度及感測訊號的對稱性。另一方面，由於可以從金氧半導體及微機電半導體的正面，即半導體底面基板的相對面，進行二次蝕刻，更可以再降低製作困難度並使製造良率提升。

**【英文】**

The present invention discloses a monolithic Z-axis displacement CMOS MEMS accelerometer, it includes a curl matching frame, two anchors, a first comb structure, a second comb structure and a proof mass. With the implementation of the present invention, the unsymmetrical structure body of the Z-axis displacement CMOS MEMS accelerometer and the equal impedance of the first comb structure and the second comb structure, the sensitivity and the symmetry of the signal sensed by the accelerometer can be improved. On the other hand, due to the feasibility of applying 2 etching processes from the top side, the ease and the yield of production are both promoted.

**【代表圖】**

**【本案指定代表圖】：**第（ 1 ）圖。

**【本代表圖之符號簡單說明】：**

- 100 ..... Z 軸扭轉式加速度計結構
- 10 ..... 匹配邊框
- 11 ..... 邊區一
- 12 ..... 邊區二
- 13 ..... 邊區三
- 14 ..... 邊區四
- 20 ..... 軸支撐部
- 30 ..... 第一指叉部
- 40 ..... 第二指叉部
- 50 ..... 質量塊
- 51 ..... 扭轉軸
- 52 ..... 隔斷區域

**【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：**

無

# 發明專利說明書

**【發明名稱】** Z 軸扭轉式加速度計結構

MONOLITHIC Z-AXIS DISPLACEMENT CMOS

MEMS ACCELEROMETER

**【技術領域】**

**【0001】** 本發明係關於一種微機電加速度計，特別是關於一種 Z 軸扭轉式加速度計結構。

**【先前技術】**

**【0002】** 由於半導體製程的進步神速與微機電技術的日趨成熟，感測器結構有微小化的趨勢，因而也增加了廣大的應用。其中加速度計更是大量使用於現代可攜裝置或行動應用裝置之中。

**【0003】** 然而，大多數的加速度計於製作過程，皆須經過複雜的製程步驟，其良率及加速度計偵測的準確性也因此都受到甚大的限制。偶有對應的製程創新構想，但大多係以應用領域為著眼，對加速度計本身之精密度或良率的提升，實無太多的助益。

**【0004】** 因此，如何發展出一個製作容易/困難度低、製造良率高、而又能提升加速度計之操作範圍及靈敏度的加速度計結構，便成為半導體及微機電產業的一個重要課題，亦是手持、行動、及微小化可攜裝置的一個重要研發及應用方向。

**【發明內容】**

【0005】 本發明為一種 Z 軸扭轉式加速度計結構，其係金氧半導體(CMOS)及微機電(MEMS)半導體所形成，並包括有：一匹配邊框；二軸支撐部；一第一指叉部；一第二指叉部；以及一質量塊。本發明之實施，Z 軸扭轉式加速度計結構因具有不對稱之結構體、及第一指叉部與第二指叉部對等性的阻抗結構，可以增加加速度計之靈敏度及感測訊號的對稱性。另一方面，由於可以從金氧半導體及微機電半導體的正面進行共 2 次之蝕刻，更可以再降低製作困難度並使製造良率提升。

【0006】 本發明係提供一種 Z 軸扭轉式加速度計結構，其係金氧半導體(CMOS)及微機電(MEMS)半導體所形成，並包括有：一匹配邊框，其為依序相連接之一邊區一、一邊區二、一邊區三及一邊區四所圍繞形成，其中邊區一及邊區三相對，邊區二及邊區四相對；二軸支撐部，分別對應形成於邊區一及邊區三；一第一指叉部，其與邊區二、與邊區二相鄰之邊區一的一部份及與邊區二相鄰之邊區三的一部份相連接；一第二指叉部，其與邊區四、與邊區四相鄰之邊區一的一部份及與邊區四相鄰之邊區三的一部份相連接；以及一質量塊，形成於匹配邊框之內的第一指叉部及第二指叉部之間，與第一指叉部、第二指叉部、邊區一及邊區三相連接，又於二軸支撐部連線之部份質量塊係形成為一扭轉軸，其中扭轉軸與第一指叉部間之另一部份質量塊並係形成有不與質量塊相連接之相對稱的二隔斷區域。

【0007】 藉由本發明之實施，至少可以達到下列進步功效：

- 一、製造簡便、成本低廉。
- 二、加速度計之靈敏度高及對稱性佳。

三、可以從金氧半導體及微機電半導體的正面(與半導體底面基板相對面)進行二次蝕刻，降低製作困難度並有效提升製造良率。

**【0008】** 為了使任何熟習相關技藝者了解本發明之技術內容並據以實施，且根據本說明書所揭露之內容、申請專利範圍及圖式，任何熟習相關技藝者可輕易地理解本發明相關之目的及優點，因此將在實施方式中詳細敘述本發明之詳細特徵以及優點。

### **【圖式簡單說明】**

#### **【0009】**

第 1 圖係為本發明實施例之一種 Z 軸扭轉式加速度計結構之上視圖。

第 2 圖係為本發明實施例之一種第一指叉部及第二指叉部由感測單元並排組成之示意圖。

第 3 圖係為本發明實施例之一種感測單元之立體圖。

第 4A 圖係為本發明實施例之一種 Z 軸扭轉式加速度計結構與感測單元之示意圖。

第 4B 圖係為本發明實施例之一種組成第一指叉部及第二指叉部之感測單元電性相連接之示意圖。

第 5 圖係為本發明實施例之一種感測單元之移動單體以垂直一平面之方向並向上運動之示意圖。

第 6 圖係為本發明實施例之一種感測單元之移動單體以垂直一平面之方向並向下運動之示意圖。

第 7 圖係為本發明實施例之一種 Z 軸扭轉式加速度計結構之動作



示意圖。

### 【實施方式】

【0010】 如第 1 圖所示，為實施例之一種 Z 軸扭轉式加速度計結構 100，其係金氧半導體(CMOS)及微機電(MEMS)半導體所形成，並包括有：一匹配邊框 10、二軸支撐部 20、一第一指叉部 30、一第二指叉部 40 及一質量塊 50。

