

【11】證書號數：I938681

【45】公告日：中華民國 115 (2026) 年 09 月 11 日

【51】Int. Cl. : *B81B7/04 (2006.01)* *B81B3/00 (2006.01)*
B81C1/00 (2006.01) *H02N2/02 (2006.01)*

發明 全 20 頁

【54】名稱：製造用於微機電系統執行器的微機械臂陣列之方法及微機電系統執行器

【21】申請案號：113143443 【22】申請日：中華民國 113 (2024) 年 11 月 12 日

【11】公開編號：202542071 【43】公開日期：中華民國 114 (2025) 年 11 月 01 日

【30】優先權：2024/04/18 美國 18/639,457

【72】發明人：李宥燾 (TW) LI, YU-HSUN

【71】申請人：台灣積體電路製造股份有限公司 TAIWAN SEMICONDUCTOR
MANUFACTURING COMPANY, LTD.

新竹市新竹科學工業園區力行六路八號

【74】代理人：李世章；秦建譜

【56】參考文獻：

TW I595672B

TW 202238897A

CN 115480389A

審查人員：吳建裕

【57】申請專利範圍

- 一種製造用於微機電系統執行器的微機械臂陣列之方法，包括：
用一壓電材料形成一第一指狀物陣列在一晶圓上；
用一導電材料形成一第二指狀物陣列在該晶圓上，其中該第一指狀物陣列的複數個遠端及該第二指狀物陣列的複數個遠端插置於彼此之間以形成複數個相鄰指狀物彼此插置的遠端；
形成複數個微彈簧前驅結構在該些相鄰指狀物彼此插置的遠端之間及在該第一指狀物陣列中的每一指狀物上；
形成一金屬帽，該金屬帽接觸該第二指狀物陣列中的每一指狀物及在該第一指狀物陣列上的該些微彈簧前驅結構中的每一者；
形成一腔體在該第一指狀物陣列及該第二指狀物陣列下方的該晶圓中；以及
執行退火，以將該些微彈簧前驅結構中的每一者轉換成一微彈簧。
- 如請求項 1 所述之方法，其中該第二指狀物陣列中的複數個指狀物的一高度大於該第一指狀物陣列中的複數個指狀物的一高度。
- 如請求項 1 所述之方法，其中該第一指狀物陣列中的每一指狀物及該第二指狀物陣列中的每一指狀物皆被一覆蓋層覆蓋。
- 如請求項 1 所述之方法，其中該些微彈簧前驅結構中的每一者包括相互接合的一金屬層及一介電層。
- 如請求項 1 所述之方法，其中在該些相鄰指狀物彼此插置的遠端之間的該些微彈簧前驅結構中的每一者是藉由以下形成：
圖案化該晶圓，以形成一凹槽，該凹槽包括在該凹槽內彼此分隔開來的複數個柱子；
形成一介電層在該些柱子中的每一者上；以及
形成一金屬層在該些柱子中的每一者上，以得到在該些相鄰指狀物彼此插置的遠端之間的該些微彈簧前驅結構中的每一者。

6. 如請求項 1 所述之方法，其中在該第一指狀物陣列中的每一指狀物上的該些微彈簧前驅結構中的每一者是藉由以下形成：
 - 沉積一第一蝕刻停止層在該晶圓上；
 - 沉積一第二蝕刻停止層在該晶圓上；
 - 圖案化該第一蝕刻停止層及該第二蝕刻停止層，以在該第一指狀物陣列的該些遠端上形成複數個槽；
 - 形成一垂直介電層在該些槽中的每一者中；以及
 - 沉積形成成一垂直金屬層的一金屬層在該些槽中的每一者中，以得到在該第一指狀物陣列中的每一指狀物上的該些微彈簧前驅結構中的每一者。
7. 一種製造用於微機電系統執行器的微機械臂陣列之方法，包括：
 - 接收一封裝，該封裝包括與一底部晶圓接合的一頂部晶圓；
 - 圖案化該頂部晶圓，以形成一凹槽，該凹槽包括在該凹槽內彼此分隔開來的複數個柱子；
 - 形成一介電層在該頂部晶圓中的該凹槽的複數個暴露表面上；
 - 形成複數個金屬層在該凹槽中的該些柱子上，以在該些柱子上形成複數個水平複合結構；
 - 形成複數個犧牲間隙物在該些水平複合結構上；
 - 形成一介電層在該些水平複合結構及該些犧牲間隙物的複數個暴露表面上，從而在該凹槽內形成一第一組溝槽及一第二組溝槽以及在該頂部晶圓上形成一第一介電層；
 - 沉積一壓電材料到該第一組溝槽中，以形成一第一指狀物陣列；
 - 沉積一導電材料到該第二組溝槽中，以形成一第二指狀物陣列，其中該第一指狀物陣列的複數個遠端及該第二指狀物陣列的複數個遠端插置於彼此之間；
 - 形成複數個垂直複合結構在該第一指狀物陣列的複數個指狀物上，該些垂直複合結構中的每一者包括與一金屬層接合的一介電層；
 - 形成一金屬帽，該金屬帽接觸該第二指狀物陣列中的每一指狀物及在該第一指狀物陣列上的該些垂直複合結構中的每一者；
 - 執行蝕刻，以移除該些犧牲間隙物並在該頂部晶圓內形成一腔體；以及
 - 執行退火，以將該些水平複合結構中的每一者及該些垂直複合結構中的每一者轉換成一微彈簧。
8. 如請求項 7 所述之方法，其中該第一指狀物陣列的複數個近端向一第一方向延伸並連接到一第一臂，以及該第二指狀物陣列的複數個近端向與該第一方向相反的一第二方向延伸並連接到一第二臂。
9. 如請求項 7 所述之方法，更包括在沉積該導電材料到該第二組溝槽中以形成該第二指狀物陣列之後及在形成該些垂直複合結構在該第一指狀物陣列的該些指狀物上之前：
 - 將該第一介電層延伸到該第一指狀物陣列及該第二指狀物陣列的複數個頂面上；
 - 藉由移除一驅動梳狀部分中的該頂部晶圓上的該第一介電層的複數個部分將該驅動梳狀部分中的該頂部晶圓暴露出來；
 - 沉積一第一蝕刻停止層在該頂部晶圓上；
 - 形成一第二介電層在該第一蝕刻停止層上；
 - 圖案化該第二介電層，以暴露出該頂部晶圓的該驅動梳狀部分、一樞紐部分及一內框架部分的一部分；
 - 沉積一第二蝕刻停止層在該頂部晶圓上；以及
 - 圖案化在該驅動梳狀部分中的該第一蝕刻停止層及該第二蝕刻停止層，以形成複數個垂直間隙物，並在該第一指狀物陣列的該些遠端處形成複數個槽。
10. 一種微機電系統執行器，包括：

一錨結構；以及

複數個微機械臂陣列連接到該錨結構，該些微機械臂陣列中的每一者包括：

由一壓電材料形成的一第一間隔指狀物陣列，該第一間隔指狀物陣列從一第一臂沿著一第一水平方向延伸；以及

由一導電材料形成的一第二間隔指狀物陣列，該第二間隔指狀物陣列從一第二臂沿著該第一水平方向延伸，其中該第一間隔指狀物陣列的複數個遠端及該第二間隔指狀物陣列的複數個遠端插置於彼此之間以形成複數個相鄰指狀物彼此插置的遠端。

