I848970

(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公告本 **(11)證書號數：TW I848970 B**

(45)公告日： 中華民國 113 (2024) 年 07 月 21 日

(21)申請案號：108131143 (22)申請日： 中華民國 108 (2019) 年 08 月 29 日

(51)Int. Cl.： ***B01L3/00 (2006.01)*** ***B81C1/00 (2006.01)***

H01L21/8234(2006.01) ***H01L21/02 (2006.01)***

(30)優先權：2018/08/29 美國 62/724,206

(71)申請人：美商寬騰矽公司 (美國) QUANTUM-SI INCORPORATED (US)

美國

(72)發明人：史區米德 格瑞德 SCHMID, GERARD (US)；畢區 詹姆士 BEACH, JAMES (US)

(74)代理人：陳長文

(56)參考文獻：

TW 201802454A JP H4-340721A

審查人員：曹世力

申請專利範圍項數：42 項 圖式數：25 共 63 頁

(54)名稱

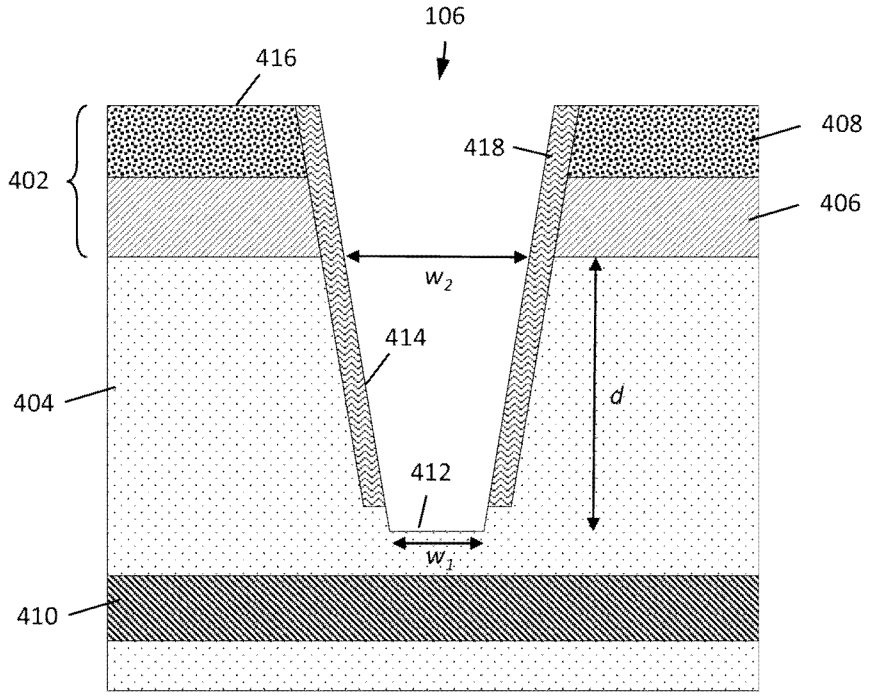
用於積體感測器器件之樣本井製造技術及結構

(57)摘要

本發明描述形成積體器件及特定言之形成積體器件中之一或多個樣本井之方法。該等方法可涉及：在包覆層上形成金屬堆疊；在該金屬堆疊中形成孔隙；將第一間隔層形成於該金屬堆疊上方且形成至該孔隙中；及執行定向蝕刻以移除安置於該金屬堆疊之頂表面上及該孔隙之底部處之該包覆層上的至少一些該第一間隔層。該定向蝕刻可擴大該孔隙之深度且移除一些該包覆層以在該包覆層內形成樣本井，其中該第一間隔層之至少一個部分與該金屬堆疊之至少一個層接觸。

Methods of forming an integrated device, and in particular forming one or more sample wells in an integrated device, are described. The methods may involve forming a metal stack on a cladding layer, forming an aperture in the metal stack, forming a first spacer layer over the metal stack and into the aperture, and performing a directional etch so as to remove at least some of the first spacer layer disposed on a top surface of the metal stack and on the cladding layer at a bottom of the aperture. The directional etch may extend a depth of the aperture and remove some of the cladding layer to form a sample well within the cladding layer, where at least one portion of the first spacer layer is in contact with at least one layer of the metal stack.

指定代表圖：



【圖4】

符號簡單說明：

106:樣本井

402:金屬堆疊

404:包覆層

406:鋁層/金屬堆疊

408:氮化鈦層/金屬堆疊/氮化鈦(TiN)金屬層

410:波導結構/波導

412:底表面

414:側壁/側壁間隔件

416:頂表面

418:間隔件材料

d:深度

w_1:尺寸/直徑

w_2:直徑

公告本

I848970

【發明摘要】

【中文發明名稱】

用於積體感測器器件之樣本井製造技術及結構

【英文發明名稱】

SAMPLE WELL FABRICATION TECHNIQUES AND STRUCTURES FOR INTEGRATED SENSOR DEVICES

【中文】

本發明描述形成積體器件及特定言之形成積體器件中之一或多個樣本井之方法。該等方法可涉及：在包覆層上形成金屬堆疊；在該金屬堆疊中形成孔隙；將第一間隔層形成於該金屬堆疊上方且形成至該孔隙中；及執行定向蝕刻以移除安置於該金屬堆疊之頂表面上及該孔隙之底部處之該包覆層上的至少一些該第一間隔層。該定向蝕刻可擴大該孔隙之深度且移除一些該包覆層以在該包覆層內形成樣本井，其中該第一間隔層之至少一個部分與該金屬堆疊之至少一個層接觸。

【英文】

Methods of forming an integrated device, and in particular forming one or more sample wells in an integrated device, are described. The methods may involve forming a metal stack on a cladding layer, forming an aperture in the metal stack, forming a first spacer layer over the metal stack and into the aperture, and performing a directional etch so as to remove at least some of the first spacer layer disposed on a top surface of the metal stack and on the cladding layer at a bottom of the aperture. The directional etch may extend a depth of the aperture and remove

some of the cladding layer to form a sample well within the cladding layer, where at least one portion of the first spacer layer is in contact with at least one layer of the metal stack.

【指定代表圖】

圖4

【代表圖之符號簡單說明】

106 樣本井

402 金屬堆疊

404 包覆層

406 鋁層/金屬堆疊

408 氮化鈦層/金屬堆疊/氮化鈦(TiN)金屬層

410 波導結構/波導

412 底表面

414 側壁/側壁間隔件

416 頂表面

418 間隔件材料

d 深度

w_1 尺寸/直徑

w_2 直徑

【發明說明書】

【中文發明名稱】

用於積體感測器器件之樣本井製造技術及結構

【英文發明名稱】

SAMPLE WELL FABRICATION TECHNIQUES AND STRUCTURES FOR INTEGRATED SENSOR DEVICES

【技術領域】

【0001】 本申請案大體上係關於生物定序，且更明確言之係關於用於可結合定序機使用之積體感測器器件的樣本井製造技術及相關聯結構。

【先前技術】

【0002】 核酸(例如，去氧核糖核酸(DNA)、核糖核酸(RNA))之定序包含識別目標核酸中之個別核苷酸。一些核酸定序方法包含在將個別核苷酸併入至與目標核酸互補之核酸股中時識別該等個別核苷酸。接著，在定序程序期間識別之互補股之核苷酸系列可容許識別目標核酸股之核苷酸序列。

【0003】 可使用生物檢定(biological assay)(「生物檢定(bioassay)」)執行對生物樣本之偵測及分析。生物檢定習知地涉及大型昂貴實驗室設備，從而需要經訓練以操作該設備且執行生物檢定之研究科學家。此外，習知地批量執行生物檢定使得大量特定類型之樣本對於偵測及定量係必要的。

【0004】 一些生物檢定係藉由用發射特定波長之光之發光標記給樣本加標籤而執行。用光源照明標記以引起發光，且用光偵測器偵測發光光(luminescence light)以量化由標記發射之發光光量。使用發光標記之生物

檢定習知地涉及用於照明樣本之昂貴雷射光源及用於收集來自經照明樣本之發光之複雜發光偵測光學器件及電子器件。

【發明內容】

【0005】 一些實施例係關於一種形成積體器件之方法。該方法包括：在包覆層上形成金屬堆疊；在該金屬堆疊中形成孔隙；將第一間隔層形成於該金屬堆疊上方且形成至該孔隙中；及執行第一定向蝕刻以移除安置於該金屬堆疊之頂表面上及該孔隙之底部處之該包覆層上的至少一些該第一間隔層，該第一定向蝕刻擴大該孔隙之深度且移除一些該包覆層以在該包覆層內形成樣本井；其中該第一間隔層之至少一個部分與該金屬堆疊之至少一個層接觸。

【0006】 在一些實施例中，該第一間隔層包含至少一個材料，該至少一個材料經組態以在該第一定向蝕刻期間減少在該金屬堆疊之至少一個金屬層之曝露側壁上形成金屬氟化物殘留物。在一些實施例中，該金屬堆疊包括至少一個含鋁層及至少一個含鈦層。在一些實施例中，該第一間隔層係藉由電漿增強型化學氣相沈積(PECVD)形成。在一些實施例中，該第一間隔層包含至少一個矽材料。在一些實施例中，該第一間隔層包括選自以下各者之群組之一或多個層：非晶矽(α-Si)、SiO_2、SiON、SiN及矽合金。在一些實施例中，該第一間隔層係藉由原子層沈積(ALD)形成。在一些實施例中，該第一間隔層包括選自以下各者之群組之一或多個層：TiO_2、Al_2O_3、SiO_2、HfO_2、TiN、Ta_2O_5及ZrO_2。在一些實施例中，該包覆層包括SiO_2。

【0007】 在一些實施例中，該方法進一步包括：將第二間隔層形成於該金屬堆疊上方且形成至該樣本井中；及執行第二定向蝕刻以移除安置

於該金屬堆疊之該頂表面上及該樣本井之底部處之該包覆層上的至少一些該第二間隔層；其中該第二間隔層之至少一個部分與該金屬堆疊、該第一間隔層之該至少一個部分及該包覆層之一或多者接觸。在一些實施例中，該第二定向蝕刻包括基於氟碳化物之蝕刻。在一些實施例中，該第二間隔層係藉由原子層沈積(ALD)形成。在一些實施例中，該第二間隔層包括選自以下各者之群組之一或多個層：TiO_2、Al_2O_3、HfO_2、ZrO_2及Ta_2O_5。在一些實施例中，該第一間隔層之該至少一個部分安置於該金屬堆疊之底切區處。

【0008】 一些實施例係關於一種形成積體器件之方法，該方法包括：在包覆層上形成金屬堆疊；在該金屬堆疊上形成介電層；在該介電層中蝕刻開口且使用該介電層作為蝕刻遮罩以在該金屬堆疊中形成孔隙；及在該包覆層內蝕刻樣本井，其中該樣本井之該蝕刻包括移除該介電層之至少一部分。

【0009】 在一些實施例中，該金屬堆疊包括至少一個含鋁層及至少一個含鈦層。在一些實施例中，該包覆層包括SiO_2。

【0010】 在一些實施例中，該方法進一步包括：將間隔層形成於該金屬堆疊上方且形成至該樣本井中；及執行定向蝕刻以移除安置於該金屬堆疊之該頂表面上及該樣本井之底部處之該包覆層上的該間隔層之部分；其中該間隔層之部分保留在該金屬堆疊之側壁及該包覆層上。在一些實施例中，該間隔層係藉由原子層沈積(ALD)形成。在一些實施例中，該間隔層包括選自以下各者之群組之一或多個層：TiO_2、Al_2O_3、HfO_2、ZrO_2及Ta_2O_5。在一些實施例中，蝕刻該樣本井進一步包括實質上移除該介電層。

【0011】 在一些實施例中，在蝕刻該樣本井之後，該積體器件不包含該介電層。在一些實施例中，該間隔層包括選自以下各者之群組之一或多者：非晶矽(α-Si)、SiO_2、SiON、SiN及矽合金。

【0012】 一些實施例係關於一種積體器件，其包括：包覆層；金屬堆疊，其形成於該包覆層上且具有底切區；樣本井，其形成至該包覆層之至少一部分中；第一間隔件材料，其填充該底切區；及第二間隔件材料，其形成該樣本井之至少一個側壁，該第二間隔件材料與該金屬堆疊、該第一間隔件材料及該包覆層之一或多者接觸。

【0013】 在一些實施例中，該第一間隔件材料包括選自以下各者之群組之一或多者：非晶矽(α-Si)、SiO_2、SiON及SiN。在一些實施例中，該第一間隔件材料包括選自以下各者之群組之一或多者：TiO_2、Al_2O_3、HfO_2、TiN、ZrO_2及Ta_2O_5。在一些實施例中，該金屬堆疊包括包含鋁之至少一個層及包含鈦之至少一個層。在一些實施例中，該包覆層包括SiO_2。在一些實施例中，該第二間隔件材料包括選自以下各者之群組之一或多個層：TiO_2、Al_2O_3、HfO_2、ZrO_2及Ta_2O_5。在一些實施例中，該金屬堆疊包括形成於第二層上方之第一層，且該底切區形成於該第二層中。

【圖式簡單說明】

【0014】 將參考下圖描述本申請案之各種態樣及實施例。應瞭解，該等圖不一定按比例繪製。在多個圖中出現之品項在其等出現之全部圖中由相同器件符號指示。

【0015】 圖1係根據本文中描述之技術之一些實施例之例示性定序系統之示意圖。

【0016】 圖2係展示圖1中繪示之例示性定序系統之進一步細節之示

意圖。

【0017】 圖3A及圖3B係繪示根據本文中描述之技術之一些實施例之積體器件之橫截面視圖。

【0018】 圖4係繪示根據本文中描述之技術之一些實施例之樣本井之橫截面視圖。

【0019】 圖5係繪示根據本文中描述之技術之一些實施例之用於形成樣本井的例示性程序之流程圖。

【0020】 圖6、圖7、圖8、圖9、圖10及圖11係繪示圖5之用於形成樣本井的例示性程序之循序橫截面視圖。

【0021】 圖12係繪示根據本文中描述之技術之一些實施例之用於形成樣本井的例示性程序之流程圖。

【0022】 圖13、圖14、圖15及圖16係繪示圖12之用於形成樣本井的例示性程序之循序橫截面視圖。

【0023】 圖17係繪示根據本文中描述之技術之一些實施例之用於形成樣本井的例示性程序之流程圖。

【0024】 圖18、圖19、圖20、圖21、圖22、圖23、圖24及圖25係繪示圖17之用於形成樣本井的例示性程序之循序橫截面視圖。

【實施方式】

相關申請案之交叉參考

【0025】 本申請案根據35 U.S.C. § 119(e)規定主張標題為「SAMPLE WELL FABRICATION TECHNIQUES AND STRUCTURES FOR INTEGRATED SENSOR DEVICES」且在2018年8月29日申請之美國臨時專利申請案序號62/724,206之權利，該案之全文以引用的方式併入

本文中。

【0026】 本文中描述之技術係關於核酸(諸如DNA及RNA)之定序，且特定言之係關於用於基於自感測器獲取之資料自動識別核苷酸之技術。核酸定序容許判定目標核酸中之核苷酸之順序及位置。一些核酸定序方法係基於合成定序(sequencing by synthesis)，其中在核苷酸併入至與目標核酸互補之新合成之核酸股中時判定該核苷酸之同一性(identity)。在定序期間，聚合酶(polymerizing enzyme)(例如，DNA聚合酶(polymerase))可耦合(例如，附著)至目標核酸分子之引發位置(priming location)且經由聚合酶之作用將核苷酸添加或併入至引子(primer)，此一般可被稱為引子延伸反應。

【0027】 各核苷酸可與回應於激發而發射光且用於標識(label)各類型之核苷酸以區別不同類型之核苷酸的發光分子(例如，螢光團)相關聯。例如，一組四個標識可用於標識DNA中存在之核鹼基，使得該組之各標記與不同核鹼基相關聯，例如，第一標識與腺嘌呤(A)相關聯，第二標識與胞嘧啶(C)相關聯，第三標識與鳥嘌呤(G)相關聯，且第四標識與胸腺嘧啶(T)相關聯。可透過將標識直接或經由連接分子(linker molecule)間接鍵結至核苷酸而將標識耦合至核苷酸。

【0028】 在引子延伸反應發生時，在將核苷酸併入至合成互補核酸中期間藉由聚合酶保留核苷酸及其各自發光標識。發光標識可在將核苷酸併入至合成核酸中之時期期間藉由光脈衝激發且發射該標識之光特性。在一些實施例中，標識直接或透過連接分子間接附著至核苷酸之末端磷酸，使得標識在核苷酸之併入期間經由聚合酶之作用從核苷酸脫離或釋離(例如，磷酸鍵之斷裂)。感測及分析藉由發光標識回應於激發而發射之光可

容許識別所併入之核苷酸。在引子延伸反應發生時，針對添加至合成核酸之各後續核苷酸執行激發、感測及分析。可自合成核酸之互補序列判定目標核酸之序列。

【0029】 由發光標識發射之光可具有若干特性，該等特性可用於區分該標識與其他標識且因此識別核苷酸。此等特性包含強度(例如，發射光之概率)、時間特性(例如，激發之後光子發射概率之衰減速率、用於併入之脈衝持續時間及/或併入之前及/或之後之中介脈衝持續時間)、光譜特性(例如，所發射之光之(若干)波長)或其等之任何組合。可藉由可偵測此等特性之一或多者的光偵測器來偵測由發光標識發射之光。適合光偵測器之實例描述於標題為「INTEGRATED DEVICE FOR TEMPORAL BINNING OF RECEIVED PHOTONS」之美國專利申請案14/821,656中，該案之全文特此以引用的方式併入。如其中描述，光偵測器可具有偵測光子之到達時間之能力，此可容許判定由標識發射之光之時間特性。偵測所發射光之時間特性繼而可容許區別發射具有不同時間特性之光的標識。時間特性之一個實例係發光壽命。諸如螢光團之發光分子可回應於激發而發射光子。發光分子發射光子之概率在發生激發之後隨時間減小。概率之衰減速率可為指數式的。「壽命」係概率隨時間衰減之速度之特性。快速衰減被視為具有短壽命，而緩慢衰減被視為具有長壽命。偵測由發光分子發射之光之時間特性可容許區分具有不同壽命之發光分子。用具有不同壽命之發光分子標識不同核苷酸可容許基於所偵測之光之時間特性來區分核苷酸。

