



(21)申請案號：108135059

(22)申請日：中華民國 108 (2019) 年 09 月 27 日

(51)Int. Cl.：

A61B8/00 (2006.01)

B81B3/00 (2006.01)

B81B7/00 (2006.01)

B81C1/00 (2006.01)

G10K13/00 (2006.01)

H04R31/00 (2006.01)

(30)優先權：2018/09/28 美國 62/738,502

(71)申請人：美商蝴蝶網路公司 (美國) BUTTERFLY NETWORK, INC. (US)
美國

(72)發明人：劉建威 LIU, JIANWEI (US)；法菲凱斯 G FIFE, KEITH G. (US)；盧茨基喬瑟夫 LUTSKY, JOSEPH (US)；繆凌雲 MIAO, LINGYUN (CN)

(74)代理人：閻啓泰；林景郁

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：16 項 圖式數：20 共 27 頁

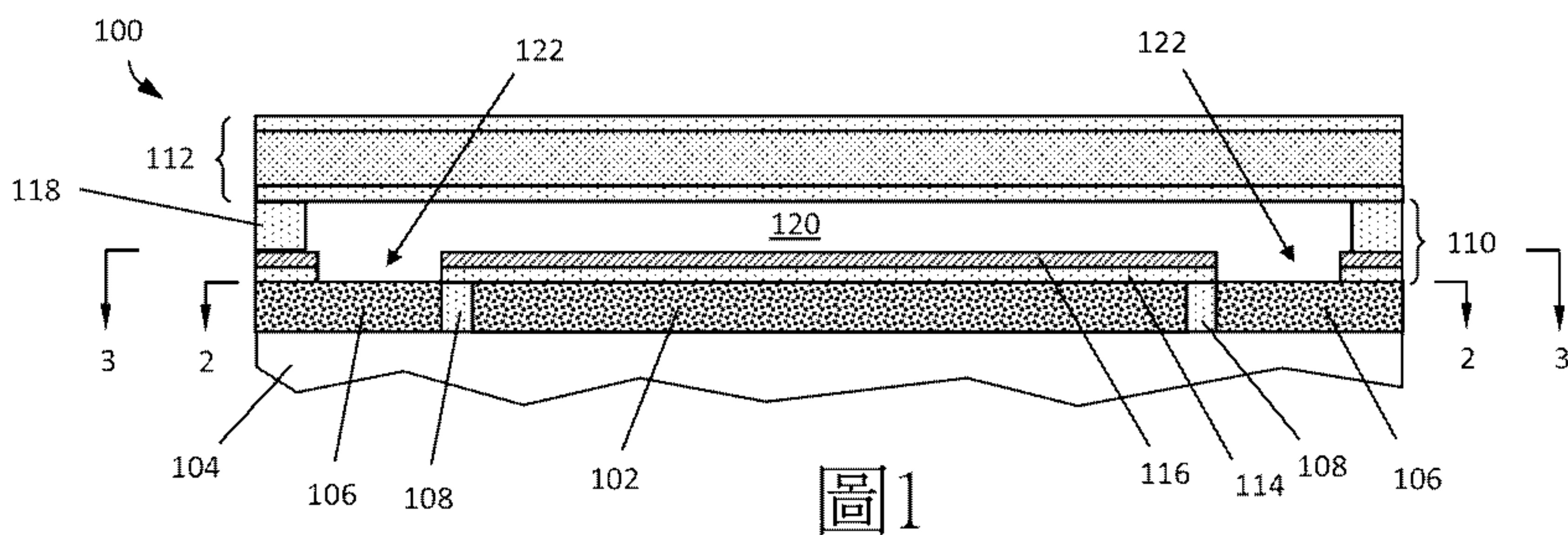
(54)名稱
用以在超聲波換能器空腔中捕集材料的製造技術和結構

(57)摘要

本發明係關於一種形成超聲波換能器裝置之方法，該方法包括將薄膜接合至基板，以便在該薄膜與該基板之間形成密封空腔。位於該密封空腔內之曝露表面包括與該空腔之底部電極電隔離的捕集材料。

A method of forming an ultrasound transducer device includes bonding a membrane to a substrate so as to form a sealed cavity between the membrane and the substrate. An exposed surface located within the sealed cavity includes a getter material that is electrically isolated from a bottom electrode of the cavity.

指定代表圖：



- 符號簡單說明：
- 100:微機電超聲波換能器
 - 102:下部電極
 - 104:基板
 - 106:金屬區
 - 108:絕緣體材料
 - 110:絕緣體堆疊
 - 112:可移動薄膜
 - 114:第一氧化層
 - 116:第二氧化層
 - 118:第三氧化層
 - 120:空腔
 - 122:開口

202042750

TW 202042750 A

2-2:箭頭

3-3:箭頭



202042750

【發明摘要】

【中文發明名稱】 用以在超聲波換能器空腔中捕集材料的製造技術和結構

【英文發明名稱】 FABRICATION TECHNIQUES AND STRUCTURES FOR
GETTERING MATERIALS IN ULTRASONIC
TRANSDUCER CAVITIES

【中文】

本發明係關於一種形成超聲波換能器裝置之方法，該方法包括將薄膜接合至基板，以便在該薄膜與該基板之間形成密封空腔。位於該密封空腔內之曝露表面包括與該空腔之底部電極電隔離的捕集材料。

【英文】

A method of forming an ultrasound transducer device includes bonding a membrane to a substrate so as to form a sealed cavity between the membrane and the substrate. An exposed surface located within the sealed cavity includes a getter material that is electrically isolated from a bottom electrode of the cavity.

【指定代表圖】 圖1

【代表圖之符號簡單說明】

- 100：微機電超聲波換能器
- 102：下部電極
- 104：基板
- 106：金屬區
- 108：絕緣體材料

- 110：絕緣體堆疊
- 112：可移動薄膜
- 114：第一氧化層
- 116：第二氧化層
- 118：第三氧化層
- 120：空腔
- 122：開口
- 2-2：箭頭
- 3-3：箭頭

【特徵化學式】

無

【發明說明書】

【中文發明名稱】 用以在超聲波換能器空腔中捕集材料的製造技術和結構

【英文發明名稱】 FABRICATION TECHNIQUES AND STRUCTURES FOR
GETTERING MATERIALS IN ULTRASONIC
TRANSDUCER CAVITIES

【技術領域】

【0001】 本發明大體上係關於微機電超聲波換能器，且更具體言之，係關於用於在製造期間對超聲波換能器空腔中存在之材料進行捕集的製造技術及相關聯結構。

相關申請案之交叉參考

【0002】 本申請案主張2018年9月28日標題為「FABRICATION TECHNIQUES AND STRUCTURES FOR GETTERING MATERIALS IN ULTRASONIC TRANSDUCER CAVITIES」之美國專利申請案第62/738,502號之權益，該申請案特此以全文引用之方式併入本文中。

【先前技術】

【0003】 超聲波裝置可用於使用具有相對於人類可聽頻率較高之頻率之聲波來執行診斷性成像及/或治療。超聲波成像可用於查看內部軟組織主體結構，例如用以尋找疾病之來源或用以切斷任何病變。當將超聲波之脈衝傳輸至組織中（例如，藉由使用探針）時，聲波自組織反射，其中不同組織反射不同程度之聲音。隨後可記錄此等所反射聲波且以超聲波影像顯示至操作者。聲音信號之強度(振幅)及波用以前進穿過身體所花費的時間提供用於產生超聲波影

像之資訊。

【0004】 可使用包括懸掛在基板上方之可撓性薄膜之微機電超聲波換能器來製造一些超聲波成像裝置。空腔位於基板之部分與薄膜之間，使得基板、空腔與薄膜之組合形成可變電容器。當由適當電信號致動時，薄膜藉由振動產生超聲波信號。回應於接收到超聲波信號，使得薄膜振動，且因此，可產生輸出電信號。

【發明內容】

【0005】 在一個態樣中，形成超聲波換能器裝置之方法包括將薄膜接合至基板，以便在其間形成密封空腔，其中位於密封空腔內之曝露表面包含集氣劑材料，集氣劑材料與空腔之底部電極電隔離。

【0006】 在另一態樣中，超聲波換能器裝置包括接合至基板之薄膜，密封空腔位於其間。位於密封空腔內之曝露表面包含集氣劑材料，集氣劑材料與空腔之底部電極電隔離。

【圖式簡單說明】

【0007】 應用之各種態樣及具體實例將參看以下圖式進行描述。應瞭解，圖式未必按比例繪製。藉由出現於所有圖式中之相同參考標號來指示出現於多個圖式中之項目。

【0008】 圖1為根據一具體實例之具有空腔捕集材料之微機電超聲波換能器的橫截面圖。

【0009】 圖2為沿箭頭2-2截取之圖1之超聲波換能器的俯視圖。

【0010】 圖3為沿箭頭3-3截取之圖1之超聲波換能器的俯視圖。

【0011】 圖4為根據另一具體實例之具有空腔捕集材料之微機電超聲波換

能器的橫截面圖。

【0012】 圖5為沿箭頭5-5截取之圖4之超聲波換能器的俯視圖。

【0013】 圖6為沿箭頭6-6截取之圖4之超聲波換能器的俯視圖。

【0014】 圖7為根據另一具體實例之具有空腔捕集材料之微機電超聲波換能器的橫截面圖。

【0015】 圖8為沿箭頭8-8截取之圖7之超聲波換能器的俯視圖。

【0016】 圖9為沿箭頭9-9截取之圖7之超聲波換能器的俯視圖。

【0017】 圖10至19說明用於形成圖1至9之超聲波換能器具體實例之製程流序列，其中：

【0018】 圖10說明在CMOS基板上方形形成電極層。

【0019】 圖11-1根據圖1之具體實例說明圖案化圖10之電極層。

【0020】 圖11-2根據圖4之具體實例說明圖案化圖10之電極層。

【0021】 圖11-3根據圖7之具體實例說明圖案化圖10之電極層。

【0022】 圖12-1說明在圖11-1之結構上方形成絕緣層。

【0023】 圖12-2說明在圖11-2之結構上方形成絕緣層。

【0024】 圖12-3說明在圖11-3之結構上方形成絕緣層。

【0025】 圖13-1說明平坦化圖12-1之結構之絕緣層。

【0026】 圖13-2說明平坦化圖12-2之結構之絕緣層。

【0027】 圖13-3說明平坦化圖12-3之結構之絕緣層。

【0028】 圖14說明在圖13-1之結構上方形成絕緣堆疊。

【0029】 圖15說明在絕緣堆疊中形成空腔。

【0030】 圖16說明移除絕緣堆疊之較低絕緣層之一部分以曝露充當捕集材料的相鄰電極材料。

【0031】 圖 17 說 明 待 接 合 至 圖 16 之 結 構 之 絕 緣 體 上 矽

(silicon-on-insulator ; SOI)晶圓。

【0032】 圖18說明接合至圖16之結構之SOI晶圓。

【0033】 圖19說明移除SOI晶圓之一部分以界定微機電超聲波換能器之薄膜。

【0034】 圖20說明使用本文中所描述之製程流序列中之任一者形成之實例超聲波換能器裝置的俯視圖。

【實施方式】

【0035】 適用於超聲波成像裝置之一種類型之換能器為微機電超聲波換能器(micromachined ultrasound transducer ; MUT)，其可由例如矽製成且經組態以傳輸及接收超聲波能量。MUT可包括電容式微機電超聲波換能器(capacitive micromachined ultrasound transducer ; CMUT)及壓電微機電超聲波換能器(piezoelectric micromachined ultrasound transducer ; PMUT)，其相較於更常規之超聲波換能器設計可提供若干優勢，諸如更低製造成本及更少製造時間及/或增大頻寬。相對於CMUT裝置，基本結構為具有存在於可撓性薄膜上或內之硬質底部電極及頂部電極的平行板電容器。因此，在底部電極與頂部電極之間界定空腔。在一些設計(諸如由本申請案之受讓人做出之設計)中，CMUT換能器可直接整合在控制換能器之操作的積體電路上。製造CMUT超聲波裝置之一種方式應為將薄膜基板接合至積體電路基板，諸如互補金屬氧化物半導體(complementary metal oxide semiconductor ; CMOS)基板。此可在足夠低以防止對積體電路之裝置之損壞的溫度下執行。