圖式簡單說明

當與圖式一起閱讀時可最佳地從以下詳細的敘述中理解本揭示內容的各個方面。需要注意的是，根據產業的標準做法，各種特徵可能未按比例繪製。事實上，為了討論的清晰性，可能任意增加或減少各種特徵的尺寸。

第 1 圖是根據本揭示內容一些實施方式的微機械臂陣列（micromechanical arm array）的側面橫截面圖。

第 2 圖是根據本揭示內容一些實施方式的微機械臂陣列的放大的側面橫截面圖。

第 3A 圖是第一實施方式中的微機械臂陣列的平面圖，微機械臂陣列具有第一壓電指狀物陣列、第二導電指狀物陣列及微彈簧，第一壓電指狀物陣列的遠端及第二導電指狀物陣列的遠端插置於彼此之間，以及微彈簧連接相鄰的指狀物。壓電指狀物與導電指狀物的數量比為 2：1。

第 3B 圖是第二實施方式中的微機械臂陣列的平面圖，微機械臂陣列具有插入第二導電指狀物陣列的第一壓電指狀物陣列。壓電指狀物與導電指狀物的數量比為 1：1。

第 3C 圖是第三實施方式中的微機械臂陣列的平面圖，微機械臂陣列具有插入第二導電指狀物陣列的第一壓電指狀物陣列。壓電指狀物與導電指狀物的數量比為 3：1。

第 4A 圖至第 4C 圖是根據一些實施方式的製造用於微機電系統執行器（MEMS actuator）的微機械臂陣列之第一方法的流程圖。

第 5 圖是用於製造微機械臂陣列的封裝的側面橫截面圖。

第 6A 圖是在執行第一蝕刻步驟之後的封裝的平面圖。第 6B 圖是第 6A 圖的封裝沿著線 B-B 的側面橫截面圖。第 6C 圖是第 6A 圖的封裝沿著線 C-C 的側面橫截面圖。第 6D 圖是第 6A 圖的封裝沿著線 D-D 的側面橫截面圖。

第 7 圖是形成第一介電層之後的封裝的側面橫截面圖。

第 8 圖是在沉積金屬之後的封裝的側面橫截面圖。

第 9A 圖是在執行為了在柱子上形成金屬層的蝕刻之後的封裝的側面橫截面圖。第 9B 圖是平面圖。

第 10 圖是在沉積矽之後的封裝的側面橫截面圖。

第 11A 圖是在執行為了在柱子上形成犧牲間隙物的蝕刻之後的封裝的側面橫截面圖。第 11B 圖是平面圖。

第 12 圖是在於剛暴露的表面上增加第一介電層之後的封裝的側面橫截面圖。

第 13A 圖是在沉積為了形成第一壓電指狀物陣列的壓電材料之後的封裝的側面橫截面圖。第 13B 圖是平面圖。

第 14 圖是在於頂部晶圓上沉積為了形成第二導電指陣列的導電材料之後的封裝的側面橫截面圖。

第 15A 圖是在於導電材料上執行化學機械平坦化（chemical mechanical planarization, CMP）之後的封裝的側面橫截面圖。第 15B 圖是平面圖。

第 16 圖是在執行為了從溝槽中移除導電材料的蝕刻之後的封裝的側面橫截面圖。

第 17 圖是在於兩個指狀物陣列上進一步增加第一介電層之後的封裝的側面橫截面圖。

(4)

第 18 圖是在為了暴露頂部晶圓的部分而對第一介電層執行部分蝕刻之後的封裝的側面橫截面圖。

第 19 圖是在於頂部晶圓上沉積第一蝕刻停止層之後的封裝的側面橫截面圖。

第 20 圖是在形成第二介電層之後的封裝的側面橫截面圖。

第 21A 圖是在部分地蝕刻第二介電層之後的封裝的側面橫截面圖。第 21B 圖是平面圖。

第 22 圖是在於頂部晶圓上沉積第二蝕刻停止層之後的封裝的側面橫截面圖。

第 23A 圖是在為了暴露頂部晶圓的多種部分而對蝕刻停止層執行蝕刻之後的封裝的側面橫截面圖。第 23B 圖是平面圖。

第 24 圖是沉積第三介電層之後的封裝的側面橫截面圖。

第 25A 圖是在為了形成於第一壓電指陣列上的垂直介電層而對第三介電層執行蝕刻之後的封裝的側面橫截面圖。第 25B 圖是平面圖。

第 26 圖是在沉積金屬之後的封裝的側面橫截面圖。

第 27A 圖是在執行為了形成金屬帽 (metal cap) 的蝕刻之後的封裝的側面橫截面圖。第 27B 圖是平面圖。

第 28A 圖是在形成鈍化層之後的封裝的側面橫截面圖。第 28B 圖是平面圖。

第 29A 圖是在為了形成微機械臂陣列下的腔體而對頂部晶圓執行矽蝕刻之後的封裝的側面橫截面圖。第 29B 圖是平面圖。

第 30A 圖是在執行退火且底部晶圓被移除而留下頂部晶圓之後的封裝的側面橫截面圖。第 30B 圖是平面圖。

第 31A 圖是根據一些實施方式的製造用於微機電系統執行器的微機械臂陣列之第二方法的流程圖。

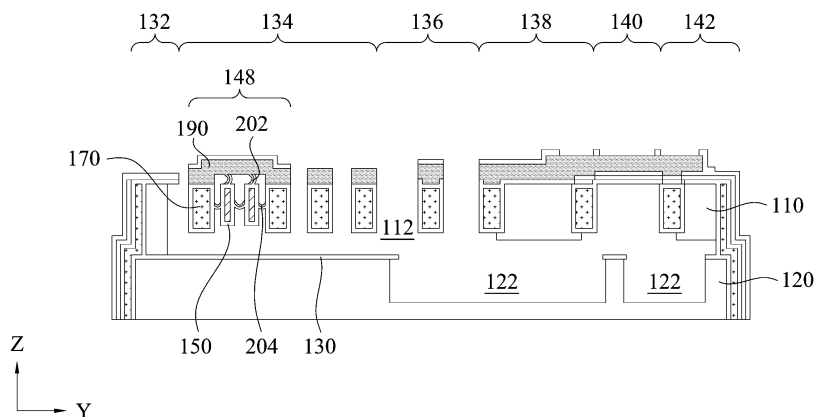
第 31B 圖是根據一些實施方式的製造用於微機電系統執行器的微機械臂陣列之第三方法的流程圖。