【0030】 在前述美國專利申請案14/821,656中描述之光偵測器可以奈秒或皮秒解析度偵測光子之到達時間且可對入射光子之到達進行時間分

格(time-bin)。由於光子之發射係概率性的，所以標識可激發複數次且可對任何所得光子發射進行時間分格。執行此量測複數次容許填入(populating)在激發事件之後光子到達之時間的直方圖。可分析此資訊以計算所發射光之時間特性，此可容許基於時間特性區分該標識與另一標識。

【0031】 用於執行單分子或粒子之偵測及定量之緊湊高速裝置可降低執行生物及/或化學樣本之複雜定量量測之成本且快速提高生化技術發現之速率。此外，可容易運輸之具成本效率的器件不僅可轉變在發達國家執行生物檢定之方式，而且首次為發展中地區之人們提供可大大改善其等健康及福祉之必要診斷測試。例如，本文中描述之實施例可用於血液、尿液及/或唾液之診斷測試，該等診斷測試可供個人在家中使用或在發展中國家供偏遠診所中之醫生使用。

【0032】 具有大量像素(例如，數百、數千、數百萬或更多)之像素化感測器器件容許並行偵測複數個個別分子或粒子。藉由實例且非限制地，分子可為蛋白質及/或DNA。此外，可依每秒一百個以上訊框獲取資料之高速器件容許偵測及分析所分析之樣本內隨時間發生之動態程序或變化。

【0033】 防止生物檢定設備變得更緊湊之一個障礙係需要過濾激發光以免在感測器處引起非所要偵測事件。用於傳輸所要信號光(發光)且充分阻擋激發光之光學濾光片可為厚的、龐大的、昂貴的且不能容忍光之入射角之變動，從而防止小型化。然而，本文中已認知且瞭解，使用脈衝激發源可減少對此過濾之需求或在一些情況中完全無需此等濾光片。藉由使用能夠判定相對於激發光脈衝偵測到光子之時間的感測器，可基於接收到

光子之時間而非所接收之光之光譜將信號光與激發光分離。因此，在一些實施例中，減少及/或移除對龐大光學濾光片之需求。

【0034】 發光壽命量測亦可用於識別樣本中存在之分子。能夠偵測何時偵測到光子之光學感測器能夠使用自許多事件收集之統計量來量測由激發光激發之分子之發光壽命。在一些實施例中，除發光之光譜量測以外，亦可進行發光壽命量測。替代地，在識別樣本分子時可完全省略發光之光譜量測。可用脈衝激發源進行發光壽命量測。另外，可使用包含感測器之積體器件或其中光源定位於與積體器件分離之系統中的器件進行發光壽命量測。

【0035】 已認知及瞭解，將樣本井(其可包含奈米孔)及感測器整合於能夠量測自生物樣本發射之發光光之單一積體器件中降低生產此器件之成本，使得可形成一次性生物分析積體器件。與基礎儀器介接之一次性、單次使用之積體器件可在世界上之任何地方使用，而沒有需要用於樣本分析之高成本生物實驗室之約束。因此，可將自動化生物分析帶到先前無法執行生物樣本之定量分析之世界各地。例如，可藉由以下方法執行嬰兒血液測試：將血液樣本放置於一次性積體器件上；將一次性積體器件放置至小型可攜式基礎儀器中以進行分析；及藉由電腦處理結果以供使用者立即查看。亦可經由資料網路將資料傳輸至遠端位置以進行分析及/或存檔用於後續臨床分析。

【0036】 亦已認知及瞭解，一次性、單次使用器件可藉由在積體器件上不包含光源而變得更簡單且成本更低。代替性地，光源可包含併入至與一次性積體器件介接以分析樣本之系統中的可重用組件。

【0037】 圖1係例示性定序系統100之示意圖，其可結合本文中描述

之樣本井製造技術及相關聯樣本井結構使用。儘管在定序系統(諸如定序系統100)之內容背景中描述此等樣本井製造技術及樣本井結構，然應瞭解，本文中描述之技術可在製造其他類型之積體器件、定序系統或其中期望樣本井或其他類似結構之其他器件時實施。

【0038】 如圖1中展示，定序系統100可包含儀器102，儀器102可經組態以與具有多個樣本井之積體器件104介接，其中個別樣本井106經組態以自放置於積體器件104之表面上之樣品(未展示)接收樣本。樣品可含有多個樣本及(在一些實施例中)不同類型之樣本。樣本井可具有適合大小及形狀，使得樣本井之至少一部分自樣品接收一個樣本。在一些實施例中，由個別樣本井接收之樣本之數目可分佈於多個樣本井中，使得一些樣本井含有一個樣本，而其他樣本井含有零個、或兩個或更多個樣本。

【0039】 在一些實施例中，樣品可包含多個單股DNA模板，且積體器件(諸如積體器件104)之表面上之個別樣本井可經定大小且經塑形以接收單股DNA模板。單股DNA模板可分佈於積體器件之樣本井中，使得積體器件之樣本井之至少一部分含有單股DNA模板。樣品亦可含有帶標籤(tagged) dNTP，其等接著進入樣本井中且可容許在核苷酸併入至與樣本井中之單股DNA模板互補之一DNA股中時識別核苷酸。在此等例項中，「樣本」可指單股DNA及當前正藉由聚合酶併入之帶標籤dNTP兩者。在一些實施例中，樣品可包含單股DNA模板，且隨後可在核苷酸併入至樣本井內之互補DNA股中時將帶標籤dNTP引入至樣本井。以此方式，核苷酸併入之時序可藉由何時將帶標籤dNTP引入至積體器件之樣本井而控制。

【0040】 儀器102可包含(若干)激發源108，激發源108可經組態以

將激發能提供至積體器件104。可至少部分藉由積體器件之元件將激發能引導朝向一或多個像素(圖1中未展示)以照明樣本井106內之照明區。接著，標識可在定位於照明區內時且回應於被激發能照明而發射發射能。在一些實施例中，儀器102之光學組件及積體器件104之光子學可經組態以將激發能引導朝向一或多個樣本井。

【0041】 接著，可藉由積體器件104之像素內之一或多個感測器110偵測由樣本發射之發射能。所偵測發射能之特性可提供用於識別與發射能相關聯之標識之指示。此等特性可包含任何適合類型之特性，包含由感測器偵測之光子之到達時間、藉由感測器隨時間累積之光子量及/或跨兩個或更多個感測器之光子分佈。在一些實施例中，感測器110可具有容許偵測與樣本之發射能相關聯之一或多個時序特性(例如，螢光壽命)之組態。感測器110可偵測在激發能之脈衝傳播通過積體器件之後之光子到達時間之分佈，且到達時間之分佈可提供樣本之發射能之時序特性之指示(例如，螢光壽命之代理)。在一些實施例中，一或多個感測器提供藉由標識發射發射能之概率之指示(例如，螢光強度)。在一些實施例中，複數個感測器可經定大小且經配置以擷取發射能之空間分佈。接著，來自一或多個感測器之輸出信號可用於區分來自複數個標識中之標識，其中該複數個標識可用於識別樣品內之樣本。

【0042】 藉由進一步繪示，圖2係展示圖1之例示性定序系統100之進一步細節之示意圖。再一次，系統100包含與儀器102介接之積體器件104。在一些實施例中，儀器102可包含整合為儀器102之部分之一或多個激發源108。在一些實施例中，激發源108可在儀器102及積體器件104兩者外部，使得儀器102可經組態以自(若干)激發源108接收激發能且將激發

能引導至積體器件104。積體器件104可使用用於接納積體器件104且保持積體器件104與(若干)激發源108精確光學對準的任何適合插座(socket)與儀器102介接。(若干)激發源108亦可定位於儀器內且經組態以將激發能提供至積體器件104。如亦在圖2中示意性地繪示，積體器件104具有多個個別像素，其中像素112之至少一部分可執行樣本之獨立分析。此等像素112可被稱為「被動源像素」，此係因為像素自與像素分離之(若干)激發源108接收激發能，其中該源激發複數個像素。像素112具有經組態以接收樣本之樣本井106及用於偵測回應於用由激發源108提供之激發能照明樣本而藉由樣本發射之發射能的感測器110兩者。樣本井106可使樣本保持靠近積體器件104之表面以易於將激發能傳遞至樣本且偵測來自樣本之發射能。

【0043】 用於將來自激發源108之激發能導引及耦合至積體器件104之樣本井106的光學元件可併入於積體器件104及儀器102兩者中。此等源至井元件可包含例如定位於積體器件104上之用於將激發能耦合至積體器件104的一或多個光柵耦合器及用於將激發能自儀器102傳遞至像素112中之樣本井106的波導。在一些實施例中，定位於積體器件104上之元件可用於將來自樣本井106之發射能引導朝向感測器110。根據一些實施例，樣本井106、激發源至井光學器件之部分及樣本井至感測器光學器件定位於積體器件104上，且(若干)激發源108及源至井組件之部分定位於儀器102中。在一些實施例中，單一組件可在將激發能耦合至樣本井106及將來自樣本井106之發射能傳遞至感測器110兩者時發揮作用。包含於積體器件中之用於將激發能耦合至樣本井及/或將發射能引導至感測器之適合組件之實例描述於標題為「INTEGRATED DEVICE FOR PROBING,

DETECTING AND ANALYZING MOLECULES」之美國專利申請案14/821,688及標題為「INTEGRATED DEVICE WITH EXTERNAL LIGHT SOURCE FOR PROBING, DETECTING, AND ANALYZING MOLECULES」之美國專利申請案14/543,865中，該等案兩者之全文以引用的方式併入。

【0044】關於圖2之實施例中之像素112，個別像素112可與其自身之個別樣本井106及至少一個感測器110相關聯。像素112可配置成陣列，且陣列中可存在任何適合數目個像素。積體器件104中之像素數目可在大約10,000個像素至1,000,000個像素或該範圍內之任何值或值範圍之範圍內。在一些實施例中，像素可配置成512個像素乘以512個像素之陣列。積體器件104及儀器102可包含用於處置與大像素陣列(例如，超過10,000個像素)相關聯之資料的多通道、高速通信鏈路(未展示)。

【0045】如圖2中進一步繪示，儀器102可透過積體器件介面114與積體器件104介接。積體器件介面114可包含例如用於將積體器件104定位及/或對準至儀器102以促進或改良來自(若干)激發源108之激發能至積體器件104之耦合的組件。(若干)激發源108可為經配置以將激發能傳遞至至少一個樣本井之任何適合光源。適合激發源之實例描述於美國專利申請案14/821,688中，該案之全文以引用的方式併入。在一些實施例中，(若干)激發源108包含組合將激發能傳遞至積體器件104之多個激發源。此多個激發源可經組態以產生多個激發能或波長。積體器件介面114可自積體器件104之像素112中之感測器110接收讀出信號。積體器件介面114可經設計使得積體器件104藉由將積體器件104固定至積體器件介面114而附接至儀器102。

【0046】 仍參考圖2，儀器102可包含用於控制儀器102之操作之使用者介面116。使用者介面116經組態以容許使用者將資訊輸入至儀器中，諸如(舉例而言)用於控制儀器之運作之命令及/或設定。在一些實施例中，使用者介面116可包含按鈕、開關、示數盤及用於語音命令之麥克風。另外，使用者介面116可容許使用者接收關於儀器及/或積體器件之效能之回饋，諸如藉由來自積體器件上之感測器之讀出信號獲得之適當對準及/或資訊。在一些實施例中，使用者介面116可使用用於提供可聽回饋之揚聲器及用於提供視覺回饋之指示燈及/或顯示螢幕來提供回饋。在一些實施例中，儀器102包含用於與外部運算器件120連接之電腦介面118。可使用任何適合電腦介面118及運算器件120。例如，電腦介面118可為USB介面或火線(FireWire)介面。運算器件120可為任何通用電腦，諸如膝上型電腦或桌上型電腦。電腦介面118促進儀器102與運算器件120之間之資訊通信。可透過與儀器102之電腦介面118通信之運算器件120提供用於控制及/或組態儀器102之輸入資訊。另外，可藉由運算器件120透過電腦介面118接收輸出資訊。此輸出資訊可包含例如關於儀器102及/或積體器件104之效能的回饋及來自感測器110之讀出信號的資訊。儀器102亦可包含用於分析自感測器110接收之資料及/或將控制信號發送至(若干)激發源108的處理器件122。在一些實施例中，處理器件122可包括通用處理器、特別調適之處理器(例如，中央處理單元(CPU)，諸如一或多個微處理器或微控制器核心、場可程式化閘陣列(FPGA)、特定應用積體電路(ASIC)、定製積體電路、數位信號處理器(DSP)或其等之組合)。在一些實施例中，可藉由處理器件122及外部運算器件120兩者執行對來自感測器110之資料之處理。在其他實施例中，可省略運算器件120且可完全藉

由處理器件122執行對來自感測器110之資料之處理。

【0047】 圖3A係繪示像素112列之積體器件104之橫截面示意圖。各像素112包含樣本井106及對應感測器110。感測器110可對準且定位至樣本井106，使得感測器110接收由樣本井106內之樣本(未展示)發射之發射能。適合感測器之實例描述於美國專利申請案14/821,656中，該案之全文以引用的方式併入。

【0048】 如先前論述，耦合至積體器件104之(若干)激發源108可將激發能提供至積體器件104之一或多個像素。藉由進一步繪示，圖3B係繪示將(若干)激發源108耦合至積體器件104以將激發能124 (以虛線展示其之路徑)提供至積體器件104之樣本井106的橫截面示意圖。定位於積體器件104外部之組件(未展示)可用於將激發源108定位及對準至積體器件。此等組件可包含例如光學組件，諸如透鏡、鏡、稜鏡、孔隙、衰減器及/或光纖。額外機械組件亦可包含於儀器102中以容許控制一或多個對準組件。此等機械組件可包含例如致動器、步進馬達及/或旋鈕。

【0049】 積體器件104包含將激發能124引導朝向其中之像素112之組件。更明確言之，在各像素112內，將激發能耦合至與像素相關聯之樣本井106。儘管圖3B繪示耦合至像素112列中之各樣本井106之激發能，然在一些實施例中，激發能可未耦合至給定列中之全部像素112。在一些實施例中，激發能可耦合至積體器件104之像素112列中之像素112或樣本井106之部分。激發能124可照明定位於樣本井106內之樣本。樣本可回應於被激發能照明而達到激發態。當樣本處於激發態時，樣本可發射發射能126 (如圖3B中展示)，繼而可藉由感測器110偵測發射能126。在一些實施例中，感測器110可包含多個子感測器。

【0050】 可將待分析之樣本引入至像素112之樣本井106中。樣本可為生物樣本或任何其他適合樣本，諸如化學樣本。此外，樣本可包含多個分子且樣本井106可經組態以隔離單一分子。在一些例項中，樣本井106之尺寸可用於將單一分子限制於樣本井內，藉此容許對單一分子執行量測。激發源108可經組態以將激發能傳遞至樣本井106中，以在樣本或附著至樣本或以其他方式與樣本相關聯之至少一個發光標記在樣本井106內之照明區域內時激發該樣本或發光標記。

【0051】 當激發源將激發能傳遞至樣本井時，井內之至少一個樣本可發光，且可藉由感測器110偵測所得發射。如本文中所使用，片語「樣本可發光」或「樣本可發射輻射」或「來自樣本之發射」意謂發光標籤、標記或報告子(reporter)、樣本本身或與樣本相關聯之反應產物可產生所發射輻射。

【0052】 積體器件104之一或多個組件可將發射能引導朝向感測器110。可藉由感測器110偵測一或多個發射能且將其轉換為至少一個電信號。電信號可透過積體器件介面114沿連接至儀器102之積體器件104之電路中的導線傳輸，諸如已結合圖2描述。隨後可藉由定位於儀器102上或儀器102外部之適合運算器件(諸如圖2中展示之運算器件120及/或處理器件122)處理及/或分析電信號。

【0053】 在操作中，藉由使用(若干)激發源激發井內之樣本且用感測器偵測來自樣本發射之信號而實行對樣本井內之樣本之並行分析。可藉由對應感測器偵測來自樣本之發射能且將其轉換為至少一個電信號。在一些實施例中，一或多個所得信號可在積體器件上處理或傳輸至儀器以藉由處理器件及/或運算器件處理。可獨立於與其他像素相關聯之信號接收及

處理來自樣本井之信號。

【0054】 在一些實施例中，可用一或多個標記標識樣本，且可藉由儀器辨別與一或多個標記相關聯之發射。例如，感測器可經組態以將來自發射能之光子轉換為電子以形成電信號，該電信號可用於辨別依賴於來自特定標記之發射能之壽命。藉由使用具有不同壽命之標記來標識樣本，可基於藉由感測器偵測之所得電信號識別特定樣本。

【0055】 樣本可含有多種類型之分子且不同發光標記可獨有地與分子類型相關聯。在激發期間或之後，發光標記可發射發射能。發射能之一或多個性質可用於識別樣本中之分子之一或多個類型。用於區分分子類型之發射能之性質可包含螢光壽命值、強度及/或發射波長。感測器可偵測光子(包含發射能之光子)且提供指示此等性質之一或多者之電信號。在一些實施例中，來自感測器之電信號可提供關於光子到達時間跨一或多個時間間隔之分佈的資訊。光子到達時間之分佈可對應於在藉由激發源發射激發能脈衝之後偵測到光子之時間。時間間隔之值可對應於在時間間隔期間偵測到之光子數目。跨多個時間間隔之相對值可提供發射能之時間特性之指示(例如，壽命)。分析樣本可包含藉由比較分佈內之兩個或更多個不同時間間隔的值而區分標記。在一些實施例中，可藉由判定跨分佈中之全部時間分格之光子之數目而提供強度之指示。

【0056】 如本文中所使用，術語「核酸」一般指包括一或多個核酸子單元之分子。核酸可包含選自腺苷(A)、胞嘧啶(C)、鳥嘌呤(G)、胸腺嘧啶(T)及尿嘧啶(U)或其等之變體之一或多個子單元。在一些實例中，核酸係去氧核糖核酸(DNA)或核糖核酸(RNA)或其等之衍生物。核酸可為單股的或雙股的。核酸可為圓形的。