【0036】 然而，在薄膜基板與CMOS基板之接合期間，晶粒及晶圓上之空腔壓力由於水蒸氣及其他氣態副產物以及接合劑之擴散而存在差異。此轉而可引起某些基於CMUT之操作參數之非所需變化性，例如崩潰電壓以及傳輸/接收

壓力靈敏度。因此，期望能夠在製造製程期間以及在裝置之使用壽命內控制此類換能器裝置內的空穴壓力。

【0037】 現參看圖1，展示根據一具體實例之具有空腔捕集材料之微機電超聲波換能器100的橫截面圖。如所展示，超聲波換能器100包括形成於基板104 (例如，CMOS基板，諸如矽)上方之下部電極102。CMOS基板104可包括(但不必要限於) CMOS電路、佈線層、重佈層及絕緣/鈍化層。在一例示性具體實例中，用於下部電極102之適合材料包括鈦(Ti)、鋯(Zr)、釩(V)、鈷(Co)、鎳(Ni)以及其合金中之一或多者。

【0038】 如圖1中進一步所展示，下部電極102與亦形成於基板104上之相鄰金屬區106電隔離。相鄰金屬區106之曝露部分可因此在空腔形成期間充當捕集材料。相鄰金屬區106可由與下部電極102相同之金屬材料形成，且藉由絕緣體材料108 (例如，氧化矽)與下部電極102電隔離。藉助於進一步說明，圖2為沿圖1中之箭頭2-2截取之下部電極、相鄰金屬區106及絕緣體材料108的自上而下視圖。應瞭解，儘管超聲波換能器100之此部分之例示性幾何結構為大體圓形形狀，但亦考慮其他組態，例如矩形、六邊形、八邊形及其他多側邊形狀等。

【0039】 再次參看圖1，絕緣層(例如，一或多個個別絕緣層，諸如絕緣體堆疊110)形成於下部電極102及相鄰金屬區106之部分上方。堆疊110之部分為接合至堆疊110之可移動薄膜112 (例如，具有含有氧化表面之摻矽裝置層之SOI晶圓)提供支撐。在所說明之具體實例中，絕緣體堆疊110包括第一氧化層114 (例如，化學氣相沈積(chemical vapor deposition；CVD)氧化矽)、第二氧化層116 (例如，原子層沈積(atomic layer deposition；ALD)氧化鋁)及第三氧化層118 (例如，濺鍍沈積氧化矽)。藉由第三氧化層118之適合微影圖案化及蝕刻，空腔120可經界定用於超聲波換能器100。此外，在其中第二氧化層116係選自相對於第三氧化層118具有蝕刻選擇性之材料之具體實例中，第二氧化層116可充當用於移除

第三氧化層118之部分的蝕刻終止層以便界定空腔120。

【0040】 除界定空腔120之第三氧化層之蝕刻之外，另一蝕刻用於界定穿過第二氧化層116及第一氧化層114之開口122，由此曝露金屬區106之一部分之頂部表面。在圖3中說明沿圖1中之箭頭3-3截取的說明第二氧化層116之其餘部分及金屬區之曝露部分的空腔120之自上而下視圖。金屬區106之曝露部分可有利地充當在接合薄膜112以密封空腔120的操作期間存在之一或多種氣體之捕集材料。下文中論述用於形成超聲波換能器100之額外例示性處理操作。

【0041】 將瞭解，氧化層116及114之一部分之捕集技術及相關聯移除以曝露金屬區106之一部分可與數個換能器電極結構中之任一者結合實施。舉例而言，圖4至6說明根據另一具體實例之具有空腔捕集材料之微機電超聲波換能器400的橫截面圖及自上而下視圖。為易於描述，相似元件在各種具體實例中由相似附圖標號指定。如圖4中及圖5 (沿圖4中之線5-5截取)中所特別地說明，形成下部電極102以便具有「環狀」圖案；亦即，對應於稍早所描述具體實例之電極結構之最內半徑的區域替代地由絕緣材料(例如，氧化物108)而非導電電極材料形成。應注意，由於僅自空腔幾何形狀之外部區中移除氧化層116及114，故圖6之自上而下視圖大體上類似於圖3之具體實例的視圖。

【0042】 圖4之電極幾何形狀可用於各種操作模式，包括與超聲波換能器400之崩潰操作模式結合，其中薄膜112之至少一部分與空腔120之底部表面(例如，第二氧化層116)實體接觸。在此情況下，由於與超聲波換能器空腔之底部實體接觸的電極之中心部分對超聲波信號之產生具有最小貢獻，故用絕緣體材料替換下部電極材料之中心部分可幫助減小超聲波換能器400之寄生電容而不顯著地損害效能。另外，此類電極結構之另一益處可為減少另由重複崩潰造成之對薄膜112之充電。關於環狀形狀下部電極之額外資訊可見於2018年5月3日申請且讓與本申請案之受讓人美國專利申請案第62/666,643號中及2019年5月2日

申請且讓與本申請案之受讓人之同在申請中美國專利申請案第16/401,630號中，該兩個申請案之內容以全文引用之方式併入本文中。

【0043】 現參看圖7至9，說明根據又一具體實例之具有空腔捕集材料之微機電超聲波換能器700的橫截面圖及自上而下視圖。同樣，為易於描述，相似元件在各種具體實例中由相似附圖標號指定。如圖7中及圖8 (沿圖7中之線8-8截取) 中所特別地說明，仍形成下部電極102以便具有「環狀」圖案。然而，與圖4至6之具體實例對比，額外電極702形成於空腔區之中心部分處。電極702圖案化為諸如藉由例如藉由氧化物108與其絕緣來與下部電極102電隔離。如同其他具體實例之情況一樣，圖9之自上而下視圖大體上類似於圖3及圖6之具體實例之視圖。

【0044】 圖7中展示之類型之電極幾何形狀除關於先前具體實例所描述之益處之外亦可有助於薄膜112與接地之間的旁路電容，其轉而可有助於減少薄膜112之電壓的噪音。電極702之另一益處可為幫助藉助於電極702向空腔120之底部吸引薄膜112來為超聲波換能器700提供較低崩潰電壓。關於此電極設計之額外資訊亦可見於前述同在申請中美國專利申請案第62/666,643號及第16/401,630號中。

【0045】 現大體參看圖10至19，展示用於形成上文所描述之超聲波換能器具體實例之例示性製程流序列。在圖10中，電極層1000形成於CMOS基板104 (諸如矽基底)上方。同樣，CMOS基板104可包括(但不必要限於) CMOS電路、佈線層、重佈層及絕緣/鈍化層。如先前亦提及，用於電極層1000之適合材料包括鈦(Ti)、鋯(Zr)、釩(V)、鈷(Co)、鎳(Ni)以及其合金中之一或多者。

【0046】 取決於所需特定下部電極圖案，製程可行進至圖11-1、11-2或11-3中之任一者。舉例而言，在圖11-1中，光微影製程用於圖案化電極層1000且在該電極層中蝕刻開口，以便界定圖1之電極圖案，即下部電極102及相鄰金屬區

106。在此特定具體實例中，下部電極102之中心區仍完好。圖11-2說明圖4具體實例之電極層1000之圖案化(即，經移除以界定「環狀」圖案之電極之中心部分)，且圖11-3說明圖7具體實例之電極層1000之圖案化(即，額外電極702在環狀圖案之中心部分處之形成)。

【0047】 在界定電極圖案後，製程可隨後行進至如圖12-1、12-2及12-3中所說明之絕緣填充操作。如所展示，絕緣層1200 (例如，氧化矽)形成於經圖案化電極材料上方。絕緣層1200隨後分別如圖13-1、13-2及13-3中所展示經平坦化以形成上文所描述之絕緣體材料108。自此來看，所說明電極設計具體實例中之每一者的處理大體上相同。因此，其餘圖式在第一具體實例之情形中(即，自圖13-1)僅出於簡明目的來說明，但應理解，後續製程同樣適用於其他具體實例。

【0048】 現參看圖14，如上文所描述之絕緣體堆疊110形成於下部電極層(諸如圖13-1中所說明之下部電極102及相鄰金屬區106)上方。在所說明之具體實例中，絕緣體堆疊110包括形成於下部電極102及相鄰金屬區106上方之第一氧化層114 (例如，具有約1至100 nm厚度之CVD氧化矽)、形成於第一氧化層114上方之第二氧化層116 (例如，具有約5至100 nm厚度之ALD氧化鋁)及形成於第二氧化層116上方之第三氧化層118 (例如，具有約1至300 nm厚度之濺鍍沈積氧化矽)。

【0049】 在圖15中，執行第一微影圖案化及蝕刻製程以藉由使用第二氧化層116作為蝕刻終止層移除第三氧化層118之一部分來界定空腔120。如所增加益處，空腔1500之底部處存在的第二氧化層116之氧化鋁材料亦可在裝置操作期間(例如，在換能器操作之崩潰模式期間)在頂部薄膜與第二氧化層116接觸的情況下幫助減少對(隨後形成之)頂部薄膜之充電。視情況，氧化鋁之薄層(未展示)以及具有十七氟四氫癸基三氯矽烷或十二烷基三氯矽烷前驅體之薄自組裝單層(self-assembled monolayer；SAM) (未展示)可在圖案化之後及在光阻移除之前形成於第二氧化層116上。形成於空腔120之底部處之SAM可幫助減少在前述崩潰

操作模式或其他模式中頂部薄膜與空腔120之底部之任何靜摩擦，其中頂部薄膜與空腔120之底部實體接觸。應進一步理解，此時，儘管所說明具體實例描繪單個空腔，但可形成任何適合數目個空腔及對應電極結構(例如，數百、數千、數萬等)。

【0050】 現參看圖16，執行第二微影圖案化及蝕刻製程以曝露空腔120之外部周邊處之相鄰金屬區106。第二蝕刻移除第二氧化層116及第一氧化層114之一部分，在將充當捕集材料之相鄰金屬區106上停止。此時，如圖16中所描繪之裝置經製造以供薄膜接合。可基於關於在接合製程期間需要消耗/捕集多少氣體之一或多個計算來選擇穿過第二氧化層116及第一氧化層114 (且因此曝露所得量之相鄰金屬區材料)形成的一或多個開口之特定大小或大小範圍。另外，每一空腔中待形成多大捕集材料面積之確定可取決於例如以下因素：在接合製程期間釋放多少氣體、裝置使用壽命以及活化捕集劑之後所期望之空腔壓力。最終壓力可藉由轉而可藉由高溫下之退火實現的捕集劑活化來調整。在具體實例中，通常較佳地具有比目標量更多之曝露捕集材料，而非比目標量更少之曝露捕集材料，此係由於退火時間可經額外捕集材料縮短。僅藉助於實例，對於具有約 0.030 cm^2 橫截面積之換能器空腔，用於有效捕集之此空腔內的捕集材料面積之實例範圍可為約 $1 \times 10^{-4}\text{ cm}^2$ 至約 $2.5 \times 10^{-4}\text{ cm}^2$ 。在具體實例中，可能需要在捕集材料曝露之另一容限內進行建構以允許製程變化及所計算捕集效率。因此，對於圖16中展示之此具體實例，捕集材料(金屬區106)之內半徑 r_1 為約83微米(μm)，捕集材料之外半徑 r_2 為約96 μm ，且換能器空腔半徑 r_3 為約98 μm 。在圓形空腔配置之情況下，所得捕集面積為約 $7.3 \times 10^{-3}\text{ cm}^2$ ，其大致為比例示性計算範圍所需之所需捕集能力更大之數量級。同樣，應瞭解，此等值僅為例示性的，且本發明不限於此類值及範圍。