第 32 圖是根據一些實施方式的微機電系統執行器的平面圖。

第 33 圖是根據一些實施方式的用於穩定光學圖像以對抗外部運動之方法的流程圖。

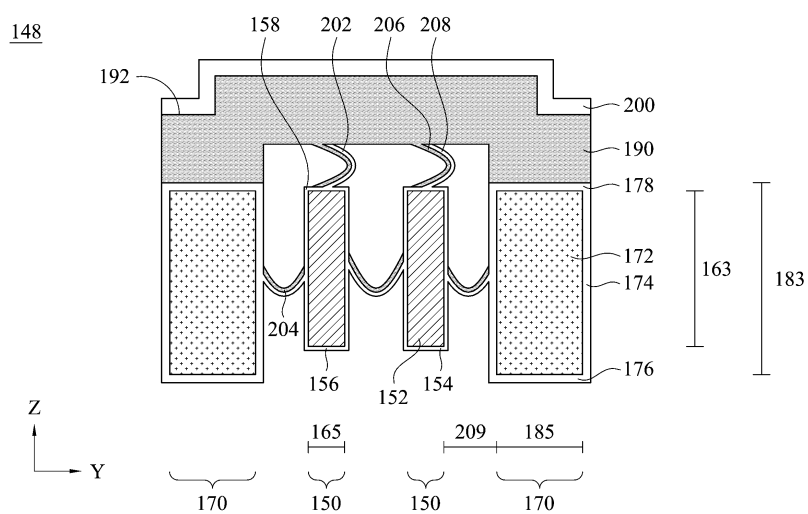
第 34A 圖是位於第一位置的光學圖像捕捉裝置的側面橫截面圖。第 34B 圖是裝置位於第二位置時的側面橫截面圖。

100

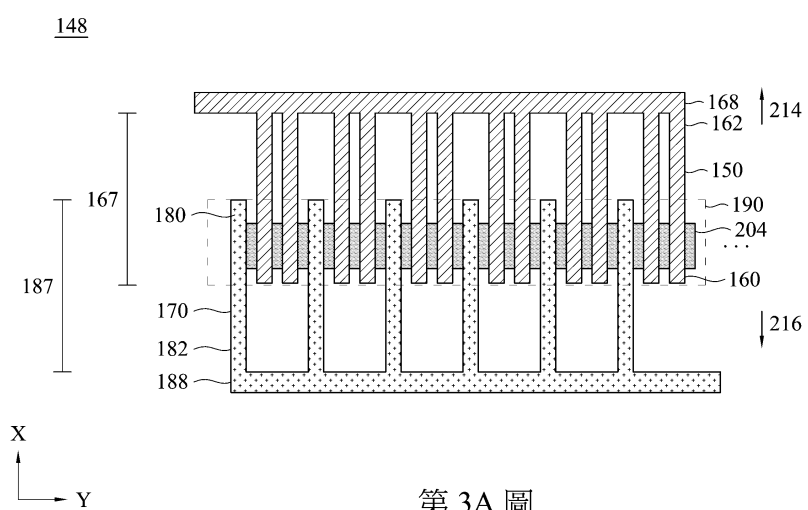


第 1 圖

(5)



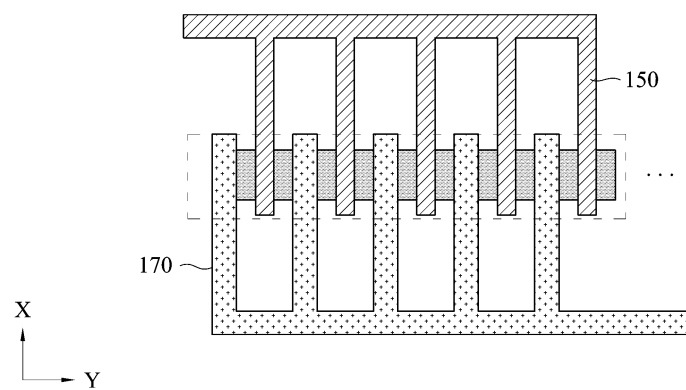
第 2 圖



第 3A 圖

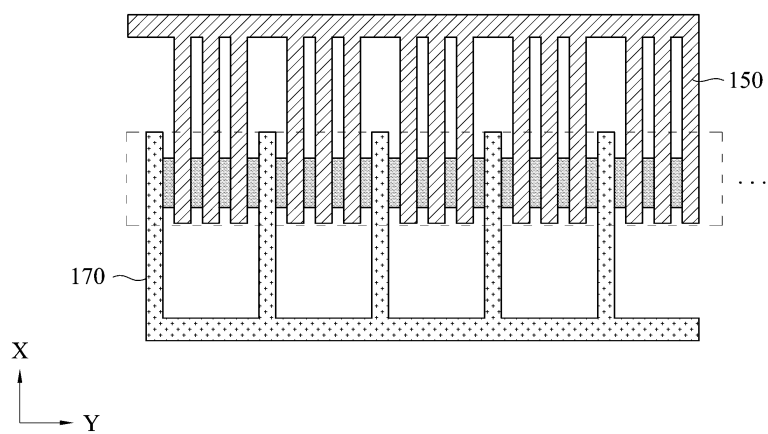
(6)

148



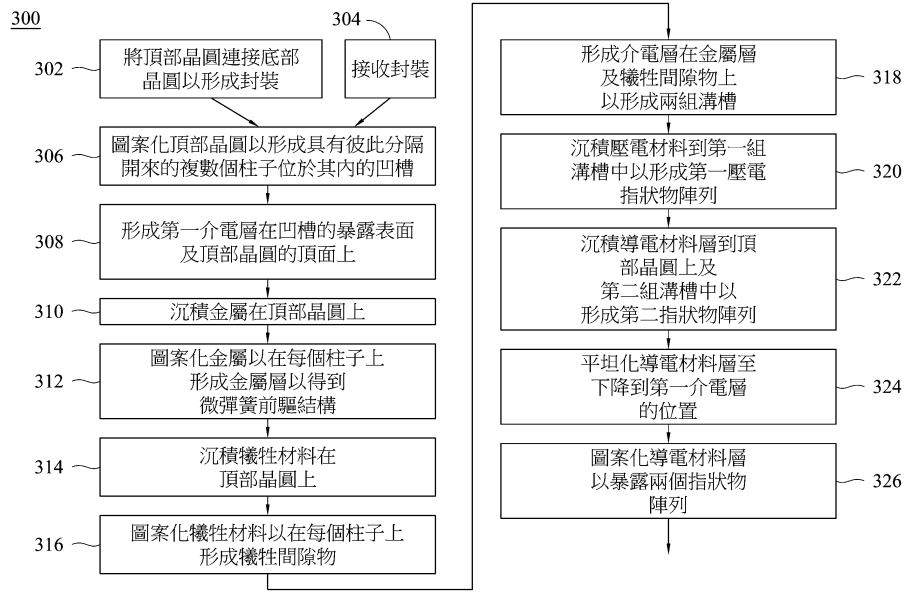
第 3B 圖

148

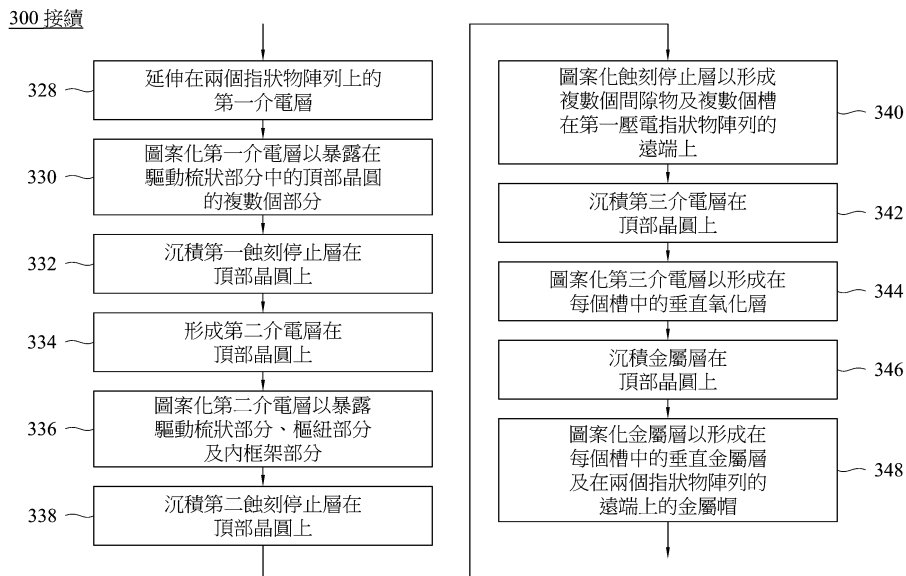


第 3C 圖

(7)