【0057】 如本文中所使用，術語「核苷酸」一般指核酸子單元，其可包含A、C、G、T或U或其等之變體或類似物。核苷酸可包含可併入至生長核酸股中之任何子單元。此子單元可為A、C、G、T或U，或特定於一或多個互補A、C、G、T或U、或與嘌呤(即，A或G或其等之變體或類似物)或嘧啶(即，C、T或U或其等之變體或類似物)互補之任何其他子單元。

【0058】 核苷酸一般包含核苷及至少1個、2個、3個、4個、5個、6個、7個、8個、9個、10個或更多個磷酸(PO_3)基。核苷酸可包含核鹼基、五碳糖(核糖或去氧核糖)及一或多個磷酸基。核糖核苷酸係其中糖係核糖之核苷酸。去氧核糖核苷酸係其中糖係去氧核糖之核苷酸。核苷酸可為核苷單磷酸或核苷多磷酸。核苷酸可為去氧核糖核苷多磷酸，諸如(舉例而言)去氧核糖核苷三磷酸，其可選自去氧腺苷三磷酸(dATP)、去氧胞苷三磷酸(dCTP)、去氧鳥苷三磷酸(dGTP)、去氧尿苷三磷酸(dUTP)及去氧胸腺嘧啶核苷三磷酸(dTTP) dNTP，其等包含可偵測標識(例如，螢光團)。

【0059】 關於感測器110，光偵測器可回應於將標識曝露於激發源108 (例如，藉由雷射脈衝)而對來自標識之入射光子之到達進行時間分格。可反覆激發標識，且可對來自標識之入射光子之到達進行時間分格。作為實例，在10 ms量測時期期間，可按100 MHz之頻率發射雷射激發脈衝以激發標識。標識可依低概率發射光子(例如，10,000次激發中1個光子發射)。若標識在10 ms時期內被激發若干次(例如，1百萬次)，則可接收到大約100個光子。在一些例項中，標識可在曝露於激發源之後未被激發且在激發事件之後未發射光子，此可促成低發射概率。如上文論述，可對入射光子相對於激發之到達時間進行時間分格。因而，光偵測器可提供表

示各時間分格中之光子數目之信號。

【0060】 本發明之一些實施例係關於提供選擇性化學官能基化之樣本井製造技術及樣本井結構，其等可容許樣本或待分析之樣本之組分定位於樣本井之底表面處。某些方法可用於改質器件之曝露表面以實現選擇性表面官能基化且在器件表面上賦予抗腐蝕及/或防污性質，以及其他優點。選擇性表面改質可涉及用一或多個試劑處理器件之曝露表面以在器件之曝露表面上方形成表面塗層，諸如自組裝單層。表面塗層可藉由(例如，在需要使用腐蝕性溶液或其他苛刻條件(例如，高鹽溶液、多種溶液洗液等)之生物檢定中)保護曝露表面之下伏材料而使器件更加能夠耐受腐蝕性溶液。表面塗層亦可為生物檢定中之試劑提供更有利的界面(interface)，諸如防污表面塗層，其等減少或消除試劑組分在生物反應中之黏附。適合表面塗層及表面改質程序之實例描述於標題為「SUBSTRATES HAVING MODIFIED SURFACE REACTIVITY AND ANTIFOULING PROPERTIES IN BIOLOGICAL REACTIONS」之美國專利申請案15/971,493中，該案之全文特此以引用的方式併入。應瞭解，此等表面塗層可在本文中描述之樣本井之實施例中實施。

【0061】 圖4係繪示例示性樣本井106 (諸如在圖1、圖2、圖3A及圖3B之積體器件中展示之樣本井)之橫截面視圖。如圖4中展示，樣本井106係藉由經形成穿過安置於包覆層404 (例如，SiO_2)上之金屬堆疊402的開口界定。金屬堆疊402可包含(若干)金屬材料(例如，鋁、鈦、銅)之一或多個層。如圖4中展示，金屬堆疊402之一些實施例包含定位成靠近包覆層404之頂部之鋁層406及鋁層406上方之氮化鈦層408。

【0062】 鋁層406可包含銅及/或矽。在一些實施例中，鋁層406可

包含少於大約2%之銅及/或矽，且可具有在約30 nm至150 nm或該範圍內之任何值或值範圍之範圍內的厚度。在一些實施例中，鋁層係約65 nm。氮化鈦層408可包含與鋁層406接觸之鈦層且具有在1 nm至150 nm或該範圍內之任何值或值範圍之範圍內的厚度。在一些實施例中，氮化鈦層之厚度係大約80 nm。出於闡釋性目的，圖4亦描繪促進激發光能傳遞至樣本井106之例示性波導結構410 (例如，氮化矽)。

【0063】 形成於包覆層404中之凹部之深度*d*界定光從樣本井106之底表面處之標識發射至鋁層406 (例如，Al-Cu)之距離，鋁層406可充當用於反射諸如發射光之光的金屬反射體。此距離繼而判定發射光朝向光學感測器(未展示)之方向性，此可影響光學收集效率。凹部之深度*d*可在100 nm至500 nm或該範圍內之任何值或值範圍之範圍內。在一些實施例中，凹部之深度*d*係約300 nm。在一些實施例中，凹部之深度*d*係約360 nm。另外，樣本井之橫向尺寸(直徑)可影響DNA模板及染料標識之核苷酸透過擴散接取(access)固定於樣本井之底部處之酶的能力。一般而言，較大尺寸改良此接取。此外，樣本井106之橫向尺寸亦可影響由波導410照明之照明區之體積。特定言之，樣本井之底部處之尺寸w_1對所激發之照明區之體積具有顯著影響，其中較小尺寸導致激發較小積體，較小積體繼而可提供較低背景信號。在一些實施例中，樣本井106在凹部之底部處具有在50 nm至300 nm或該範圍內之任何值或值範圍之範圍內的直徑w_1。在一些實施例中，樣本井106在包覆層404之頂部處具有在100 nm至300 nm或該範圍內之任何值或值範圍之範圍內的直徑w_2。在一些實施例中，樣本井106在包覆層404之頂部處具有在150 nm至250 nm或該範圍內之任何值或值範圍之範圍內的直徑w_2，且在凹部之底部處具有在75 nm至200 nm或該範圍

內之任何值或值範圍之範圍內的直徑w_1。在一些實施例中，樣本井106可具有漸縮側壁，如圖4中展示。

【0064】 為促進選擇性化學官能基化以將酶固定於樣本井106之底部處，樣本井106之底表面412應具有不同於其他表面(例如，樣本井106之側壁414及積體器件之頂表面416)之組合物。如圖4中展示，樣本井之底表面412可為包覆層之材料(例如，曝露SiO_2)且樣本井106之側壁414可為間隔件材料418。間隔件材料418可包含一或多個金屬氧化物(例如，TiO_2、Al_2O_3、SiO_2、TiN、HfO_2、ZrO_2及Ta_2O_5)。積體器件之頂表面416可包含藉由使層408之頂表面氧化而形成之一或多個金屬氧化物材料(例如，藉由使TiN氧化而形成之TiO_2)。

【0065】 在一些實施例中，可期望使積體器件之曝露表面(頂表面、樣本井側壁、底表面)對於特定類型之溶液(包含在積體器件之操作期間及表面官能基化期間使用之溶液)實質上穩定。例如，用於器件操作之一些溶液可包含高離子強度水溶液，且積體器件之曝露表面可在與此等溶液接觸達所要時段時實質上穩定。作為另一實例，用於積體器件之表面官能基化之一些溶液可包含酸性溶液，且積體器件之曝露表面可在與此等溶液接觸達所要時段時實質上穩定。根據其中積體器件之一或多個層中包含鋁之一些實施例，較佳可將包含鋁之該一或多個層囊封於最終結構中，此可改良積體器件之表面之穩定性。另外，可期望使積體器件之表面足夠乾淨以實現表面官能基化。

【0066】 圖5係繪示根據一些實施例之用於形成樣本井之例示性程序500之流程圖。圖6至圖11展示程序500之一些步驟之橫截面視圖。為便於繪示，在各個圖中使用相同器件符號指示相同元件及組件。程序500包

含動作502：將孔隙金屬堆疊沈積於一或多個層(諸如包覆層及波導)上方。如圖6中展示，金屬孔隙膜堆疊(包含鋁層406及氮化鈦層408)形成於包覆層404及波導410上方。在一些實施例中，在形成金屬孔隙膜堆疊之前，可使用任何適合平坦化程序(例如，CMP程序)平坦化包覆層404之頂表面。在一些實施例中，鋁層406可經沈積具有約65 nm之厚度且氮化鈦層408可包含具有約10 nm厚度之Ti之鈦層及約70之氮化鈦層。

【0067】 接著，程序500繼續進行動作504，其涉及在金屬堆疊上方之光阻層中圖案化一或多個孔且至少在金屬堆疊中蝕刻孔隙。光阻層可藉由界定金屬堆疊中之孔隙而促進蝕刻程序。動作504亦可包含形成延伸至金屬堆疊下方之包覆層中之樣本井。在圖7至圖9中展示光阻層之圖案化及蝕刻之進一步細節。如圖7中展示，底部抗反射塗佈(BARC)層702可首先形成於氮化鈦層408上方，且光阻層704形成於在BARC層702上方形成。接著，在光阻層704中圖案化對應於所得樣本井之位置之孔706。光阻層704之圖案化可涉及任何適合光微影技術，包含光阻層704之光微影曝露及顯影。孔706可具有任何適合大小及形狀。在一些實施例中，孔706可具有圓形形狀及在150 nm至225 nm或該範圍內之任何值或值範圍之範圍內的直徑。在孔隙蝕刻之進一步準備中，可使用電漿蝕刻程序或任何適合技術選擇性地移除BARC層702。

【0068】 如圖8中展示，執行金屬堆疊(其包含層406、408)之蝕刻以界定孔隙802。用於界定圖8中展示之孔隙802之蝕刻程序可藉由用於移除圖7中之BARC層702之相同程序執行，諸如(舉例而言)藉由電漿蝕刻程序，其可涉及使用Cl_2及/或BCl_3。電漿蝕刻程序之後可接著O_2灰化步驟、水沖洗及/或蝕刻後清潔步驟。在一些實施例中，電漿蝕刻程序可為等向

性的且導致金屬堆疊之一或多個層中之底切區。例如，鋁之基於Cl之蝕刻本質上可為等向性的，此可導致鋁層406中之底切區804。在一些實施例中，濕式清潔步驟可促成在金屬堆疊中形成底切區，諸如底切區804。

【0069】 圖9展示藉由包覆層404之蝕刻形成之具有側壁904之樣本井902。可透過使用乾式氟碳化物蝕刻(例如，CF_4、CHF_3、C_4F_8、$C_3H_2F_6$)其後接著O_2灰化步驟及蝕刻後清潔步驟而移除包覆層404之氧化物材料。在一些實施例中，乾式蝕刻程序可發生達一段持續時間以達成所要蝕刻深度，或替代地透過使用定位於包覆層404內之位置處之蝕刻停止層(未展示)來達成所要蝕刻深度。在一些實施例中，藉由蝕刻程序形成之所得樣本井902之一或多個側壁904可成法向於積體器件之頂表面之角度，諸如圖9中展示。樣本井902之側壁904可按在1°至15°之範圍內之角度相對於積體器件之頂表面之法線漸縮。換言之，樣本井902可漸縮使得其直徑隨著深度之增加而減小。

【0070】 返回至圖7，可使用電漿移除程序(例如，灰化、清潔)或任何適合技術將光阻層704及/或BARC層702自金屬堆疊406、408移除。在一些實施例中，在蝕刻金屬堆疊406、408 (其在圖8中展示)之後且在蝕刻包覆層404 (其在圖9中展示)之前移除光阻層704及/或BARC層702。在一些實施例中，在蝕刻金屬堆疊406、408兩者且在頂部包覆包覆層404之後移除光阻層704及/或BARC層702。

【0071】 程序500藉由動作506繼續，其包含將間隔材料沈積於樣本井之(若干)側壁上。間隔件材料可以保形方式沈積，且在一些實施例中可稱為「保形間隔層」。如圖10中展示，間隔層1002沈積於樣本井902中，且可接觸包覆層404及金屬堆疊(包含層406及408)之一或多者。可用作間

隔層之間隔件材料之實例可包含Al_2O_3、TiN、Ta_2O_5、TaN、ZrO_2、TiO_2及HfO_2。間隔層之厚度可在3 nm至50 nm或該範圍內之任何值或值範圍之範圍內。在一些實施例中，間隔層1002可為具有在約3 nm至約30 nm之間之厚度的TiO_2層。在一些實施例中，間隔層1002可為在約230°C之溫度下藉由原子層沈積(ALD)形成之TiO_2層且具有約12 nm之厚度。在一些實施例中，保形間隔層1002可包含多個材料層。在此等實施例中，多個材料層可促進製造、表面官能基化及/或表面清潔。

【0072】 接著，程序500藉由動作508繼續，其包含蝕刻間隔件材料。在一些實施例中，各向異性(定向)蝕刻可用於蝕刻間隔件材料且移除間隔層之水平安置表面，此可導致沿著垂直表面之間隔件材料(諸如樣本井之側壁)。如圖11中展示，間隔層1002之各向異性蝕刻移除樣本井之底部處之水平表面及積體器件之頂表面，使得在所得樣本井106中形成側壁間隔件414。另外，樣本井106之底表面412係曝露之包覆材料(例如，SiO_2)。在其中間隔層包含TiO_2且導致具有TiO_2之側壁間隔件之實施例中，可使用氟碳化物或BCl_3蝕刻化學(具有O_2及/或空氣)。在其中間隔層包含Al_2O_3且導致具有Al_2O_3之側壁間隔件之實施例中，可使用BCl_3蝕刻化學(具有Cl_2及/或空氣)。因為樣本井106之底表面412具有不同於側壁間隔件414及積體器件之頂表面之材料，所以所得結構可提供與樣本井之側壁414相比優先將樣本(未展示)結合至底表面412之不同功能性。因此，在完成樣本井結構蝕刻之後，可執行額外處理步驟，諸如(舉例而言)將生物素物種附著於樣本井106之底表面412上且進行晶片鈍化。導致經改質底表面化學及鈍化之額外處理步驟之實例描述於美國專利申請案15/971,493中，該案之全文特此以引用的方式併入。

【0073】 上文描述之程序500之可能副作用可為孔隙及樣本井側壁上存在來自基於氟碳化物之蝕刻的氟化鋁(AlF)及其他殘留物。此等殘留物繼而可影響側壁間隔件沈積之完整性。另外，層406之曝露鋁亦可經受其他有害效應，諸如腐蝕或潮濕。另外，對於其中頂部氮化鈦層408用作移除包覆材料之蝕刻遮罩之實施例，進一步可能的是，頂部氮化鈦層408鄰近孔隙(諸如圖8中展示之孔隙802)之邊緣可在樣本井蝕刻處理期間被侵蝕且導致曝露之鋁。

【0074】 一些實施例可涉及使用囊封劑間隔件保護孔隙金屬堆疊之側壁(諸如金屬堆疊中之鋁層)。圖12係繪示用於形成樣本井結構之例示性程序1200之流程圖。圖13至圖16展示程序1200之一些步驟之橫截面視圖。如圖12中展示，程序1200在動作1202處藉由將金屬堆疊沈積於一或多個層(諸如包覆層或波導)上方而開始。沈積金屬堆疊可使用上文結合程序500描述之程序及材料執行。程序1200繼續至動作1204，其包含藉由圖案化光阻材料及在一些實施例中BARC層而將孔隙蝕刻至金屬堆疊中。將孔隙蝕刻至金屬堆疊中可使用上文結合程序500描述且在圖7及圖8中展示之程序及材料執行。圖13展示包覆層404上方之經蝕刻金屬堆疊406、408。

【0075】 與程序500相比，程序1200繼續至動作1206，其涉及將囊封劑間隔件材料沈積於藉由動作1204形成之孔隙內。圖13展示形成於孔隙802內之囊封劑間隔件材料1302，其接觸包覆層404之表面、金屬堆疊406、408及頂表面。囊封劑間隔件材料1302可為用於在後續處理步驟期間保護金屬堆疊406、408之一或多個層且特定言之可減少或防止來自包覆材料404之後續蝕刻之金屬氟化物殘留物之形成的任何適合材料。囊封

劑間隔件材料1302可包含一或多個矽材料。囊封劑間隔件材料1302中之適合材料之實例可包含非晶矽(α-Si)、SiO_2、SiON、SiN及一或多個矽合金(例如，富矽氧化物(SRO)、富矽氮化物(SRN))。在一些實施例中，囊封劑間隔件材料1302可為藉由電漿增強型化學氣相沈積(PECVD)沈積之非晶矽(α-Si)。在其他實施例中，囊封劑間隔件材料1302可為PECVD沈積之SiO_2、SiON或SiN。在一些實施例中，囊封劑間隔件材料1302可為藉由原子層沈積(ALD)形成之氧化物材料(例如，TiO_2、Al_2O_3、SiO_2、HfO_2、TiN、Ta_2O_5、ZrO_2)。在一些實施例中，囊封劑間隔件材料1302可包含一或多個材料之多個層。一般而言，囊封劑間隔件材料1302可以保形方式相對於金屬層408之頂表面及孔隙802之底部沈積。在一些實施例中，囊封劑間隔件材料1302可具有變化之厚度。例如，囊封劑間隔件材料1302在金屬層408之頂表面上之位置處可具有比沿孔隙802之底部更大之厚度。

【0076】 程序1200藉由動作1208繼續，其中蝕刻囊封劑間隔件材料且蝕刻包覆材料以形成樣本井。圖14展示藉由蝕刻囊封劑間隔件材料及包覆層404而形成之樣本井902。在一些實施例中，囊封劑間隔件蝕刻及/或樣本井蝕刻可涉及諸如上文描述之基於氟碳化物之蝕刻，其後接著O_2灰化程序及蝕刻後清潔程序。在其中囊封劑材料及包覆材料之蝕刻實質上為各向異性、定向蝕刻之實施例中，囊封劑間隔件材料之一或多個部分可保留在金屬堆疊之側壁上。如圖14中展示，鋁層406具有一或多個底切區，在蝕刻以形成樣本井之後，囊封劑間隔件1402保留在底切區處。囊封劑間隔件1402可有利地保護層406之曝露鋁側壁。受囊封劑間隔件1402保護可減少或防止在樣本井蝕刻期間形成金屬氟化物殘留物，該等殘留物否則可