【0051】 如圖17中所展示，基板1700 (例如，絕緣體上矽

(silicon-on-insulator ; SOI)基板)包括處置層1702 (例如，矽層)、埋置氧化物(buried oxide ; BOX)層1704及矽裝置層1706。氧化層1708可任選地設置於處置層1702之背側上。矽裝置層1706可由單晶矽形成且在一些具體實例中可經摻雜。此類摻雜可為高度摻雜P型或者N型，且在整個矽裝置層1706上可為均一的或藉由在某些區域中進行佈植而經圖案化。另外，氧化層1710 (例如，熱氧化矽)形成於矽裝置層1706上。

【0052】 如圖18中所展示，基板1700接合至基板104及形成於基板104上之前述結構。在所描繪之具體實例中，層1710之氧化物材料藉由可防止損壞基板104之電路之低溫氧化物接合方法(例如，低於450°C)接合至氧化物材料118。如上所陳述，晶粒及晶圓上之空腔壓力由於基於H₂O之副產物及接合劑之擴散而可存在差異。因為在基板1700之接合期間曝露相鄰金屬區106之金屬表面，故金屬能夠消耗諸如氧氣、氮氣、氫氣、水蒸氣等氣體，從而得到超聲波裝置之各個空腔120內之更均一壓力。

【0053】 在接合後，藉由適合技術(例如，蝕刻、研磨等)移除氧化層1708及處置層1702，籍此界定上文所論述及如圖19中所說明之薄膜112。視情況，亦可在額外處理之前移除BOX層1704，該額外處理可包括完成用於製造超聲波裝置之最終佈線、互連及/或封裝步驟之適合步驟。

【0054】 圖20說明使用本文中所描述之製程流序列中之任一者形成之實例超聲波換能器裝置2000的俯視圖。如所說明，換能器裝置包括個別換能器100 (諸如上文所描述之換能器)之陣列。圖20中展示之特定數目個換能器100不應以任何限制性意義解釋，且可包括適用於所需成像應用之任何數目，其可為例如約數十、數百、數千、數萬或更多。應瞭解，鑒於上文所描述之捕集技術有能力提供晶圓或晶粒上之均一空腔壓力，故該等捕集技術對增加較大陣列特別地有益。圖20進一步說明可將電信號分散至換能器100之薄膜(上部電極)的金屬

2002之實例位置。

【0055】 應瞭解，儘管例示性具體實例說明且描述在薄膜接合期間用作捕集材料之相同底部電極金屬材料，但亦可以類似方式使用其他非金屬或非金屬合金捕集材料。舉例而言，石墨、磷及/或某些鹽類可充當空腔捕集材料。另外，關於捕集材料之特定位置，亦考慮除空腔底部之外的其他位置。舉例而言，利用額外處理操作，層可以一種方式形成從而具有安置於空腔側壁及/或薄膜自身(密封空腔之頂部)上之用於在薄膜接合期間進行捕集之捕集材料。一或多個此類額外捕集層亦可以與底部電極材料不同之程度形成。

【0056】 上文所描述之具體實例可以眾多方式中之任一者來實施。舉例而言，具體實例可使用硬體、軟體或其組合實施。當以軟體實施時，軟體程式碼可在任何適合處理器(例如，微處理器)或處理器之集合上執行，而無論提供於單一計算裝置中抑或分佈於多個計算裝置之間。應瞭解，執行上文所描述之功能的任何組件或組件之集合可大體上視為控制上述功能之一或多個控制器。可以眾多方式實施一或多個控制器，諸如藉由專用硬體，或藉由使用微碼或軟體以執行上文所概述之功能的經程式化的通用硬體(例如，一或多個處理器)。

【0057】 本申請案之各種態樣可單獨、組合或以前文中所描述之具體實例中未具體論述的多種配置使用，且因此不限於應用至前文描述中所闡述或圖式中所說明之組件之細節及配置。舉例而言，一個具體實例中所描述之特徵可以任何方式與其他具體實例中所描述之特徵組合。

【0058】 此外，某些態樣可實施為已提供其實例的方法。作為方法之部分的所執行之動作可以任何適合的方式排序。因此，可建構如下具體實例：其中動作以不同於所說明之次序的次序執行，其可包括同時執行一些動作，即使該等動作在說明性具體實例中展示為連續動作。

【0059】 在申請專利範圍中使用諸如「第一」、「第二」、「第三」等序數術

語修飾請求項要素本身不意味著一個請求項要素相對於另一請求項要素的任何優先權、優先性或次序或執行方法動作之時間次序，而是僅用作標籤以區分具有某一名稱之一個請求項要素與具有相同名稱（但使用序數術語）之另一要素，從而區分該等請求項要素。

【0060】 術語「大致」及「約」可用以意謂在一些具體實例中在目標值之 $\pm 20\%$ 內，在一些具體實例中在目標值之 $\pm 10\%$ 內，在一些具體實例中在目標值之 $\pm 5\%$ 內，及又在一些具體實例中在目標值之 $\pm 2\%$ 內。術語「大致」及「約」可包括目標值。

【符號說明】

【0061】

100：微機電超聲波換能器

102：下部電極

104：基板

106：金屬區

108：絕緣體材料

110：絕緣體堆疊

112：可移動薄膜

114：第一氧化層

116：第二氧化層

118：第三氧化層

120：空腔

122：開口

400：超聲波換能器

- 700：超聲波換能器
- 702：額外電極
- 1000：電極層
- 1200：絕緣層
- 1700：基板
- 1702：處置層
- 1704：埋置氧化物層
- 1706：矽裝置層
- 1708：氧化層
- 1710：氧化層
- 2000：超聲波換能器裝置
- 2002：金屬
- 2-2：箭頭
- 3-3：箭頭
- 5-5：箭頭
- 6-6：箭頭
- 8-8：箭頭
- 9-9：箭頭

