



(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 I803496 B

(45)公告日：中華民國 112 (2023) 年 06 月 01 日

(21)申請案號：107117848

(22)申請日：中華民國 107 (2018) 年 05 月 25 日

(51)Int. Cl. : **G03F1/84 (2012.01)****G01J1/44 (2006.01)****G01J9/00 (2006.01)****G01N21/41 (2006.01)****G01N21/55 (2014.01)**

(30)優先權：2017/05/26 美國

62/511,444

2018/01/29 美國

15/882,951

(71)申請人：美商克萊譚克公司 (美國) KLA-TENCOR CORPORATION (US)

美國

(72)發明人：賽斯金納 阿布都拉罕 SEZGINER, ABDURRAHMAN (US)；維克 酷吉特 VIRK,

KULJIT (US)；維拉 艾瑞克 VELLA, ERIC (US)

(74)代理人：陳長文

(56)參考文獻：

TW 201708942A

TW 201716883A

US 5576829A

US 6635393B2

US 2002/0131052A1

US 2010/0119960A1

US 2013/0122403A1

審查人員：黃彥豪

申請專利範圍項數：24 項 圖式數：6 共 38 頁

(54)名稱

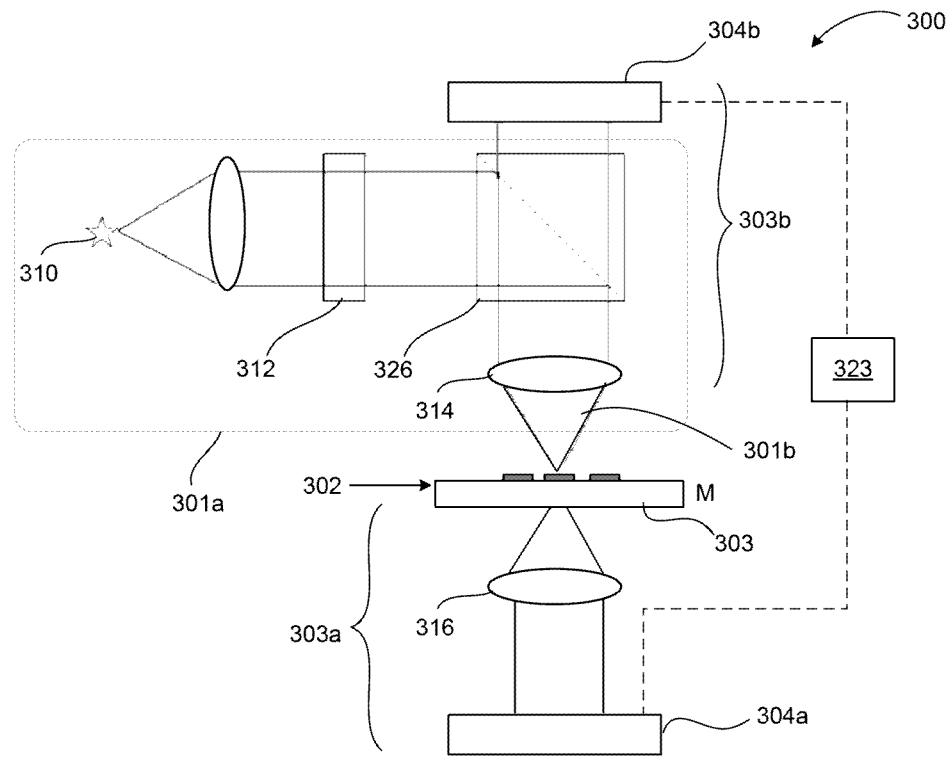
用於測量穿過一層之光的相位及振幅之裝置及方法

(57)摘要

在一項實施例中，所揭示者係用於判定具有一相移目標之一光罩之一相移之裝置、方法及目標。一檢查或量測系統係用以將一入射光束導引向該目標，且接著偵測回應於該入射光束透射穿過該目標之複數個強度測量值。接著，可基於該等強度測量值來判定用於該目標之一相移值。

In one embodiment, disclosed are apparatus, methods, and targets for determining a phase shift of a photomask having a phase-shift target. An inspection or metrology system is used to direct an incident beam towards the target and then detect a plurality of intensity measurements that are transmitted through the target in response to the incident beam. A phase shift value for the target may then be determined based on the intensity measurements.