易於在後續蝕刻期間腐蝕/潮濕或與F、Cl起反應。

【0077】 從此開始，程序1200可類似於程序500之程序繼續。程序1200可繼續進行動作1210，其中沈積側壁間隔件材料，此可涉及使用與結合程序500之動作506所描述類似之材料及程序。圖15展示側壁間隔件材料1002，其接觸囊封劑間隔件部分1402。可用於形成側壁間隔件材料1002之間隔件材料之實例包含Al_2O_3、TiO_2、TiN、Ta_2O_5、TaN、ZrO_2及HfO_2。在一些實施例中，側壁間隔件材料1002可包含一或多個材料之多個層。在一些實施例中，側壁間隔件材料1002可為形成至在約3 nm至約30 nm之間之厚度的TiO_2層。在一些實施例中，側壁間隔件材料1002可為在約230°C之溫度下藉由原子層沈積(ALD)形成至約12 nm之厚度的TiO_2層。

【0078】 程序1200繼續動作1212，其中蝕刻側壁間隔件材料以形成所得樣本井，此可涉及使用與結合程序500之動作508所描述類似之材料及程序。如圖16中展示，間隔層1002之各向異性蝕刻移除樣本井之底部處之水平表面及積體器件之頂表面，使得在所得樣本井106中形成側壁間隔件1402。另外，樣本井106之底表面412係曝露之包覆材料(例如，SiO_2)。在其中間隔層包含TiO_2且導致具有TiO_2之側壁間隔件之實施例中，可使用氟碳化物或BCl_3蝕刻化學(具有O_2及/或空氣)。在其中間隔層包含Al_2O_3且導致具有Al_2O_3之側壁間隔件之實施例中，可使用BCl_3蝕刻化學(具有Cl_2及/或空氣)。

【0079】 一些實施例涉及使用形成於孔隙金屬堆疊上方之介電蝕刻遮罩，其可在後續蝕刻(諸如孔隙蝕刻及樣本井蝕刻)期間保護金屬堆疊之頂表面。可在製造樣本井之整個步驟內逐漸移除介電蝕刻遮罩，且在一些

實施例中可在所得樣本井結構中將其實質上清除。取決於在介電蝕刻遮罩中使用之介電材料之類型，介電蝕刻遮罩可為蝕刻樣本井之程序控制提供強端點信號。頂層之厚度取決於介電層相對於包覆層之蝕刻選擇性及所要之過度蝕刻量。

【0080】 圖17係繪示用於形成樣本井結構之例示性程序1700之流程圖。圖18至圖25展示程序1700之一些步驟之橫截面視圖。如圖17中展示，程序1700在動作1702處藉由將金屬堆疊沈積於一或多個層(諸如包覆層或波導)上方而開始。沈積金屬堆疊可使用上文結合程序500描述之程序及材料執行。在一些實施例中，金屬堆疊可包含包覆層404及波導410上方之鋁層406及氮化鈦層408，如圖18中展示。動作1702進一步可包含將介電層沈積於金屬堆疊上方。如圖18中展示，介電層1802形成於包含層406及408之金屬堆疊上方。介電層1802可包含一或多個矽材料。可包含於介電層1802中之適合材料之實例包含非晶矽(α-Si)、SiO_2、SiON、SiN及矽合金(例如，富矽氧化物(SRO)及富矽氮化物(SRN))。介電層1802可具有在30 nm至400 nm或該範圍內之任何值或值範圍之範圍內的厚度。在一些實施例中，介電層1802可為以約150 nm至300 nm之厚度沈積之PECVD SiO_2。在一些實施例中，介電層1802可為以約50 nm至300 nm之厚度沈積之PECVD SiN。在一些實施例中，介電層1802可為以約50 nm至300 nm之厚度沈積之PECVD SiON。

【0081】 程序1700可繼續至動作1704，其中圖案化光阻材料以界定孔隙開口且蝕刻孔隙及樣本井。接著，將圖案蝕刻至介電遮罩、孔隙金屬堆疊及最終包覆層中以形成樣本井。在一些實施例中，光阻材料可沈積於BARC層上方。在一些實施例中，經圖案化開口可為具有在約150 nm至

225 nm直徑之範圍內之直徑的圓形開口。將孔隙蝕刻至金屬堆疊中可使用上文結合程序500描述且在圖7及圖8中展示之程序及材料執行。圖19繪示在蝕刻介電層1802及移除光阻材料(未展示)之後之處理點。在將介電層1802圖案化為硬遮罩之情況下，接著可如圖20中展示般蝕刻金屬堆疊406、408中之孔隙，圖20展示孔隙802及底切區804。將孔隙蝕刻至金屬堆疊中可使用上文結合程序500描述且在圖7及圖8中展示之程序及材料執行。在一些實施例中，蝕刻金屬堆疊中之孔隙可涉及電漿蝕刻程序，諸如包含Cl_2及/或BCl_3之電漿蝕刻程序。電漿金屬蝕刻程序之後可接著水沖洗及/或蝕刻後清潔步驟。此時，結構準備好將樣本井蝕刻至包覆層(諸如包覆層404)中。

【0082】 在一些實施例中，介電層1802選自相對於包覆層404具有相同或類似蝕刻特性之材料。在此等實施例中，可在蝕刻樣本井902時移除介電層1802。樣本井蝕刻處理之中間點繪示於圖21中，圖21展示在樣本井902處於形成之中間階段時保留之介電層1802之部分。特定言之，與圖20相比，自圖21將看見介電層1802雖然仍保護孔隙金屬堆疊406、408免受蝕刻程序(例如，基於氟碳化物之蝕刻)影響，但其之厚度已大致減少對應於所形成之樣本井902之當前蝕刻深度的量。圖22繪示樣本井蝕刻程序期間之稍後時間點，其中介電層1802之絕大部分被消耗且樣本井902之絕大部分被蝕刻。最終，如圖23中展示，在樣本井蝕刻完成或即將完成時，介電層1802被移除。特定言之，介電蝕刻遮罩之厚度取決於介電蝕刻遮罩材料在樣本井之蝕刻期間之蝕刻速率，使得在樣本井之蝕刻結束或即將結束時實質上或完全移除介電蝕刻遮罩之材料。在其中介電層1802係SiO_2之實施例中，介電層1802可為蝕刻樣本井之程序控制提供強端點

信號，此係因為一旦實質上或完全移除介電蝕刻遮罩便可曝露TiN金屬層408。在其中將SiO_2用作介電遮罩材料之此等實施例中，介電層之厚度可對應於樣本井之所要深度(例如，可略小於樣本井之所要深度)，使得在樣本井蝕刻至正確深度時實質上或完全移除遮罩。

【0083】 從此開始，程序1700可類似於程序500之程序繼續。程序1700可繼續進行動作1706，其中沈積側壁間隔件材料，此可涉及使用與結合程序500之動作506所描述類似之材料及程序。圖24展示側壁間隔件材料1002，其接觸層406及408兩者。如圖24中展示，可在層406中形成底切區且側壁間隔件材料1002可填充底切區。可用於形成側壁間隔件材料1002之間隔件材料之實例包含Al_2O_3、TiO_2、TiN、Ta_2O_5、TaN、ZrO_2及HfO_2。在一些實施例中，側壁間隔件材料1002可為形成至在約3 nm至約30 nm之間之厚度的TiO_2層。在一些實施例中，側壁間隔件材料1002可為在約230°C之溫度下藉由原子層沈積(ALD)形成至約12 nm之厚度之TiO_2層。

【0084】 程序1700繼續至動作1708，其中蝕刻側壁間隔件材料以形成所得樣本井，此可涉及使用與結合程序500之動作508所描述類似之材料及程序。如圖25中展示，間隔層1002之各向異性蝕刻移除樣本井之底部處之水平表面及積體器件之頂表面，使得在所得樣本井106中形成側壁間隔件414。另外，樣本井106之底表面412係曝露之包覆材料(例如，SiO_2)。在其中間隔層包含TiO_2且導致具有TiO_2之側壁間隔件之實施例中，可使用氟碳化物或BCl_3蝕刻化學(具有O_2及/或空氣)。在其中間隔層包含Al_2O_3且導致具有Al_2O_3之側壁間隔件之實施例中，可使用BCl_3蝕刻化學(具有Cl_2及/或空氣)。

【0085】 上述實施例可以數種方式之任一者實施。例如，實施例可使用硬體、軟體或其等之組合實施。當在軟體中實施時，軟體程式碼可在任何適合處理器(例如，微處理器)或處理器集合上執行，無論提供於單一運算器件中或分佈於多個運算器件中。應瞭解，執行上文描述之功能之任何組件或組件集合一般可被視為控制上述功能之一或多個控制器。一或多個控制器可以數種方式實施，諸如運用專用硬體或運用使用微程式碼或軟體程式化以執行上文敘述之功能的通用硬體(例如，一或多個處理器)。

【0086】 所描述實施例可以各種組合實施。例示性組態包含下文之方法(1)至(23)及積體器件(24)至(30)。

【0087】 (1) 一種形成積體器件之方法，該方法包括：在包覆層上形成金屬堆疊；在該金屬堆疊中形成孔隙；將第一間隔層形成於該金屬堆疊上方且形成至該孔隙中；及執行第一定向蝕刻以移除安置於該金屬堆疊之頂表面上及該孔隙之底部處之該包覆層上的至少一些該第一間隔層，該第一定向蝕刻擴大該孔隙之深度且移除一些該包覆層以在該包覆層內形成樣本井；其中該第一間隔層之至少一個部分與該金屬堆疊之至少一個層接觸。

【0088】 (2) 如(1)之方法，其中該第一間隔層包含至少一個材料，該至少一個材料經組態以在該第一定向蝕刻期間減少在該金屬堆疊之至少一個金屬層之曝露側壁上形成金屬氟化物殘留物。

【0089】 (3) 如(1)或(2)之方法，其中該金屬堆疊包括至少一個含鋁層及至少一個含鈦層。

【0090】 (4) 如(1)至(3)之方法，其中該第一間隔層係藉由電漿增強型化學氣相沈積(PECVD)形成。

【0091】 (5) 如(1)至(4)之方法，其中該第一間隔層包含至少一個矽材料。

【0092】 (6) 如(1)至(5)之方法，其中該第一間隔層包括選自以下各者之群組之一或多個層：非晶矽(α-Si)、SiO_2、SiON、SiN及矽合金。

【0093】 (7) 如(1)至(6)之方法，其中該第一間隔層係藉由原子層沈積(ALD)形成。

【0094】 (8) 如(1)至(7)之方法，其中該第一間隔層包括選自以下各者之群組之一或多個層：TiO_2、Al_2O_3、SiO_2、HfO_2、TiN、Ta_2O_5及ZrO_2。

【0095】 (9) 如(1)至(8)之方法，其中該包覆層包括SiO_2。

【0096】 (10) 如(1)至(9)之方法，其進一步包括：將第二間隔層形成於該金屬堆疊上方且形成至該樣本井中；及執行第二定向蝕刻以移除安置於該金屬堆疊之該頂表面上及該樣本井之底部處之該包覆層上的至少一些該第二間隔層；其中該第二間隔層之至少一個部分與該金屬堆疊、該第一間隔層之該至少一個部分及該包覆層之一或多者接觸。

【0097】 (11) 如(10)之方法，其中該第二定向蝕刻包括基於氟碳化物之蝕刻。

【0098】 (12) 如(10)或(11)之方法，其中該第二間隔層係藉由原子層沈積(ALD)形成。

【0099】 (13) 如(10)至(12)之方法，其中該第二間隔層包括選自以下各者之群組之一或多個層：TiO_2、Al_2O_3、HfO_2、ZrO_2及Ta_2O_5。

【0100】 (14) 如(1)至(13)之方法，其中該第一間隔層之該至少一個部分安置於該金屬堆疊之底切區處。

【0101】(15) 一種形成積體器件之方法，該方法包括：在包覆層上形成金屬堆疊；在該金屬堆疊上形成介電層；在該介電層中蝕刻開口且使用該介電層作為蝕刻遮罩以在該金屬堆疊中形成孔隙；及在該包覆層內蝕刻樣本井，其中該樣本井之該蝕刻包括移除該介電層之至少一部分。

【0102】(16) 如(15)之方法，其中該金屬堆疊包括至少一個含鋁層及至少一個含鈦層。

【0103】(17) 如(15)或(16)之方法，其中該包覆層包括SiO_2。

【0104】(18) 如(15)至(17)之方法，其進一步包括：將間隔層形成於該金屬堆疊上方且形成至該樣本井中；及執行定向蝕刻以移除安置於該金屬堆疊之頂表面上及該樣本井之底部處之該包覆層上的該間隔層之部分；其中該間隔層之部分保留在該金屬堆疊之側壁及該包覆層上。

【0105】(19) 如(18)之方法，其中該間隔層係藉由原子層沈積(ALD)形成。

【0106】(20) 如(18)或(19)之方法，其中該間隔層包括選自以下各者之群組之一或多個層：TiO_2、Al_2O_3、HfO_2、ZrO_2及Ta_2O_5。

【0107】(21) 如(15)至(20)之方法，其中蝕刻該樣本井進一步包括實質上移除該介電層。

【0108】(22) 如(15)至(21)之方法，其中在蝕刻該樣本井之後，該積體器件不包含該介電層。

【0109】(23) 如(15)至(22)之方法，其中該介電層包括選自以下各者之群組之一或多者：非晶矽(α-Si)、SiO_2、SiON、SiN及矽合金。

【0110】(24) 一種積體器件，其包括：包覆層；金屬堆疊，其形成於該包覆層上且具有底切區；樣本井，其形成至該包覆層之至少一部分

中；第一間隔件材料，其填充該底切區；及第二間隔件材料，其形成該樣本井之至少一個側壁，該第二間隔件材料與該金屬堆疊、該第一間隔件材料及該包覆層之一或多者接觸。

【0111】 (25) 如(24)之積體器件，其中該第一間隔件材料包括選自以下各者之群組之一或多者：非晶矽(α-Si)、SiO_2、SiON及SiN。

【0112】 (26) 如(24)或(25)之積體器件，其中該第一間隔件材料包括選自以下各者之群組之一或多者：TiO_2、Al_2O_3、HfO_2、TiN、ZrO_2及Ta_2O_5。

【0113】 (27) 如(24)至(26)之積體器件，其中該金屬堆疊包括包含鋁之至少一個層及包含鈦之至少一個層。

【0114】 (28) 如(24)至(27)之積體器件，其中該包覆層包括SiO_2。

【0115】 (29) 如(24)至(28)之積體器件，其中該第二間隔件材料包括選自以下各者之群組之一或多個層：TiO_2、Al_2O_3、HfO_2、ZrO_2及Ta_2O_5。

【0116】 (30) 如(24)至(29)之積體器件，其中該金屬堆疊包括形成於第二層上方之第一層，且該底切區形成於該第二層中。

【0117】 因此，在已描述本申請案之技術之數種態樣及實施例之情況下，應瞭解，一般技術者將容易想到各種更改、修改及改良。此等更改、修改及改良意欲在本申請案中描述之技術之精神及範疇內。因此，應瞭解，前述實施例僅藉由實例呈現，且在隨附發明申請專利範圍及其等效物之範疇內，可依除所明確描述以外之方式實踐發明實施例。另外，若本文中描述之兩個或更多個特徵、系統、物件、材料、套組及/或方法互不矛盾，則此等特徵、系統、物件、材料、套組及/或方法之任何組合包含

於本發明之範疇內。

【0118】 再者，如所描述，一些態樣可體現為一或多個方法。作為方法之部分執行之動作可以任何適合方式排序。因此，可建構其中以不同於所繪示之順序執行動作之實施例，該等實施例可包含同時執行一些動作，即使在闡釋性實施例中展示為循序動作。

【0119】 如本文中定義及使用之全部定義應被理解為控制字典定義、以引用的方式併入之文獻中之定義及/或所定義術語之普通含義。

【0120】 如本文中在說明書及發明申請專利範圍中使用之不定冠詞「一」及「一個」應被理解為意謂「至少一個」，除非明確相反指示。

【0121】 如本文中在說明書及發明申請專利範圍中使用之片語「及/或」應被理解為意謂如此結合之元件(即，在一些情況中結合呈現且在其他情況中分開呈現之元件)之「任一者或兩者」。

【0122】 關於一或多個元件之清單，如本文中在說明書及發明申請專利範圍中使用之片語「至少一個」應被理解為意謂選自元件清單中之元件之任一或多者之至少一個元件，但不一定包含元件清單內明確列出之各元件及每一元件之至少一者且不排除元件清單中之元件之任何組合。此定義亦容許可視情況存在除在元件清單內明確識別之元件以外的元件，其中片語「至少一者」指代(無論是否相關)明確識別之該等元件。

【0123】 發明申請專利範圍中用於修飾主張元件之順序術語(諸如「第一」、「第二」、「第三」等)之使用本身並不意謂一個主張元件優於另一主張元件之任何優先級、優先次序或順序，或執行方法之動作之時間順序，而是僅用作區分具有特定名稱之一個主張元件與具有相同名稱(但使用順序術語)之另一元件之標識以區分該等主張元件。

【0124】在發明申請專利範圍以及上文說明書中，諸如「包括」、「包含」、「攜載」、「具有」、「含有」、「涉及」、「持有」、「構成」及類似者之全部過渡片語應被理解為開放式的，即，意謂包含但不限於。過渡片語「由...組成」及「基本上由...組成」應分別為封閉式或半封閉式過渡片語。