【0011】 如第 1 圖所示，匹配邊框 10，其為依序相連接之邊區一 11、邊區二 12、邊區三 13 及邊區四 14 所圍繞形成，其中邊區一 11 及邊區三 13 相對，邊區二 12 及邊區四 14 相對，邊區四 14 並與邊區一 11 相連接。匹配邊框 10 係可以僅為金氧半導體(CMOS)所形成，或是金氧半導體(CMOS)及微機電(MEMS)半導體所形成。

【0012】 如第 1 圖所示，二軸支撐部 20，分別對應形成於邊區一 11 及邊區三 13。軸支撐部 20 可以位於邊區一 11 或邊區三 13 之中點，如此可以形成以二軸支撐部 20 對稱的匹配邊框 10。

【0013】 同樣如第 1 圖所示，第一指叉部 30，其與邊區二 12、與邊區二 12 相鄰之邊區一 11 的一部份、及與邊區二 12 相鄰之邊區三 13 的一部份相連接。

【0014】 再如第 1 圖所示，第二指叉部 40，其與邊區四 14、與邊區四 14 相鄰之邊區一 11 的一部份、及與邊區四 14 相鄰之邊區三 13 的一部份相連接。其中第二指叉部 40 係可以製作為與第一指叉部 30 大小相同且形狀相同。

【0015】 第一指叉部 30 及第二指叉部 40 並皆可以為金氧半

導體(CMOS)所形成、微機電(MEMS)半導體所形成、或是金氧半導體(CMOS)及微機電(MEMS)半導體所形成。

【0016】 請再參考如第 1 圖所示，質量塊 50，係形成於匹配邊框 10 之內的第一指叉部 30 及第二指叉部 40 之間，且質量塊 50 係與第一指叉部 30、第二指叉部 40 相連接。又於二軸支撐部 20 連線之部份的質量塊 50 係形成為一扭轉軸 51。另於扭轉軸 51 與第一指叉部 30 間之質量塊 50 的部份，並係形成有不與質量塊 50 相連接且互相對稱的二個隔斷區域 52。

【0017】 隔斷區域 52 之形成，使位於扭轉軸 51 與第一指叉部 30 之間的質量塊 50 之部份的重量，因為扣除了隔斷區域 52，而小於扭轉軸 51 與第二指叉部 40 之間的質量塊 50 之部份的重量。如此，Z 軸扭轉式加速度計結構 100 由於扭轉軸 51 兩側之重量不相等，而易於以扭轉軸 51 為支點，產生 Z 軸方向的蹺蹺板式運動。

【0018】 所述 Z 軸方向係指與第 1 圖所示的 Z 軸扭轉式加速度計結構 100 上視平面相垂直的方向。

【0019】 如第 1 圖、第 2 圖及第 3 圖所示，第一指叉部 30 及第二指叉部 40，係分別由複數個感測單元 60 所並排組成，其中每一感測單元 60 係依序由不相連接的第一固定單體 61、移動單體 62 及第二固定單體 63 所形成。

【0020】 其中第一指叉部 30 之每一第一固定單體 61 及每一第二固定單體 63 係與邊區二 12 相連接。而第二指叉部 40 之每一第一固定單體 61 及每一第二固定單體 63 係與邊區四 14 相連接。另一方面，每一移動單體 62 係與質量塊 50 相連接，亦即，第一

指叉部 30 及第二指叉部 40 內之每一個移動單體 62，皆與質量塊 50 相連接。

【0021】 再者，如第 3 圖及第 4A 圖所示，前述之每一第一固定單體 61 具有以二氧化矽單元 70 相隔開之一第一上部 611 及一第一下部 612，第一上部 611 與移動單體 62 形成一第一上電容，第一下部 612 與移動單體 62 形成一第一下電容。而每一第二固定單體 63 具有以二氧化矽單元 70 相隔開之一第二上部 631 及一第二下部 632，第二上部 631 與移動單體 62 形成一第二上電容，第二下部 632 與移動單體 62 形成一第二下電容。此乃因任二導體或半導體不相接觸時，其間會有偶合之電容產生。

【0022】 如第 4A 圖及第 4B 圖所示，第一指叉部 30 之每一個第一上部 611 及每一個第二上部 631 係可以一導體 90 電性相連接，第一指叉部 30 之每一第一下部 612 及每一第二下部 632 係可以另一導體 90 電性相連接；而且第二指叉部 40 之每一第一上部 611 及每一第二上部 631 係可以又一導體 90 電性相連接，第二指叉部 40 之每一第一下部 612 及每一第二下部 632 係可以再一導體 90 電性相連接。

【0023】 也就是說，第一指叉部 30 及第二指叉部 40 只分別形成一個上電容及一個下電容。第一指叉部 30 之上電容為以導體 90 連接每一個第一上電容，第一指叉部 30 之下電容為以導體 90 連接每一個第一下電容。而第二指叉部 40 之上電容為以導體 90 連接每一個第二上電容，第二指叉部 40 之下電容為以導體 90 連接每一個第二下電容。

【0024】 又第一指叉部 30 之第一上部 611 係以穿過質量塊

50 之一第一導電體 91 與第二指叉部 40 之第一下部 612 電性相連接，且第一指叉部 30 之第一下部 612 係以穿過質量塊 50 之一第二導電體 92 與第二指叉部 40 之第一上部 611 電性相連接。如此，即可以又將第一指叉部 30 之上電容電性相連接至第二指叉部 40 之下電容，將第一指叉部 30 之下電容電性相連接至第二指叉部 40 之上電容。

【0025】 這種連接方式，係可以補償並讓 Z+方向與 Z-方向(Z 軸方向的相反二個方向)的電容變化量一致。此扭轉軸 51 左右兩邊的第一指叉部 30 與第二指叉部 40 的電容採取交錯的連接方式，亦可以使左右兩邊的半導體中的電極與中心的扭轉軸 51 距離皆相等，使得電極在 Z 軸方向的上下擺幅大小相同，以交錯連接達到平均左右端的感測電容值，進而達到相等的總感測電容量與總電容變化量。