指定代表圖：



【圖3A】

- 符號簡單說明：
- 300 . . . 光束輪廓系統
 - 301a . . . 照明光學件
 - 301b . . . 入射光束
 - 302 . . . 標線片平面
 - 303 . . . 光罩 M/遮罩 M
 - 303a . . . 透射收集光學件/光學元件
 - 303b . . . 反射收集光學件
 - 304a . . . 感測器/偵測器陣列
 - 304b . . . 感測器/偵測器陣列
 - 310 . . . 輻射源
 - 312 . . . 偏振或額外波前控制/照明光瞳濾波器
 - 314 . . . 物鏡
 - 316 . . . 物鏡
 - 323 . . . 電腦系統
 - 326 . . . 分束器或鏡
 - M . . . 光罩/遮罩

【發明摘要】

【中文發明名稱】

用於測量穿過一層之光的相位及振幅之裝置及方法

【英文發明名稱】

APPARATUS AND METHODS FOR MEASURING PHASE AND
AMPLITUDE OF LIGHT THROUGH A LAYER

【中文】

在一項實施例中，所揭示者係用於判定具有一相移目標之一光罩之一相移之裝置、方法及目標。一檢查或量測系統係用以將一入射光束導引向該目標，且接著偵測回應於該入射光束透射穿過該目標之複數個強度測量值。接著，可基於該等強度測量值來判定用於該目標之一相移值。

【英文】

In one embodiment, disclosed are apparatus, methods, and targets for determining a phase shift of a photomask having a phase-shift target. An inspection or metrology system is used to direct an incident beam towards the target and then detect a plurality of intensity measurements that are transmitted through the target in response to the incident beam. A phase shift value for the target may then be determined based on the intensity measurements.

【指定代表圖】

圖3A

【代表圖之符號簡單說明】

300 光束輪廓系統

301a	照明光學件
301b	入射光束
302	標線片平面
303	光罩M/遮罩M
303a	透射收集光學件/光學元件
303b	反射收集光學件
304a	感測器/偵測器陣列
304b	感測器/偵測器陣列
310	輻射源
312	偏振或額外波前控制/照明光瞳濾波器
314	物鏡
316	物鏡
323	電腦系統
326	分束器或鏡
M	光罩/遮罩

【發明說明書】 111年7月8日修正本**【中文發明名稱】**

用於測量穿過一層之光的相位及振幅之裝置及方法

【英文發明名稱】

APPARATUS AND METHODS FOR MEASURING PHASE AND
AMPLITUDE OF LIGHT THROUGH A LAYER

【技術領域】

【0001】 本發明大體上係關於用於測量半導體標線片或類似物，且更特定言之，用於測量透射穿過此等標線片之光之相位及振幅之方法及系統。

【先前技術】

【0002】 在積體電路之製造中使用之光微影系統已經出現一些時間。此等系統已證實為在電路產品中之非常小細節之精確製造及形成方面極其有效。在一些光微影系統中，藉由經由一光或輻射光束(例如，UV或紫外光)轉印一圖案在一基板上寫入一電路影像。例如，光微影系統可包含一光或輻射源，該光或輻射源通過一圖案化標線片投影一電路影像且將該電路影像投影至塗敷有對輻射敏感之一材料(例如，光阻劑)之一矽晶圓上。經暴露光阻通常形成一圖案，該圖案在顯影之後遮蔽一後續蝕刻程序期間之晶圓之層。

【0003】 歸因於大規模電路整合及減小之半導體器件大小，標線片及經製造之器件對結構及製程差異之敏感度變得漸漸增加。若未校正，則此等差異可不利地影響良率。

【0004】 已經開發出許多技術來測量半導體樣品之各種特性以改良

良率。然而，仍需要用於測量半導體樣品之特性之改良目標、裝置及技術。

【發明內容】

【0005】 下文提出本發明之一簡化發明內容以提供對本發明之某些實施例之一基本理解。此發明內容並非本發明之一擴展概述，且其並不識別本發明之極必要/關鍵元件或描寫本發明之範疇。此發明內容之唯一用途係以一簡化形式呈現本文中所揭示之一些概念作為隨後呈現之實施方式之一序言。

【0006】 在一項實施例中，揭示一種判定具有一相移目標之一光罩之一相移之方法。一檢查或量測系統用於將一入射光束導引向該目標，且接著偵測回應於該入射光束而透射穿過該目標之複數個強度測量值。接著，可基於該等強度測量值來判定用於該目標之一相移值。