【符號說明】

【0125】

100　定序系統

102　儀器

104　積體器件

106　樣本井

108　激發源

110　感測器

112　像素

114　積體器件介面

116　使用者介面

118　電腦介面

120　運算器件

122　處理器件

124　激發能

126　發射能

402　金屬堆疊

404　包覆層

406 鋁層/金屬堆疊

408 氮化鈦層/金屬堆疊/氮化鈦(TiN)金屬層

410 波導結構/波導

412 底表面

414 側壁/側壁間隔件

416 頂表面

418 間隔件材料

500 程序

502 動作

504 動作

506 動作

508 動作

702 底部抗反射塗佈(BARC)層

704 光阻層

706 孔

802 孔隙

804 底切區

902 樣本井

904 側壁

1002 間隔層/側壁間隔件材料

1200 程序

1202 動作

1204 動作

1206 動作

1208 動作

1210 動作

1212 動作

1302 囊封劑間隔件材料

1402 囊封劑間隔件/囊封劑間隔件部分/側壁間隔件

1700 程序

1702 動作

1704 動作

1706 動作

1708 動作

1802 介電層

d 深度

w_1 尺寸/直徑

w_2 直徑

【發明申請專利範圍】

【第1項】

一種積體器件，其包括：

包覆層；

金屬堆疊，其形成於該包覆層上方且具有至少一個底切區；

樣本井，其延伸穿過靠近該至少一個底切區之該金屬堆疊且延伸至該包覆層中；及

第一間隔件材料，其填充該至少一個底切區。

【第2項】

如請求項1之積體器件，其中該第一間隔件材料形成該樣本井之至少一個側壁。

【第3項】

如請求項1或請求項2之積體器件，其中該第一間隔件材料包括選自以下各者之群組之一或多者：非晶矽(α-Si)、SiO_2、SiON及SiN。

【第4項】

如請求項1或請求項2之積體器件，其中該第一間隔件材料包括選自以下各者之群組之一或多者：TiO_2、Al_2O_3、HfO_2、TiN、ZrO_2及Ta_2O_5。

【第5項】

如請求項1或請求項2之積體器件，其中該金屬堆疊包括包含鋁之至少一個層及包含鈦之至少一個層。

【第6項】

如請求項1或請求項2之積體器件，其中該包覆層包括SiO_2。

【第7項】

如請求項1或請求項2之積體器件，其進一步包括與該金屬堆疊、該第一間隔件材料及該包覆層之一或多者接觸的第二間隔件材料。

【第8項】

如請求項7之積體器件，其中該第二間隔件材料形成該樣本井之至少一個側壁。

【第9項】

如請求項7之積體器件，其中該第二間隔件材料包括選自以下各者之群組之一或多個層：TiO_2、Al_2O_3、HfO_2、ZrO_2及Ta_2O_5。

【第10項】

如請求項1或請求項2之積體器件，其中該金屬堆疊包括形成於第二層上方之第一層，且該底切區形成於該第二層中。

【第11項】

一種形成積體器件之方法，該方法包括：

在包覆層上方形成金屬堆疊；

在該金屬堆疊中形成孔隙；

將第一間隔件材料形成於該孔隙內；及

藉由移除一些該包覆層以將該孔隙之深度延伸至該包覆層中來形成樣本井，其中該第一間隔件材料之至少一個部分係安置於該金屬堆疊之底切區處。

【第12項】

如請求項11之方法，其中形成該金屬堆疊進一步包括形成該金屬堆疊於該包覆層上。

【第13項】

如請求項11或請求項12之方法，其中形成該第一間隔件材料進一步包括形成該第一間隔件材料於該金屬堆疊上方及該孔隙之底表面處。

【第14項】

如請求項11或請求項12之方法，其中形成該樣本井進一步包括執行第一定向蝕刻以移除安置於該金屬堆疊之頂表面上及該孔隙之底表面上之至少一些該第一間隔件材料。

【第15項】

如請求項11或請求項12之方法，其中該第一間隔件材料包含至少一個材料，該至少一個材料經組態以在用於形成該樣本井之蝕刻程序期間減少形成金屬氟化物殘留物。

【第16項】

如請求項11或請求項12之方法，其中該第一間隔件材料包含至少一個材料，該至少一個材料經組態以在用於形成該樣本井之蝕刻程序期間減少在該金屬堆疊之至少一個金屬層上形成金屬氟化物殘留物。

【第17項】

如請求項11或請求項12之方法，其中該金屬堆疊包括至少一個含鋁層及至少一個含鈦層。

【第18項】

如請求項11或請求項12之方法，其中該第一間隔件材料係藉由電漿增強型化學氣相沈積(PECVD)形成。

【第19項】

如請求項11或請求項12之方法，其中該第一間隔件材料包含至少一個矽材料。

【第20項】

如請求項11或請求項12之方法，其中該第一間隔件材料包括選自以下各者之群組之一或多個層：非晶矽(α-Si)、SiO_2、SiON、SiN及矽合金。

【第21項】

如請求項11或請求項12之方法，其中該第一間隔件材料係藉由原子層沈積(ALD)形成。

【第22項】

如請求項11或請求項12之方法，其中該第一間隔件材料包括選自以下各者之群組之一或多個層：TiO_2、Al_2O_3、SiO_2、HfO_2、TiN、Ta_2O_5及ZrO_2。

【第23項】

如請求項11或請求項12之方法，其中該包覆層包括SiO_2。

【第24項】

如請求項11或請求項12之方法，其進一步包括：

將第二間隔件材料形成至該樣本井中；及

移除該樣本井之底表面處之至少一些該第二間隔件材料以暴露該包覆層之部分，其中該第二間隔件材料之至少一個部分與該金屬堆疊、該第一間隔件材料之該至少一個部分及該包覆層之一或多者接觸。

【第25項】

如請求項24之方法，其中形成該第二間隔件材料進一步包括形成該第二間隔件材料於該金屬堆疊上方。

【第26項】

如請求項24之方法，其中移除所述至少一些該第二間隔件材料進一步包括執行定向蝕刻以移除安置於該金屬堆疊之頂表面上及該樣本井之該底表面上之第二間隔件材料。

【第27項】

如請求項26之方法，其中該定向蝕刻包括基於氟碳化物之蝕刻。

【第28項】

如請求項24之方法，其中該第二間隔件材料係藉由原子層沈積(ALD)形成。

【第29項】

如請求項28之方法，其中該第二間隔件材料包括選自以下各者之群組之一或多個層：TiO_2、Al_2O_3、HfO_2、ZrO_2及Ta_2O_5。

【第30項】

一種形成積體器件之方法，該方法包括：

在包覆層上方形成金屬堆疊；

在該金屬堆疊上方形成介電層；

藉由在該介電層中形成開口且使用該介電層作為移除該金屬堆疊之部分的遮罩以在該金屬堆疊中形成孔隙；

藉由移除該包覆層之部分以形成樣本井，其中形成該樣本井時，該介電層之至少一部分經移除；及

在該孔隙中形成第一間隔件材料，其中該第一間隔件材料之至少一個部分係安置於該金屬堆疊之底切區處。

【第31項】

如請求項30之方法，其中形成該金屬堆疊進一步包括形成該金屬堆

疊於該包覆層上。

【第32項】

如請求項30或請求項31之方法，其中形成該介電層進一步包括形成該介電層於該金屬堆疊上。

【第33項】

如請求項30或請求項31之方法，其中形成該孔隙進一步包括在該介電層中蝕刻該開口且使用該介電層作為蝕刻遮罩以在該金屬堆疊中形成孔隙。

【第34項】

如請求項30或請求項31之方法，其中形成該樣本井進一步包括同時蝕刻該包覆層及該介電層。

【第35項】

如請求項30或請求項31之方法，其中該金屬堆疊包括至少一個含鋁層及至少一個含鈦層。

【第36項】

如請求項30或請求項31之方法，其中該包覆層包括SiO_2。

【第37項】

如請求項30或請求項31之方法，其進一步包括：

將間隔層形成於該金屬堆疊上方且形成至該樣本井中；及

執行定向蝕刻以移除安置於該金屬堆疊之頂表面上及該樣本井之底表面上的該間隔層之部分，從而暴露該包覆層之部分；

其中該間隔層之至少一部分形成該樣本井之至少一個側壁。

【第38項】

如請求項37之方法，其中該間隔層係藉由原子層沈積(ALD)形成。

【第39項】

如請求項37之方法，其中該間隔層包括選自以下各者之群組之一或多個層：TiO_2、Al_2O_3、HfO_2、ZrO_2及Ta_2O_5。

【第40項】

如請求項30或請求項31之方法，其中形成該樣本井進一步包括實質上移除該介電層。

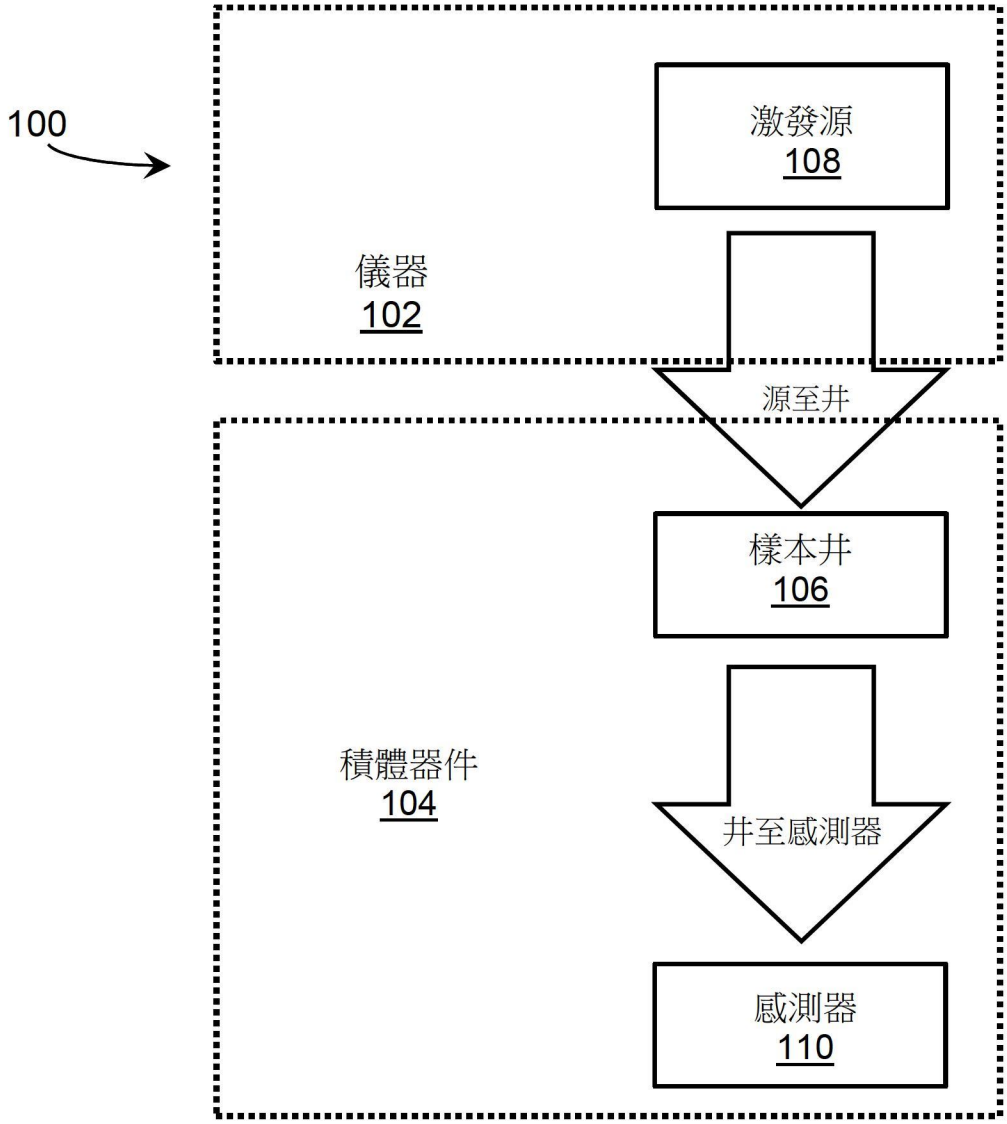
【第41項】

如請求項30或請求項31之方法，其中在形成該樣本井之後，該積體器件不包含該介電層。

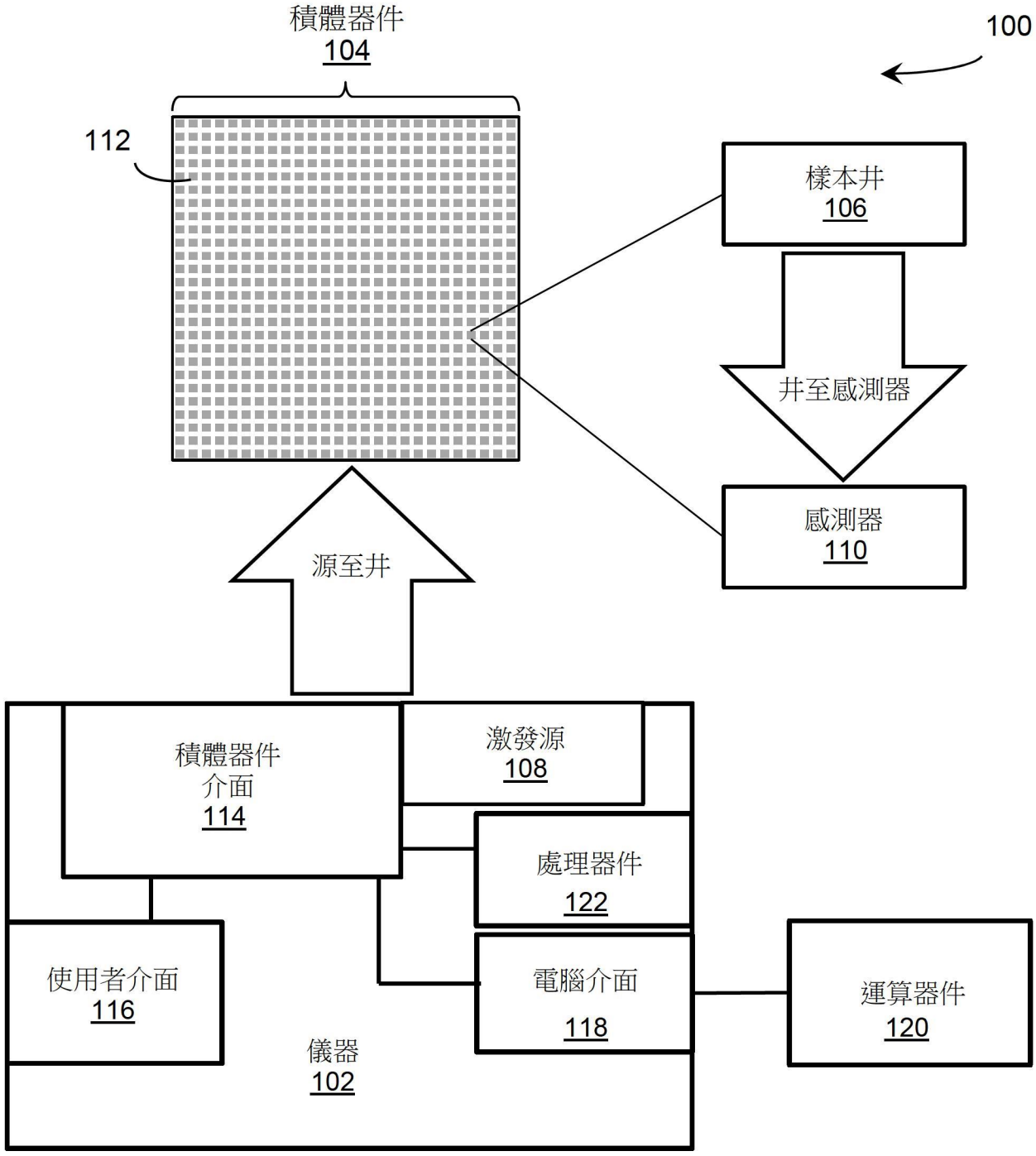
【第42項】

如請求項30或請求項31之方法，其中該介電層包括選自以下各者之群組之一或多者：非晶矽(α-Si)、SiO_2、SiON、SiN及矽合金。

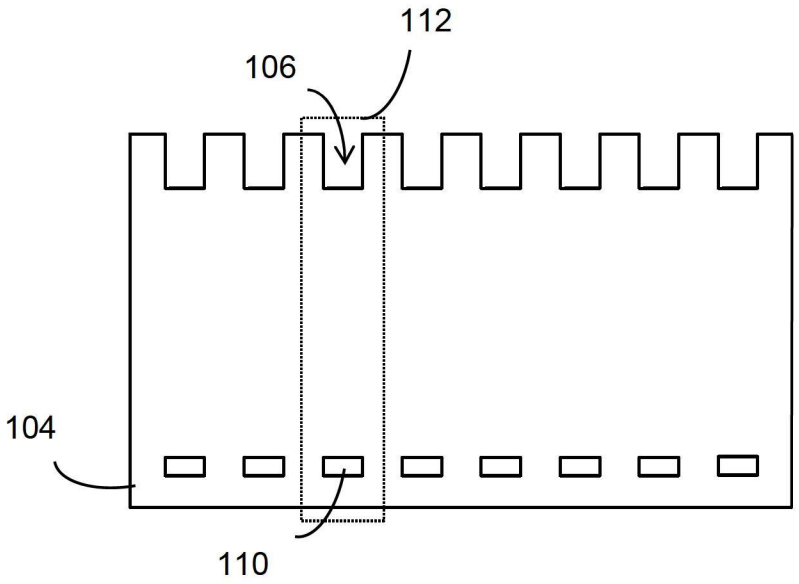
【發明圖式】



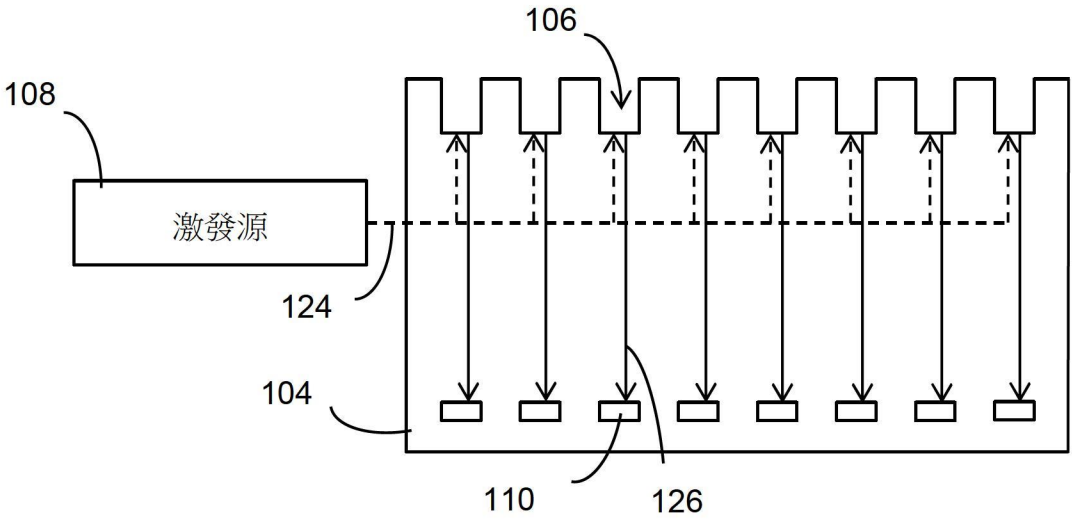
【圖1】


積體器件
104
100
112
樣本井
106
井至感測器
感測器
110
源至井
積體器件
介面
114
激發源
108
處理器件
122
使用者介面
116
電腦介面
118
運算器件
120
儀器
102