【發明申請專利範圍】

【第1項】一種形成超聲波換能器裝置之方法，該方法包含：

將薄膜接合至基板以便在其間形成密封空腔；

其中位於該密封空腔內之曝露表面包含捕集材料，該捕集材料與該空腔之底部電極電隔離。

【第2項】如請求項1所述之方法，其中該曝露表面包含該基板之頂部表面。

【第3項】如請求項1所述之方法，其中該捕集材料包含與該空腔之底部電極相同之材料。

【第4項】如請求項1所述之方法，其中該捕集材料包含以下中之一或多者：鈦、鋅、釩、鈷、鎳及其合金。

【第5項】如請求項4所述之方法，其進一步包含自該捕集材料中移除一或多個絕緣層。

【第6項】如請求項5所述之方法，其中該捕集材料安置於該空腔之外部周邊處。

【第7項】如請求項5所述之方法，其中該空腔為圓形形狀，且該捕集材料安置於該空腔之外半徑處。

【第8項】如請求項1所述之方法，其中該捕集材料經組態以自該空腔中移除氧氣、氮氣、氫氣或水蒸氣中之一或多者。

【第9項】一種超聲波換能器裝置，其包含：

薄膜，其接合至基板，密封空腔位於其間；

其中位於該密封空腔內之曝露表面包含捕集材料，該捕集材料與該空腔之底部電極電隔離。

【第10項】如請求項9所述之裝置，其中該曝露表面包含該基板之頂部表面。

【第11項】如請求項9所述之裝置，其中該捕集材料包含以下中之一或多

者：鈦、鋳、鈇、鈷、鎳及其合金。

【第12項】如請求項11所述之裝置，其進一步包含形成於該底部電極上方但不存在於該捕集材料上方之一或多個絕緣層。