【0007】 在一特定實施方案中，該目標包括由沈積於一基板上方之一相移層形成之一第一部分及自其移除該相移層之一第二部分，且該第一部分及該第二部分各自具有用於完全填充該入射光束之該照明場之一尺寸。在一進一步態樣中，該目標進一步包括由蝕刻於該相移層中之一或多個光柵組成之一第三部分，且針對各成像繞射等級亦獲得該等強度測量值。在一個態樣中，該第三部分包括兩個或更多個光柵。在一替代態樣中，該一或多個光柵各自係由自該相移層蝕刻之複數個線形成。在另一實施例中，該一或多個光柵係由自該相移層蝕刻之孔或柱之一二維陣列形成。

【0008】 在另一實施例中，測量回應於該入射光束而自該目標反射之複數個經反射強度值，且該相移值係進一步基於該經反射強度值。在一

個態樣中，該經測量強度值係使用一伯特蘭(Bertrand)透鏡自一光瞳影像獲得。在另一實施例中，用於導引且偵測之操作係由一標線片檢查系統執行。在一進一步態樣中，該檢查系統包括一物鏡，自該物鏡之一光瞳影像獲得該經測量強度值。在另一態樣中，該物鏡係一反射或折射元件。在一替代實施方案中，藉由調整用於計算強度值之一模型之複數個參數而判定該相移，直至此經計算強度值與該經測量強度值之間之一差被最小化，且接著該模型用於基於用於該模型參數之最終值來判定該相移。

【0009】 在一替代實施例中，本發明係關於一種用於判定具有一相移目標之一光罩之一相移之系統。該系統包含用於將一入射光束導引向該目標之照明光學件及用於測量回應於該入射光束透射穿過該目標之複數個強度值之收集光學件。該系統亦包含經組態以基於該等強度測量值來判定且儲存用於該目標之一相移值之一控制器。該控制器經組態以執行一或多個上文所述之方法操作。本發明之某些實施例亦係關於如本文中描述般之特定目標。

【0010】 本發明之此等及其他特徵將在本發明之實施例之以下規範及例如說明本發明之原理之附圖中進行更詳細呈現。

【圖式簡單說明】

【0011】 圖1係一嵌入式PSM之一相移部分及透明部分之一圖解側視圖。

【0012】 圖2係一交替PSM之一圖解側視圖。

【0013】 圖3A係根據本發明之一項實施例之經組態以判定一PSM上之相位之一光束輪廓系統300之一圖形表示。

【0014】 圖3B及圖3C提供經組態以實施根據本發明之一替代實施

例之相位判定技術之一光罩檢查裝置之一示意圖。

【0015】 圖4A係繪示根據本發明之一項實施例之一遮罩限定程序450之一流程圖。

【0016】 圖4B係繪示根據本發明之一第一實施例之用於判定針對一標線片之相位及振幅之一程序之一流程圖。

【0017】 圖5A係根據本發明之一第二實施例之一週期性目標部分之一示意圖，其可結合膜堆疊及基板部分來測量。

【0018】 圖5B展示自一光柵目標部分之一光瞳平面中收集之影像之一實例，該光柵目標部分係呈蝕刻於矽石基板上之一MoSi膜中之一線光柵之形式。

【0019】 圖6係繪示根據本發明之一第二實施例之用於判定相位及振幅之一程序之一流程圖。

【實施方式】

相關申請案之交叉參考

【0020】 本申請案主張Abdurrahman (Apo) Sezginer等人之2017年5月26日申請之先前申請案美國臨時申請案第62/511,444號之權利，該申請案係針對所有目的以引用方式全部併入本文中。

【0021】 現將更詳細參考本發明之特定實施例。附圖中說明此實施例之一實例。雖然將結合此具體實施例而描述本發明，但應瞭解，並不意欲將本發明限制於一項實施例。相反地，旨在涵蓋如可包含於如藉由隨附申請專利範圍定義之本發明之精神及範疇內之替代例、修改及等效物。在以下描述中，闡述許多特定細節以提供對本發明之一透徹理解。可在無此等具體細節之部分或全部之情況下實踐本發明。在其他例項中，並未詳細