【0026】 如第 5 圖及第 6 圖所示，第一固定單體 61 之上緣及第二固定單體 63 之上緣係形成一 XY 面 80，移動單體 62 係可以於與 XY 面 80 垂直之方向上移動。此 XY 面 80 即為前述之第 1 圖所示的 Z 軸扭轉式加速度計結構 100 上視平面，而移動單體 62 係可以於與 XY 面 80 垂直之方向上移動，亦即於 Z 軸方向，向上或向下移動。如第 5 圖所示箭頭方向為在 Z 軸方向向上移動，如第 6 圖所示箭頭方向為在 Z 軸方向向下移動。

【0027】 總而言之，各實施例所述之 Z 軸扭轉式加速度計結構 100，當其受到 Z 軸方向的運動時，質量塊 50 因為扭轉軸 51 兩邊的重量不均導致受力不均，而會以扭轉軸 51 為中心旋轉，並且帶動第二指叉部 40 上的移動單體 62 進行轉動，使移動單體 62

與第一固定單體 61 或第二固定單體 63 之間的第一上電容、第一下電容、第二上電容及第二下電容的電容值產生偶合上的數值變化，而可以以此計算出其感測出的 Z 軸方向的施力之大小，而 Z 軸方向的施力大小即可推算或計算出 Z 軸方向上之加速度的正確數值，達成加速度計的功能。

【0028】 如第 7 圖所示為本發明實施例的一種 Z 軸扭轉式加速度計結構 100 之動作示意圖，其為 Z 軸扭轉式加速度計結構 100 受 Z 軸方向的運動而使質量塊 50 產生以扭轉軸 51 為中心旋轉的實施例圖。如第 7 圖所示的 Z 軸扭轉式加速度計結構 100 之動作實施例，畫面左前方之質量塊 50 與第二指叉部 40 於 Z 軸方向向上移動，畫面右後方之質量塊 50 與第一指叉部 30 於 Z 軸方向向下移動。

【0029】 又，在進行製作時，Z 軸扭轉式加速度計結構 100 之大小或各組成構件之比例可以隨應用需要做適當的選擇。例如，如第 1 圖所示之第一指叉部 30 之大小可以自邊區二 12 向扭轉軸 51 方向延伸 80 微米(誤差 10%)；第二指叉部 40 之大小可以自邊區四 14 向扭轉軸 51 方向延伸 80 微米(誤差 10%)；而扭轉軸 51 係可以為長 276 微米(誤差 10%)，寬 6 微米(誤差 10%)。

【0030】 惟上述各實施例係用以說明本發明之特點，其目的在使熟習該技術者能瞭解本發明之內容並據以實施，而非限定本發明之專利範圍，故凡其他未脫離本發明所揭示之精神而完成之等效修飾或修改，仍應包含在以下所述之申請專利範圍中。

#### 【符號說明】

## 【0031】

- 100 ..... Z 軸扭轉式加速度計結構
- 10 ..... 匹配邊框
- 11 ..... 邊區一
- 12 ..... 邊區二
- 13 ..... 邊區三
- 14 ..... 邊區四
- 20 ..... 軸支撐部
- 30 ..... 第一指叉部
- 40 ..... 第二指叉部
- 50 ..... 質量塊
- 51 ..... 扭轉軸
- 52 ..... 隔斷區域
- 60 ..... 感測單元
- 61 ..... 第一固定單體
- 611 ..... 第一上部
- 612 ..... 第一下部
- 62 ..... 移動單體
- 63 ..... 第二固定單體
- 631 ..... 第二上部
- 632 ..... 第二下部
- 70 ..... 二氧化矽單元
- 80 ..... XY 面
- 90 ..... 導體

91.....第一導電體

92.....第二導電體

## 申請專利範圍

1. 一種 Z 軸扭轉式加速度計結構，其係金氧半導體(CMOS)及微機電(MEMS)半導體所形成，並包括有：

一匹配邊框，其為依序相連接之一邊區一、一邊區二、一邊區

三及一邊區四所圍繞形成，其中該邊區一及該邊區三相對，

該邊區二及該邊區四相對，該邊區四並與該邊區一相連接；

二軸支撐部，分別對應形成於該邊區一及該邊區三；

一第一指叉部，其與該邊區二、與該邊區二相鄰之該邊區一的一部份及與該邊區二相鄰之該邊區三的一部份相連接；

一第二指叉部，其與該邊區四、與該邊區四相鄰之該邊區一的一部份及與該邊區四相鄰之該邊區三的一部份相連接；以及

一質量塊，形成於該匹配邊框之內的該第一指叉部及該第二指叉部之間，與該第一指叉部及該第二指叉部相連接，又於該二軸支撐部連線之部份該質量塊係形成為一扭轉軸，其中該扭轉軸與該第一指叉部間之另一部份該質量塊並係形成有不與該質量塊相連接之相對稱的二隔斷區域，

其中該扭轉軸係長為 276 微米、寬為 6 微米，且該扭轉軸之長或寬之值的誤差為 10%。

2. 如申請專利範圍第 1 項所述之 Z 軸扭轉式加速度計結構，其中該第一指叉部及該第二指叉部係分別由複數個感測單元並排組成，其中每一該感測單元係依序由不相連接的一第一固定單體、一移動單體及一第二固定單體所形成，該第一指叉部之每一該第一固定單體及每一該第二固定單體係與該邊區四相連接，該第二指叉部之每一該第一固定單體及每一該第二固定單