【第13項】如請求項12所述之裝置，其中該捕集材料安置於該空腔之外部周邊處。

【第14項】如請求項12所述之裝置，其中該空腔為圓形形狀，且該捕集材料安置於該空腔之外半徑處。

【第15項】如請求項9所述之裝置，其中該捕集材料經選擇以移除包括氧氣、氮氣、氫氣或水蒸氣中之一或多者的一或多種氣體。

【第16項】如請求項9所述之裝置，其中該捕集材料包含與該空腔之該底部電極相同之材料。

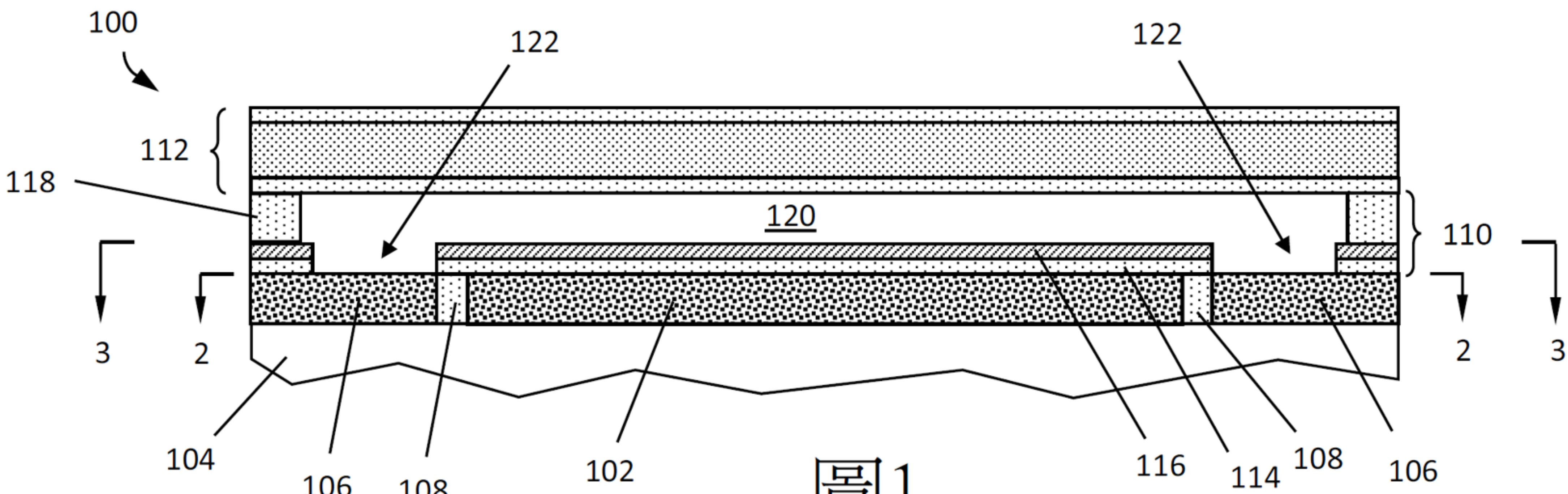


圖1

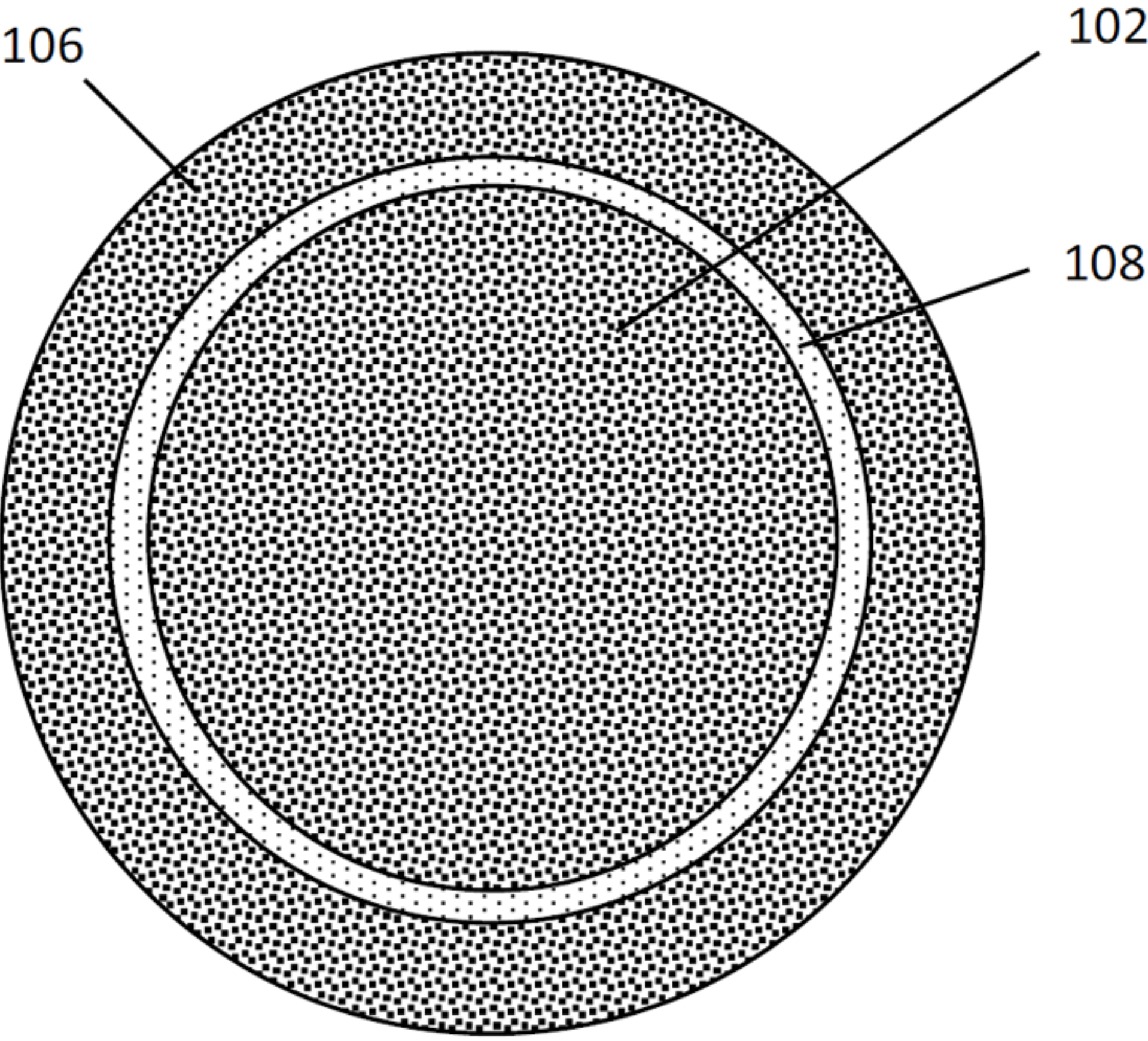


圖2

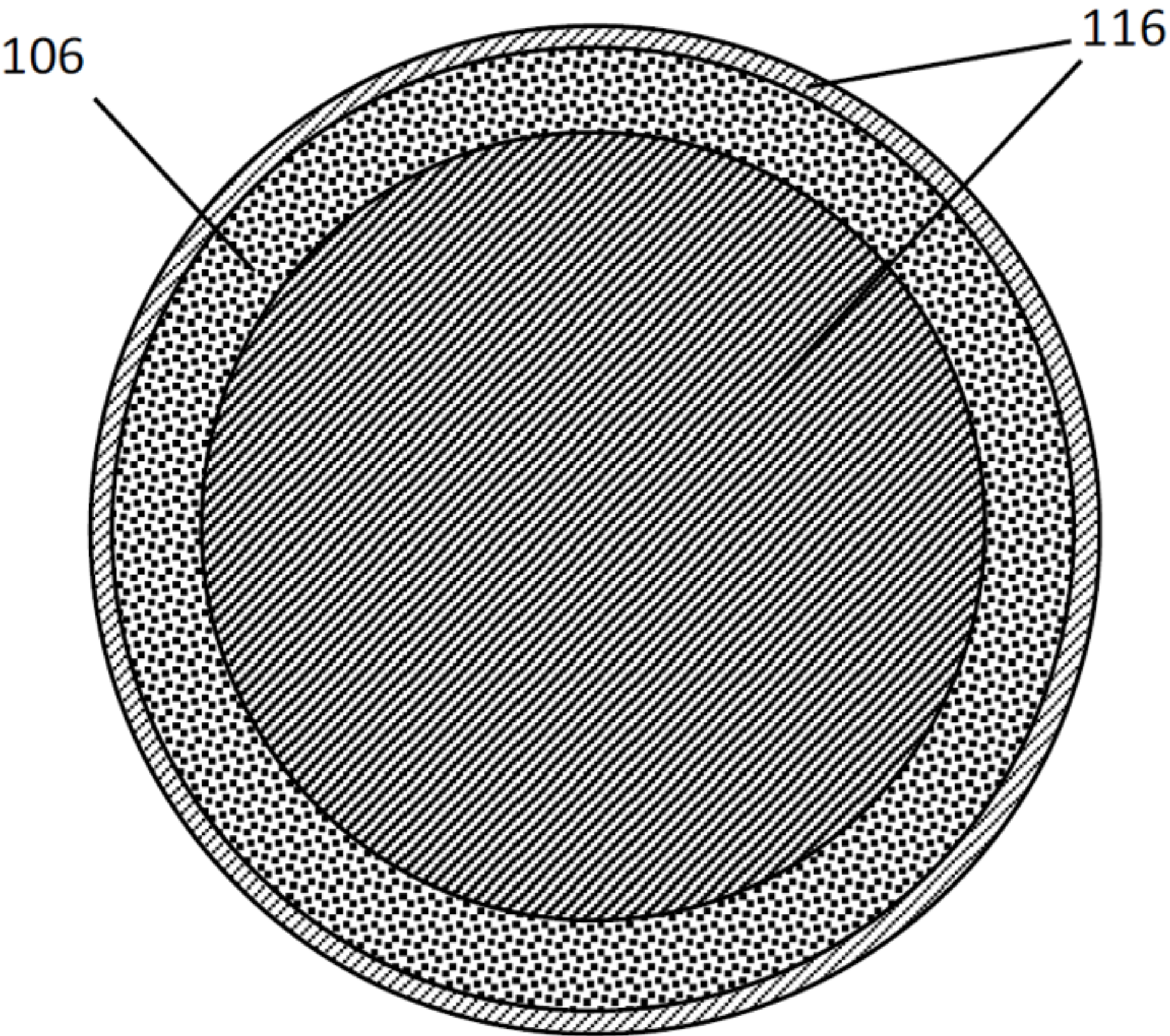


圖3

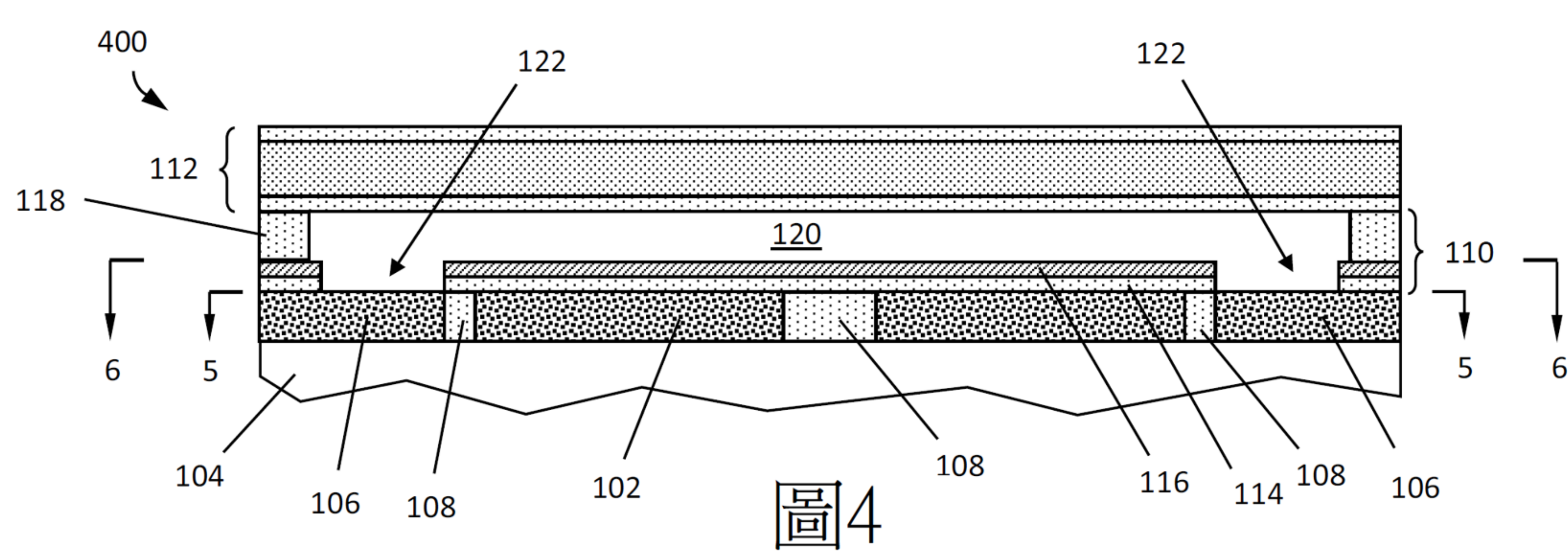


圖4

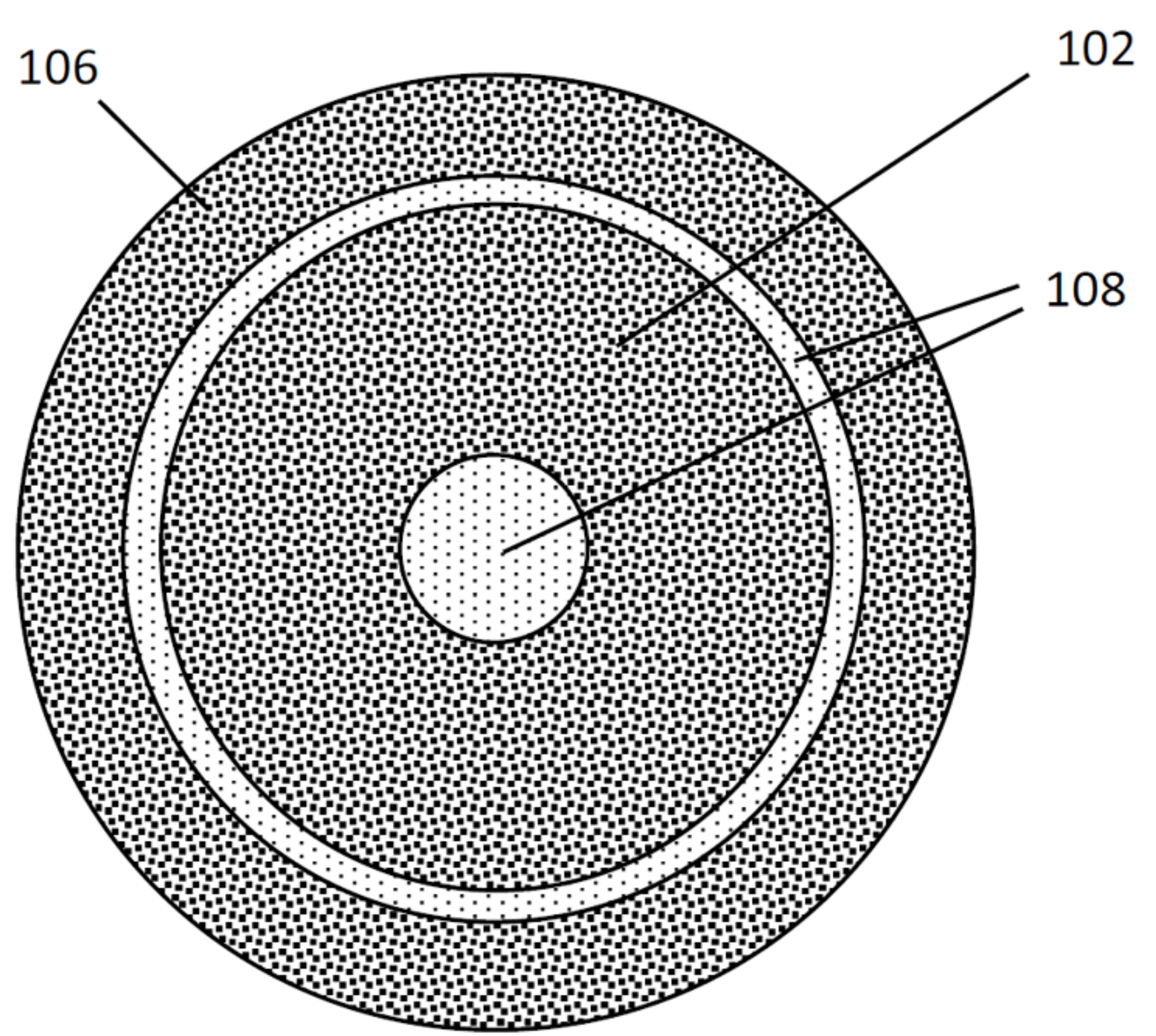


圖5

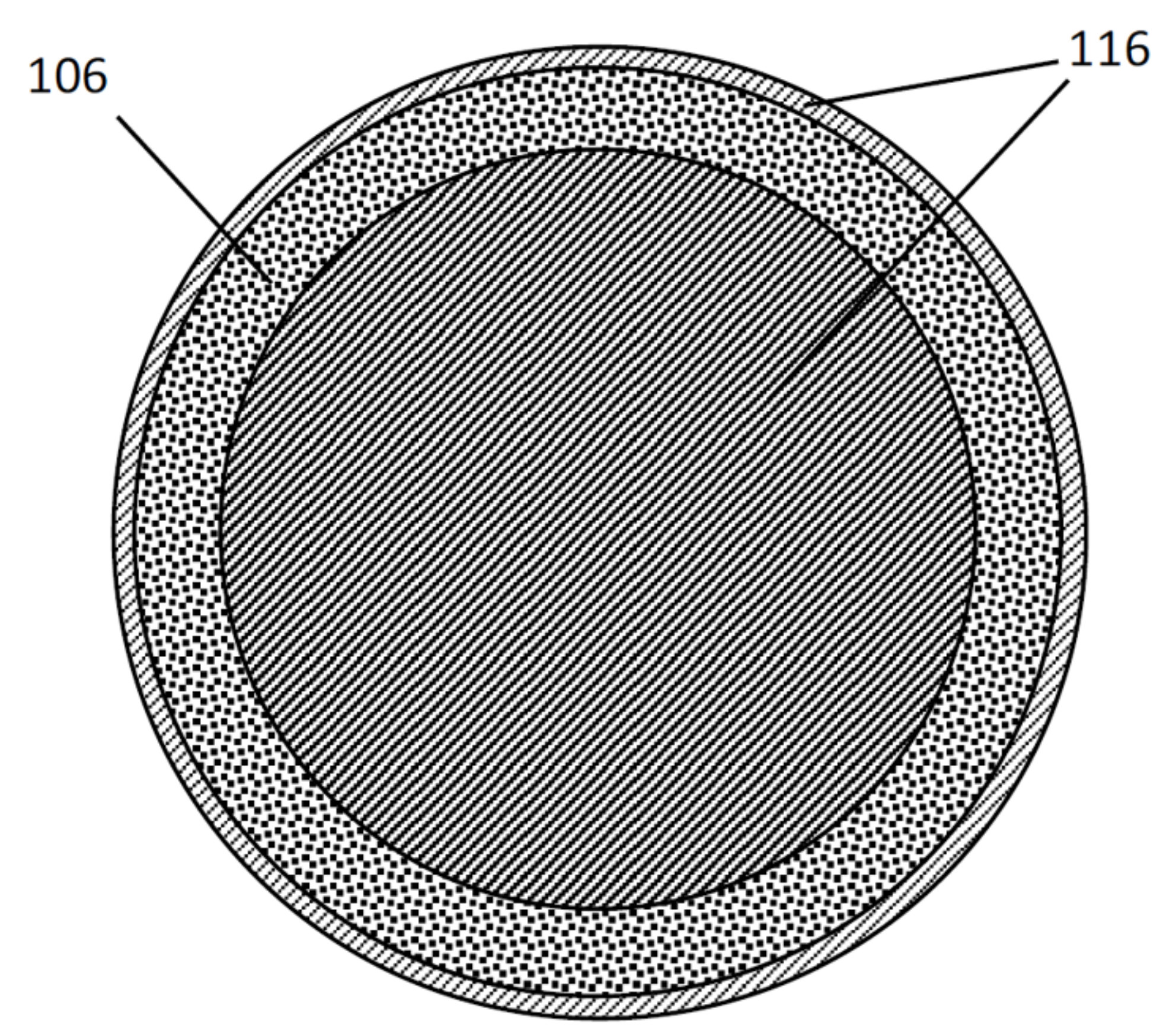


圖6

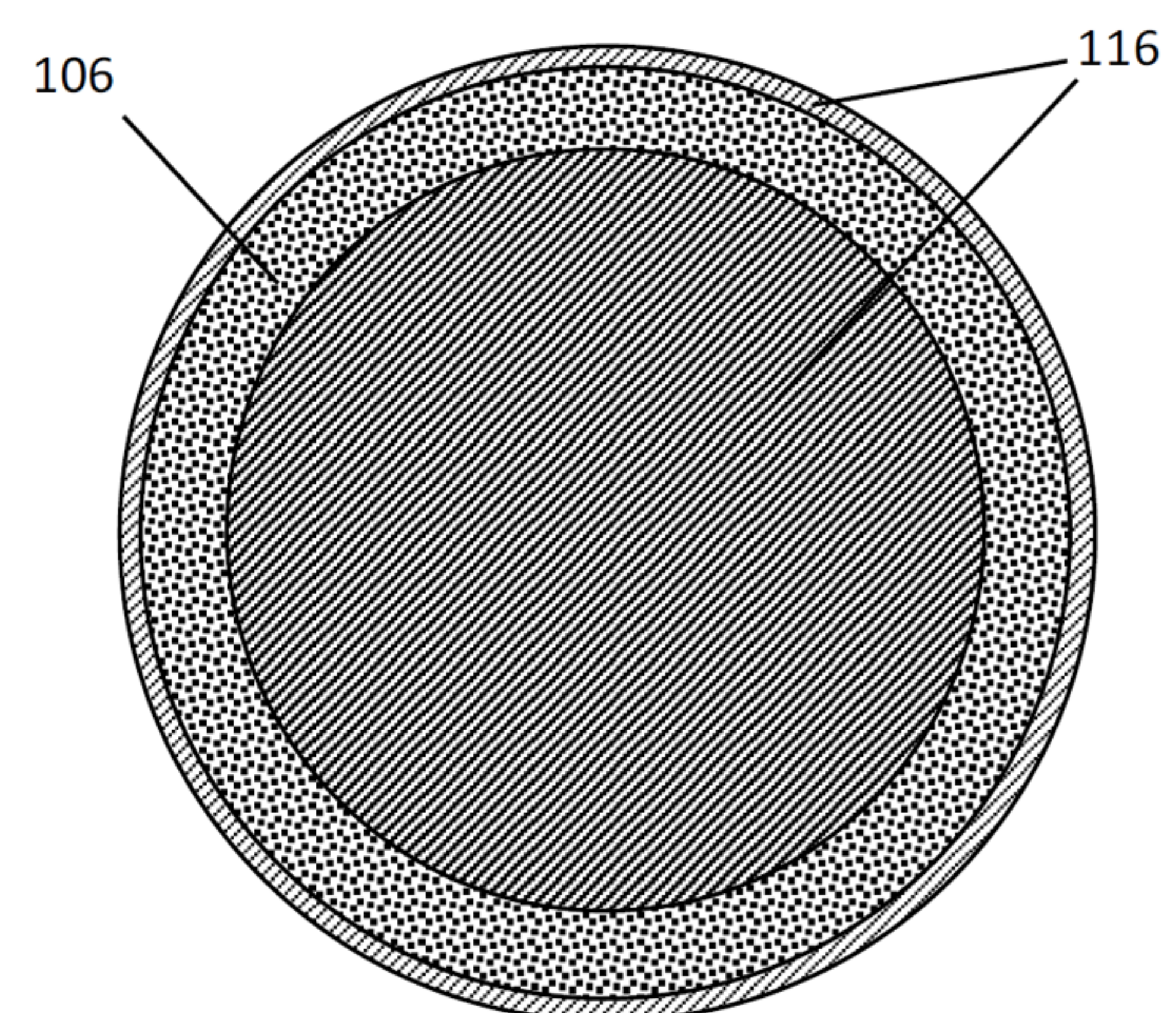
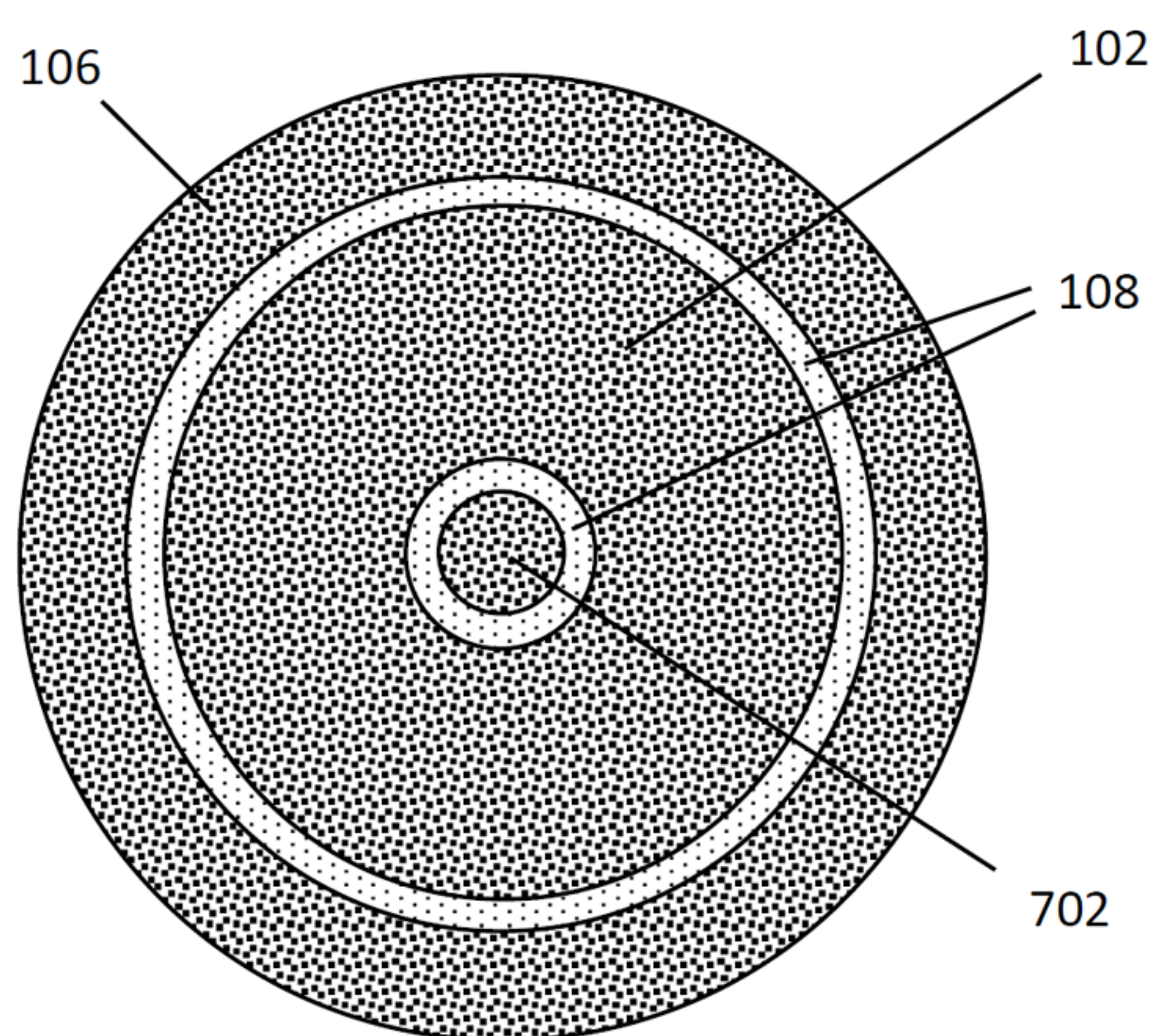
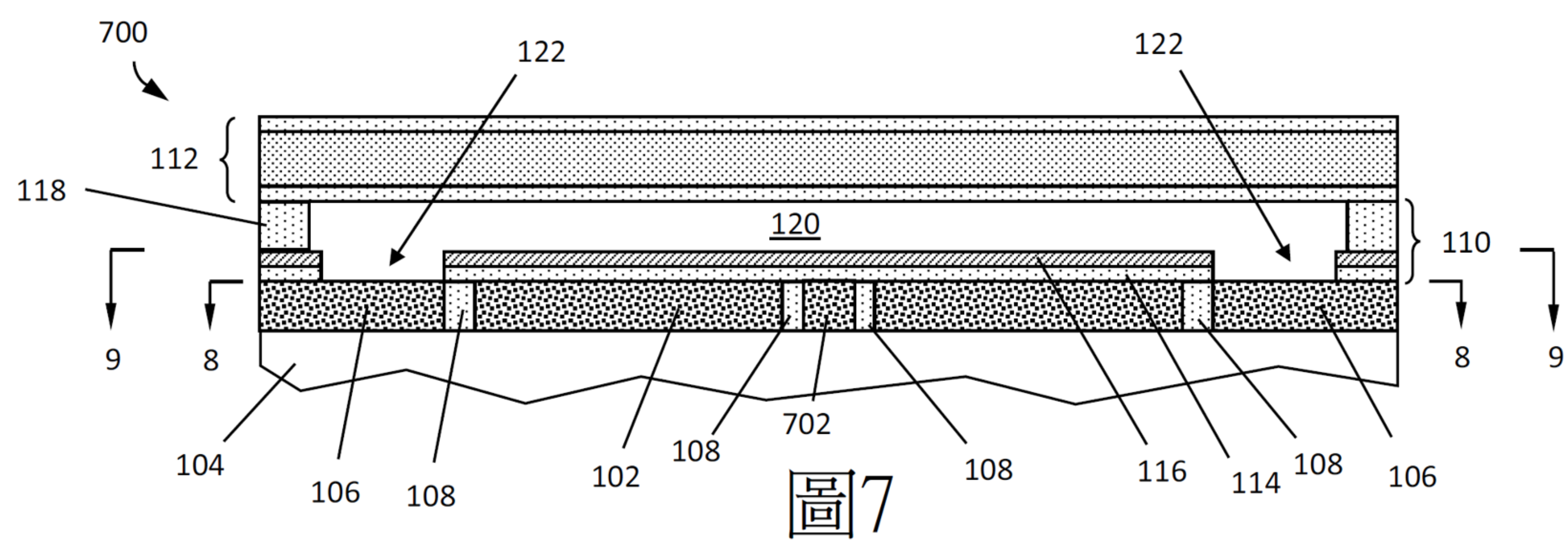