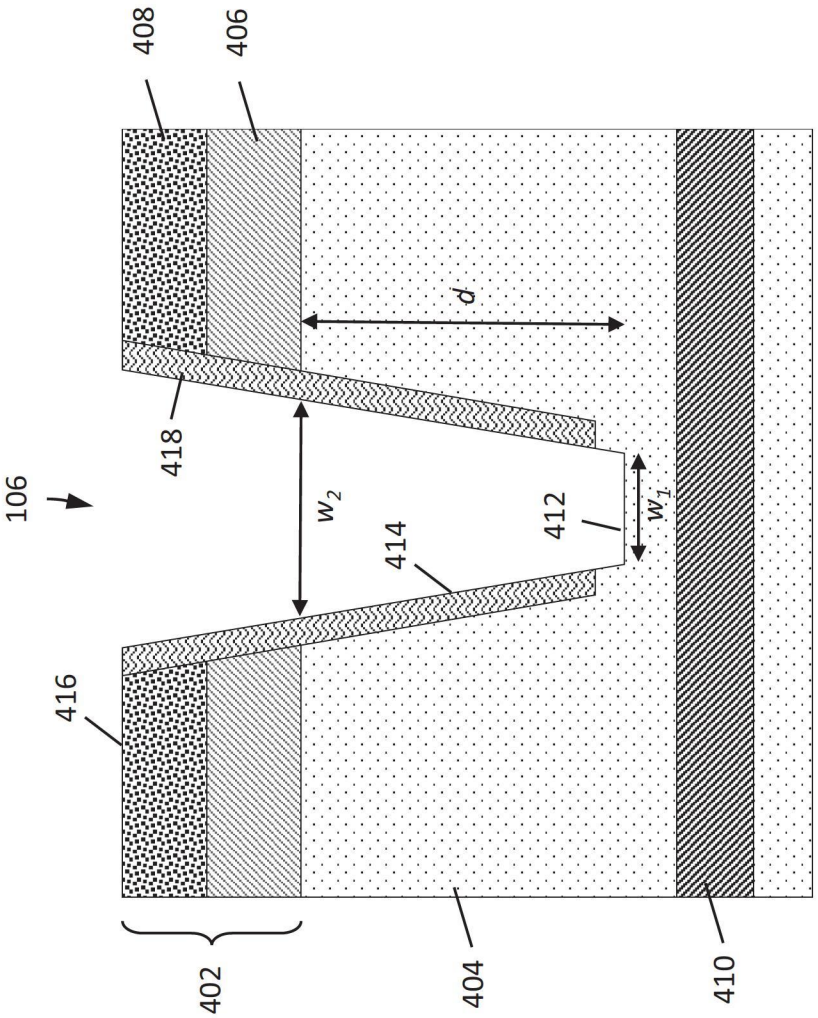
【圖2】



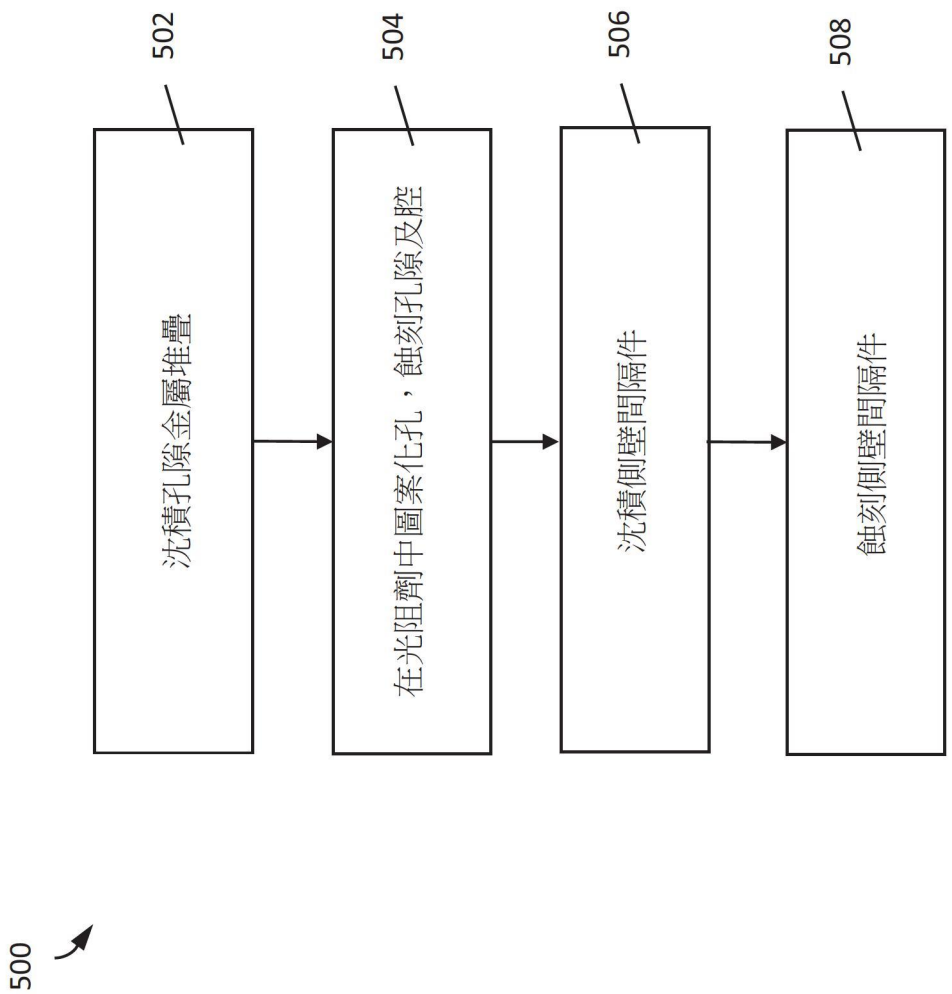
【圖3A】



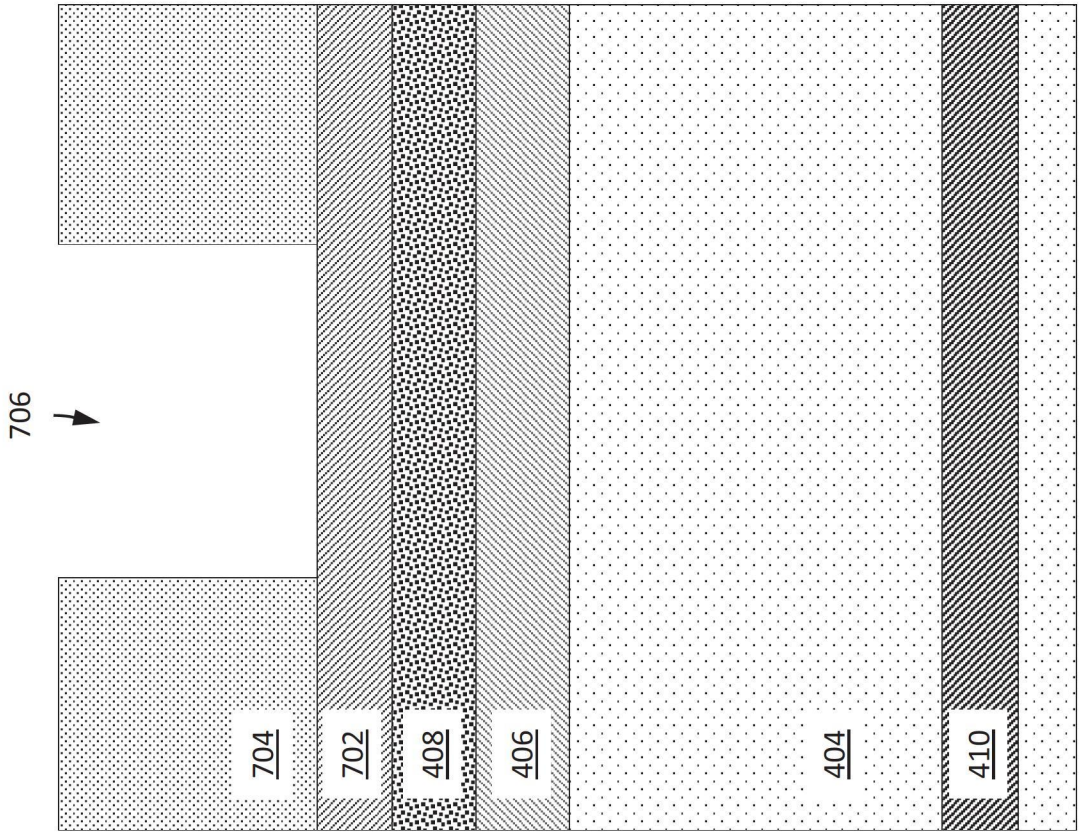
【圖3B】



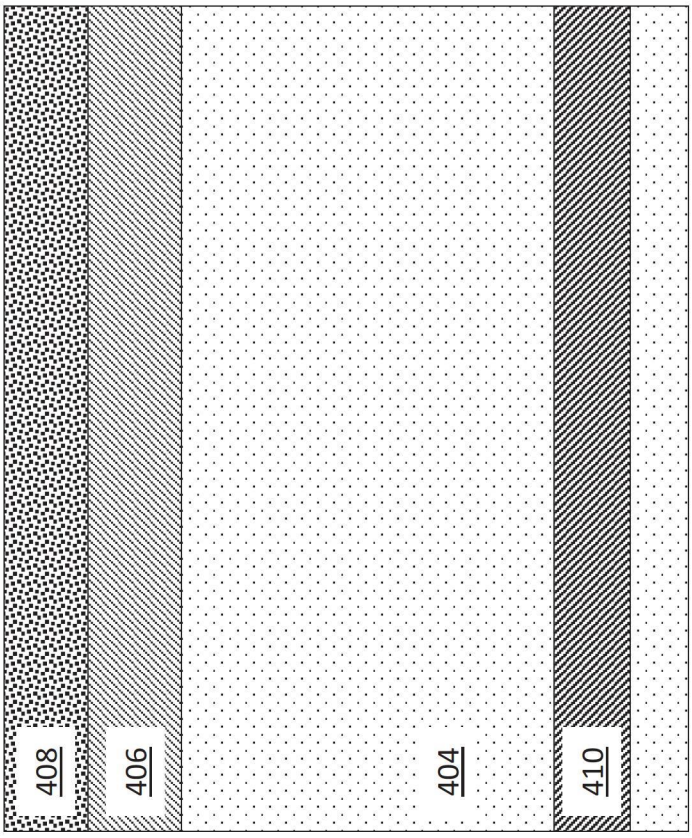
【圖4】


500
502
沈積孔隙金屬堆疊
504
在光阻劑中圖案化孔，蝕刻孔隙及腔
506
沈積側壁間隔件
508
蝕刻側壁間隔件

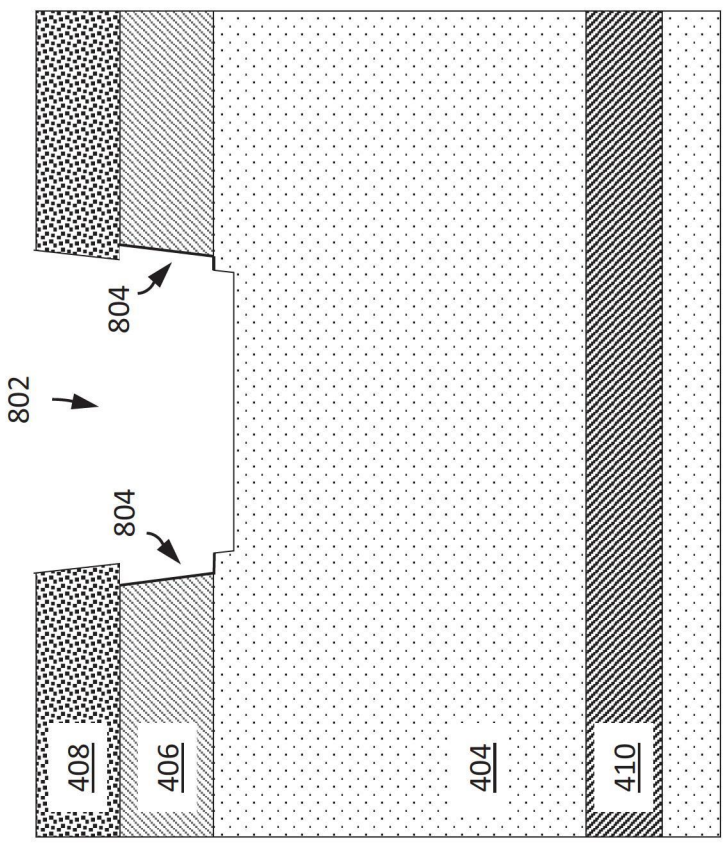
【圖5】



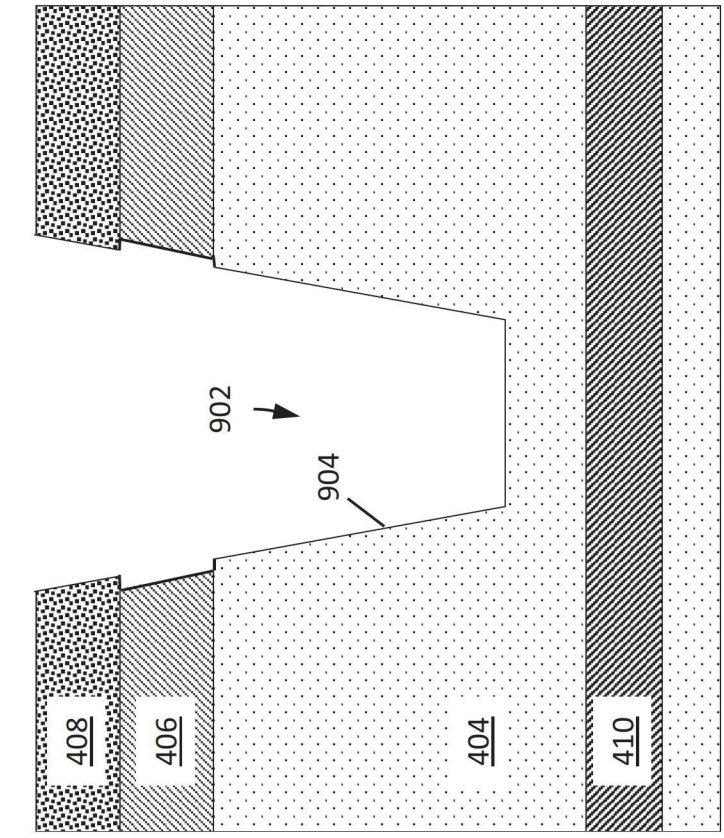