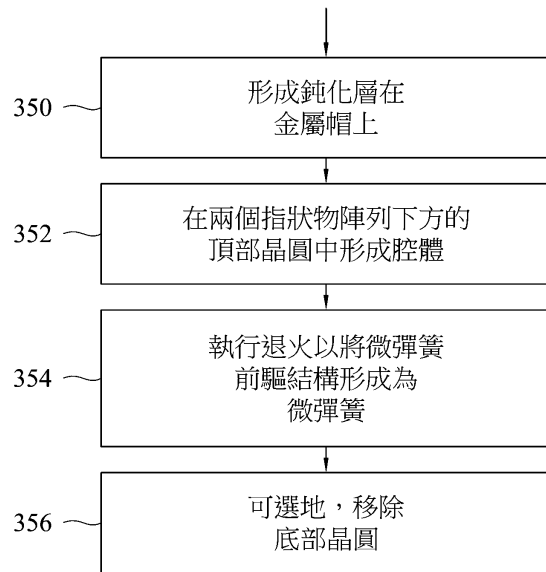
第 4A 圖



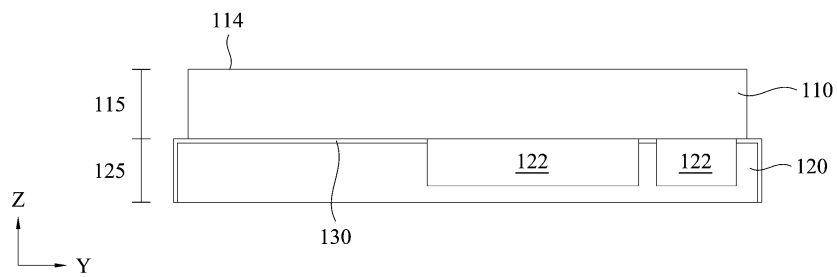
第 4B 圖

(8)

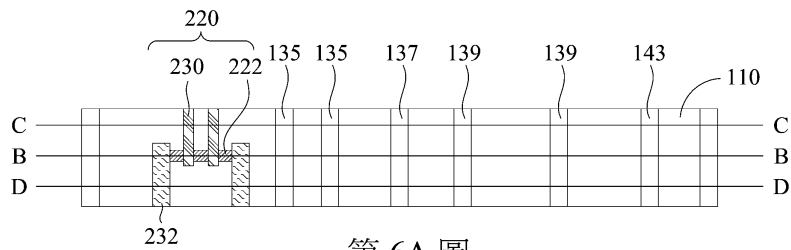
300 接續



第 4C 圖

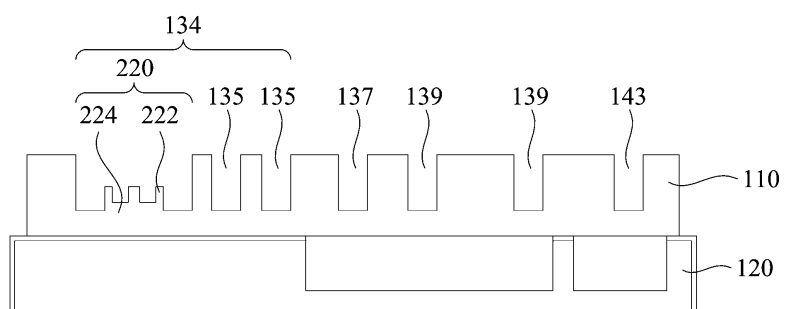


第 5 圖

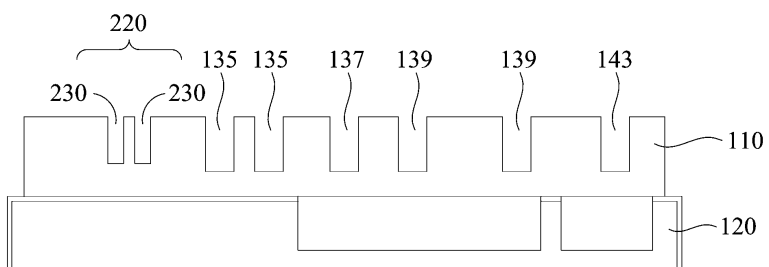


第 6A 圖

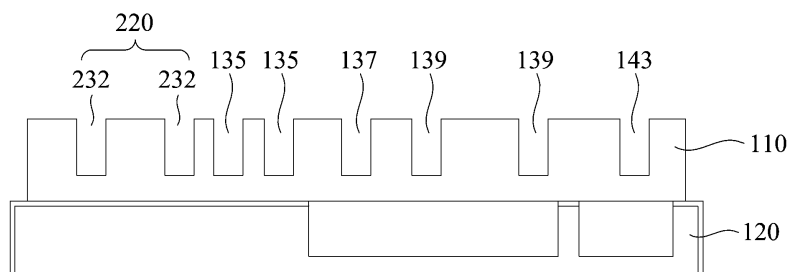
(9)