描述熟知程序操作以免不必要地模糊本發明。

【0022】 一光罩大體上包含一透明基板(諸如玻璃、硼矽酸鹽玻璃、石英或具有一層不透明材料形成於其上之熔融矽石)。在一般類型中，不透明(或實質上不透明)材料可包含阻擋光微影光(例如，深或遠UV)之任何適宜材料。例示性材料包含鉻、矽化鉬(MoSi)、矽化鉭、矽化鎢、玻璃上不透明MoSi(OMOG)等等。亦可在不透明層與透明基板之間添加多晶矽膜以改良黏著性。可在不透明材料上方形成一低反射性膜(諸如氧化鉬(MoO₂)、氧化鎢(WO₂)、氧化鈦(TiO₂)或氧化鉻(CrO₂))。

【0023】 一二元性遮罩大體上包含不透明及透明部分，其經配置以暴露一晶圓上之一光阻材料內的圖案，且接著，未經暴露圖案經進一步處理(例如，蝕刻)以在晶圓上之一底層膜中形成圖案。然而，二元性遮罩(例如)對於線間隔特徵具有解析度限制，因為不透明特徵在其等縮小時趨於變得較少透明。隨著特徵尺寸持續減少，一相移遮罩(PSM)通過使用干涉效應，為印刷愈來愈小特徵(諸如線間隔特徵)提供增強對比度。

【0024】 與其他非相位替代遮罩區域相比，一PSM可包含經選擇相移區域，該等相移區域經設計以變更照射輻射之相位，使得導致更多特徵在晶圓上被形成，而非將係由僅具有透明-不透明遮罩區域之一二元性遮罩形成。不同PSM區域之相位差通常經設計以導致建設性干涉。例如，PSM區域可係由經調整以具有6%透射強度及180度相移之一部分透射材料(MoSi)形成。舉例而言，其他PSM區域可具有6%至24%透射率之範圍中之部分透射性質。

【0025】 應用於任意佈局圖案之一個類型之相移(或半色調)材料被稱為一衰減或半色調PSM或亦稱為一嵌入式相移遮罩(EPSM)，其係使用

部分透射或「半色調」特徵，而非不透明特徵來製造。圖1中展示一EPSM部分120之一實例，其包含一相移目標部分122a及非相移目標部分122b，其係透明。

【0026】相移目標部分122a可係由經沈積於彼此上之膜(層)之一堆疊(包含一或多個相移材料)組成。例如，相移目標部分122a可係由經形成於一基板102上方之一膜堆疊組成，且此膜堆疊可包含一衰減相移層126(諸如矽化鉬(MoSi))及一薄氧化層或鈍化層128(諸如由相移層126之氧化引起或經有意地沈積為一鈍化層之 SiO_2)。 SiO_2 係氧化或鈍化層之一項實例。相移目標部分122a之表面可係由另一化合物覆蓋或其可被粗糙化。其他膜堆疊係可能的。例如，MoSi層可由提供衰減及相移之所需值之多個層替代。非相移目標部分122b可包括任何適宜材料(諸如裸矽石基板)。

【0027】一交替PSM、一ALT PSM或一Levenson PSM利用一不同相移方法，其包含用於一透明基板之不同部分之不同厚度，此將導致不同相移。圖2係具有有一相移區域204及複數個不透明部分206a、206b及206c之一透明基板202之一交替PSM之一示意性側視圖。交替PSM亦包含裸基板部分(例如，208)。在另一實施例中，PSM可包含由不透明材料罩蓋之相移膜堆疊。

【0028】如所示，相移區域204具有一凹入形狀及小於裸基板部分208之厚度 t_2 之厚度 t_1 。替代地，相移區域可具有大於其他基板部分之一厚度(例如，平台形狀)。一交替PSM可替代地由僅變化基板厚度(包含凹部及/或平台)組成，而不在其上形成不透明或部分透射部分。

【0029】存在各種方式以檢查PSM之缺陷或測量可不利地影響經製造器件中之良率之特性。在一個測試情況中，為品質控制目的，可獲得且

評估透射穿過一PSM之各種相移部分之光之振幅及相位。在一個測量方法中，使用一干涉儀工具來測量相位。然而，除了遮罩檢查工具及其相關聯遮罩檢查時間之外，此技術需要一單獨干涉儀工具及測試循環時間。