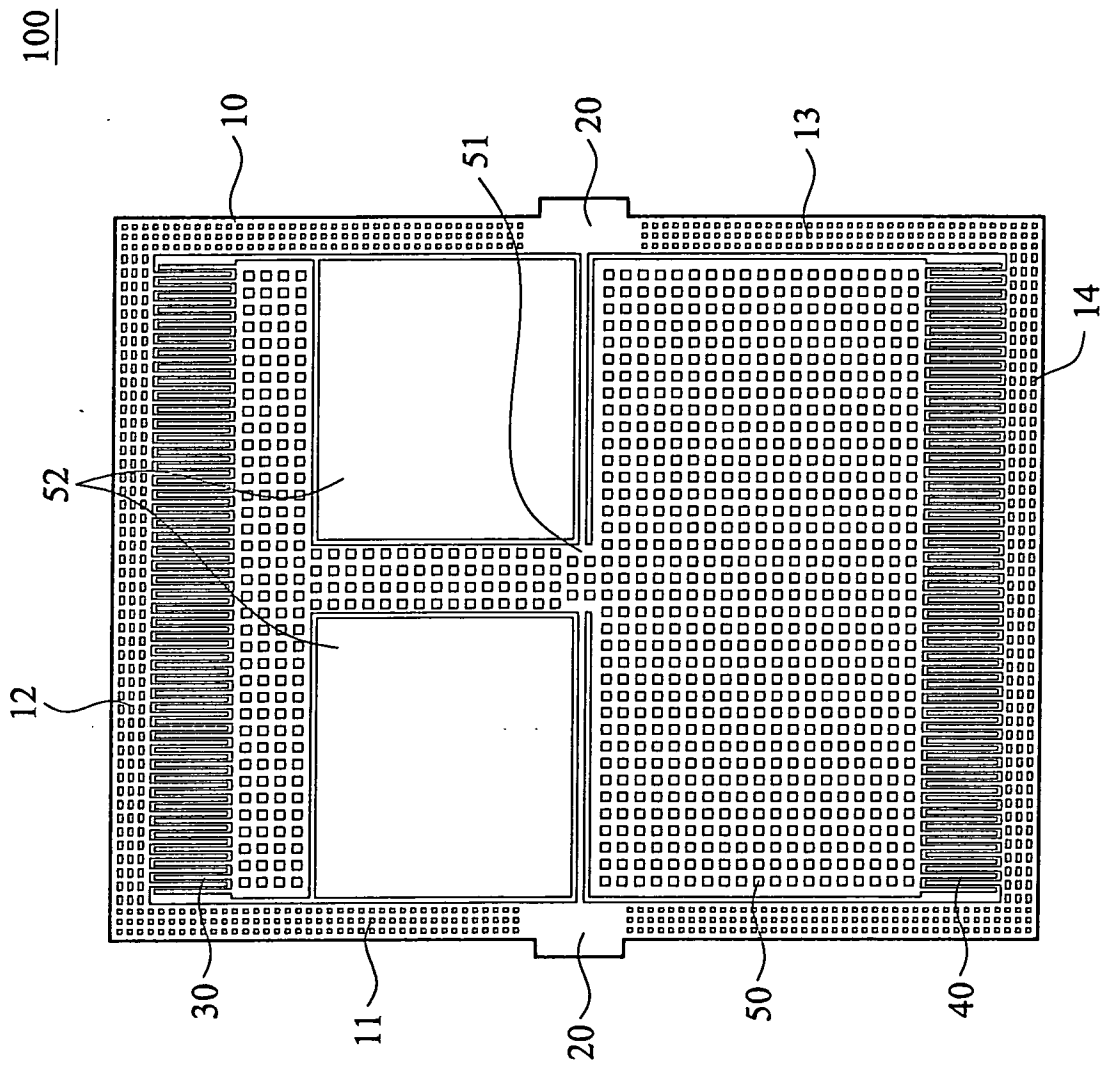


- 體係與該邊區二相連接，又每一該移動單體係與該質量塊相連接。
3. 如申請專利範圍第 2 項所述之 Z 軸扭轉式加速度計結構，其中每一該第一固定單體具有以二氧化矽單元相隔開之一第一上部及一第一下部，每一該第二固定單體具有以二氧化矽單元相隔開之一第二上部及一第二下部。
  4. 如申請專利範圍第 3 項所述之 Z 軸扭轉式加速度計結構，其中該第一指叉部之每一該第一上部及每一該第二上部係以一導體電性相連接，該第一指叉部之每一該第一下部及每一該第二下部係以另一導體電性相連接；該第二指叉部之每一該第一上部及每一該第二上部係以又一導體電性相連接，該第二指叉部之每一該第一下部及每一該第二下部係以再一導體電性相連接；又該第一指叉部之該第一上部係以穿過該質量塊之一第一導電體與該第二指叉部之該第一下部電性相連接，且該第一指叉部之該第一下部係以穿過該質量塊之一第二導電體與該第二指叉部之該第一上部電性相連接。
  5. 如申請專利範圍第 1 項至第 4 項之任一項所述之 Z 軸扭轉式加速度計結構，其中該第一固定單體之上緣及該第二固定單體之上緣係形成一 XY 面，該移動單體係於與該 XY 面垂直之方向上移動。
  6. 如申請專利範圍第 1 項至第 4 項之任一項所述之 Z 軸扭轉式加速度計結構，其中該第一指叉部及該第二指叉部係大小相同及形狀相同。
  7. 如申請專利範圍第 1 項所述之 Z 軸扭轉式加速度計結構，其中

