



(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 I865808 B

(45)公告日：中華民國 113 (2024) 年 12 月 11 日

(21)申請案號：110128024

(22)申請日：中華民國 110 (2021) 年 07 月 30 日

(51)Int. Cl. : G03F7/20 (2006.01)

H01L21/66 (2006.01)

(30)優先權：2021/04/20 美國

63/176,888

2021/06/17 美國

17/351,137

(71)申請人：美商科磊股份有限公司 (美國) KLA CORPORATION (US)

美國

(72)發明人：哈賈 依坦 HAJAJ, EITAN (IL)；馬那森 阿農 MANASSEN, AMNON (IL)；艾森貝奇 什魯莫 EISENBACH, SHLOMO (IL)；格羅茲凡 安娜 GOLOTSVAN, ANNA (IL)；格勞爾 約阿夫 GRAUER, YOAV (IL)；馬斯洛維斯基 尤金尼 MASLOVSKY, EUGENE (IL)

(74)代理人：陳長文

(56)參考文獻：

TW 201818161A

US 2016/0071255A1

US 2016/0179017A1

審查人員：呂燦

申請專利範圍項數：21 項 圖式數：4 共 39 頁

(54)名稱

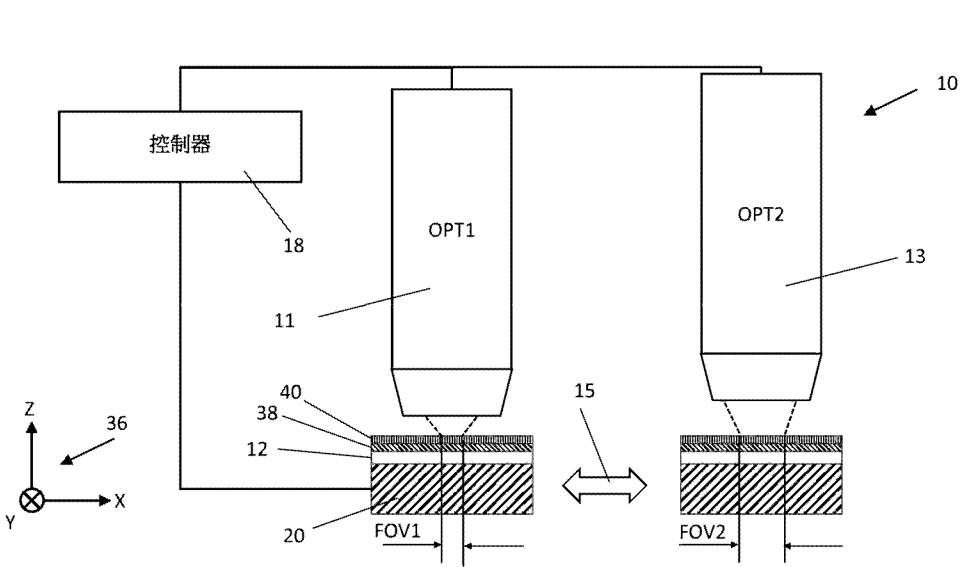
用於電路計量之半導體裝置以及用於量測一疊加誤差之方法

(57)摘要

本發明揭示一種產品，其包含：至少一個半導體基板；多個薄膜層，其等安置於該至少一個基板上；及一疊加目標，其形成於該等薄膜層之至少一者中。該疊加目標包含：一第一子目標，其具有一第一對稱中心且包含具有一第一線寬之第一目標特徵；及一第二子目標，其具有與該第一對稱中心重合之一第二對稱中心且包含第二目標特徵，該等第二目標特徵具有大於該第一線寬之一第二線寬，且與該等第一目標特徵鄰近但不重疊。

A product includes at least one semiconductor substrate, multiple thin-film layers disposed on the at least one substrate, and an overlay target formed in at least one of the thin-film layers. The overlay target includes a first sub-target having a first center of symmetry and including first target features having a first linewidth, and a second sub-target having a second center of symmetry coincident with the first center of symmetry and including second target features, which have a second linewidth, greater than the first linewidth, and are adjacent to but non-overlapping with the first target features.

指定代表圖：



【圖1a】

符號簡單說明：

- 10:光學計量設備
- 11:光學子系統
- 12:半導體基板
- 13:光學子系統
- 15:箭頭
- 18:控制器
- 20:運動總成
- 36:笛卡兒座標
- 38:第一薄膜層/第一層/下伏層
- 40:第二薄膜層/第二層



I865808

【發明摘要】

【中文發明名稱】

用於電路計量之半導體裝置以及用於量測一疊加誤差之方法

【英文發明名稱】

SEMICONDUCTOR DEVICE FOR CIRCUIT METROLOGY AND
METHOD FOR MEASURING AN OVERLAY ERROR

【中文】

本發明揭示一種產品，其包含：至少一個半導體基板；多個薄膜層，其等安置於該至少一個基板上；及一疊加目標，其形成於該等薄膜層之至少一者中。該疊加目標包含：一第一子目標，其具有一第一對稱中心且包含具有一第一線寬之第一目標特徵；及一第二子目標，其具有與該第一對稱中心重合之一第二對稱中心且包含第二目標特徵，該等第二目標特徵具有大於該第一線寬之一第二線寬，且與該等第一目標特徵鄰近但不重疊。

【英文】

A product includes at least one semiconductor substrate, multiple thin-film layers disposed on the at least one substrate, and an overlay target formed in at least one of the thin-film layers. The overlay target includes a first sub-target having a first center of symmetry and including first target features having a first linewidth, and a second sub-target having a second center of symmetry coincident with the first center of symmetry and including second target features, which have a second linewidth, greater than the first linewidth, and are adjacent to but non-overlapping with the first target features.

【指定代表圖】

圖 1 a

【代表圖之符號簡單說明】

- 10: 光學計量設備
- 11: 光學子系統
- 12: 半導體基板
- 13: 光學子系統
- 15: 箭頭
- 18: 控制器
- 20: 運動總成
- 36: 笛卡兒座標
- 38: 第一薄膜層/第一層/下伏層
- 40: 第二薄膜層/第二層

【發明說明書】

【中文發明名稱】

用於電路計量之半導體裝置以及用於量測一疊加誤差之方法

【英文發明名稱】

SEMICONDUCTOR DEVICE FOR CIRCUIT METROLOGY AND
METHOD FOR MEASURING AN OVERLAY ERROR

【技術領域】

【0001】 本發明大體上係關於半導體裝置之製造，且特定言之係關於用於半導體電路計量之方法及目標特徵。

【先前技術】

【0002】 通常使用光微影方法來製造半導體電路。在光微影中，將一光敏聚合物(光阻劑)之一薄層沈積於一半導體基板上方且使用光學或其他輻射進行圖案化，而留下由光阻劑覆蓋之基板之部分。在圖案化之後，藉由諸如蝕刻及離子轟擊之方法修改基板以改變基板之材料性質或形貌，而由光阻劑覆蓋之基板之部分不受影響。

【0003】 半導體電路計量用於量測經圖案化光阻劑之性質，諸如經圖案化特徵之形貌及位置。光阻劑之經圖案化特徵相對於先前程序層之準確定位對於確保光微影程序之一高良率至關重要。經圖案化光阻劑相對於一下伏程序層之配準之任何誤差(偏移)被稱為「疊加誤差」。作為一實例，在具有10 nm至14 nm之最小線寬(所謂的10-nm設計規則)之典型半導體電路中，最大可允許疊加誤差係2 nm至3 nm。在前緣半導體電路中，線寬縮小至5 nm，而伴隨最大可允許疊加誤差之一減小。

【0004】 通常使用光學疊加計量工具來量測疊加誤差，此係因為可見及紅外線波長中之光學輻射能夠穿透光阻劑層以及穿過光阻劑下方之介

電層。此外，紅外線波長能夠穿透一半導體基板(諸如矽)，從而實現穿過基板之計量。光學疊加計量工具(諸如藉由KLA公司(美國加利福尼亞州米爾皮塔斯市)之Archer™系列工具)使定位於半導體基板之切割道(分離鄰近晶粒之線)中的一疊加目標(諸如藉由KLA之AIM™疊加目標)成像。將一影像分析演算法應用於經獲取影像以便定位程序層中之目標特徵之對稱中心(CoS)及經圖案化光阻劑層中之目標特徵之CoS。將疊加誤差運算為兩個層之目標特徵之對稱中心之間的距離。

【0005】 美國專利7,440,105 (其之揭示內容以引用的方式併入本文中)描述用於判定疊加誤差之疊加標記及方法。此專利之一個態樣係關於一種連續變化之偏移標記。連續變化之偏移標記係包含具有依據位置而變化之偏移之經疊加週期性結構的一單一標記。藉由實例，週期性結構可對應於具有一光柵特性(諸如間距)之不同值的光柵。該專利之另一態樣係關於用於自連續變化之偏移標記判定疊加誤差之方法。

【0006】 如本描述及發明申請專利範圍中使用之術語「光射線」、「光學輻射」、「光」及「輻射光束」大體上指代可見、紅外線及紫外線輻射之任何者及全部。

【發明內容】

【0007】 在下文描述之本發明之實施例提供用於半導體電路計量之經改良目標特徵及方法。

【0008】 因此，根據本發明之一實施例，提供一種產品，其包含：至少一個半導體基板；多個薄膜層，其等安置於該至少一個基板上；及一疊加目標，其形成於該等薄膜層之至少一者中。該疊加目標包含：一第一子目標，其具有一第一對稱中心且包含具有一第一線寬之第一目標特徵；