【0030】 本發明之某些實施例利用一PSM及一遮罩檢查工具上之專用相移目標以判定用於此等相移目標及PSM之相位值。此等量測目標經設計用於測量穿過遮罩之一或多個相移層之電磁波形特性(諸如相位及振幅)之透射。若干目標可經放置於遮罩上。在一實施例中，目標經放置於遮罩上之光罩護膜框架之外部，其中更多區域係可用的。

【0031】 通常由此等光罩目標之一者透射之電磁輻射(或光)可由收集光學件收集。接著可藉由一感測器(諸如一CCD或CMOS感測器陣列)而記錄收集光學件之光瞳處之輻射強度，且此強度可用於判定相移，如下文進一步所描述。

【0032】 穿過一個層之透射振幅(T)可由在存在且移除層之遮罩之兩個部分上方測量之強度之比率判定：

【0033】
$$|T| = \frac{\text{Intensity (layer present)}}{\text{Intensity (layer removed)}}$$
 方程式1

【0034】 在一第一實施例中，各目標具有兩個部分：其中一相移層被移除之一區域及其中相移層係完整的之一區域。例如，目標可包含相移目標部分122a及非相移目標部分122b，如圖1中所繪示。針對此實施例，各目標區域之大小可足夠大以完全填充照明遮罩之場。例如，各部分之範圍可為200 μm x 200 μm。遮罩可由實質上單色光照明。在一特定實施方案中，照明之分數帶寬係例如小於百分之一。

【0035】 本文中描述之相位判定技術可在各種專門組態反射及透射系統上實施。圖3A係根據本發明之一項實施例之經組態以判定一PSM上之相位之一光束輪廓系統300之一圖形表示。下文進一步描述此等相位判

定技術。

【0036】 此系統300大體上包含用於產生且將一入射輻射光束導引向一樣品(諸如定位於標線片平面302中之光罩M)之照明光學件301a。特定言之，系統300包含用於產生電磁輻射之一入射光束之一輻射源310，該入射光束通過照明光學件301a經導引至標線片平面302中之光罩M(303)上。例如，輻射源可呈用於產生可見、IR、UV及/或x射線光譜中之輻射之一燈具或雷射之形式。在一相位判定模式中，較佳使用類似於由光微影系統使用之波長之一波長(諸如小於193 nm)。

【0037】 待檢查之光罩M可經放置於標線片平面302處之一遮罩台上且被暴露至來自源310之入射光束。可藉由任何適宜機構相對於遮罩台而移動照明光學件行及/或相對於一偵測器或相機而移動台以便成像/掃描標線片之特定區域。例如，可利用一馬達機構來將台移動至要成像之各目標部分。舉例而言，馬達機構可由一螺桿驅動器及步進馬達、具有回饋位置之線性驅動器或帶致動器及步進馬達形成。

【0038】 照明光學件301a可包含用於調節且塑形入射光束之任何適宜元件。舉例而言，照明光學件301a可包含用於設定數值孔徑(NA)、光點大小、偏振或額外波前控制(例如，312)之組件(諸如偏振器、波板、孔徑、空間光調變器等)。系統300亦可包含用於進一步導引照明光束之一或多個分束器或鏡(例如，326)以及用於將入射光束301b聚焦於標線片平面302處之樣品M之一目標上之一物鏡314。物鏡314可經組態以具有一相對高NA(諸如大於0.8)。

【0039】 為達成不同空間相干性及相關聯之入射角，系統300可包含用於組態照明光瞳之不同空間部分以透射或反射照明之一照明光瞳濾波

器(例如，312)。在所繪示之實例中，濾波器312可經調整使得照明整個光瞳。若照明填充物鏡之光瞳，則 σ 等於1。參數 σ 係用光填充之照明孔徑之分數之一測量。

【0040】 回應於入射光束，接著，自目標反射、透射、繞射及/或散射一輸出光束。在某些實施例中，透射及/或反射收集側可用於缺陷偵測，判定各種膜或基板特性，以及判定光罩之相對相位，如下文進一步所描述。如所示，所描繪系統300包含透射收集光學件303a及反射收集光學件303b。穿過遮罩M透射之輻射係通過光學元件303a之一集合導引至一感測器304a上。在反射側上，光學元件(例如，透鏡314及分束器326)將經反射輻射導引至感測器304b上。收集光學件303a及303b可包含用於調節、塑形及投影對應輸出光束之任何組件(諸如管透鏡、孔徑、視場光闌、空間光調變器、偏振光學件(例如檢偏片及波板)等)。