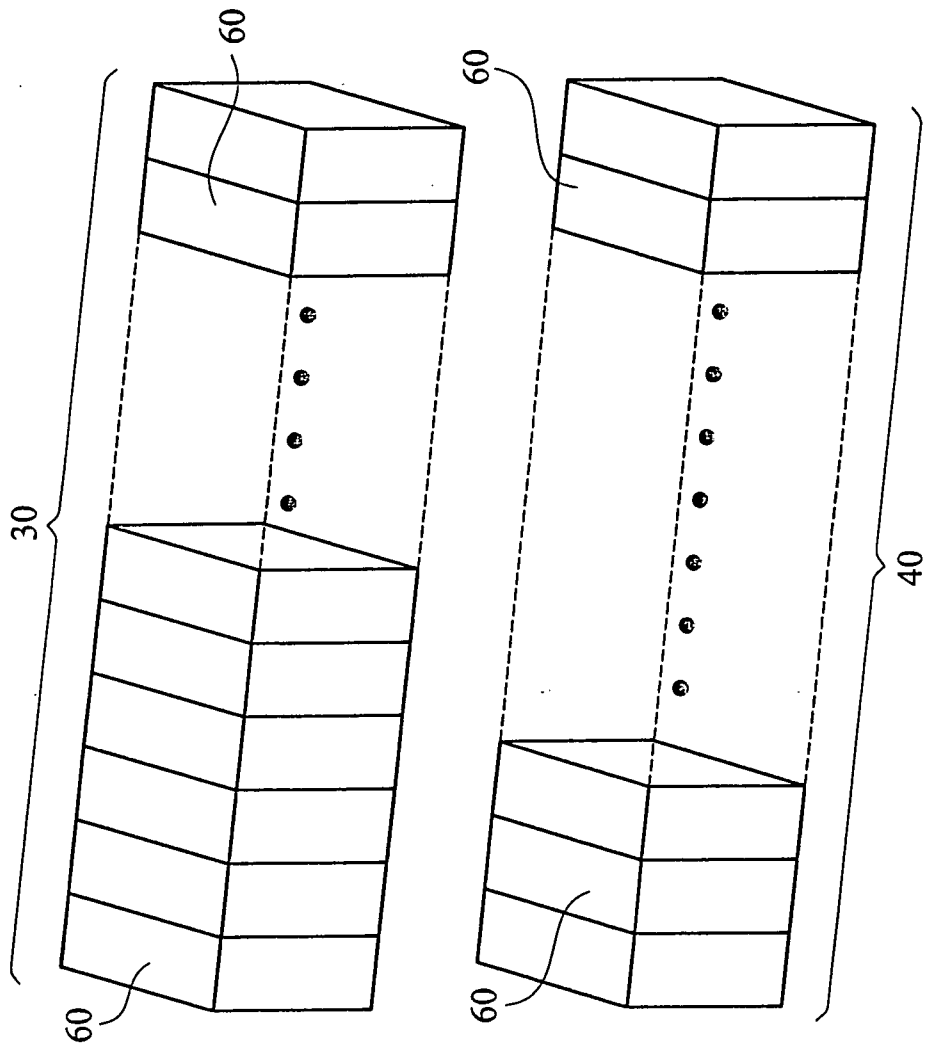
該邊區一及該邊區三之長度係為 880 微米(誤差 10%)，該邊區二及該邊區四之長度係為 680 微米(誤差 10%)。

8. 如申請專利範圍第 1 項或第 6 項所述之 Z 軸扭轉式加速度計結構，其中該第一指叉部之大小係自該邊區二向該扭轉軸方向延伸 80 微米(誤差 10%)，該第二指叉部之大小係自該邊區四向該扭轉軸方向延伸 80 微米(誤差 10%)。