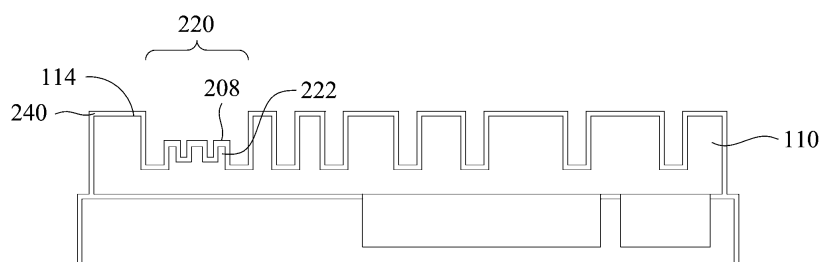
第 6B 圖



第 6C 圖

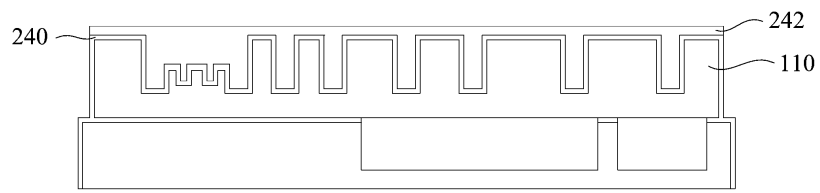


第 6D 圖

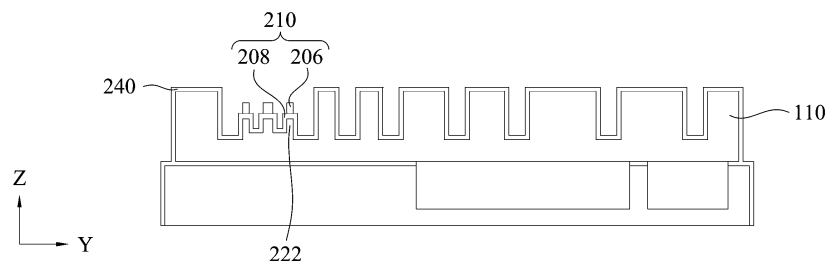


第 7 圖

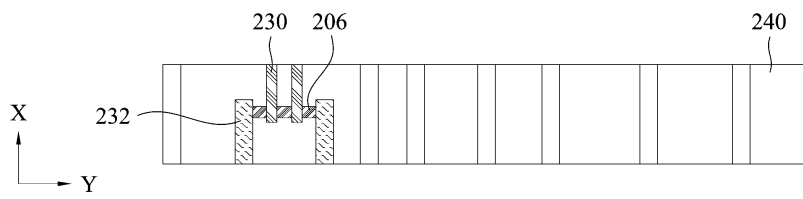
(10)



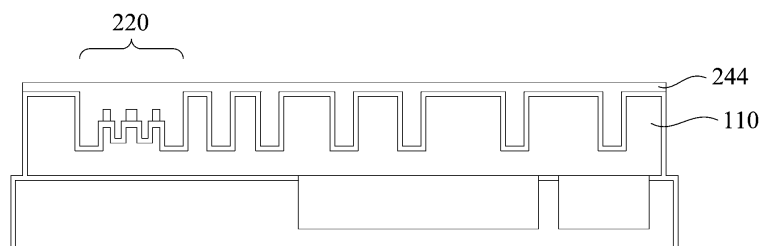
第 8 圖



第 9A 圖

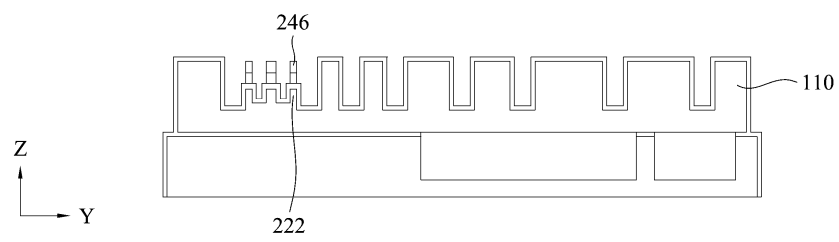


第 9B 圖

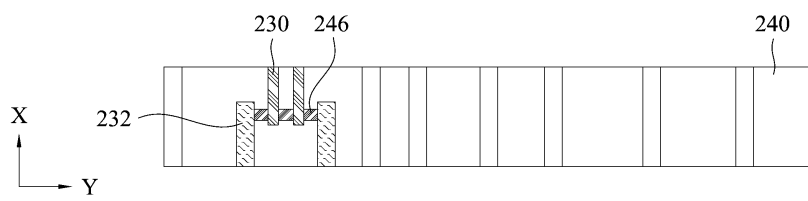


第 10 圖

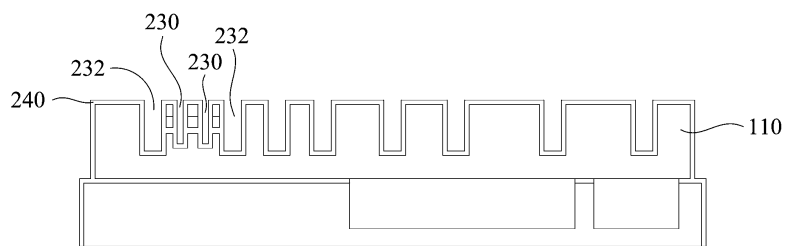
(11)



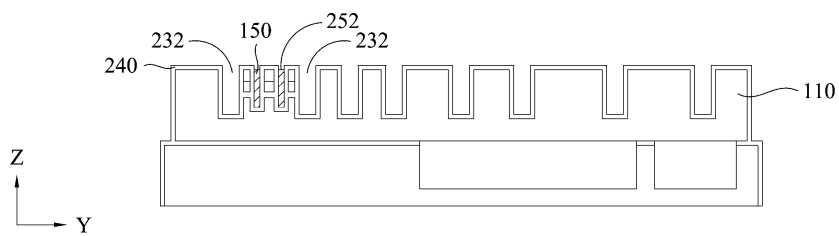
第 11A 圖



第 11B 圖

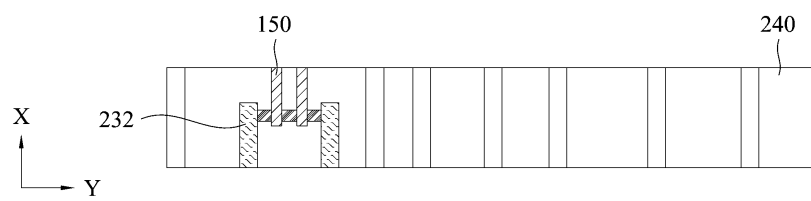


第 12 圖

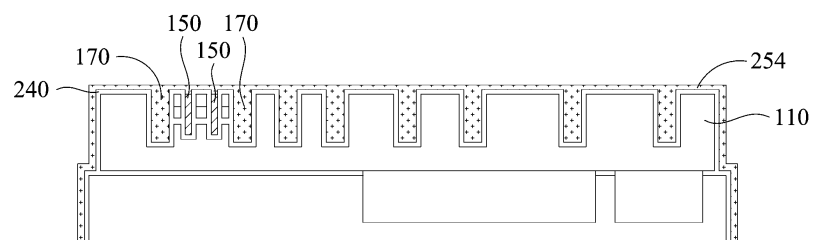


第 13A 圖

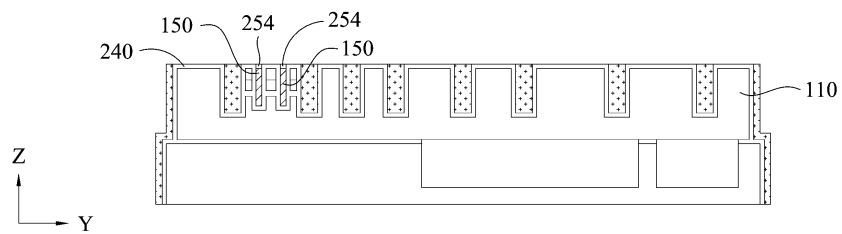
(12)