【0041】 在所繪示實例中，穿過遮罩透射之輻射係由一偵測器陣列304a收集，使得陣列上之各位置對應於一特定入射角(AOI)。類似地，自遮罩M反射之輻射可由偵測器陣列304b收集，使得陣列上之各位置對應於一特定AOI。偵測器陣列304a/b通常經定位於標線片表面之傅立葉變換平面中。例如，各偵測器可經共軛至物鏡316/314之後光瞳平面。適宜感測器包含電荷耦合器件(CCD)陣列或攝影機、延時積分(TDI)感測器陣列或攝影機、CMOS或NMOS感測器陣列、其他二維感測器等。在替代實施例中，一一維CCD感測器、TDI感測器或光電倍增管可用於針對不同參數(諸如不同入射角(AOI))一次一個地依序收集多個測量值。系統可包含用於其他檢查/量測目的之額外感測器(諸如一光譜儀等)。

【0042】 可由一電腦系統323或更一般而言由一或多個信號處理器

件處理由各感測器(例如, 304a及/或304b)捕獲之信號, 該一或多個信號處理器件可各自包含經組態以將來自各感測器之類比信號轉換為數位信號以用於處理之一類比轉數位轉換器。電腦系統323通常具有耦合至輸入/輸出埠之一或多個處理器及經由適當匯流排或其他通信機構之一或多個記憶體。

【0043】 電腦系統323亦可包含用於提供使用者輸入(諸如改變焦距及其他配方參數)之一或多個輸入器件(例如鍵盤、滑鼠、操縱桿)。電腦系統323亦可經連接至用於控制例如一樣品位置(例如聚焦及掃描)之台及經連接至用於控制此等系統組件之其他參數及組態之其他系統組件。

【0044】 電腦系統323可經組態(例如, 利用程式化指令)以提供用於顯示所得強度值、影像、相位值及其他檢查/量測結果之一使用者介面(例如, 一電腦螢幕)。電腦系統323可經組態以偵測、計算及/或分析自反射及/或透射感測輻射光束之強度、相位及/或其他特性。電腦系統323可經組態(例如利用程式化指令)以提供用於顯示所得強度值、影像、相位值及其他檢查/量測特性之一使用者介面(例如, 在一電腦螢幕上)。在某些實施例中, 電腦系統323經組態以執行本文詳述之相位及振幅判定技術。

【0045】 因為可在一經特殊組態之電腦系統上實施此等資訊及程式指令, 所以此一系統包含用於執行本文中所描述之各種操作之程式指令/電腦程式碼(其等可儲存於一非暫時性電腦可讀媒體上)。機器可讀媒體之實例包含(但不限於): 磁性媒體, 諸如硬碟、快閃磁碟機及磁帶; 光學媒體, 諸如CD-ROM光碟; 磁光媒體, 諸如光碟; 及硬體器件, 其經特殊組態以儲存及執行程式指令, 諸如唯讀記憶體(ROM)器件及隨機存取記憶體(RAM)。程式指令之實例包含諸如由一編譯器產生之機器碼及含有可由

電腦使用一解譯器來執行之更高級代碼之檔案兩者。

【0046】 在某些實施例中，一標線片檢查器系統可經組態以判定相位。在一特定實施例中，一伯特蘭透鏡係用於成像一檢查顯微鏡之光瞳。伯特蘭透鏡可經插入於系統中以將光瞳平面中繼至感測器陣列。在無伯特蘭透鏡之情況下，標線片平面經成像至感測器陣列上。圖3B及圖3C提供經組態以實施根據本發明之一替代實施例之相位判定技術之一光罩檢查裝置350之一示意圖。此系統350可包含與上述系統300共用之一些組件。

【0047】 如所示，系統350包含用於產生一單色入射光束之一光源360，該單色入射光束藉由任何適當的照明組件(諸如透鏡361、分束器376及物鏡透鏡364)而經導引向遮罩M(303)。

【0048】 在正常反射模式中，輸出光係自遮罩M反射，通過物鏡364及分束器376返回，且接著藉由管透鏡366聚焦至感測器陣列354上。在此模式中，共軛平面352a及352b各別地經形成於遮罩M及可由一電腦系統373所處理之偵測器陣列354上。另外地，系統350包含照明光瞳平面362a及一相關聯成像光瞳362b，在照明光瞳平面362a處，通常放置一孔徑或其他組件。