【圖7】



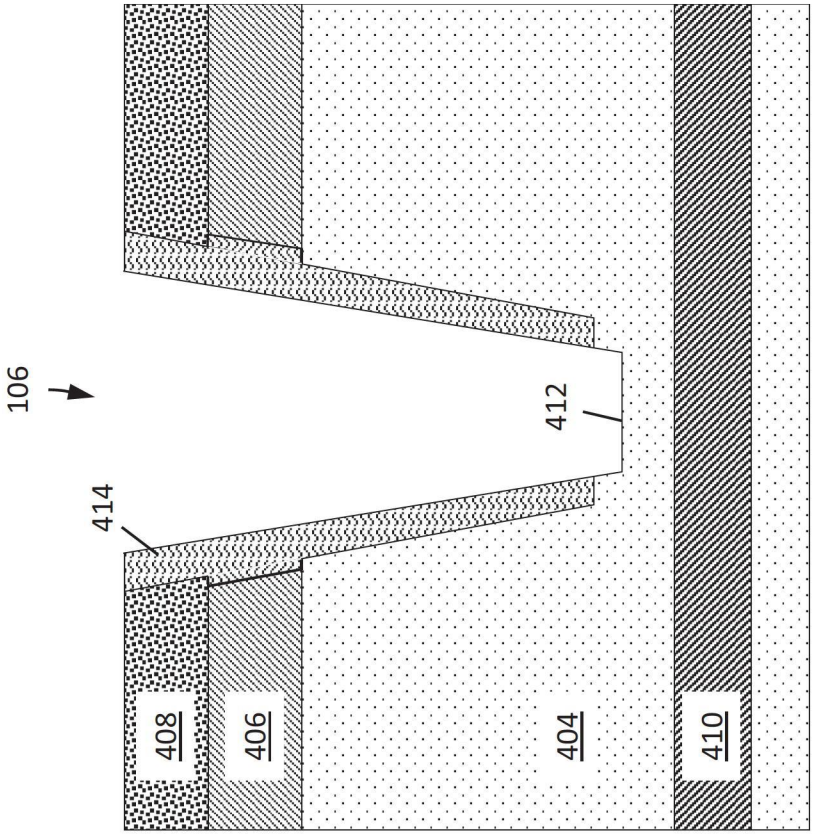
【圖9】



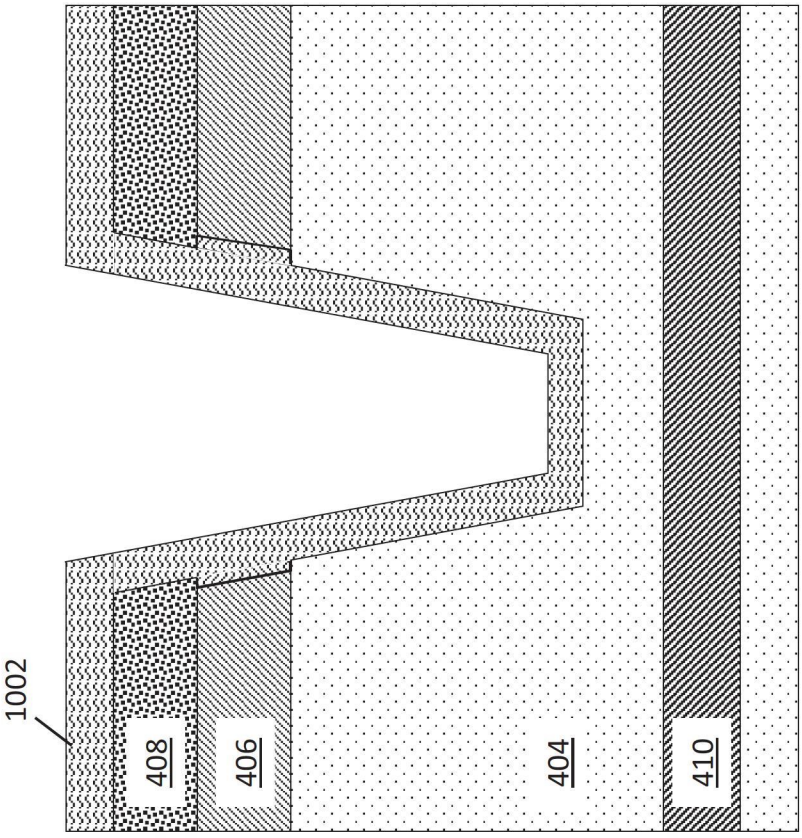
【圖8】



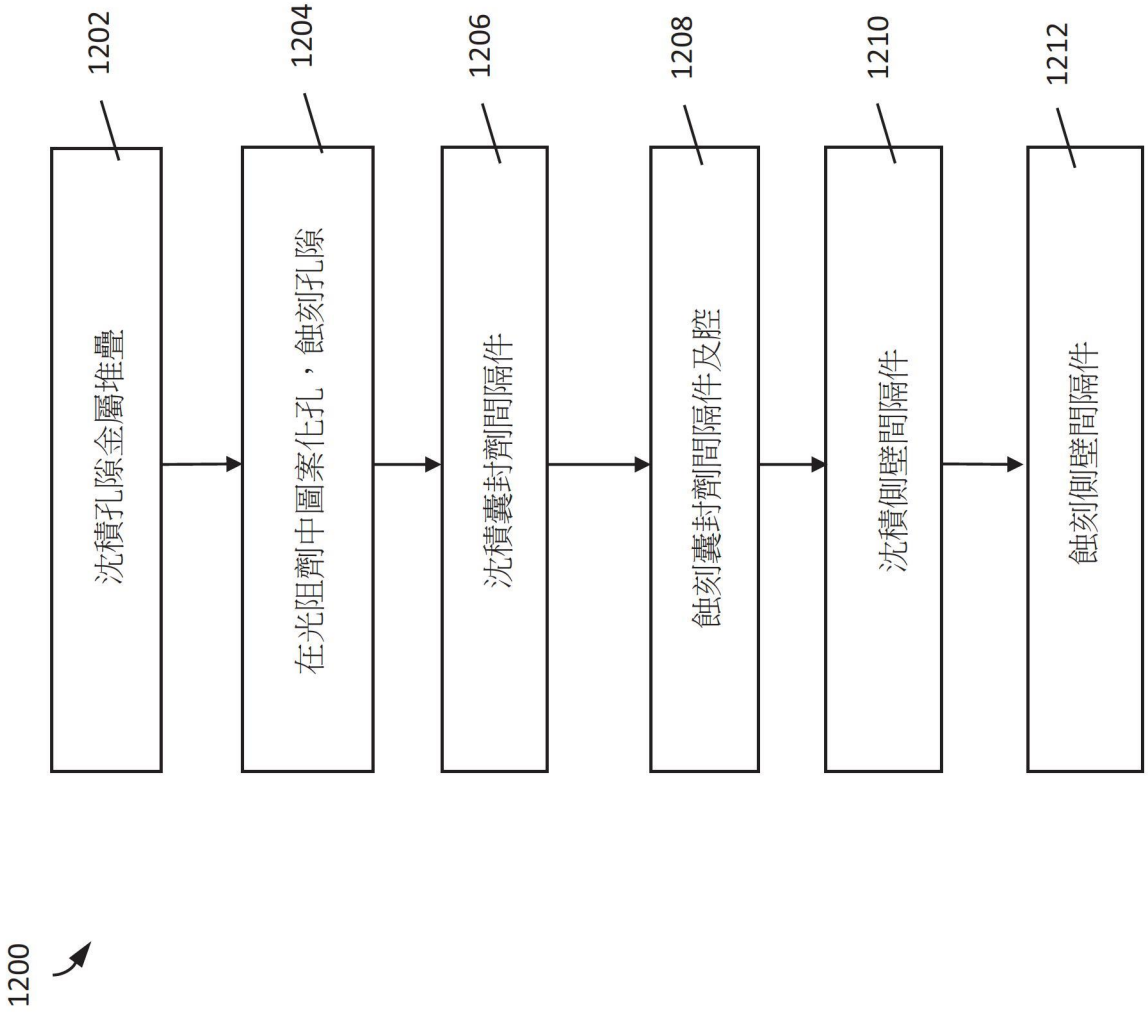
【圖9】



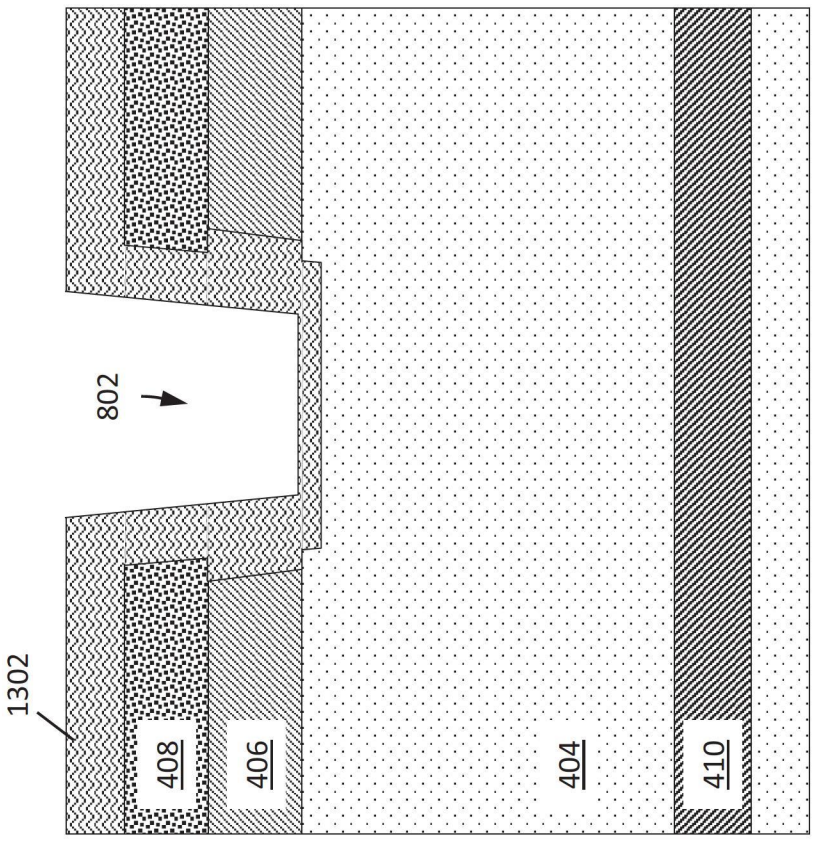
【圖11】



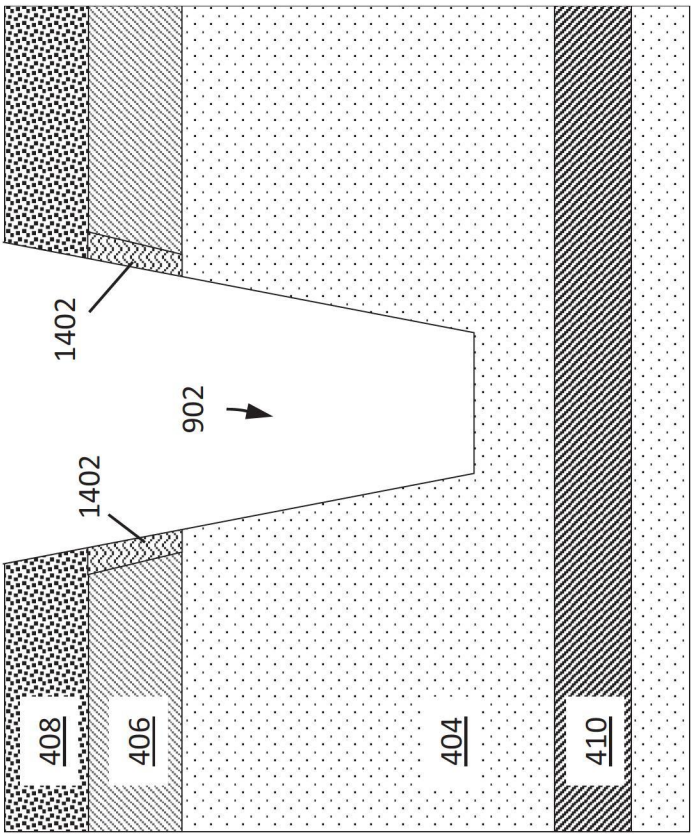
【圖10】


1200
1202
沈積孔隙金屬堆疊
1204
在光阻劑中圖案化孔，蝕刻孔隙
1206
沈積囊封劑間隔件
1208
蝕刻囊封劑間隔件及腔
1210
沈積側壁間隔件
1212
蝕刻側壁間隔件