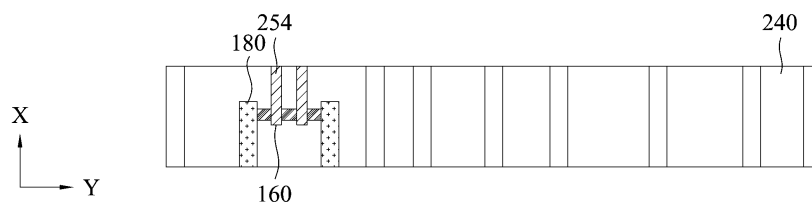
第 13B 圖



第 14 圖

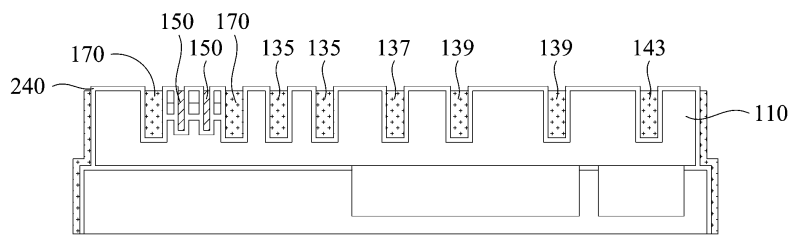


第 15A 圖

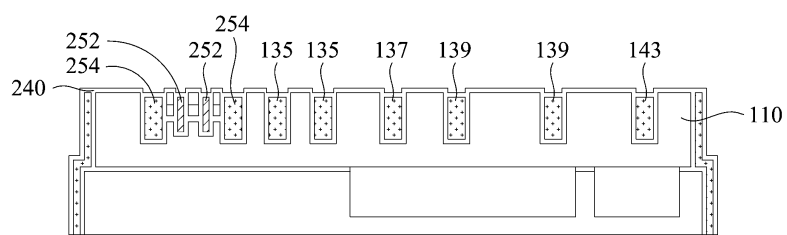


第 15B 圖

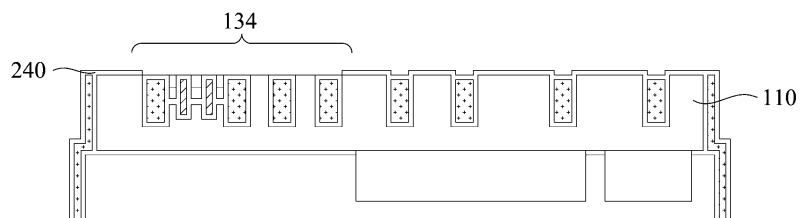
(13)



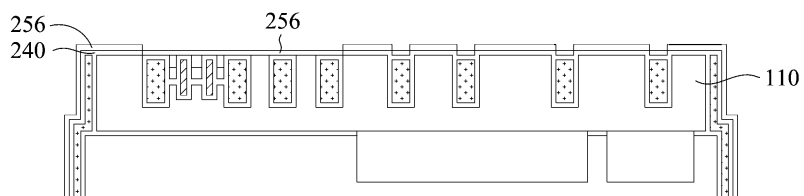
第 16 圖



第 17 圖

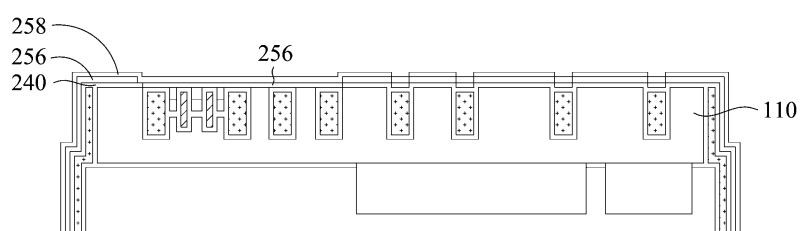


第 18 圖

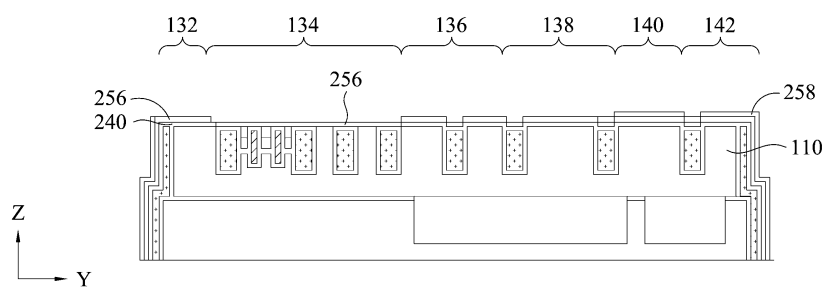


第 19 圖

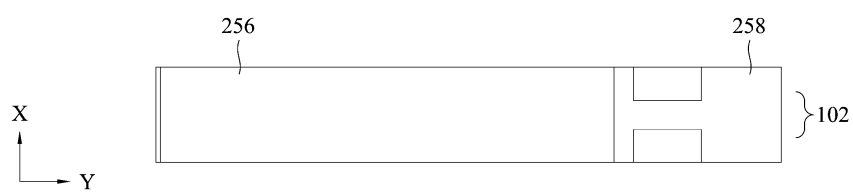
(14)



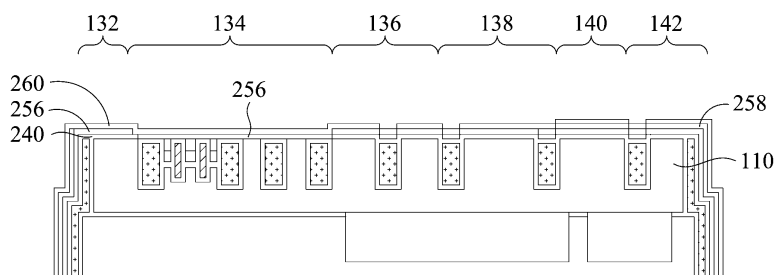
第 20 圖



第 21A 圖

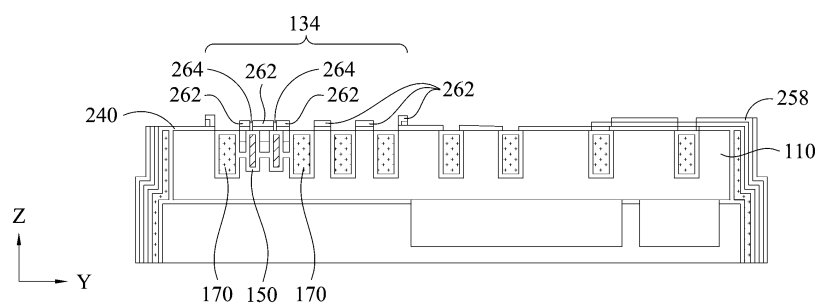


第 21B 圖

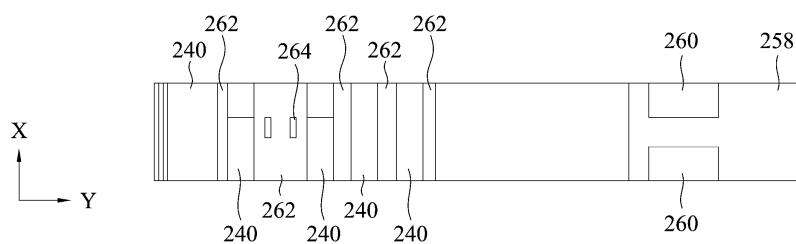


第 22 圖

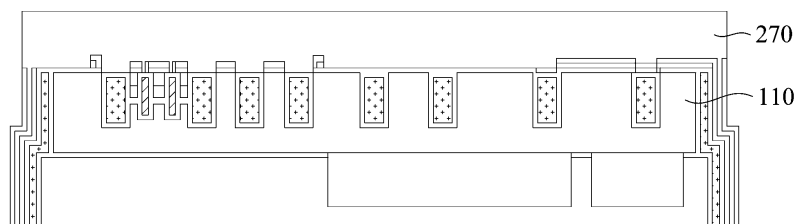
(15)