【0049】 系統350包含一伯特蘭透鏡368，該伯特蘭透鏡368係可移動的，因此其可經插入於輸出光束路徑中。圖3B繪示正常反射模式，其中伯特蘭透鏡368經移動至輸出光束路徑之外部之一位置。在此模式中，在遮罩(352a)及偵測器陣列(352b)處形成共軛平面。在一相位模式中，伯特蘭透鏡368經移動至如圖3C中所示之輸出光束路徑中之一位置。在此相位模式中，定位伯特蘭透鏡368，以便導致在偵測器陣列354上形成一光瞳平面影像362c。

【0050】 在某些實施例中，用於檢查或特性化一光罩之一系統包含至少一個記憶體及至少一個處理器，該至少一個記憶體及該至少一個處理器經組態以執行本文中所描述之技術。一檢查系統之一項實例包含可自加利福尼亞州Milpitas的KLA-Tencor獲得之一特殊組態Teron™ 6XX DUV檢查系統，例如，可在該檢查系統中插入一伯特蘭透鏡。

【0051】 針對本文中描述之任何實施例，儘管使用一檢查工具簡化了標線片評估程序，但任何適宜檢查/量測工具可用於經由強度測量值來獲得光罩相移值。舉例而言，可使用以下工具之一或多者：一光束輪廓反射計(BPR)工具等。此等工具之任一者可包含一或多個人射及收集通道，此等入射及收集通道可操作以導致至少一個輻射光束照射於一標線片上，以便獲得目標之多個反射及/或透射測量值，用於判定針對此標線片之相位值。另外地，可利用利用反射或折射光學件(諸如用於物鏡)之一系統。

【0052】 圖4A係繪示根據本發明之一項實施例之一遮罩限定程序450之一流程圖。最初，在操作452中製造且限定具有至少一個PSM目標之一遮罩。可在進入製造設備之前，藉由任何適宜技術來預限定遮罩，且在不久之後再次進行。通常，遮罩被驗證無缺陷及顯著差異問題。在此預限定期間，亦可在新製造遮罩上測量相移相位，如本文中進一步描述。接著，遮罩可被用於一光微影程序中，以在操作454中製造一或多個晶圓。

【0053】 在任何適宜時間或觸發器處，遮罩可被轉移至操作456中之一檢查工具。例如，在製造一特定數目晶圓之後或在一特定時間段之後，遮罩可被轉移至用於缺陷偵測之缺陷檢查工具。在另一實例中，可在清潔之後觸發相移測量值。在操作456中，可自遮罩相移目標獲得相移測量值。其他檢查及/或量測程序(諸如缺陷偵測及CD測量)亦可在遮罩仍在

檢查工具中時被執行。在特定實施例中，緊接在執行缺陷檢查之前或之後，執行相移測量。

【0054】 接著，可判定遮罩是否在操作458中之規格內。例如，若發現任何顯著缺陷，則遮罩可被視為不在規格內。可藉由晶粒至晶粒、胞元至胞元或晶粒至資料庫結構之比較來發現缺陷，且若其等高於一預定臨限值，則任何所得差異經特性化為真正缺陷。

【0055】 若遮罩係在規格內，則遮罩可繼續用於操作454中，直至其再次經檢查且測量。若遮罩經判定不在規格內，則可在操作460中判定遮罩是否係可修復的。若遮罩係可修復的，則接著其可在操作462中修復。例如，可自遮罩添加或移除材料。亦可執行一清潔程序以移除顆粒缺陷。應注意，相移測量將亦宜在清潔程序之後執行。否則，若遮罩係不可修復的，則可能在操作464中丟棄遮罩。

【0056】 圖4B係繪示根據本發明之一第一實施例之用於判定針對一標線片之相位及振幅之一程序400之一流程圖。最初，在操作402中提供具有一相移部分及一非相移部分之一目標。例如，一目標可採取圖1之目標120之形式，其包含相移目標部分122a及非相移目標部分122b。

【0057】 在另一實例中，目標可具有呈圖2之基板凹部204之形式之一相移部分及呈非凹入基板部分208之形式之一非相移部分。術語「相移」係指與一「非相移」目標部分相比之具有一相對相移之一目標區域。在圖2之實例中，非凹入基板區域208將與基板凹部204之相位不同。在替代實例中，用於判定一遮罩上之相對相位之一目標可採取一平台及一非平台部分、一平台及凹入部分、具有不同高度之不同平台部分、具有不同深度之不同凹入部分或其等之任何組合之形式。