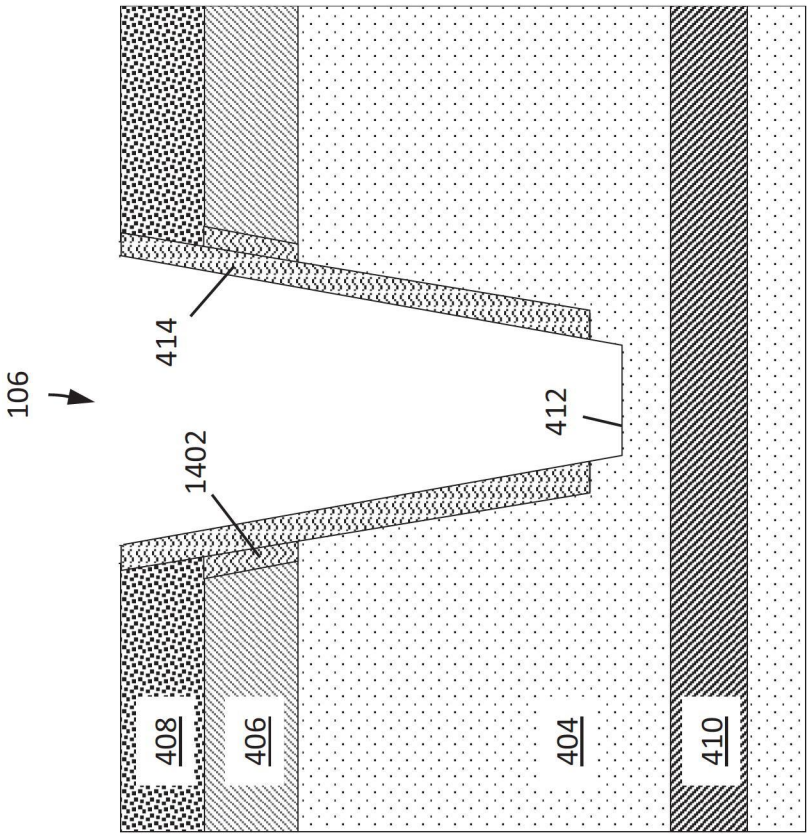
【圖12】



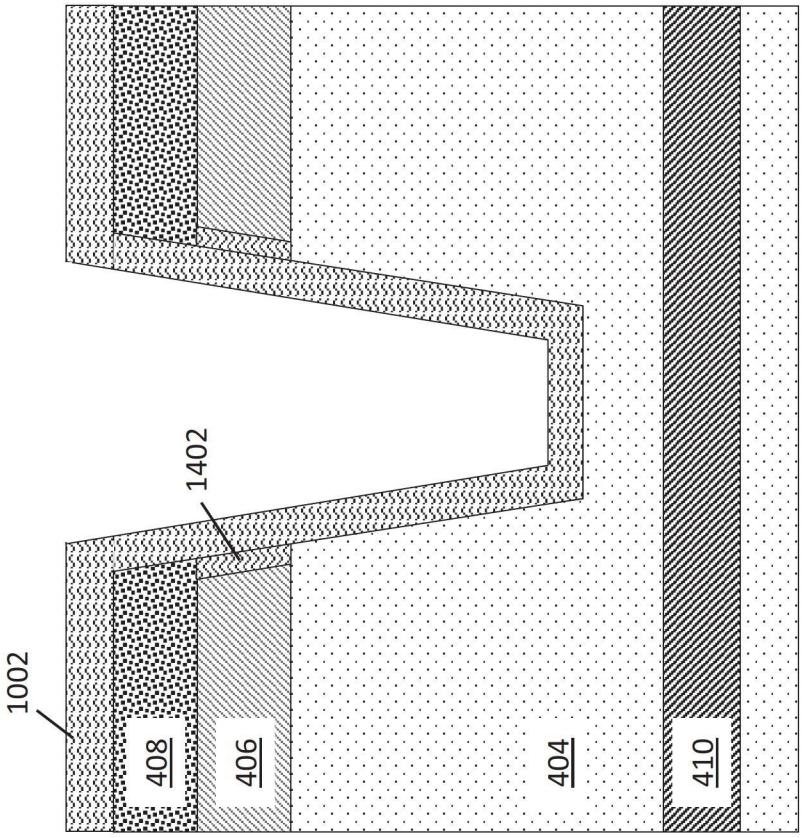
【圖13】



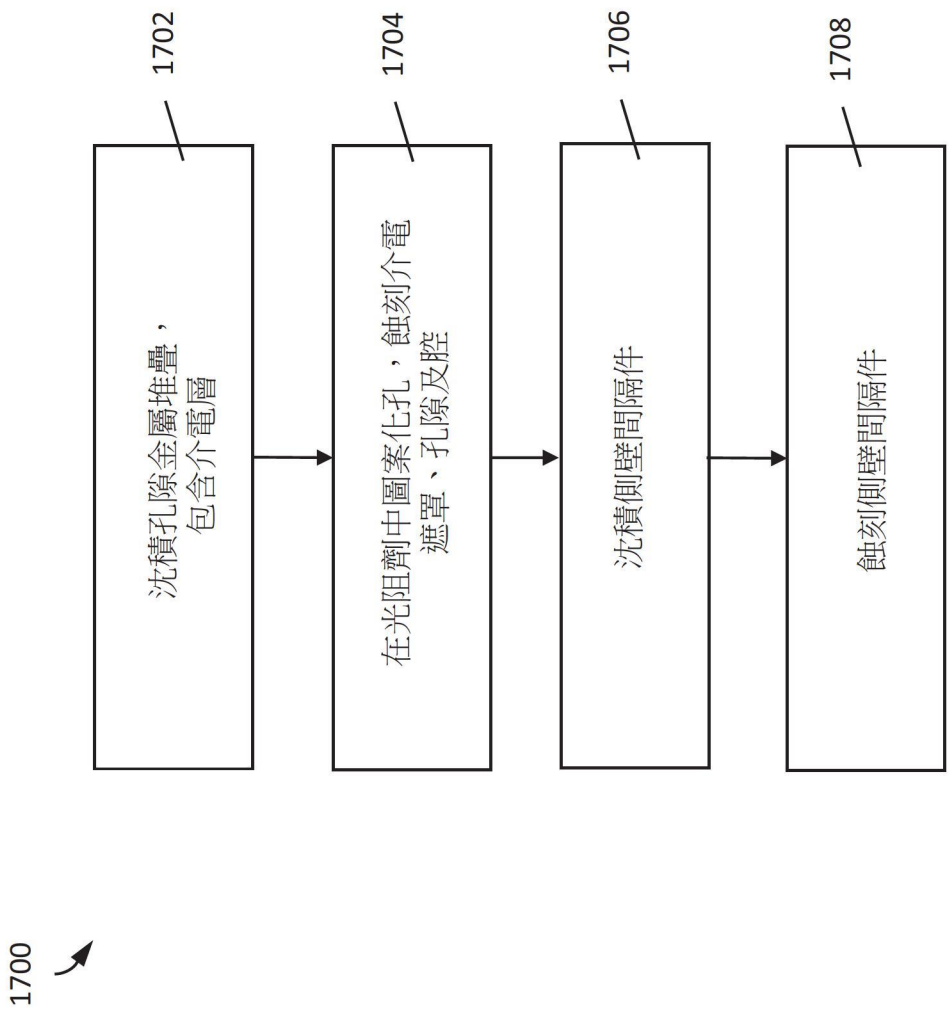
【圖14】



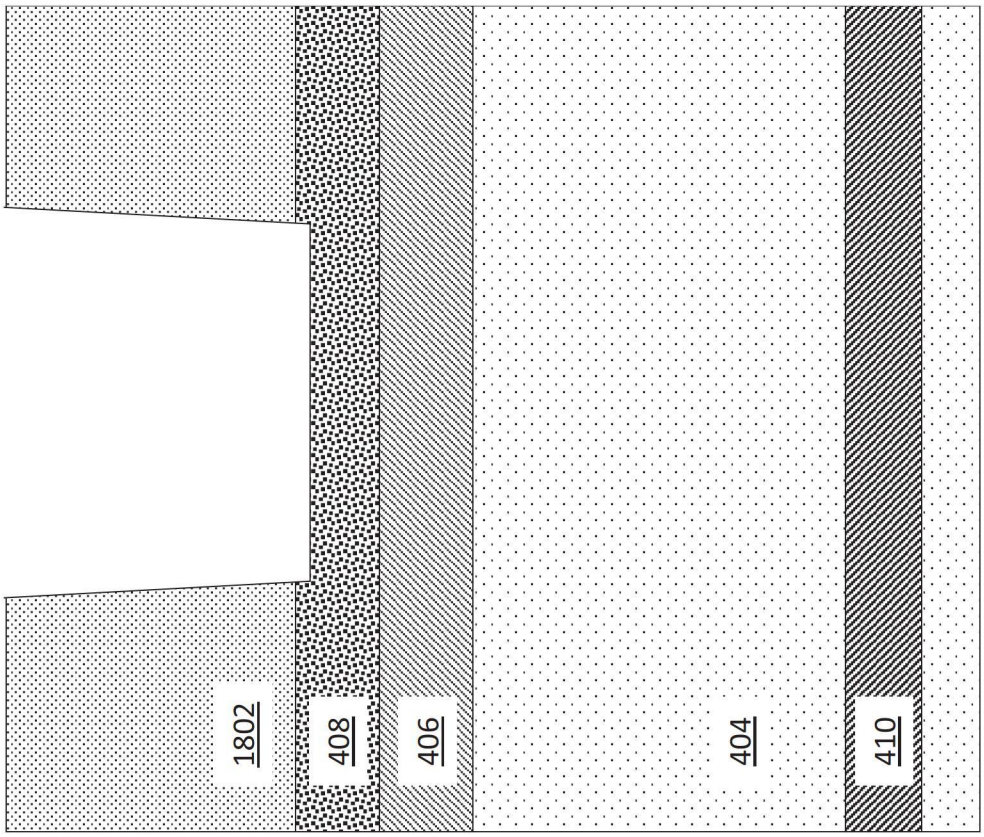
【圖16】



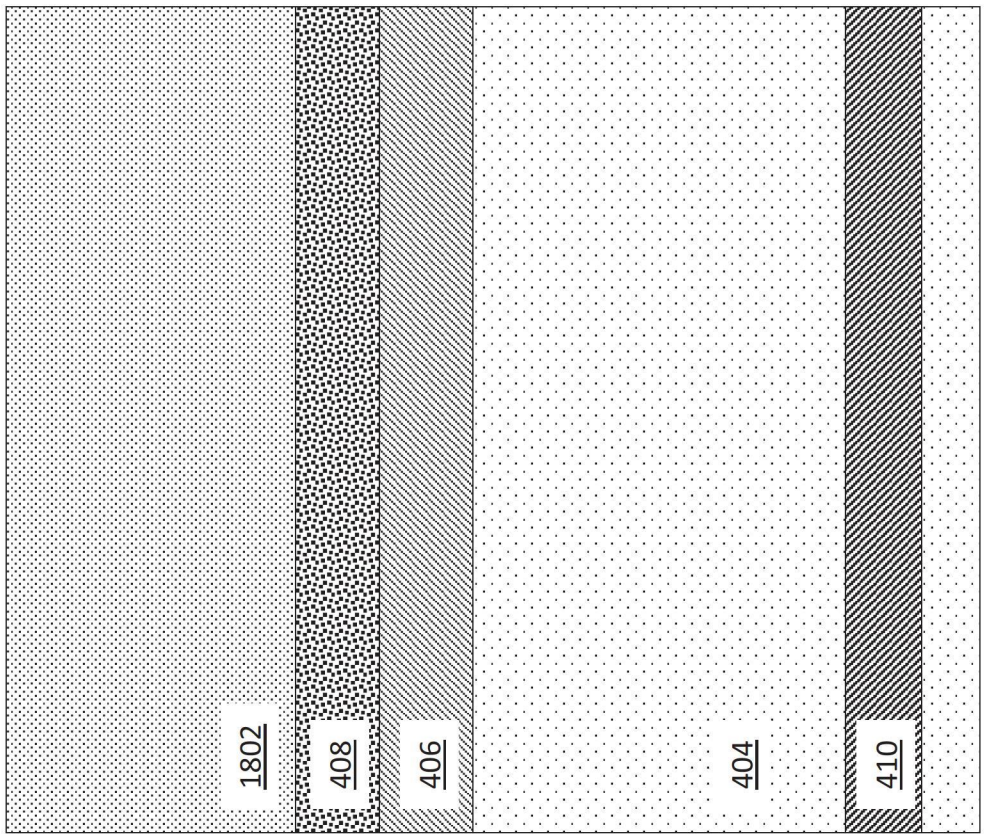
【圖15】


1700
1702
沈積孔隙金屬堆疊，包含介電層
1704
在光阻劑中圖案化孔，蝕刻介電遮罩、孔隙及腔
1706
沈積側壁間隔件
1708
蝕刻側壁間隔件

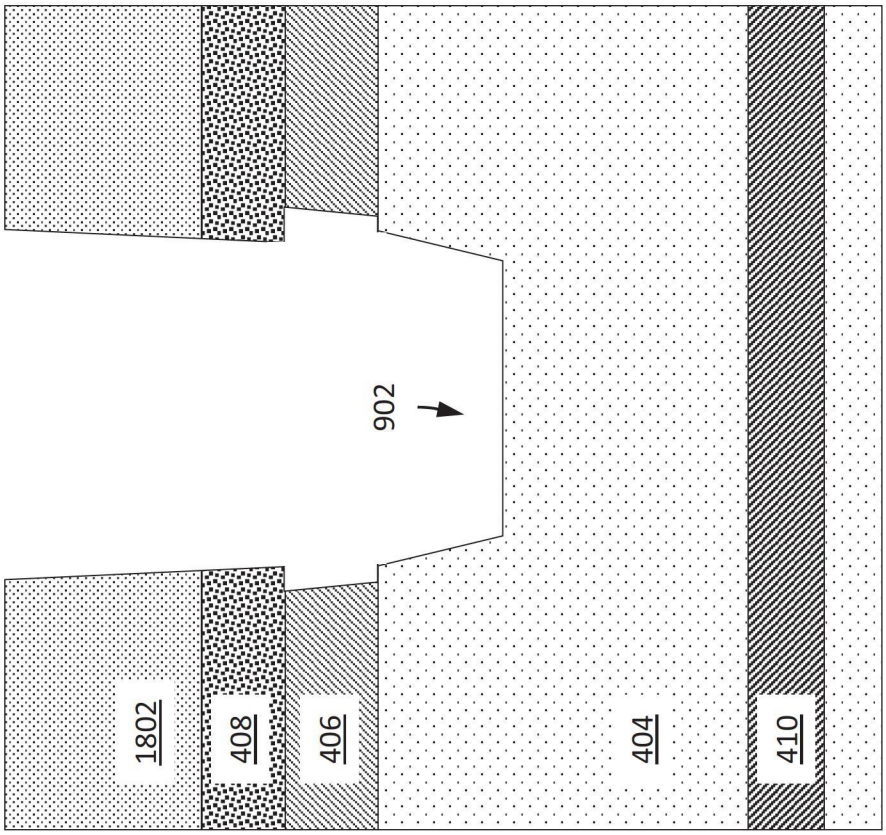
【圖17】



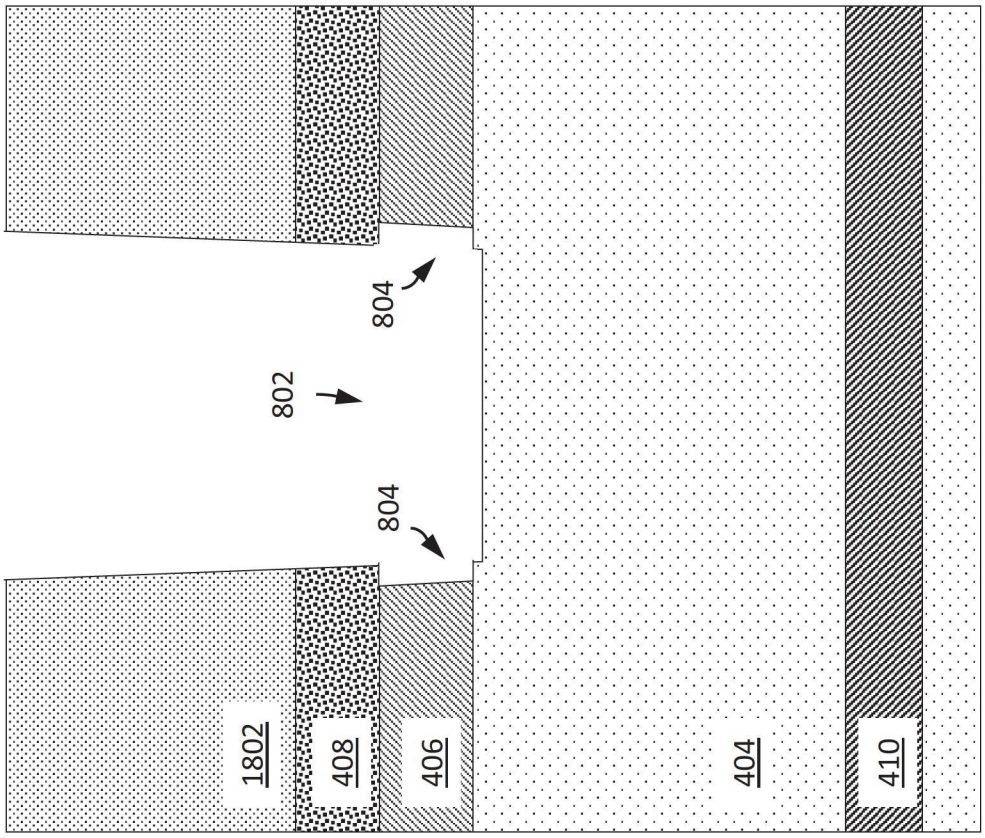
【圖19】



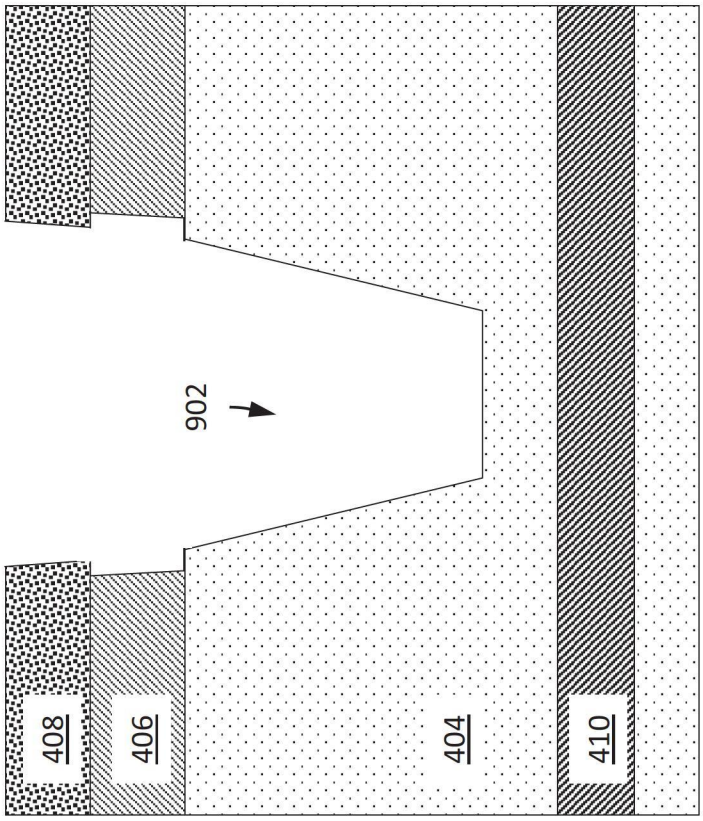
【圖18】



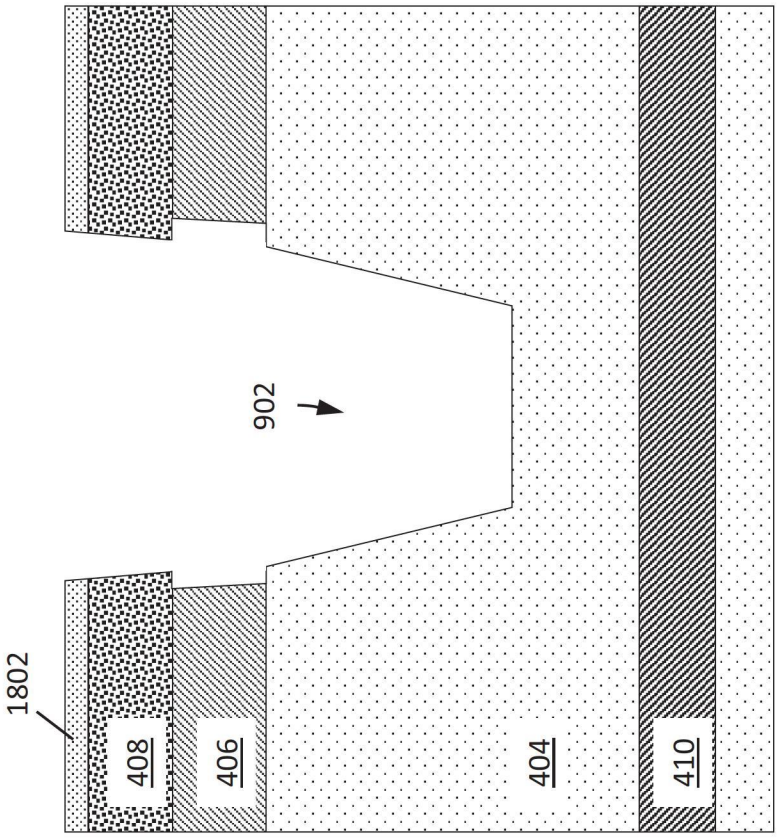
【圖21】



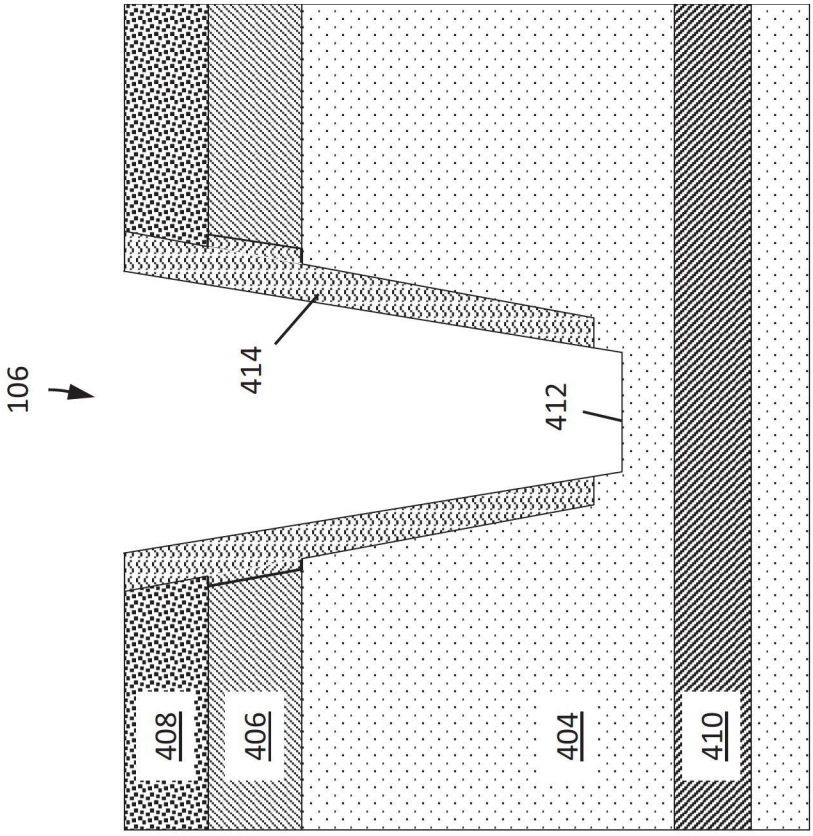
【圖20】



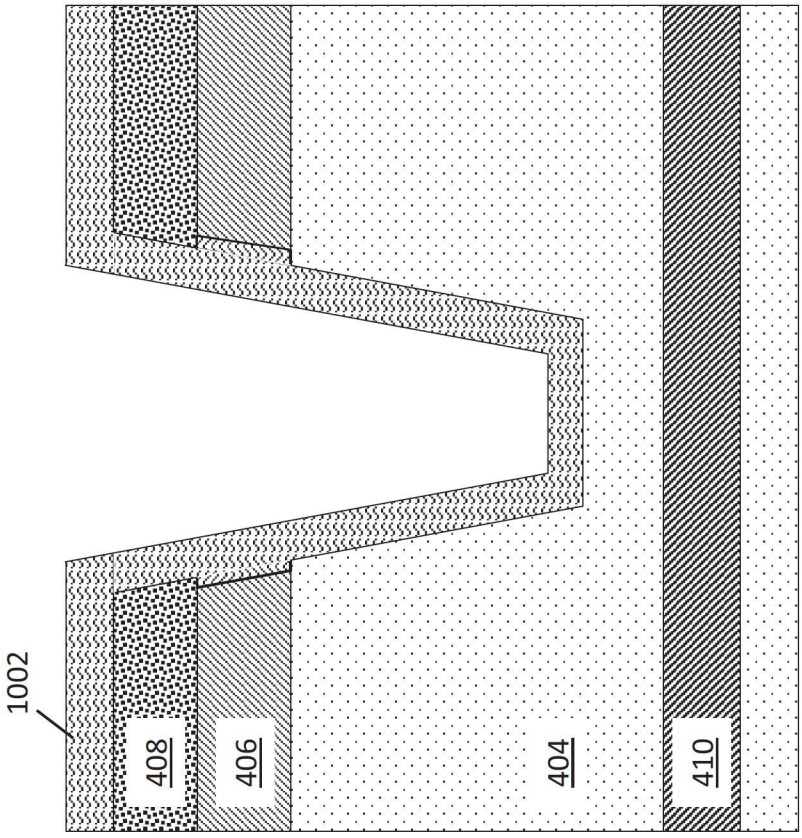
【圖23】



【圖22】



【圖25】



【圖24】