圖10

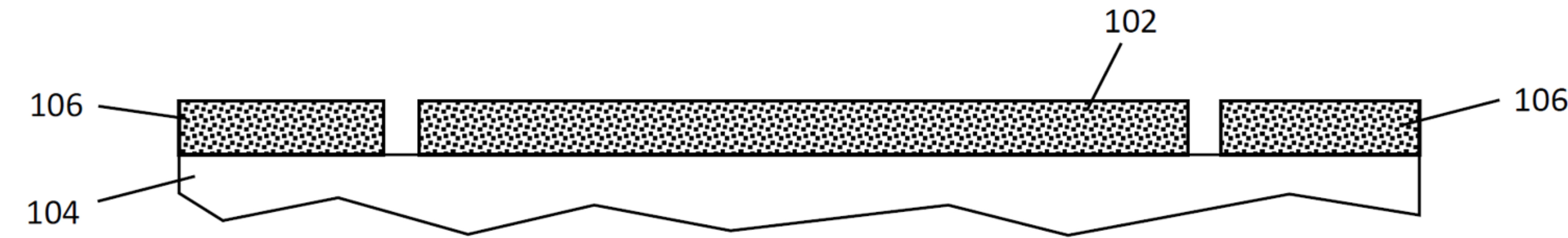


圖11-1

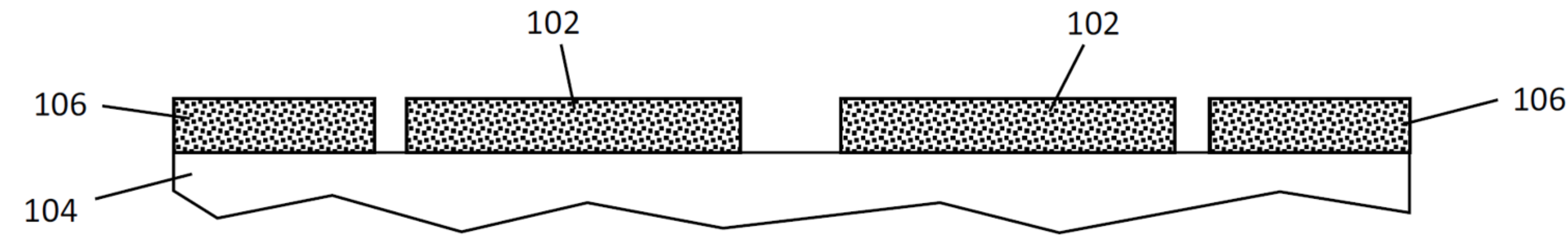


圖11-2

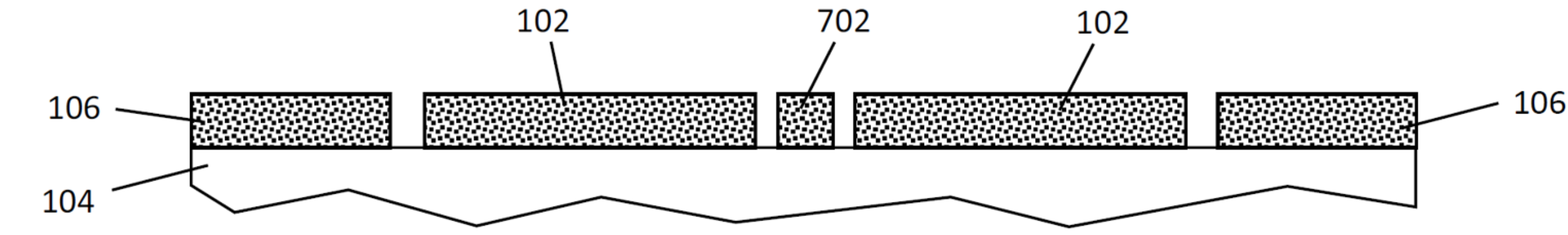


圖11-3

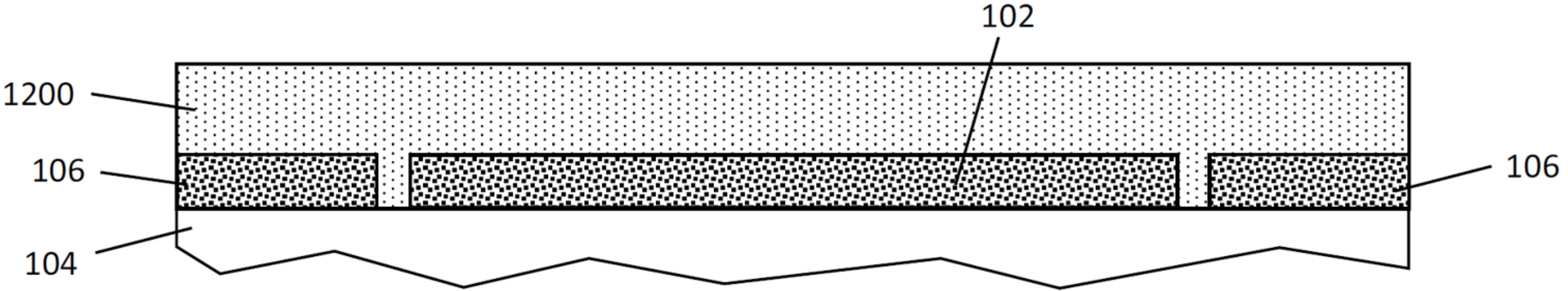


圖12-1

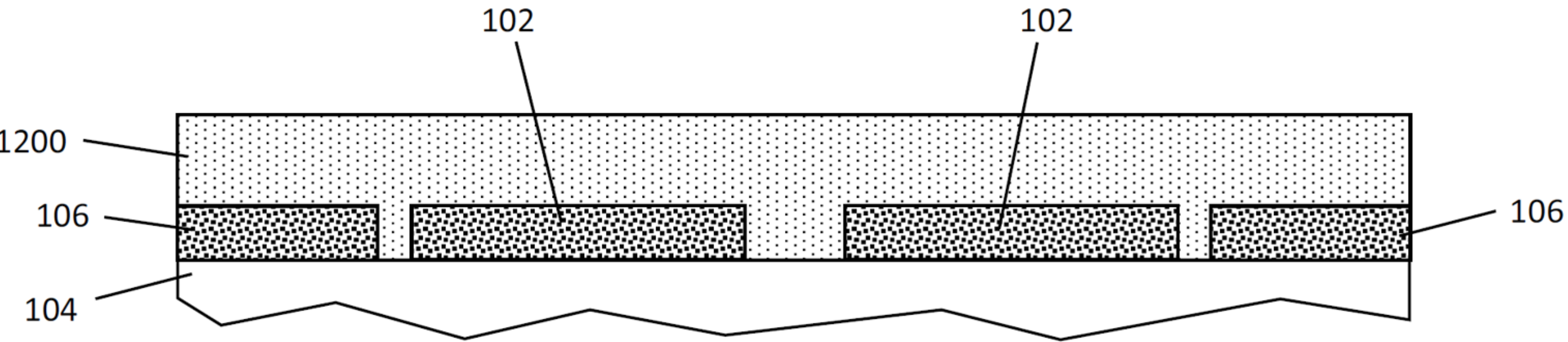


圖12-2

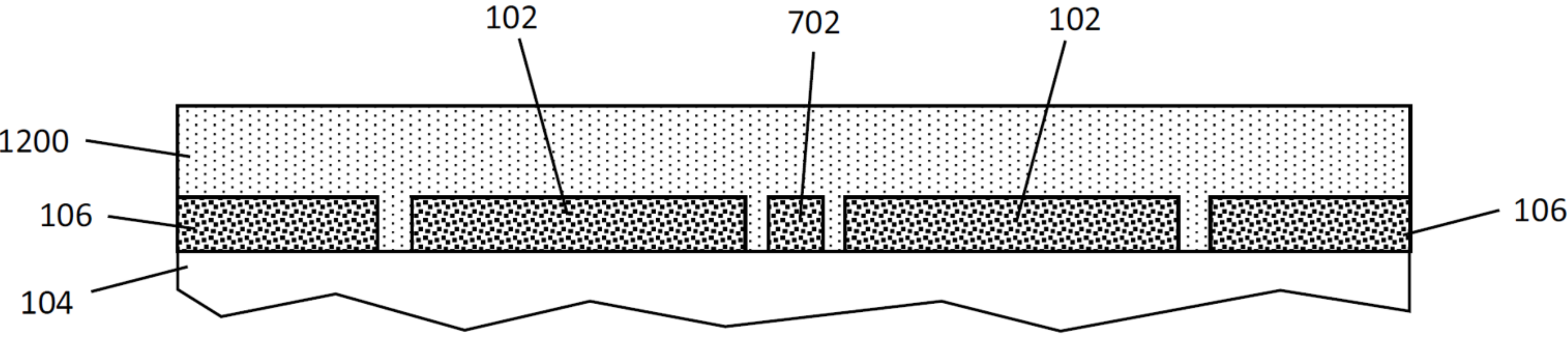


圖12-3

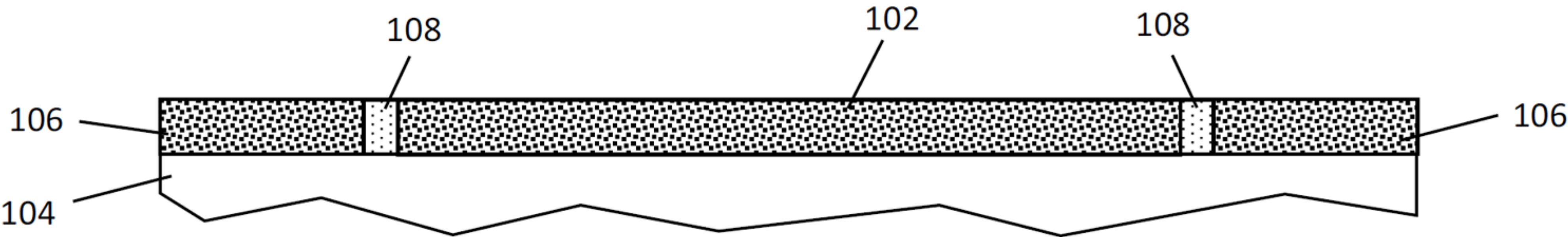