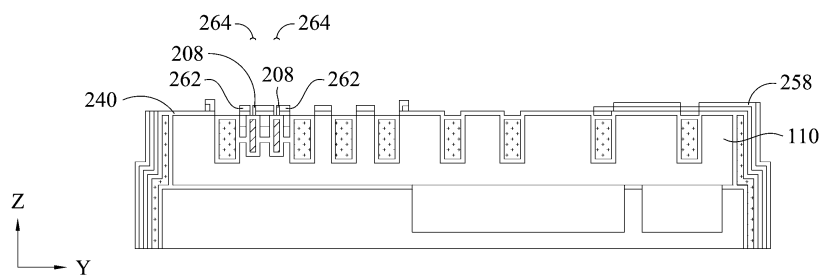
第 23A 圖



第 23B 圖

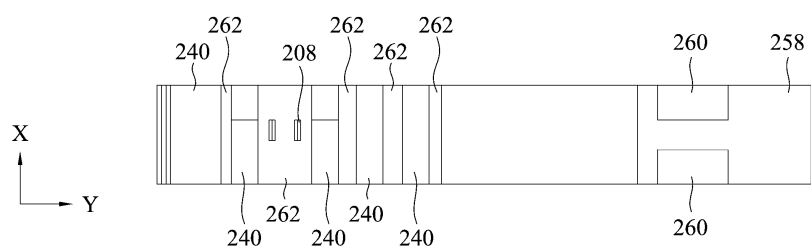


第 24 圖

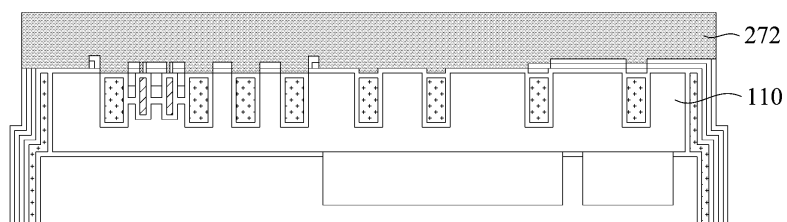


第 25A 圖

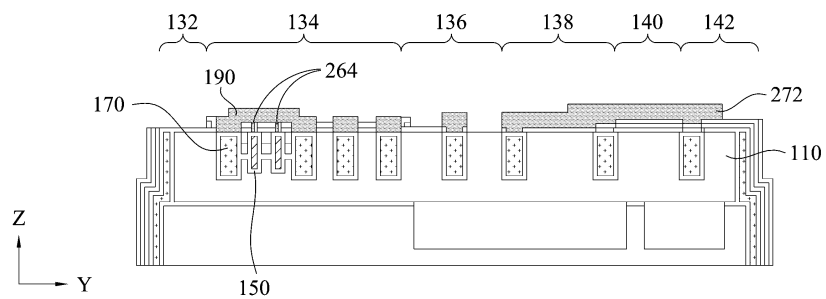
(16)



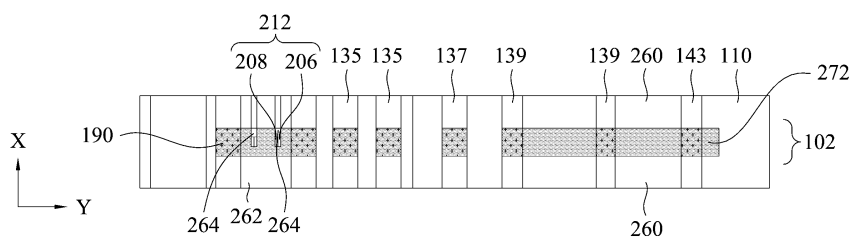
第 25B 圖



第 26 圖

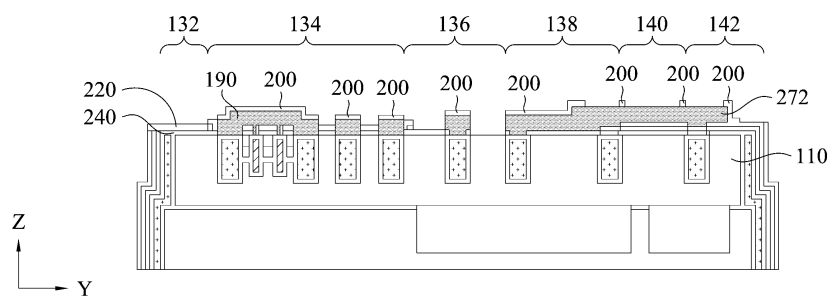


第 27A 圖

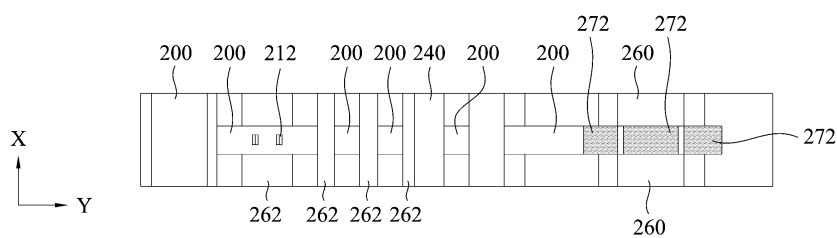


第 27B 圖

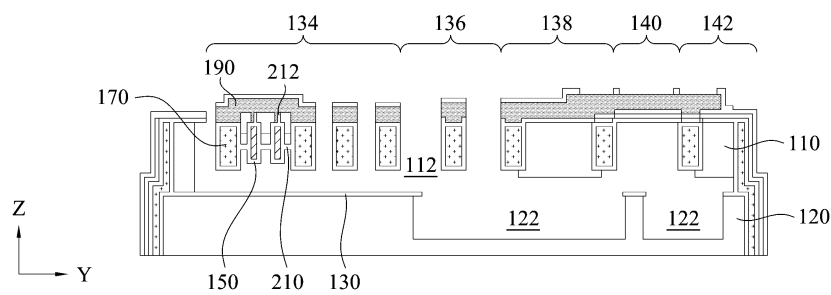
(17)