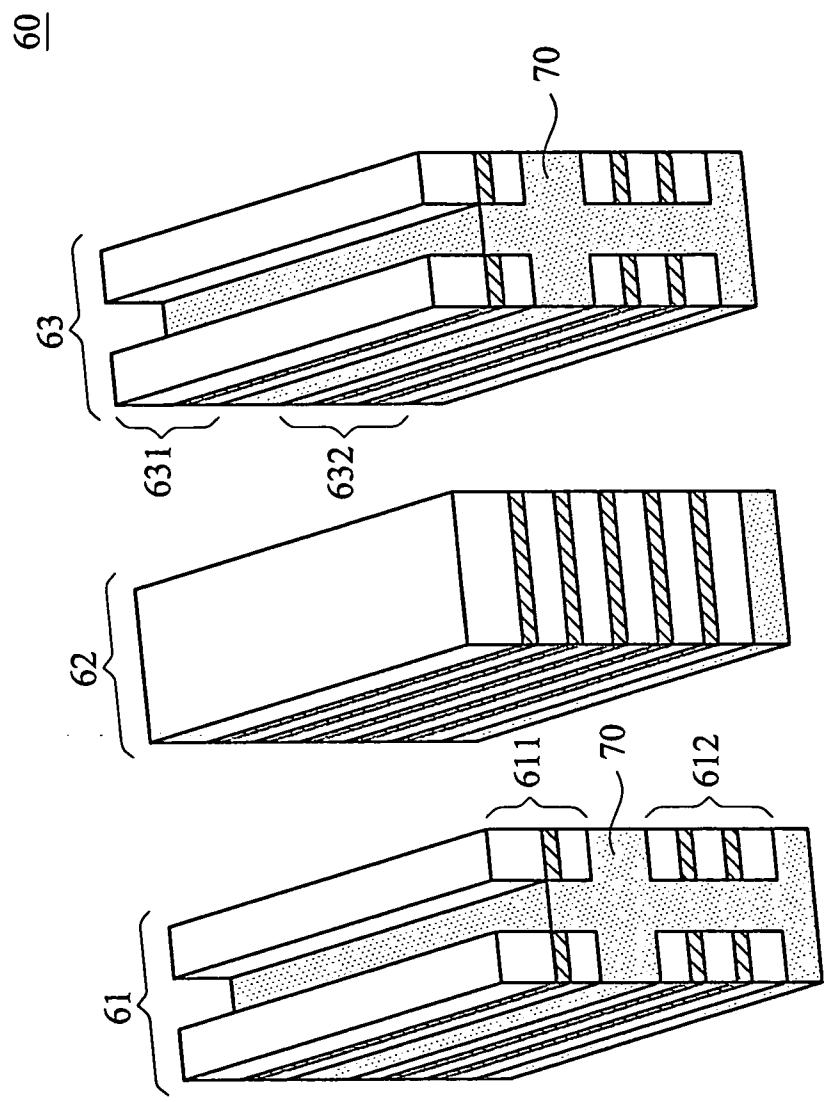
圖式



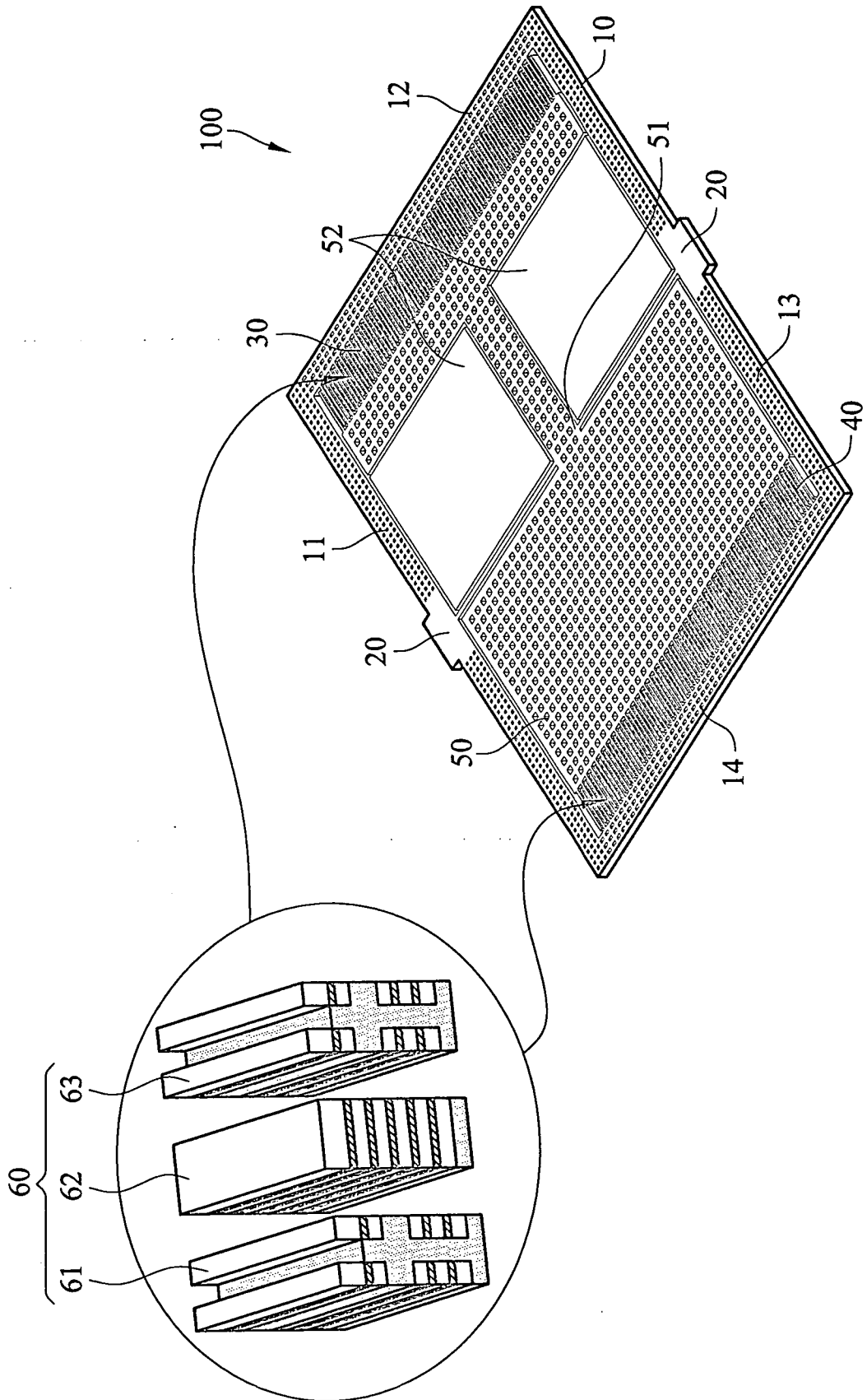
第1圖