及一第二子目標，其具有與該第一對稱中心重合之一第二對稱中心且包含第二目標特徵，該等第二目標特徵具有大於該第一線寬之一第二線寬，且與該等第一目標特徵鄰近但不重疊。

【0009】 在一些實施例中，該第一子目標延伸於該至少一個半導體基板之一第一區域上方，且該第二子目標延伸於該至少一個半導體基板之一第二區域上方，其中該第二區域大於且含有該第一區域。另外，該第一子目標藉由該第二子目標包圍。

【0010】 在進一步實施例中，該多個薄膜層包含一第一層及疊加於該第一層上之一第二層，且該等第一目標特徵包含形成於該第一層中之一第一組該等第一目標特徵及形成於該第二層中之一第二組該等第一目標特徵，且該等第二目標特徵包含形成於該第一層中之一第三組該等第二目標特徵及形成於該第二層中之一第四組該等第二目標特徵。

【0011】 在一些實施例中，該等第一及第二目標特徵包含線性光柵。在一項實施例中，該第一組該等第一目標特徵包含該第一層中之第一線性光柵，該第二組該等第一目標特徵包含該第二層中之第二線性光柵，其中各第一線性光柵與一第二線性光柵鄰近但不重疊，該第三組該等第二目標特徵包含該第一層中之第三線性光柵，且該第四組該等第二目標特徵包含該第二層中之第四線性光柵，其中各第三線性光柵與一第四線性光柵鄰近但不重疊。

【0012】 在進一步實施例中，該等第一及第二子目標之各者中之該等線性光柵包含具有一第一定向之第一線性光柵及具有一第二定向之第二線性光柵，該第二定向與該第一定向正交。

【0013】 在一些實施例中，該等第一及第二目標特徵包含線性特

徵。在一項實施例中，該等線性特徵經配置以界定線性光柵。替代地，該等線性特徵經配置以界定方形框，使得該第一子目標之該等方形框被包含在該第二子目標之該等方形框內。

【0014】 在進一步實施例中，該等第一及第二目標特徵包含各自之方形特徵之矩陣。

【0015】 根據本發明之一實施例，亦提供一種用於量測一疊加誤差之方法。該方法包含在至少一個半導體基板上沈積且圖案化多個薄膜層，以界定一積體電路晶片矩陣且在該等薄膜層之至少一者中形成一疊加目標。該疊加目標包含：一第一子目標，其具有一第一對稱中心且包含具有一第一線寬之第一目標特徵；及一第二子目標，其具有與該第一對稱中心重合之一第二對稱中心且包含第二目標特徵，該等第二目標特徵具有大於該第一線寬之一第二線寬，且與該等第一目標特徵鄰近但不重疊。該方法進一步包含捕捉該疊加目標之影像，及處理該等影像以量測該等薄膜層當中之疊加誤差。

【0016】 在一些實施例中，捕捉該等影像包含：使用具有一第一視野之第一檢測光學器件捕捉該第一子目標之一第一影像，及使用具有一第二視野之第二檢測光學器件捕捉該第二子目標之一第二影像，該第二視野比該第一視野寬。

【0017】 在進一步實施例中，沈積且圖案化該多個薄膜層包含：在該至少一個半導體基板之對應於該第一視野之一第一區域上方形成該第一子目標，及在該至少一個半導體基板之大於該第一區域且對應於該第二視野之一第二區域上方形成該第二子目標。

【0018】 自結合圖式進行之本發明之實施例之以下詳細描述，將更

完全理解本發明，其中：

【圖式簡單說明】

【0019】

圖1a係根據本發明之一實施例之用於量測一半導體基板上之疊加誤差的一光學計量設備之一示意性側視圖；

圖1b係根據本發明之一實施例之圖1a之光學計量設備中的一光學子系統之一示意性側視圖；

圖2a係根據本發明之一實施例之一疊加目標之一示意性正視圖；

圖2b及圖2c係根據本發明之一實施例之在構造圖2a之疊加目標時使用的子目標之示意性正視圖；

圖3a係根據本發明之一替代實施例之一疊加目標之一示意性正視圖；

圖3b及圖3c係根據本發明之一實施例之在構造圖3a之疊加目標時使用的子目標之示意性正視圖；

圖4a至圖4c係根據本發明之額外實施例之疊加目標之示意性正視圖。

【實施方式】

相關申請案之交叉參考

【0020】 本申請案主張2021年4月20日申請之美國臨時專利申請案63/176,888之權利。

概述

【0021】 用於疊加計量之疊加目標通常用於一半導體基板上之連續經圖案化層之間之疊加誤差的精確及準確量測。此等層可包括例如一程序

層及一抗蝕劑層(光阻劑)，或在蝕刻後應用中，兩個程序層。因此，雖然下文關於一程序層及一抗蝕劑層描述一些實例實施例，但此等實施例之原理可在作了適當修改後應用於一第一程序層及一第二程序層。

【0022】 在一些半導體製程中，使用具有顯著不同大小之視野(FOV)之兩個疊加計量工具。例如，在其中將兩個矽基板彼此接合之一程序中，可運用一疊加工具使用包括紅外線(IR)輻射之照明(此係因為IR波長之光學輻射穿透矽基板)及一FOV (其係一固定寬FOV抑或一可調整(變焦) FOV)來量測兩個基板在接合步驟期間之相互對準。(照明之光譜亦可包括可見光學輻射，此係因為疊加目標之一些特徵可定位於基板之面向疊加計量工具之表面上。)在已完成基板之接合及研磨之後，可使用依賴於具有一窄FOV之可見照明的另一疊加工具來進行經達成晶圓對晶圓(或晶粒對晶圓)對準之一確認。替代地，可用一單一疊加計量工具執行貫穿基板疊加誤差量測及後續確認兩者，只要該單一工具具有視野以及涵蓋可見及IR波長兩者之一寬照明光譜的所需組合。所需工具距離及聚焦準確度以及照明選項可由兩個單獨光學計量工具或由具有所需能力之一單一工具涵蓋。

【0023】 在其他半導體程序中，可將兩個以上基板彼此接合。在其他程序中，可將個別半導體晶粒接合至一基板。

【0024】 基於影像之疊加計量之效能強烈取決於疊加目標之大小與疊加計量工具之FOV之間的關係：當一疊加目標顯著小於FOV時，工具僅自其FOV之一部分收集一疊加誤差量測，從而導致量測之一減小的信號對雜訊比且可能導致個別目標特徵之解析度之一損失。此外，一小疊加目標之小特徵有可能不良地匹配至具有一寬FOV之一計量工具之光學解析

度。然而，若疊加目標顯著大於FOV，則量測結果可失真或甚至缺失，此係因為量測所需之一些資料可歸因於目標之大特徵而在經捕捉區域外部。例如，若疊加目標匹配至具有 $60\ \mu\text{m} \times 60\ \mu\text{m}$ 之一典型寬FOV之一IR疊加計量工具，則目標將溢出(overflow)一可見光疊加計量工具之 $30\ \mu\text{m} \times 30\ \mu\text{m}$ 之一典型窄FOV，且目標特徵對於可見光工具而言可能過於粗糙。若疊加目標匹配至可見光計量工具之 $30\ \mu\text{m} \times 30\ \mu\text{m}$ FOV，則將僅使用IR工具之 $60\ \mu\text{m} \times 60\ \mu\text{m}$ FOV之部分，從而導致一不良信號對雜訊比；此外，與IR工具之最佳解析度相比，目標特徵可過小。

【0025】 一可能解決方案係並排使用兩個單獨疊加目標，一個目標匹配至寬FOV工具且另一目標匹配至窄FOV工具。然而，此解決方案將具有在兩個空間上分離之位置中量測之疊加誤差，且結果之間之一比較可能遭受疊加誤差取決於疊加目標之空間位置的事實。此外，此種類之一解決方案將導致半導體基板上之有價值的「面積(real estate)」之低效率使用。

【0026】 本文中描述之本發明之實施例藉由提供一複合疊加目標而解決視野之不同大小與疊加目標之大小之間的此差異。複合疊加目標具有一小的第一子目標及一大的第二子目標，其中第一子目標藉由第二子目標包圍且與第二子目標同心。第一子目標在其整體尺寸方面且在其特徵大小方面兩者良好地匹配至窄FOV疊加工具。類似地，第二子目標之尺寸及特徵大小匹配至寬FOV疊加工具。因此，當運用窄FOV疊加工具量測疊加誤差時，工具捕捉第一子目標之一影像且以藉由此目標提供之準確度量測疊加誤差。當運用寬FOV疊加工具量測疊加誤差時，捕捉整個目標之一影像。寬FOV疊加工具可忽略在FOV之中心中之第一子目標的部分且僅自

針對寬FOV最佳化之第二子目標量測疊加誤差。

【0027】 使第一及第二子目標同心例如藉由直接比較在兩個工具上量測之疊加誤差及/或藉由比較兩個工具之間之疊加誤差模型而實現窄FOV與寬FOV疊加計量工具之間之經量測疊加誤差的準確匹配。藉由分開考量各工具上之經量測與經模型化疊加誤差之間的相關性而達成計量準確度之一進一步改良。可自各子目標分開提取疊加誤差量測之一品質度量以確認及匹配來自各工具之經量測疊加誤差。

【0028】 在所揭示實施例中，多個薄膜層經安置於一或多個半導體基板上且經圖案化以界定形成於薄膜層中之疊加目標。各疊加目標具有一第一及一第二子目標，其中兩個子目標之對稱中心重合。兩個子目標在疊加目標之區域內鄰近彼此形成，但其等不重疊。第一子目標具有具一第一線寬之第一目標特徵，且第二子目標具有具一第二線寬之目標特徵。

【0029】 在本描述之內容背景中且在發明申請專利範圍中，術語「線寬」指代特徵之窄橫向尺寸，例如，一線性特徵之寬度而非長度。（「橫向」尺寸係特徵在其等形成於其中之薄膜層之平面中的尺寸。）對於對稱特徵(諸如方形或圓形特徵)，「線寬」指代特徵之任一橫向尺寸，此係因為尺寸彼此相等。