圖13-1

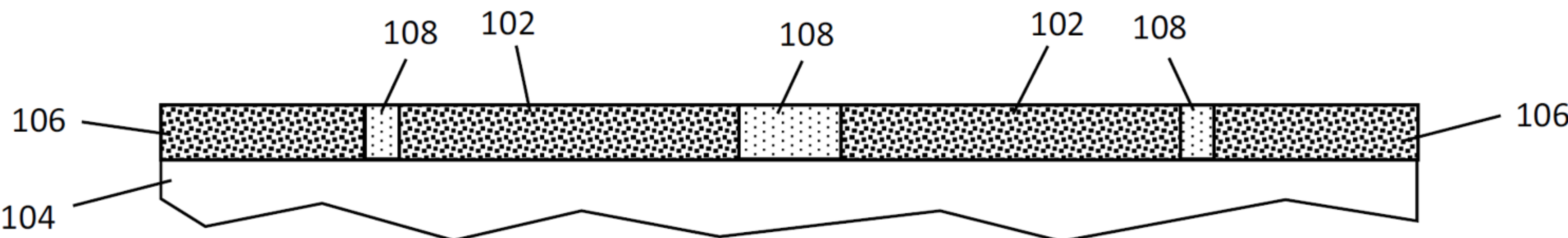


圖13-2

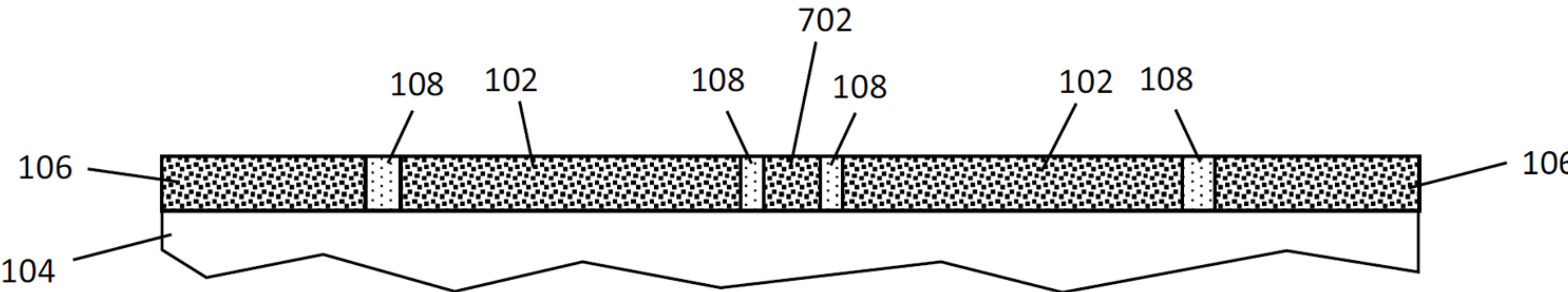
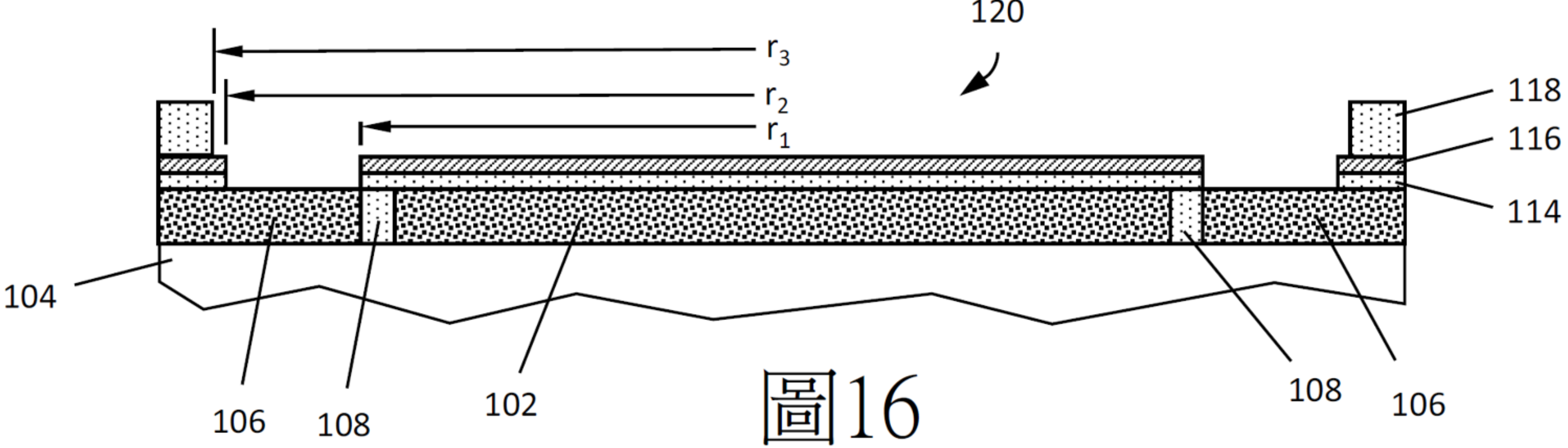
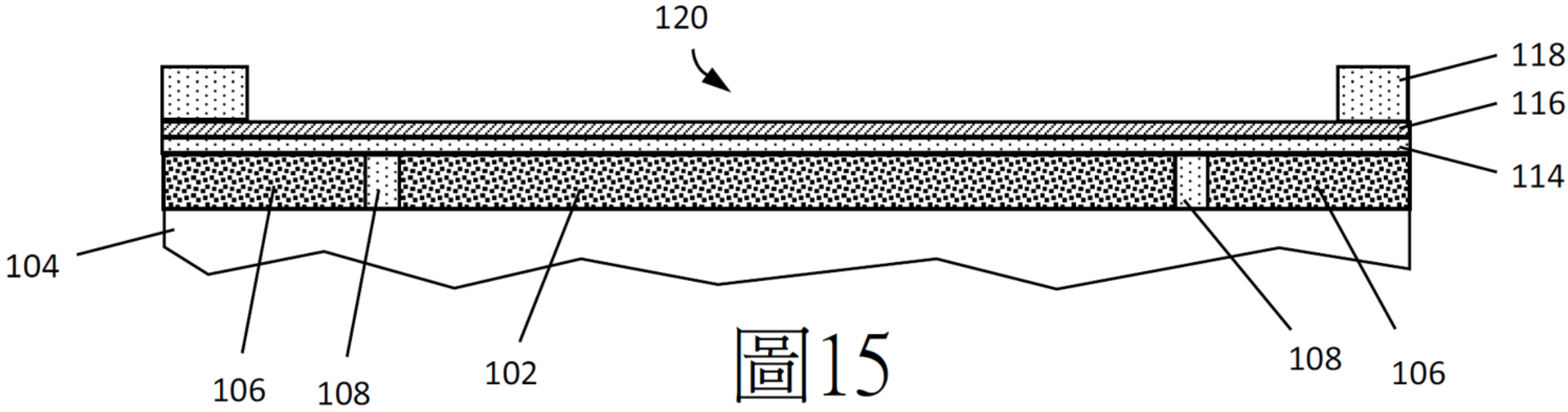
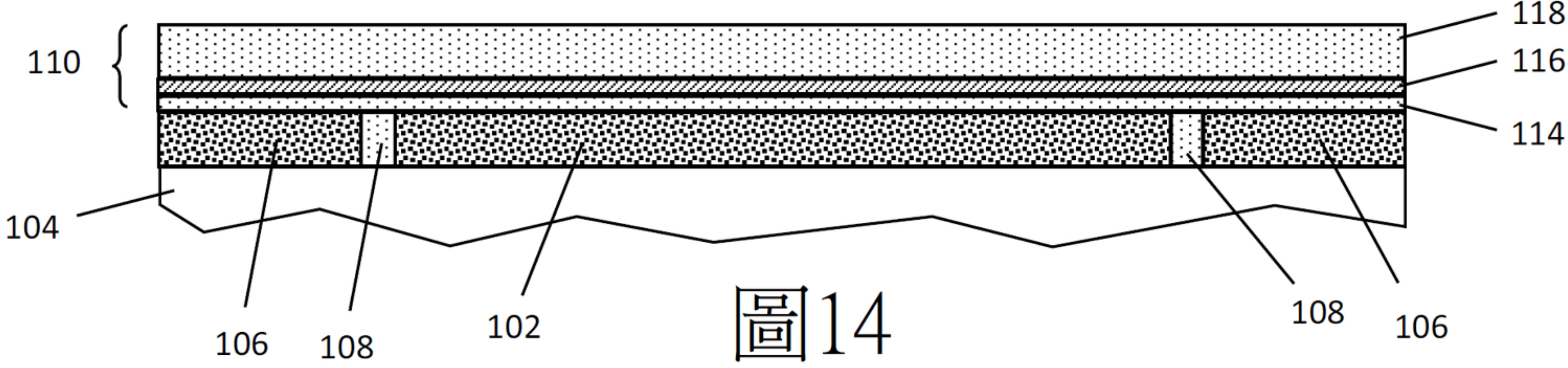
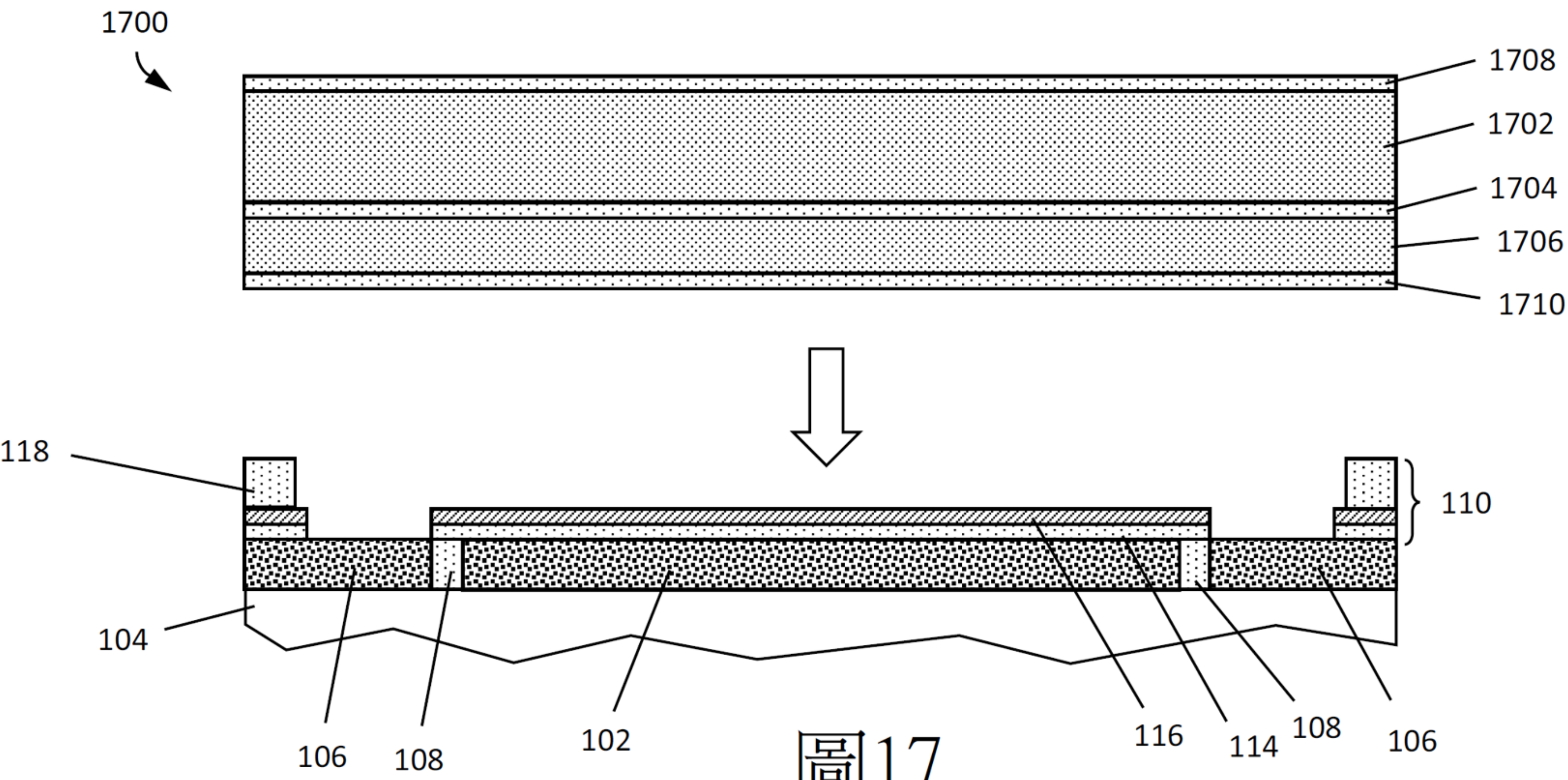
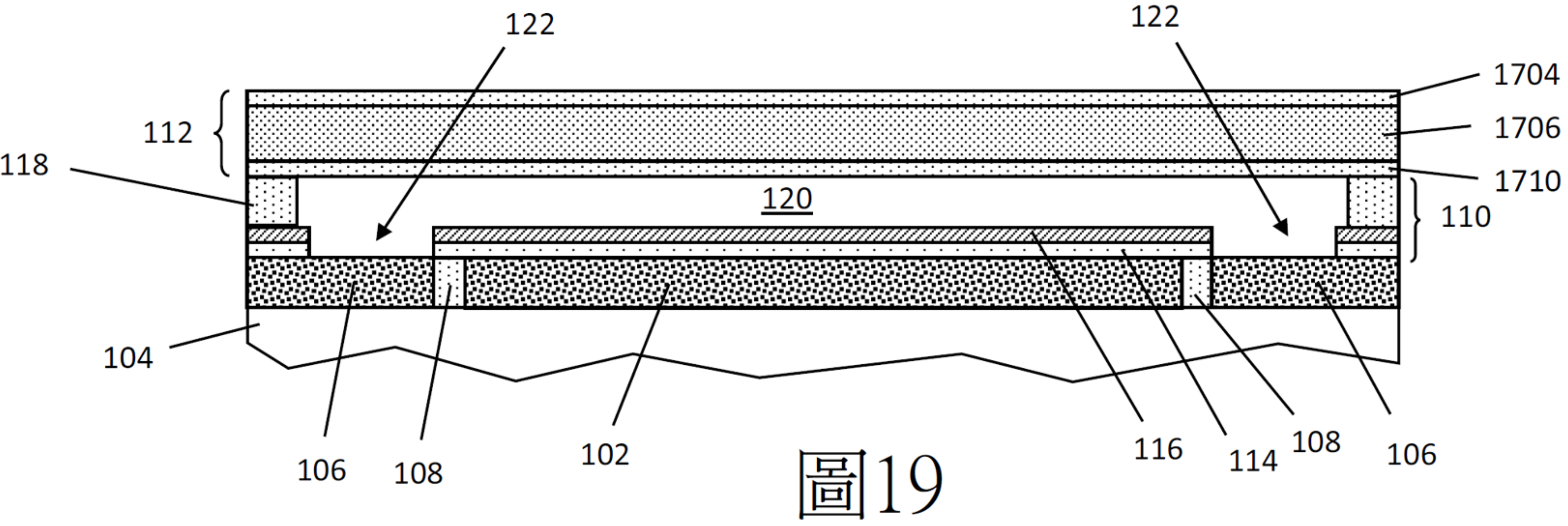
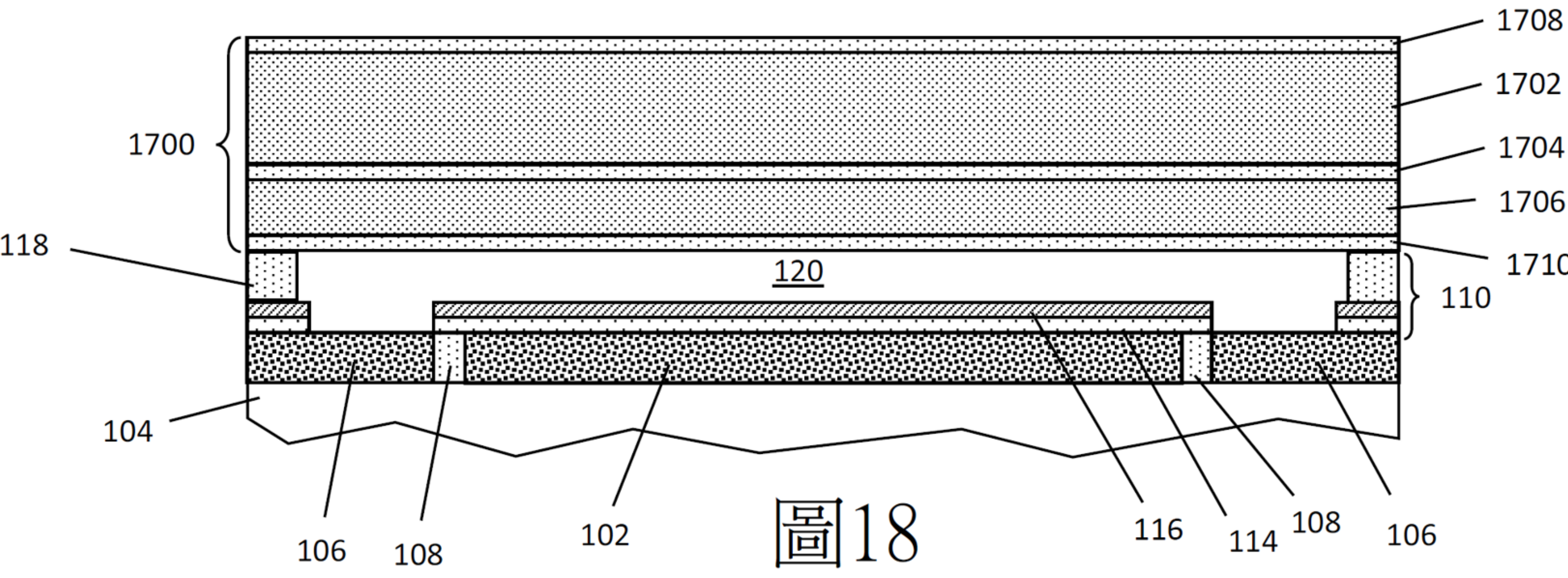