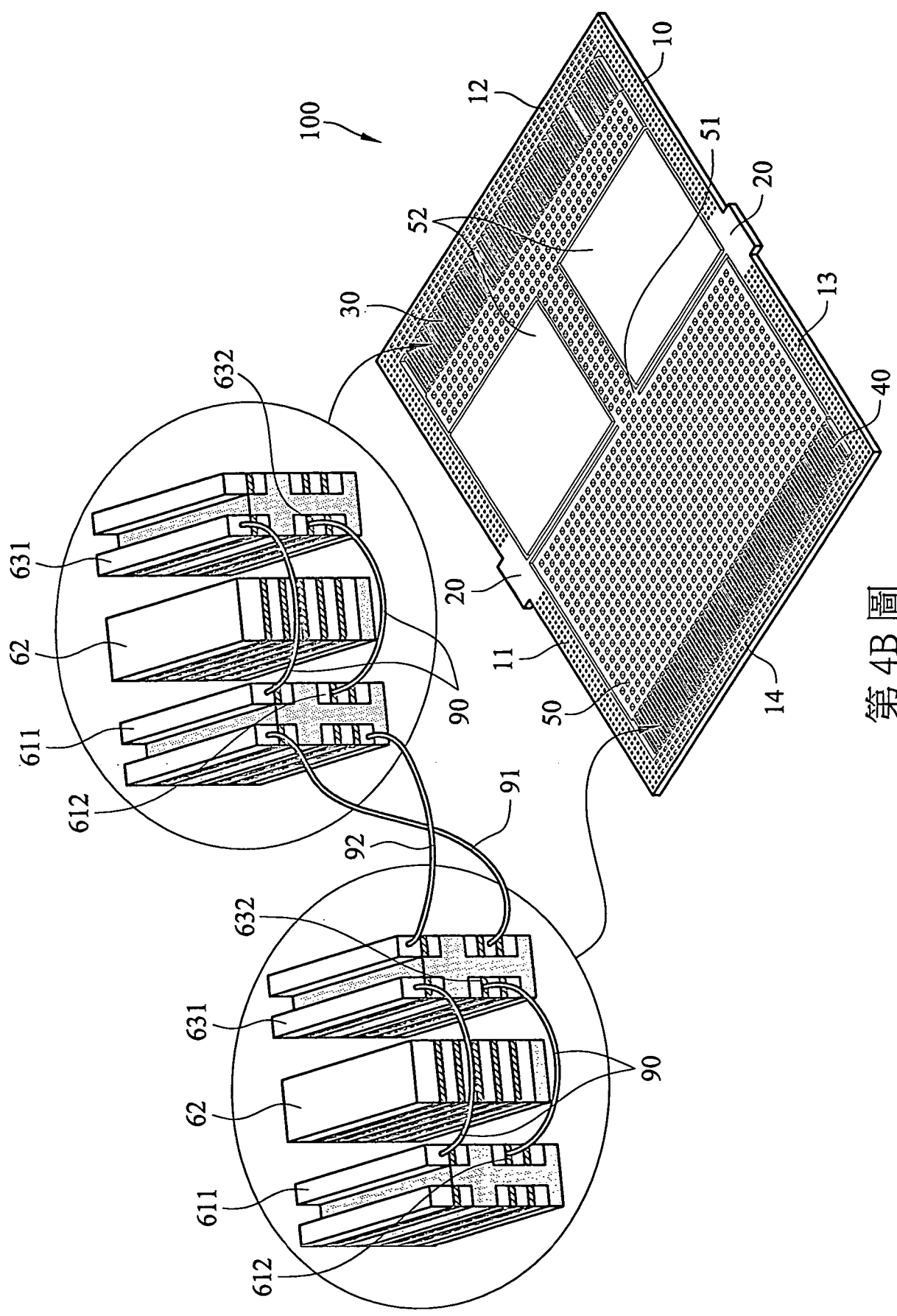
第2圖



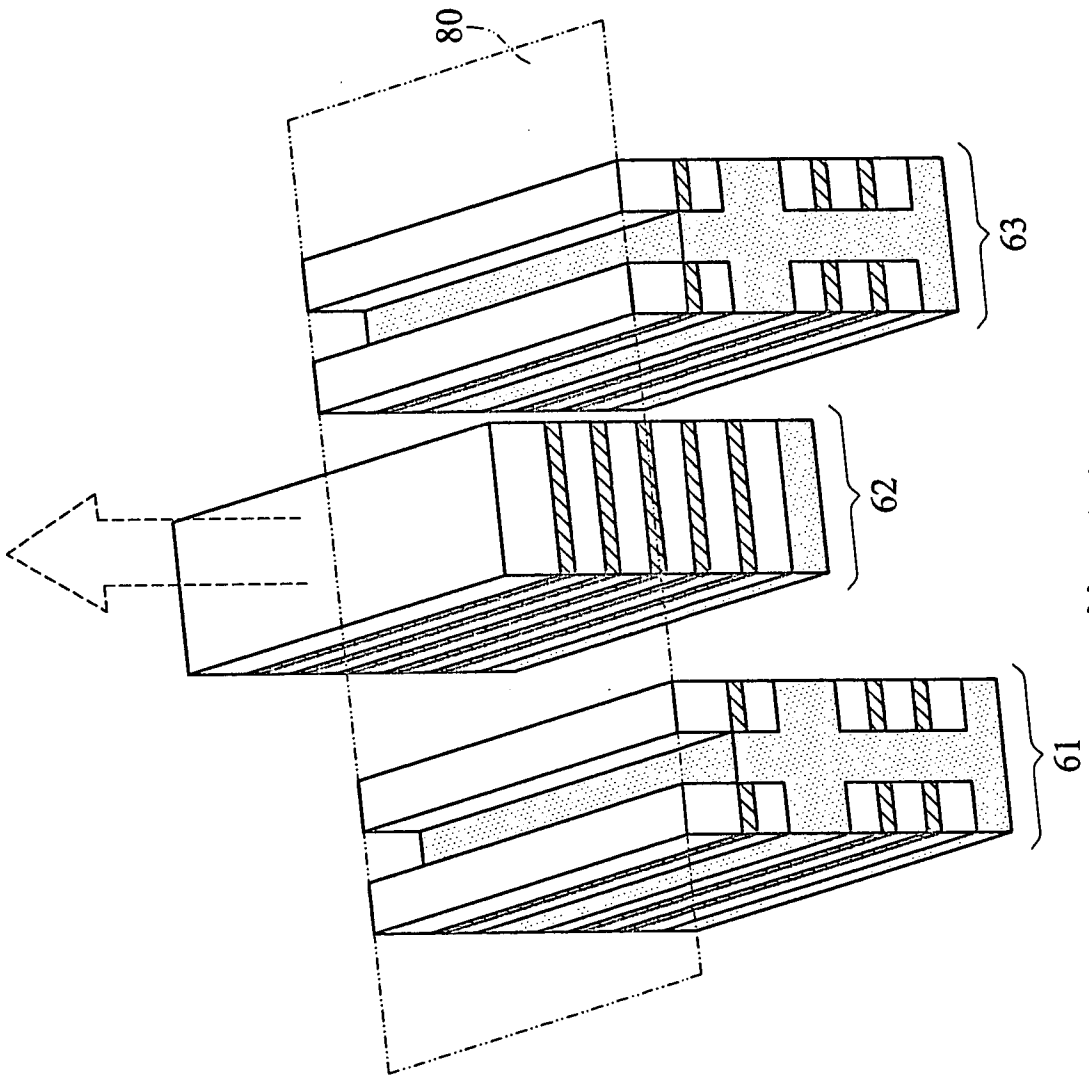
第3圖



第4A圖