系統描述

【0030】 現參考圖1a及圖1b，其等示意性地繪示根據本發明之一實施例之用於量測一半導體基板12上之疊加誤差的一光學計量設備10。圖1a係包含光學子系統11及13之設備10之一側視圖，而圖1b係展示子系統11之細節之一側視圖。雖然在圖1a及圖1b中展示具有自與光學子系統11及13之集光光學器件相同之側引導至基板12上之照明的設備10，但在一

替代實施例中，照明可自基板下方經引導穿過一適當透明之運動總成20。

【0031】 參考圖1a，光學計量設備10包括用於量測半導體基板12上之疊加誤差之兩個光學子系統11及13（其等分別稱為OPT1及OPT2）。OPT1具有具例如 $30\text{ }\mu\text{m} \times 30\text{ }\mu\text{m}$ 之尺寸之一窄視野FOV1，而OPT2具有具例如 $60\text{ }\mu\text{m} \times 60\text{ }\mu\text{m}$ 之尺寸之一寬視野FOV2。在本實例中，OPT1使用可見光照明量測疊加誤差，而OPT2使用IR照明。例如，此處僅使用FOV1及FOV2之尺寸以及OPT1及OPT2之光譜範圍。可替代地使用其他尺寸及光譜範圍來描述用於各種計量應用之一窄FOV及一寬FOV設備。例如，在一替代實施例中，光學子系統13（OPT2）可包含發射光學輻射之一光源以及具有具一可變FOV（變焦光學器件）之計量光學器件。在另一替代實施例中，光學子系統11及13（OPT1及OPT2）可包括具有可適當調整之FOV、照明光譜及聚焦機構之一單一光學系統。

【0032】 設備10進一步包括一控制器18及一或多個運動總成20。控制器18經耦合以自OPT1及OPT2之感測器（在圖1b中進一步詳述）接收影像，且調整運動總成20之位置及定向。控制器18通常包括在軟體及/或韌體中經程式化以實行本文中描述之功能的一可程式化處理器，以及用於連接至設備10之其他元件之適合數位及/或類比介面。替代地或額外地，控制器18包括實行控制器之至少一些功能之經硬接線及/或可程式化的硬體邏輯電路。雖然為了簡單起見，在圖1a及圖1b中將控制器18展示為一單一單片功能區塊，但實務上，控制器可包括具有用於接收及輸出在圖中繪示且在文本中描述之信號之適合介面的多個經互連控制單元。

【0033】 在所繪製實例中，運動總成20包括具有致動器之一適合工作台，該等致動器用於使工作台（在控制器18之控制下）在x、y及z方向上

(參考笛卡兒(Cartesian)座標36)線性地移動，以及用於使工作台繞z軸旋轉。在此及後續圖中展示笛卡兒座標36以便闡明關於設備10之圖之定向。

【0034】 在半導體基板12上沈積且圖案化多個薄膜層以界定一積體電路晶片矩陣且在薄膜層之至少一者中形成疊加目標。在所繪製實例中，第一及第二薄膜層38及40已經沈積於半導體基板12上且在一光微影程序中經圖案化。例如，第一層38可為一程序層，且第二層40可為沈積於程序層上方之一抗蝕劑層。替代地，層38及40兩者皆可為程序層。為了量測基板12上之層40中之圖案與下伏層38中之圖案之間的疊加誤差，如下文在圖中展示，具有適合於兩個視野之一第一及第二子目標之疊加目標已在光微影程序中形成於層38及40中。

【0035】 為了用設備10量測疊加誤差，控制器18使運動總成20移動使得半導體基板12接近例如OPT1 (其中一疊加目標在FOV1內)且使用OPT1量測疊加誤差。針對一不同製造步驟(諸如將兩個半導體基板彼此接合)，控制器18可使運動總成20在xy平面中移動，如藉由一箭頭15展示，使得半導體基板12接近OPT2 (其中一疊加目標在FOV2內)且使用OPT2量測疊加誤差。(為簡單起見，僅展示一個基板12)。替代地，光學子系統11及13可包括用於OPT1及OPT2之兩個各別運動總成20。針對運用OPT1之另一疊加誤差量測，可使基板12移動回至OPT1。如將在下文進一步詳述，各光學子系統利用匹配其FOV之疊加目標之一特定部分。

【0036】 參考圖1b，光學子系統11 (OPT1)包括一成像總成14及一照明總成16。成像總成14包括在一起形成光學子系統11之計量光學器件之一物鏡22、一立方體光束分離器24及一成像透鏡26。成像總成14進一

步包括一感測器28，感測器28包括例如具有二維像素30陣列之一互補金屬氧化物半導體(CMOS)偵測器。作為另一實例，為了在短波IR照明下進行感測，感測器28可包括具有二維像素30陣列之InGaAs基焦平面陣列(FPA)偵測器。參考圖1a，成像子系統14之視野係具有 $30\text{ }\mu\text{m} \times 30\text{ }\mu\text{m}$ 之尺寸之FOV1。照明總成16包括發射光學輻射之一光源32，及一透鏡34。另外，在一些實施例中，光源32及/或成像總成14可具有分別用於控制經發射及經收集光學輻射之偏光的偏光光學組件。

【0037】 為了使用OPT1量測基板12上之層40中之圖案與下伏層38中之圖案之間的疊加誤差，控制器18命令運動總成20將基板帶至物鏡22下方，使得一疊加目標之中央部分在OPT1之視野FOV1中，且使得物鏡22及透鏡26之組合光學器件使基板成像至感測器28上，即，基板及感測器定位於光學共軛平面處。

【0038】 為了捕捉第一子目標之一影像，光源32將一光學輻射光束投射至透鏡34，透鏡34將光束進一步投射至立方體光束分離器24。光束分離器24將光束反射至物鏡22中，物鏡22將光束投射至基板12上。照射在基板12上之輻射經散射回至物鏡22且傳遞至光束分離器24上、透射至透鏡26且聚焦至感測器28上。如將在下文進一步詳述，控制器18讀出由感測器28捕捉之影像，且處理影像以便識別基板12上之層40中及下伏層38中之第一子目標的各自對稱中心。控制器18基於第一子目標之各自對稱中心之間之位移量測此兩個經圖案化層之間之疊加誤差。

【0039】 光學子系統13 (OPT2)類似於在上文描述之光學子系統11 (OPT1)。光學子系統之間之相關差異係其等視野及用於量測之光學輻射之波長，此藉由兩個光學子系統之成像及照明總成之不同設計達成。

【0040】 替代地，設備10可經組態用於在一散射量測模式中量測疊加誤差。針對此模式，透鏡26經修改及/或經移動以便使物鏡22之出射光瞳(未展示)成像至感測器陣列28上。此散射量測影像指示自目標特徵散射之光學輻射之角分佈，且在此情況中，控制器18經組態以處理角分佈以便量測疊加誤差。

例示性疊加目標

【0041】 圖2a至圖2c展示根據本發明之一實施例之一疊加目標200及其結構。圖2a係疊加目標200之一示意性正視圖，而圖2b及圖2c分別為目標200內之一第一子目標202及一第二子目標204之示意性正視圖。子目標202在一窄FOV內延伸且因此可藉由光學子系統11 (圖1a)成像，而子目標204在一較寬FOV內延伸且因此可藉由光學子系統13成像。

【0042】 如圖2b中展示，第一子目標202包括彼此鄰近成對(但非重疊)配置之八個光柵206、208、210、212、214、216、218及220。光柵206、210、214及218形成於薄膜層38中，且光柵208、212、216及220形成於薄膜層40中。各光柵包括相等線寬之多個平行線，其中光柵對之一半經定向使其等線在x方向上，且另一半使其等光柵線定向成y方向。因此，在所繪製實例中，光柵206、208、214及216正交於光柵210、212、218及220定向。

【0043】 例如，將具有 $30\text{ }\mu\text{m} \times 30\text{ }\mu\text{m}$ 之尺寸之一虛線方形222疊加在第一子目標202上以表示OPT1之FOV1，從而展示第一子目標之光柵填充 $30\text{ }\mu\text{m} \times 30\text{ }\mu\text{m}$ FOV (其中光柵之部分「溢出(overflow)」超過FOV1)。第一子目標202之光柵206、208、210、212、214、216、218及220之線寬係例如 $1\text{ }\mu\text{m}$ ，以便在藉由OPT1捕捉第一子目標之影像時產生

該等影像之一良好對比度。

【0044】 參考圖1b，為了使用光學子系統11自第一子目標202量測層38與40之間之疊加誤差，控制器18讀出由感測器28捕捉之第一子目標之一影像(在OPT1之FOV1內)。控制器18進一步處理影像以便識別由光柵206、210、214及218形成之圖案之一對稱中心221及由光柵208、212、216及220形成之圖案之一對稱中心223。控制器18將兩個經圖案化層之間之疊加誤差量測為第一子目標202之各自對稱中心221與223之間之位移。

【0045】 如圖2c中展示，第二子目標204包括彼此鄰近成對配置之八個光柵224、226、228、230、232、234、236及238。類似於第一子目標202，光柵224、228、232及236形成於薄膜層38中，且光柵226、230、234及238形成於薄膜層40中。各光柵包括相等線寬之多個平行線，其中光柵對之一半經定向使其等線在x方向上，且另一半使其等光柵線定向成y方向，使得光柵224、226、232及234正交於光柵228、230、236及238定向。然而，第二子目標204之光柵之線寬係例如2 μm (而非如第一子目標202中之1 μm)，以便在藉由OPT2捕捉第二子目標之影像時產生該等影像之一良好對比度。例如，將具有60 μm $\times$ 60 μm 之尺寸之一虛線方形240疊加在第二子目標204上以表示OPT2之FOV2，從而展示第二子目標之光柵填充FOV2。