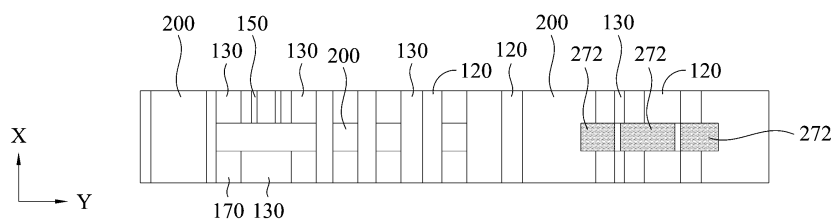
第 28A 圖



第 28B 圖

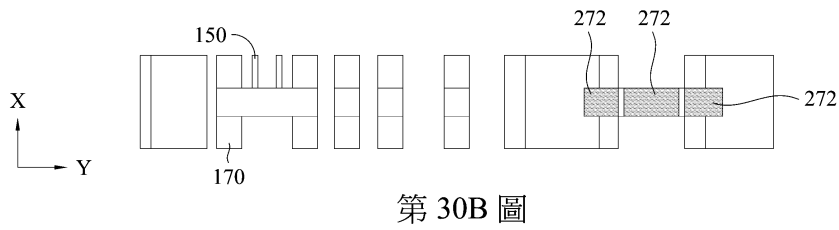
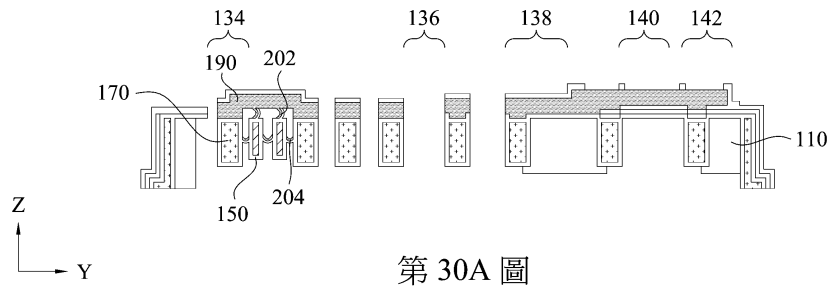


第 29A 圖

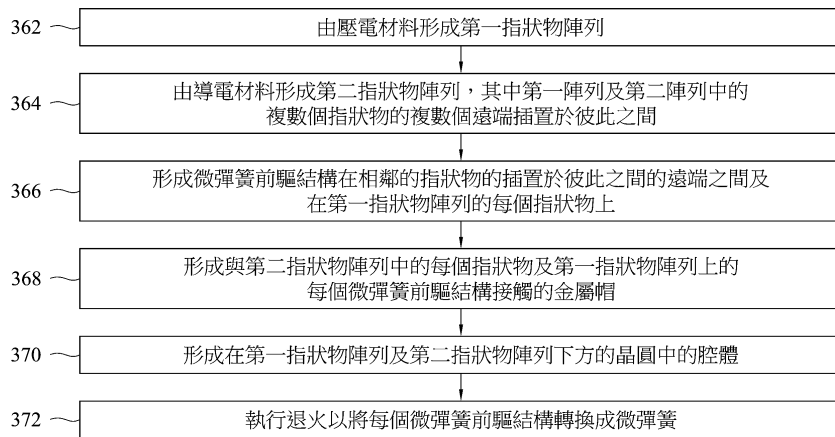


第 29B 圖

(18)



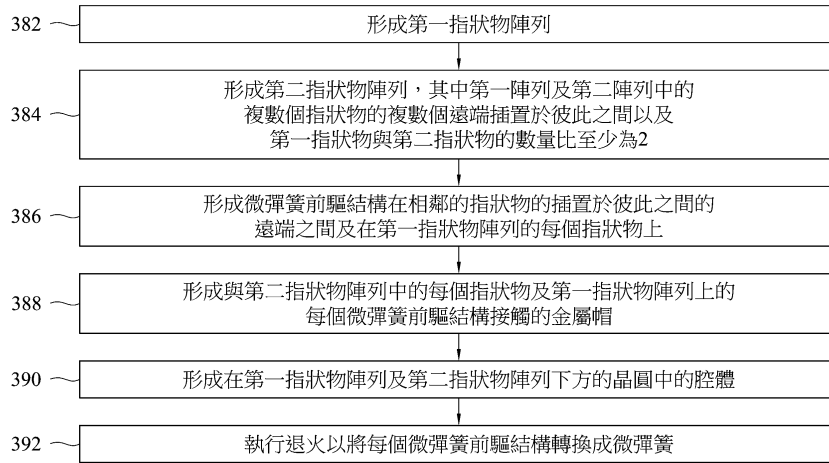
360



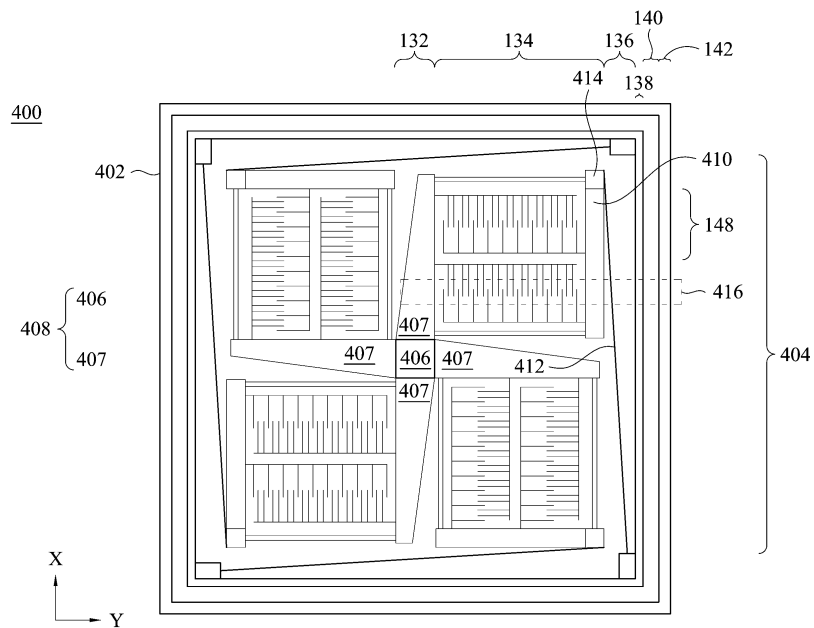
第 31A 圖

(19)

380

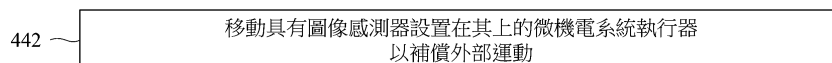


第 31B 圖



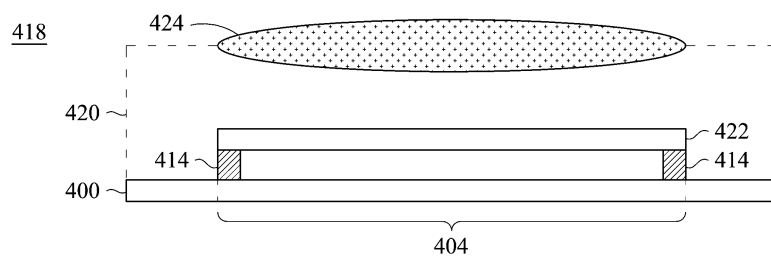
第 32 圖

440

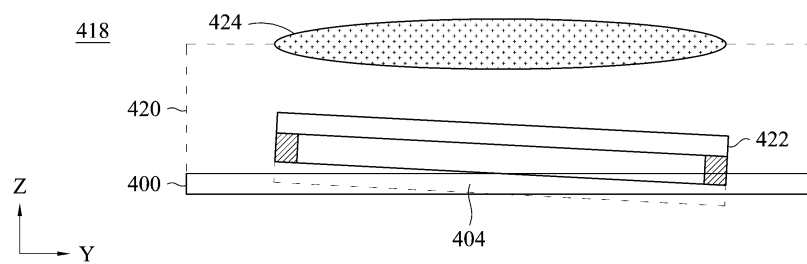


第 33 圖

(20)



第 34A 圖



第 34B 圖