圖13-3







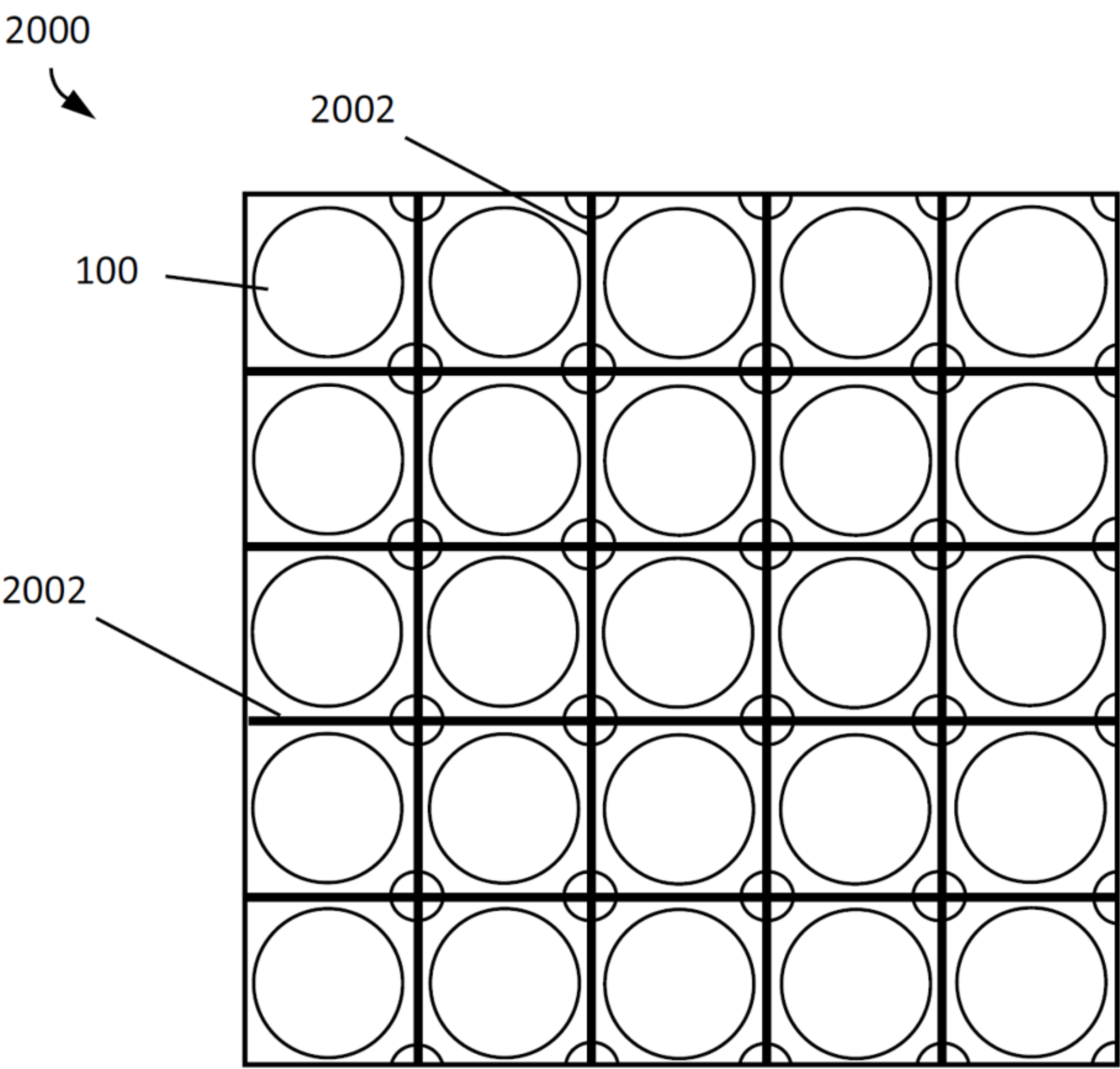


圖20