【0046】 為了使用OPT2自第二子目標204量測層38與40之間之疊加誤差，控制器18自OPT2讀出第二子目標之一影像(包含在FOV2之中心中之第一子目標202的一影像)。控制器18處理此影像(阻擋或忽略來自第一子目標202之影像之部分)以便識別由光柵224、228、232及236形成之圖案之一對稱中心242及由光柵226、230、234及238形成之圖案之一對稱中

心244。控制器18將此兩個經圖案化層之間之疊加誤差量測為第二子目標204之各自對稱中心242與244之間之位移。

【0047】 圖3a至圖3c展示根據本發明之一替代實施例之一疊加目標300及其結構。圖3a係疊加目標300之一示意性正視圖，而圖3b及圖3c分別為目標300內之一第一子目標302及一第二子目標304之示意性正視圖。

【0048】 如圖3b中展示，第一子目標302包括彼此鄰近成對配置之八個光柵306、308、310、312、314、316、318及320。光柵306、310、314及318形成於薄膜層38中，且光柵308、312、316及320形成於薄膜層40中。各光柵包括相等線寬之多個平行線，其中光柵對之一半經定向使其等線在x方向上，且另一半使其等光柵線定向成y方向。例如，將具有 $30\text{ }\mu\text{m} \times 30\text{ }\mu\text{m}$ 之尺寸之一虛線方形322疊加在第一子目標302上以表示OPT1之FOV1，從而展示第一子目標之光柵恰好填充FOV1。第一子目標302之光柵306、308、310、312、314、316、318及320之線寬係例如 $1\text{ }\mu\text{m}$ ，以便在藉由OPT1捕捉第一子目標之影像時產生該等影像之一良好對比度。第一子目標302與第一子目標202之不同之處在於目標302之光柵未延伸超出FOV1。

【0049】 為了使用OPT1量測層38與40之間之疊加誤差，類似於第一子目標202，控制器18量測第一子目標302之各自對稱中心324與326之間之位移，其中對稱中心324與由光柵306、310、314及318形成之圖案相關且對稱中心326與由光柵308、312、316及320形成之圖案相關。

【0050】 如圖3c中展示，第二子目標304包括彼此鄰近成對配置之八個光柵330、332、334、336、338、340、342及344。類似於第一子目標302，光柵330、334、338及342形成於薄膜層38中，且光柵332、

336、340及344形成於薄膜層40中。類似於第一子目標302，各光柵包括相等線寬之多個平行線，其中光柵對之一半經定向使其等線在x方向上，且另一半使其等光柵線定向成y方向。然而，第二子目標304之光柵之線寬係例如2 μm ，以便在藉由OPT2捕捉第二子目標之影像時產生該等影像之一良好對比度。例如，將具有60 μm $\times$ 60 μm 之尺寸之一虛線方形346疊加在第二子目標304上以表示FOV2，從而展示第二子目標之光柵填充FOV2。第二子目標304與第二子目標204之不同之處在於在目標304中，其光柵在整個區域內延伸而超出中央30 μm $\times$ 30 μm FOV。

【0051】 為了使用OPT2量測層38與40之間之疊加誤差，類似於第一子目標302，控制器18量測第二子目標304之各自對稱中心348與350之間之位移。對稱中心348與由光柵330、334、338及342形成之圖案相關，而對稱中心350與由光柵332、336、340及344形成之圖案相關。

【0052】 在一替代實施例(圖中未展示)中，疊加目標200及300中之子目標之各者可包括藉由在層38及40中沈積具有稍微不同間距之兩個經疊加光柵而形成的光柵狀結構。此種類之疊加目標描述於上文提及之美國專利7,440,105中，且可以此專利中描述之方式量測層38與40之間之疊加誤差。

【0053】 圖4a至圖4c係根據本發明之額外實施例之疊加目標400、402及404之示意性正視圖。

【0054】 如圖4a中展示，疊加目標400包括由對應於例如OPT1及OPT2之各自視野之虛線方形406及408劃界的一第一子目標410及一第二子目標412。第一子目標410藉由包含在虛線方形406內之方形414及416矩陣形成。第二子目標412藉由在虛線方形406與408之間之區域中的方形

418及420矩陣形成。在第一子目標410中，方形414形成於第一層38中，且方形416形成於第二層40中。方形414及416之各者之尺寸係例如 $1\ \mu\text{m} \times 1\ \mu\text{m}$ (對應於 $1\ \mu\text{m}$ 之一線寬)，以便與OPT1之光學解析度相容。在第二子目標412中，方形418形成於第一層38中且方形420形成於第二層40中。方形418及420之各者之尺寸係例如 $2\ \mu\text{m} \times 2\ \mu\text{m}$ (對應於 $2\ \mu\text{m}$ 之一線寬)，以便與OPT2之光學解析度相容。

【0055】 替代地，子目標410及412可包括具有適當各自線寬之矩形矩陣。

【0056】 類似於自疊加目標200 (圖2a至圖2c)量測疊加誤差，設備10藉由量測第一子目標410之方形414矩陣與方形416矩陣之各自對稱中心之間的位移(為簡單起見，未展示對稱中心)而透過OPT1量測層38與40之間之疊加誤差。類似地，設備10藉由量測第二子目標412之方形418矩陣與方形420矩陣之各自對稱中心之間的位移而透過OPT2量測層38與40之間之疊加誤差。

【0057】 如圖4b中展示，疊加目標402包括由對應於例如OPT1及OPT2之各自視野之虛線方形422及424劃界的一第一子目標426及一第二子目標428。第一子目標426藉由方形422內之兩個方形框430及432形成，而第二子目標428藉由在方形422與424之間之區域中的兩個方形框434及436形成。框430及434形成於層38中，且框432及436形成於層40中。第一子目標426之框430及432之線寬係例如 $1\ \mu\text{m}$ ，以便與OPT1之光學解析度相容，而第二子目標428之框434及436之線寬係例如 $2\ \mu\text{m}$ ，以便與OPT2之光學解析度相容。

【0058】 設備10藉由量測第一子目標426之框430及432之各自對稱

中心之間的位移(為簡單起見，未展示對稱中心)而透過OPT1量測層38與40之間之疊加誤差。類似地，設備10藉由量測第二子目標428之框434及436之各自對稱中心之間的位移而透過OPT2量測層38與40之間之疊加誤差。

【0059】 如圖4c中展示，疊加目標404包括由對應於例如OPT1及OPT2之各自視野之虛線方形440及442劃界的一第一子目標444及一第二子目標446。第一子目標444藉由線448及450形成，而第二子目標446藉由線452及454形成。在第一子目標444中，線448形成於層38中且線450形成於層40中，其中全部線形成於方形440內(即，在OPT1之FOV1內)。兩種線448及450之一半定向成x方向且一半定向成y方向。線448及450之寬度經選擇以與OPT1之光學解析度相容。在第二子目標446中，線452形成於層38中且線454形成於層40中，其中全部線形成於在方形440與442之間之區域中。兩種線452及454之一半定向成x方向且一半定向成y方向。線452及454之寬度經選擇以與OPT2之光學解析度相容。

【0060】 設備10藉由量測由第一子目標444之線448形成之圖案與由線450形成之圖案之各自對稱中心之間的位移(為簡單起見，未展示對稱中心)而透過OPT1量測層38與40之間之疊加誤差。類似地，設備10藉由量測由第二子目標446之線452形成之圖案與由線454形成之圖案之各自對稱中心之間的位移而透過OPT2量測層38與40之間之疊加誤差。

【0061】 在上文描述之實施例中選擇30 μm $\times$ 30 μm 及60 μm $\times$ 60 μm 之子目標尺寸以及1 μm 及2 μm 之線寬，以匹配例示性光學子系統OPT1及OPT2之特性視野及解析度位準。替代地，取決於待用於量測疊加誤差之檢測光學器件之特性，可使用更大或更小子目標尺寸及更大或更小

特徵線寬。

【0062】 此外，雖然前述圖藉由實例展示特定類型之目標特徵及佈局，但本發明之原理可類似地在包括其他種類之特徵及佈局之疊加目標及子目標中實施。全部此等替代實施方案被視為在本發明之範疇內。

多解析度疊加目標之額外應用

【0063】 在相同層(例如，薄膜層40)中具有具不同設計參數(例如，不同空間頻率)之目標特徵實現使用疊加誤差計量量測此等不同目標特徵之間之一表觀位移。例如，參考圖2b及圖2c，在相同光微影步驟中形成層40中之第一及第二子目標202及204之圖案，且因此將不預期如透過OPT1及OPT2量測之其等各自對稱中心223與244之位置之間的位移。然而，歸因於光學子系統OPT1及OPT2之各者中之光學像差或障礙的誤差可能產生對稱中心之經量測位置之間的一非零位移。特性化此等誤差繼而可用於校正疊加誤差量測中之誤差。亦可將誤差前饋至製程中，以明確言之藉由在對準及接合兩個半導體基板時使用之一對準系統減少後續製造步驟中之量測誤差。

【0064】 額外地或替代地，為了由光學子系統OPT1及OPT2之各者量測之兩組疊加誤差之間的匹配，控制器18可針對各組運算一經模型化疊加誤差。各光學子系統內及子系統之間之經量測與經模型化疊加誤差兩者之間的比較可用於改良計量結果之準確度。進一步額外地或替代地，可自各子目標分開提取疊加誤差量測之一品質度量以確認及匹配來自各工具之經量測疊加誤差。