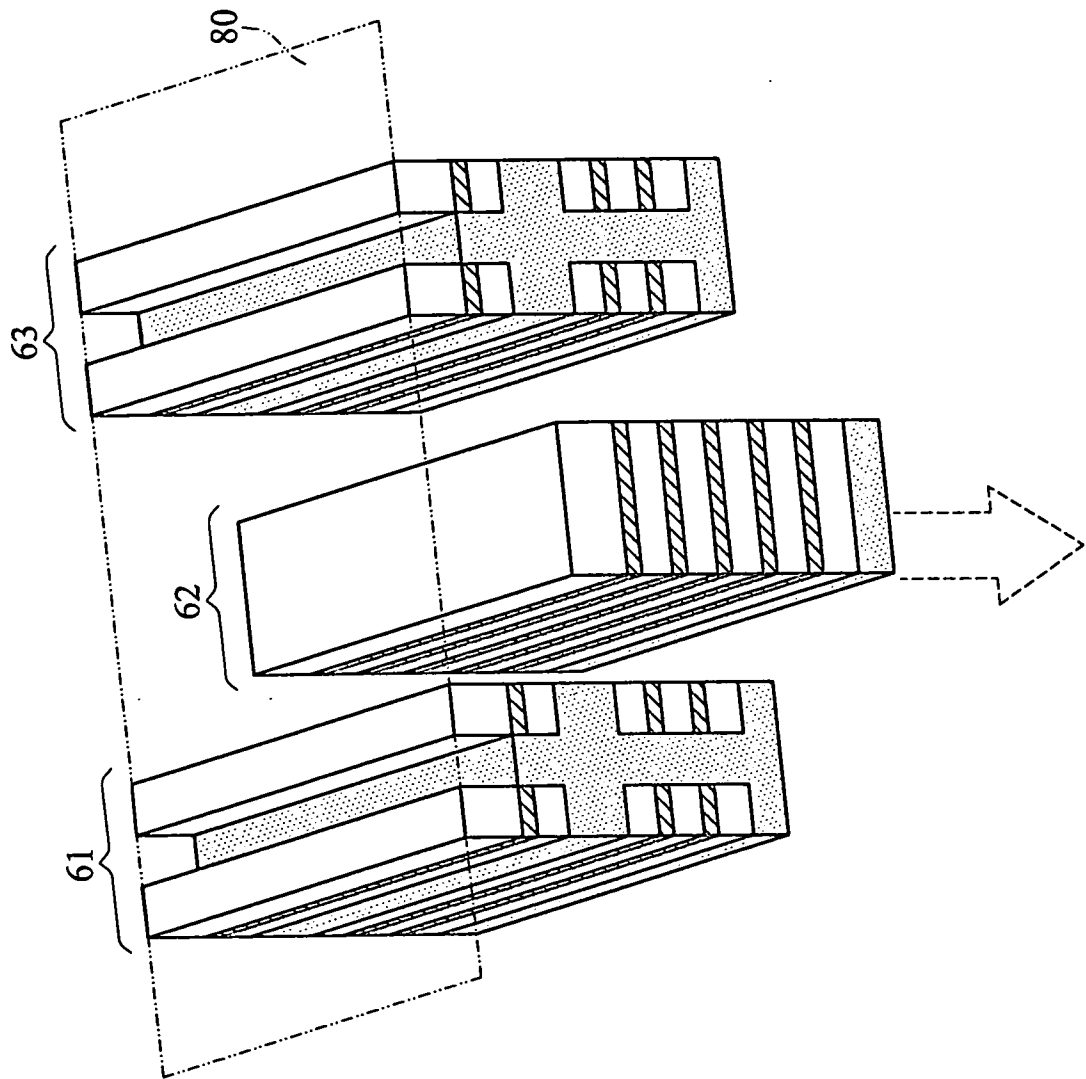


第4B圖

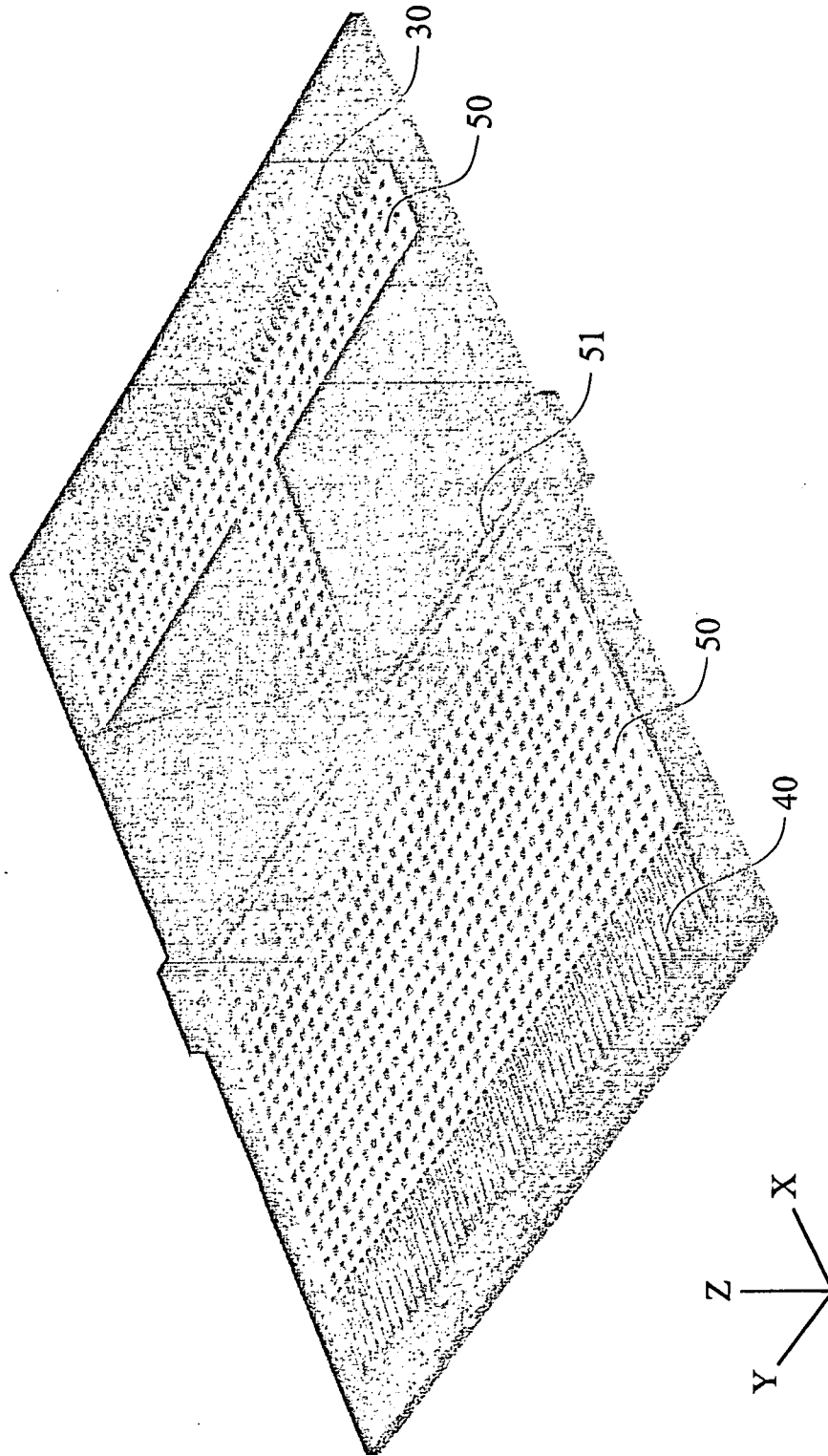


第5圖





第6圖



第7圖