【0065】 額外地或替代地，相同層中之目標特徵之間之位移的類似量測可指示歸因於光微影系統(掃描器)中之光學像差的圖案放置誤差，此

係因為此等像差可能使不同空間頻率之經印刷特徵相對於彼此移位。此等誤差之知識可實現減少其等對在光微影程序中形成之電子裝置之影響。

【0066】 來自兩個不同目標特徵抑或一給定特徵之兩個不同量測設置之角光譜訊徵的一分析可實現歸因於目標特徵不對稱性之疊加誤差量測之誤差的減少。

【0067】 可組合來自多個疊加目標(諸如圖2a、圖3a及圖4a至圖4c中展示之疊加目標)之疊加誤差的量測結果以降低量測之總量測不確定性(TMU)。

【0068】 在上文描述之多解析度疊加目標可經調適以延伸於三個或更多個薄膜層上方，因此實現此等層之任何對之間之疊加誤差的量測。

【0069】 將瞭解，藉由實例引用上文描述之實施例，且本發明不限於已在上文特定展示及描述之內容。實情係，本發明之範疇包含在上文描述之各種特徵之組合及子組合，以及熟習此項技術者在閱讀前述描述之後將想到且未在先前技術中揭示之本發明之變動及修改。

【符號說明】

【0070】

10: 光學計量設備

11: 光學子系統

12: 半導體基板

13: 光學子系統

14: 成像總成

15: 箭頭

16: 照明總成

- 18: 控制器
- 20: 運動總成
- 22: 物鏡
- 24: 立方體光束分離器
- 26: 成像透鏡
- 28: 感測器/感測器陣列
- 30: 像素
- 32: 光源
- 34: 透鏡
- 36: 笛卡兒座標
- 38: 第一薄膜層/第一層/下伏層
- 40: 第二薄膜層/第二層
- 200: 疊加目標
- 202: 第一子目標
- 204: 第二子目標
- 206: 光柵
- 208: 光柵
- 210: 光柵
- 212: 光柵
- 214: 光柵
- 216: 光柵
- 218: 光柵
- 220: 光柵

- 221: 對稱中心
- 222: 虛線方形
- 223: 對稱中心
- 224: 光柵
- 226: 光柵
- 228: 光柵
- 230: 光柵
- 232: 光柵
- 234: 光柵
- 236: 光柵
- 238: 光柵
- 240: 虛線方形
- 242: 對稱中心
- 244: 對稱中心
- 300: 疊加目標
- 302: 第一子目標/目標
- 304: 第二子目標/目標
- 306: 光柵
- 308: 光柵
- 310: 光柵
- 312: 光柵
- 314: 光柵
- 316: 光柵

318: 光柵
320: 光柵
322: 虛線方形
324: 對稱中心
326: 對稱中心
330: 光柵
332: 光柵
334: 光柵
336: 光柵
338: 光柵
340: 光柵
342: 光柵
344: 光柵
346: 虛線方形
348: 對稱中心
350: 對稱中心
400: 疊加目標
402: 疊加目標
404: 疊加目標
406: 虛線方形
408: 虛線方形
410: 第一子目標
412: 第二子目標

414: 方形
416: 方形
418: 方形
420: 方形
422: 虛線方形
424: 虛線方形
426: 第一子目標
428: 第二子目標
430: 方形框
432: 方形框
434: 方形框
436: 方形框
440: 虛線方形
442: 虛線方形
444: 第一子目標
446: 第二子目標
448: 線
450: 線
452: 線
454: 線

【發明申請專利範圍】

【請求項1】

一種用於電路計量之半導體裝置，其包括：

至少一個半導體基板；

多個薄膜層，其等安置於該至少一個基板上；及

一疊加目標，其形成於該等薄膜層之至少一者中，且包括：

一第一子目標，其具有一第一對稱中心且包括具有一第一線寬之多個第一目標特徵；及

一第二子目標，其具有與該第一對稱中心重合之一第二對稱中心且包括多個第二目標特徵，該等第二目標特徵具有大於該第一線寬之一第二線寬，且與該等第一目標特徵鄰近但不重疊，其中該等第二目標特徵與該等第一目標特徵具有一相同形狀，以及其中該第二子目標具有比該第一子目標至少兩倍大的一區域；

其中該多個薄膜層包括一第一層及疊加在該第一層上之一第二層，及

其中該等第一目標特徵包括形成於該第一層中之一第一組該等第一目標特徵及形成於該第二層中之一第二組該等第一目標特徵，且該等第二目標特徵包括形成於該第一層中之一第三組該等第二目標特徵及形成於該第二層中之一第四組該等第二目標特徵。

【請求項2】

如請求項1之半導體裝置，其中該第一子目標延伸於該至少一個半導體基板之一第一區域上方，且該第二子目標延伸於該至少一個半導體基板之一第二區域上方，其中該第二區域大於且含有該第一區域。

【請求項3】

如請求項2之半導體裝置，其中該第一子目標藉由該第二子目標包圍。

【請求項4】

如請求項1之半導體裝置，其中該等第一及第二目標特徵包括線性光柵。

【請求項5】

如請求項4之半導體裝置，其中該第一組該等第一目標特徵包括該第一層中之第一線性光柵，且該第二組該等第一目標特徵包括該第二層中之第二線性光柵，其中各第一線性光柵與一第二線性光柵鄰近但不重疊，及其中該第三組該等第二目標特徵包括該第一層中之第三線性光柵，且該第四組該等第二目標特徵包括該第二層中之第四線性光柵，其中各第三線性光柵與一第四線性光柵鄰近但不重疊。

【請求項6】

如請求項4之半導體裝置，其中該等第一及第二子目標之各者中之該等線性光柵包括具有一第一定向之第一線性光柵及具有一第二定向之第二線性光柵，該第二定向與該第一定向正交。

【請求項7】

如請求項1之半導體裝置，其中該等第一及第二目標特徵包括線性特徵。

【請求項8】

如請求項7之半導體裝置，其中該等線性特徵經配置以界定線性光柵。

【請求項9】

如請求項7之半導體裝置，其中該等線性特徵經配置以界定方形框，使得該第一子目標之該等方形框被包含在該第二子目標之該等方形框內。

【請求項10】

如請求項1之半導體裝置，其中該等第一及第二目標特徵包括各自方形特徵之矩陣。

【請求項11】

一種用於量測一疊加誤差之方法，其包括：

在至少一個半導體基板上沈積且圖案化多個薄膜層，以界定一積體電路晶片矩陣且在該等薄膜層之至少一者中形成一疊加目標，該疊加目標包括：

一第一子目標，其具有一第一對稱中心且包括具有一第一線寬之多個第一目標特徵；及

一第二子目標，其具有與該第一對稱中心重合之一第二對稱中心且包括多個第二目標特徵，該等第二目標特徵具有大於該第一線寬之一第二線寬，且與該等第一目標特徵鄰近但不重疊；

捕捉該疊加目標之影像，其中該捕捉包括：

使用具有一第一視野及一第一波長之第一檢測光學器件捕捉該第一子目標之一第一影像；及

使用具有一第二視野之第二檢測光學器件捕捉該第二子目標之一第二影像，該第二視野比該第一視野寬，而且第二檢測光學器件包括一第二波長，該第二波長比該第一波長大；及

處理該等影像以量測該等薄膜層當中之疊加誤差。

【請求項12】

如請求項11之方法，其中沈積且圖案化該多個薄膜層包括：在該至少一個半導體基板之對應於該第一視野之一第一區域上方形成該第一子目標，及在該至少一個半導體基板之大於該第一區域且對應於該第二視野的一第二區域上方形成該第二子目標。

【請求項13】

如請求項12之方法，其中該第一子目標藉由該第二子目標包圍。

【請求項14】

如請求項10之方法，其中沈積該多個薄膜層包括：沈積一第一層及疊加在該第一層上之一第二層，及

其中圖案化該多個薄膜層包括：形成該第一層中之一第一組該等第一目標特徵及該第二層中之一第二組該等第一目標特徵，且形成該第一層中之一第三組該等第二目標特徵及該第二層中之一第四組該等第二目標特徵。

【請求項15】

如請求項14之方法，其中該等第一及第二目標特徵包括線性光柵。

【請求項16】

如請求項15之方法，其中形成該第一組該等第一目標特徵包括在該第一層中形成第一線性光柵，且形成該第二組該等第一目標特徵包括在該第二層中形成第二線性光柵，其中各第一線性光柵與一第二線性光柵鄰近但不重疊，及

其中形成該第三組該等第二目標特徵包括在該第一層中形成第三線性光柵，且形成該第四組該等第二目標特徵包括在該第二層中形成第四線

性光柵，其中各第三線性光柵與一第四線性光柵鄰近但不重疊。

【請求項17】

如請求項15之方法，其中該等第一及第二子目標之各者中之該等線性光柵包括具有一第一定向之第一線性光柵及具有一第二定向之第二線性光柵，該第二定向正交於該第一定向。

【請求項18】

如請求項11之方法，其中該等第一及第二目標特徵包括線性特徵。

【請求項19】

如請求項18之方法，其中圖案化該多個薄膜層包括：配置該等線性特徵以界定線性光柵。

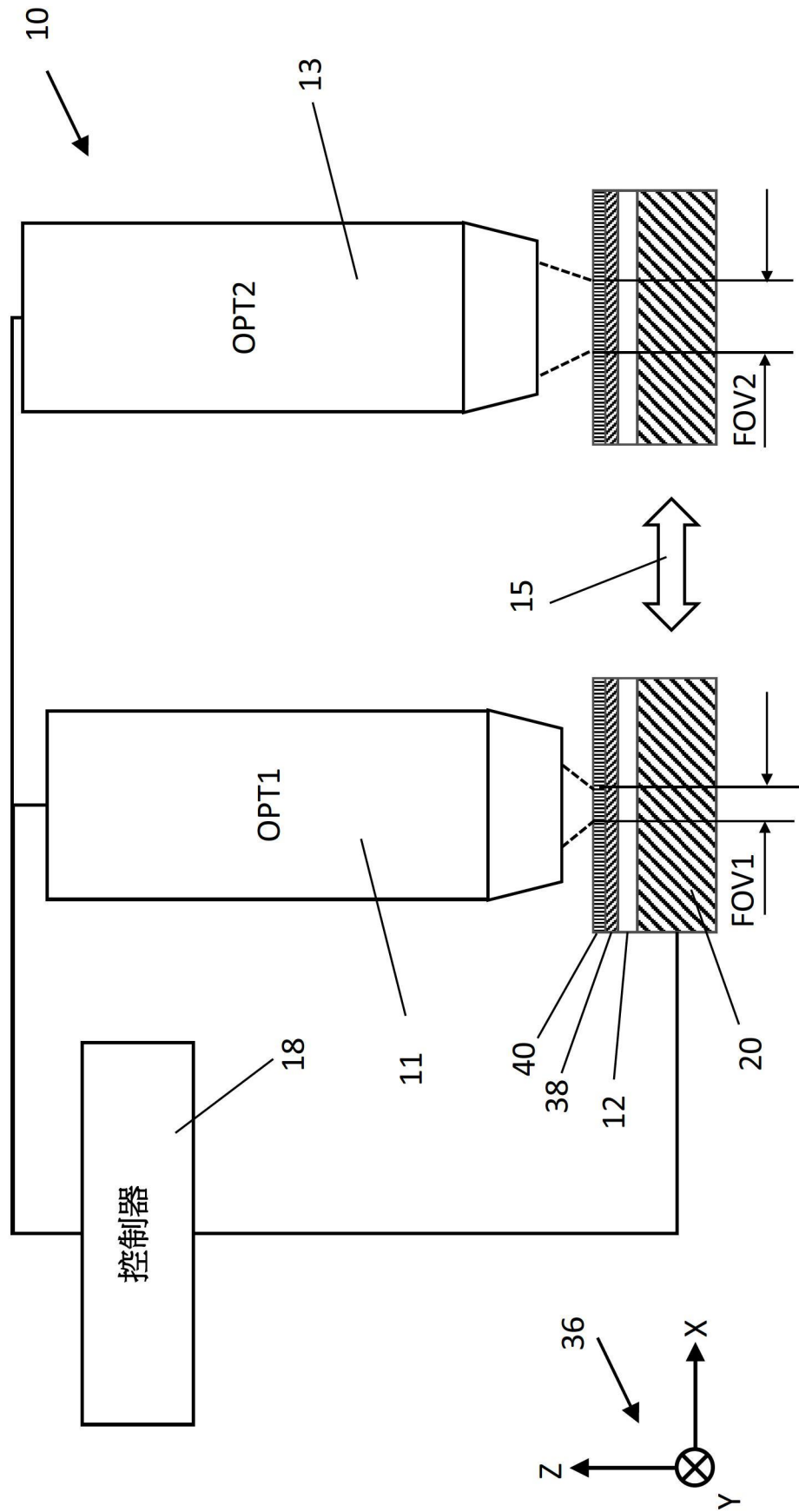
【請求項20】

如請求項18之方法，其中圖案化該多個薄膜層包括：配置該等線性特徵以界定方形框，使得該第一子目標之該等方形框被包含在該第二子目標之該等方形框內。

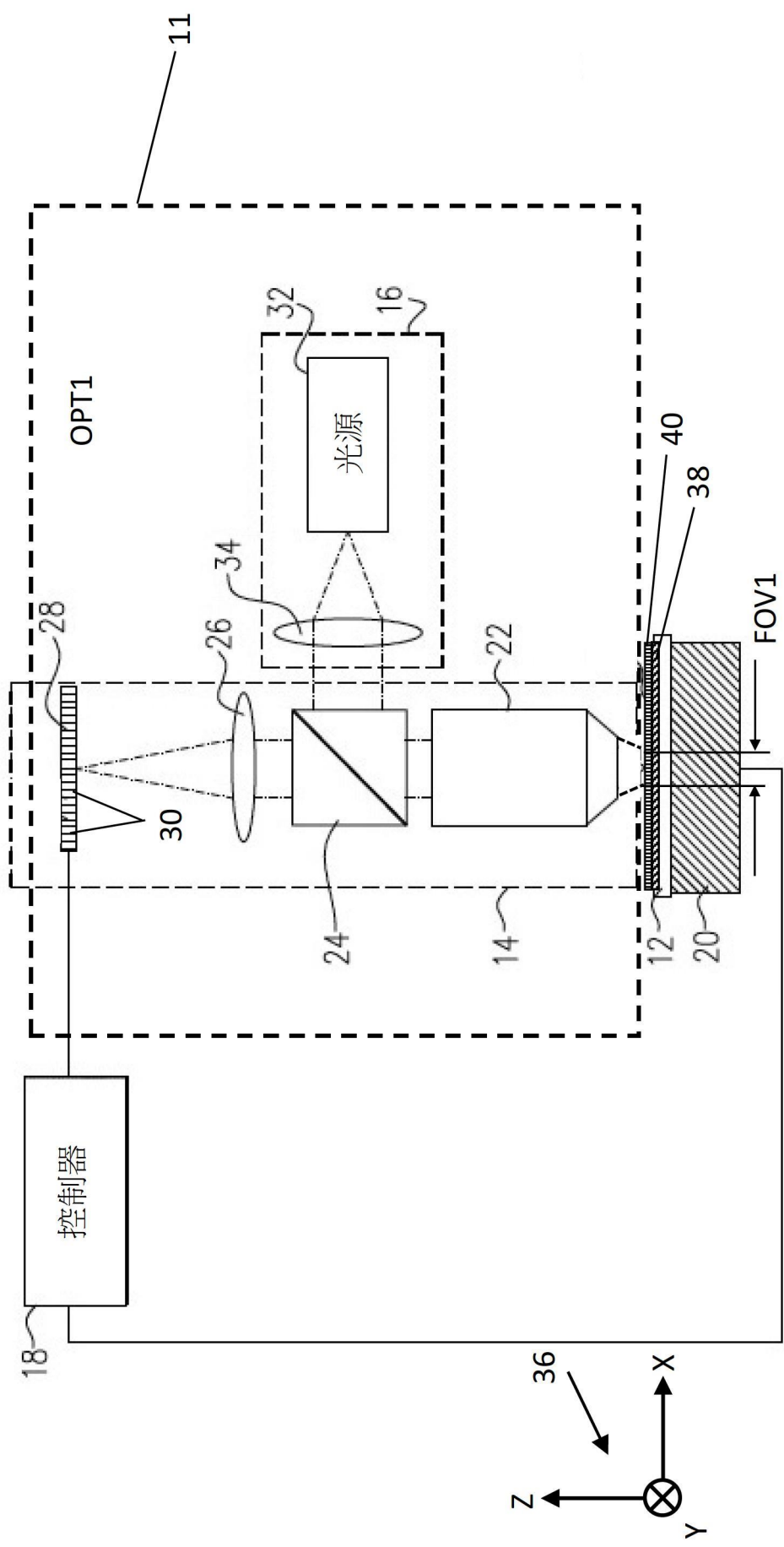
【請求項21】

如請求項11之方法，其中該等第一及第二目標特徵包括各自方形特徵之矩陣。

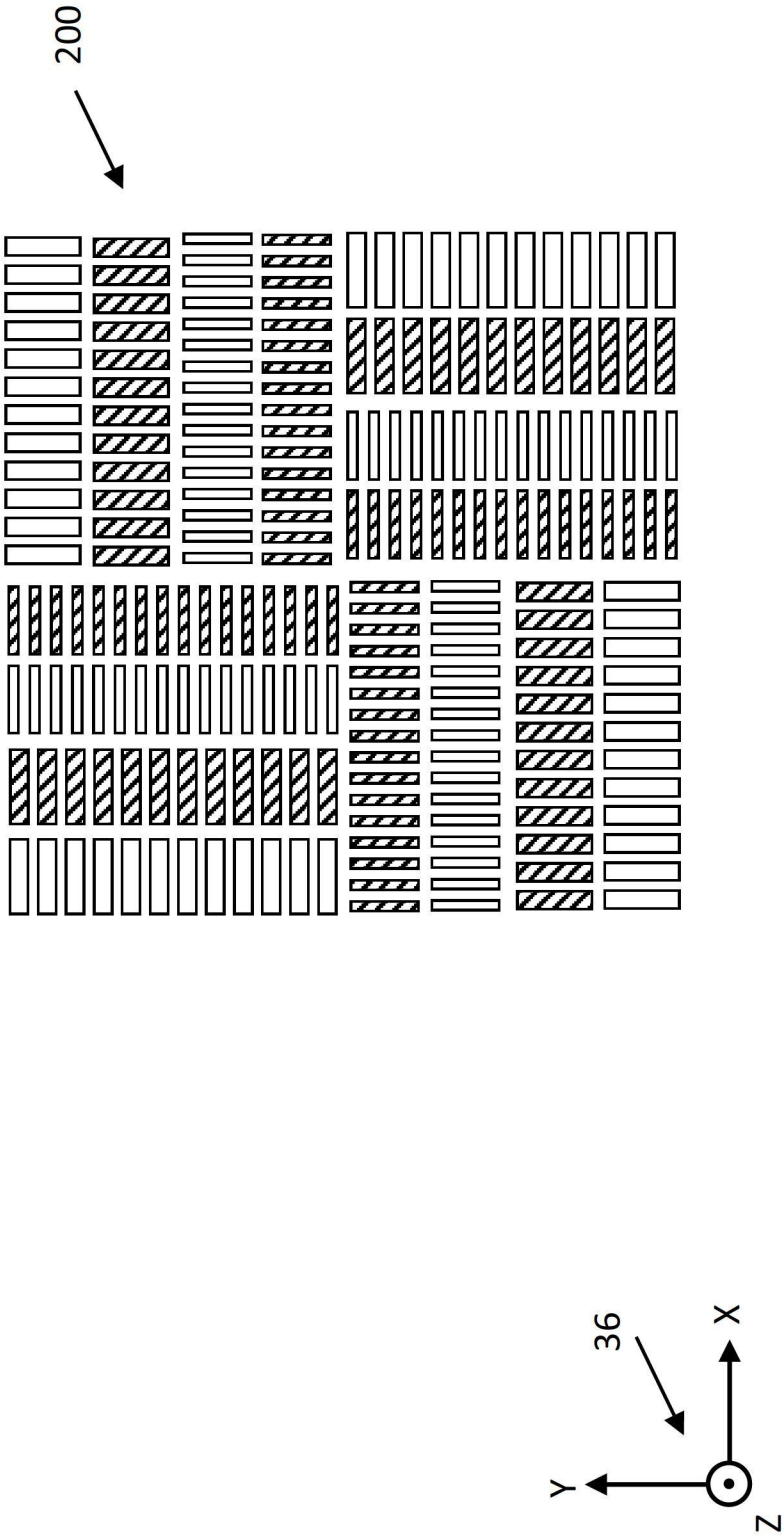
【發明圖式】



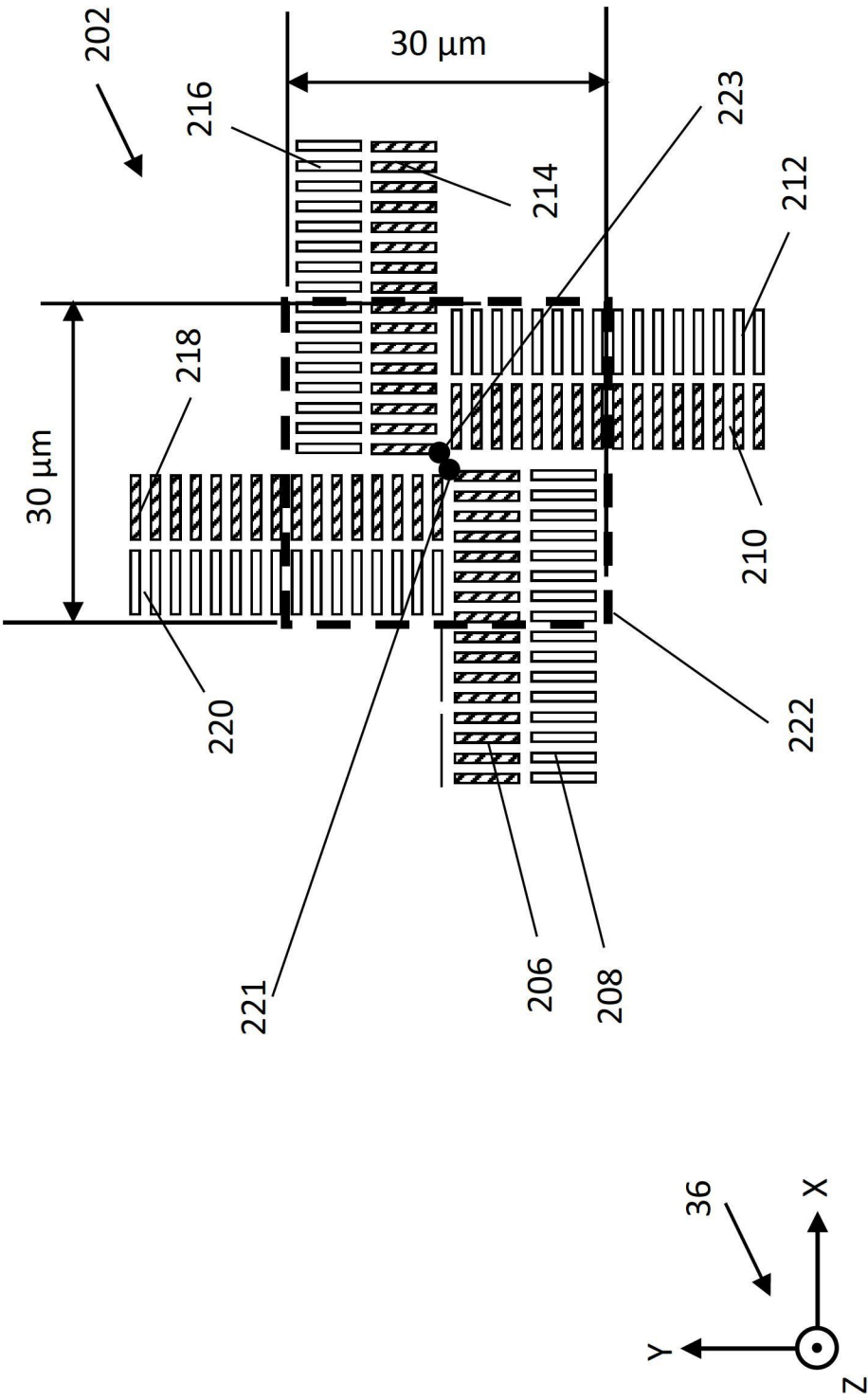
【圖1a】



【圖1b】

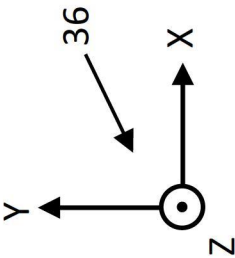
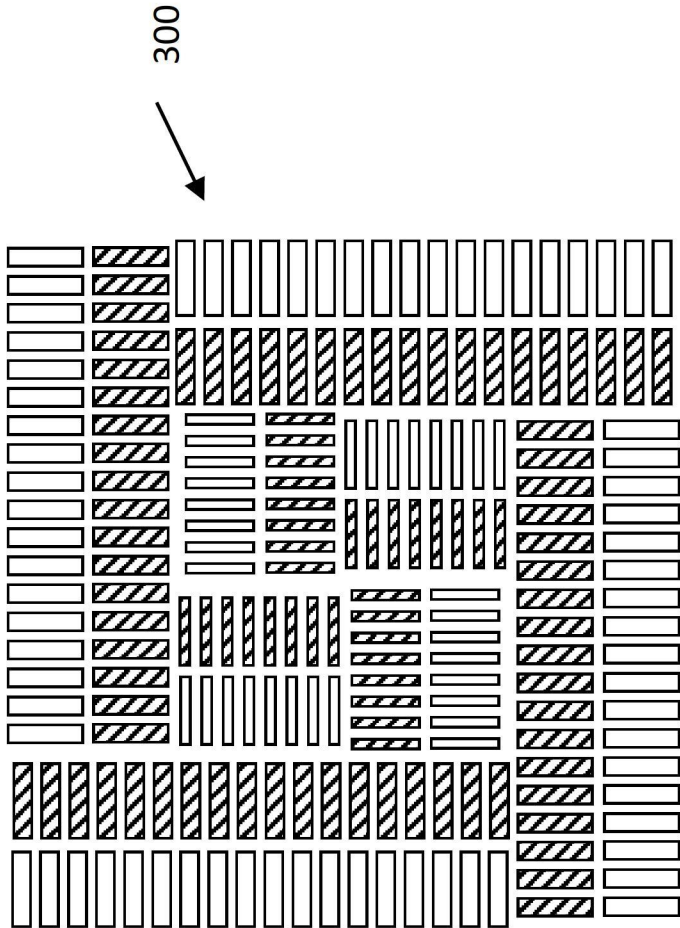


【圖2a】

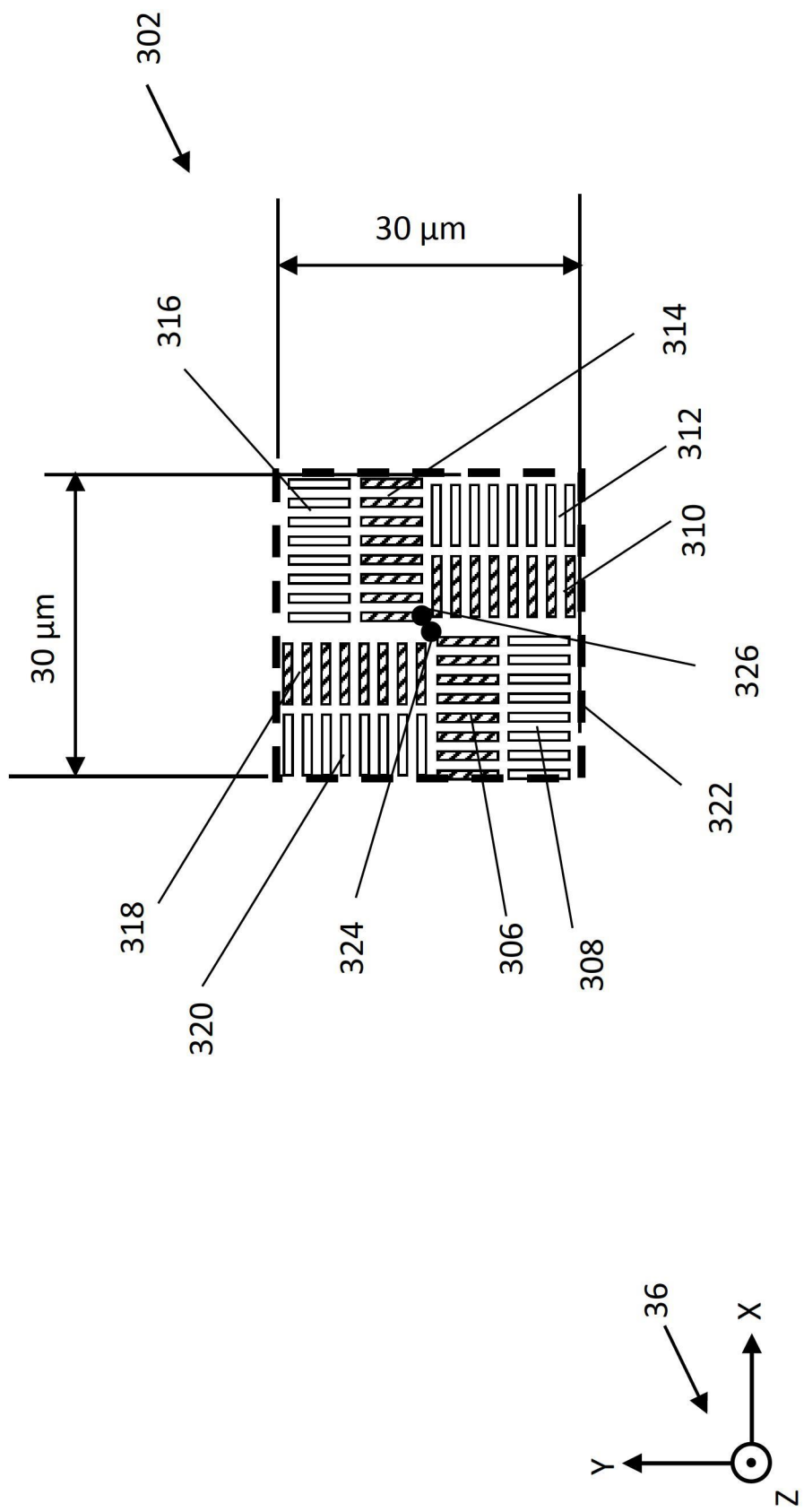


【圖2b】

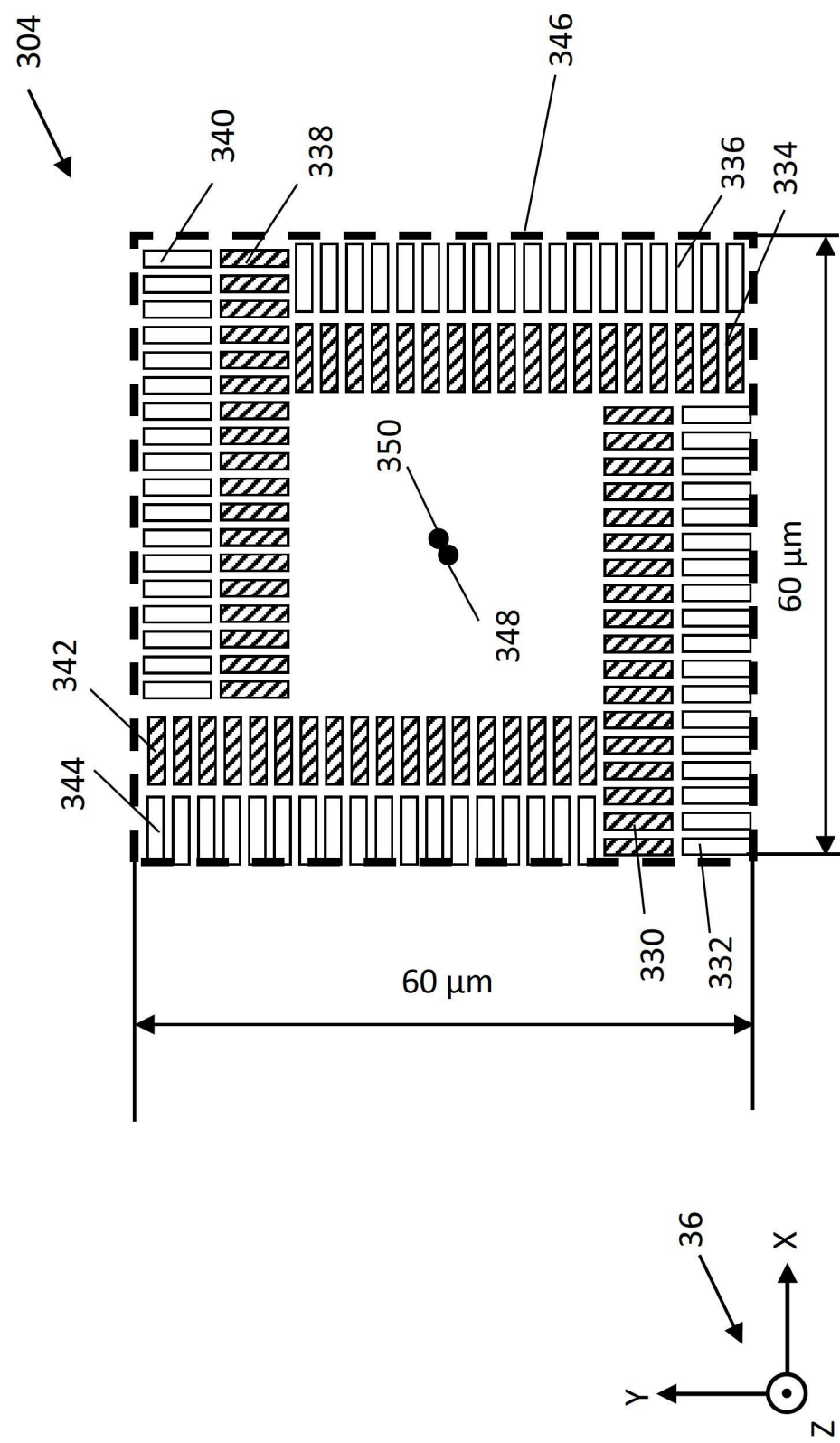




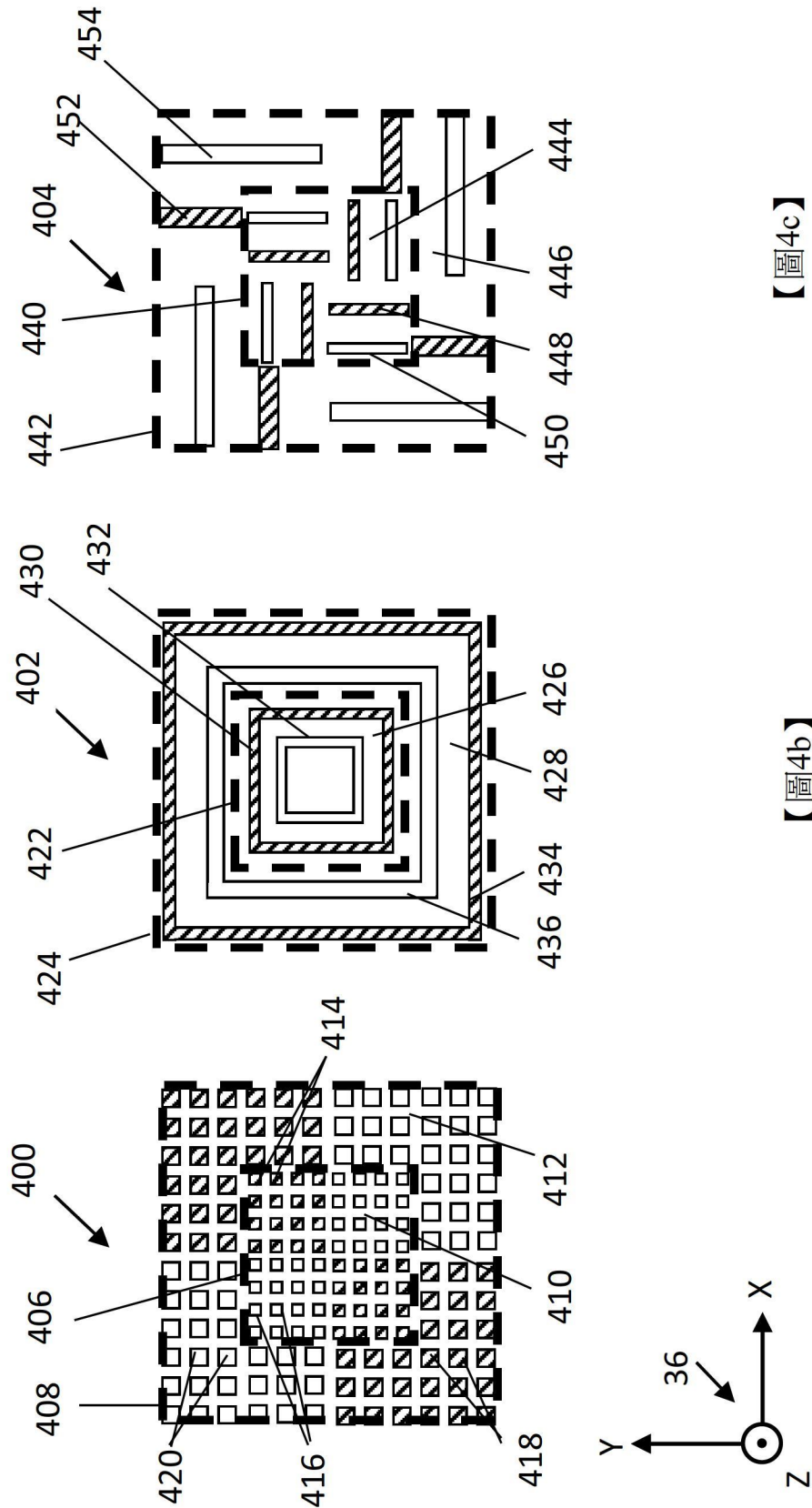
【圖3a】



【圖3b】



【圖3c】



【圖4c】

【圖4b】

【圖4a】