【0058】 在提供用於判定相位之一目標之後，接著，入射輻射可經導引向各目標部分，且接著在操作404中測量強度。例如，可藉由一檢查系統之輻射源(例如，系統350之360或一些其他類型之工具)而一次一個地照明圖1之各相移目標部分122a及非相移目標部分122b，且透射穿過各相移目標部分122a及非相移目標部分122b且自相移目標部分122a及非相移目標部分122b反射之輸出輻射可由此檢查系統之偵測器陣列354收集。可依據入射角(AOI)之變化而獲得測量值，或可針對各目標部分用不同照明組態作出多個測量值。

【0059】 通常，反射及透射輻射在各目標部分之膜堆疊(或相對於基板及空氣介面)內經歷多個反射，且此反射及透射展現干涉效應。在一實施方案中，經反射及經透射強度可在由物鏡之數值孔徑允許之所有角度處獲得。即，照明濾波器362經設定以導致照明填充物鏡光瞳(σ 等於1)之光瞳。不同角度之反射或透射映射至物鏡之光瞳中之不同位置。例如，相移目標部分(例如，122a)之強度相對於在非相移目標部分(例如，122b)上之其等對應部分來測量。

【0060】 可準確地計算一理想化平面結構之經反射及經透射場，例如如J. E. Sipe於J. Opt. Soc. Am. B, 第4卷，第四號，第481頁, 1987年4月之「New Green-function formalism for surface optics」中所描述，該文獻以引用的方式併入本文中用於判定用於一平面結構之經反射及經透射強度。可使用一計算器來計算相移及非相移目標部分之相對強度，該計算器類似於上文參考Sipe之文獻中所描述之技術，用於膜堆疊之一給定組參數。針對圖1之所繪示之膜堆疊122a，用於模型之輸入之參數將包含各層厚度 h_1 及 h_2 、氧化層或鈍化層128之折射率及衰減相移層126之複折射率。

【0061】 再次參考所繪示程序，在操作406中，一膜堆疊之一或多

個結構參數可經調整為至用於判定依據入射光束之參數(諸如AOI等)而變化之強度之一模型之輸入。接著，其可判定測量值是否與操作408中之模型輸出匹配。基於任何適宜準則或匹配/接近度之測量值，可重複變化模型之參數(例如，經預定與經測量強度之間之差之平方和被最小化)，直至存在一接近匹配。可使用一準牛頓算法或其他算法(諸如高斯牛頓、共軛梯度、最陡下降、萊文貝格馬奎特(Levenburg Marquardt)、模擬退火及/或遺傳算法)來進行針對膜堆疊之最佳參數之搜尋。

【0062】 一旦完成最佳化，接著可在操作412中使用來自經最終調整模型之經最佳化結構參數來計算相移目標部分之透射場之相移。例如，可使用上文參考Sipe參考中所描述之電磁波理論之一模型來判定相位，該模型包含模擬透射穿過一結構之入射光，與非相移部分相比，該結構具有經判定結構化參數值(例如， h_1 、 h_2)及用於膜堆疊目標部分之折射率，導致用於遮罩之一相移值。在操作412中，亦可報告且儲存用於膜堆疊之相移及振幅值。接著，可結束程序。

【0063】 雖然在膜堆疊實施例中不必測量經反射(R)及透射(T)輻射兩者，但測量R及T光兩者提供一些益處。R及T兩者取決於AOI、膜材料及膜厚度。因此，R及T測量促進判定膜光學性質及厚度。在往返傳播穿過膜時光不會過度衰減之情況中，R含有關於膜厚度及其光學性質之資訊。在往返傳播穿過膜時光過度衰減之情況中，R僅含有關於膜材料之光學性質之資訊。在裸基板(熔融矽石)上，R係約4%，而非零，且基板之光學性質係眾所周知的。因此，來自基板之4%測量值可用於校準膜上之R測量值。

【0064】 在一第二實施例中，各量測目標可包含至少三個部分：其

中移除相移層之一區域(122a)；其中相移層係完整的之一區域(122b)；及其中一週期性圖案(一陣列圖案)經蝕刻於層中之一區域。圖5A係根據本發明之一第二實施例之一週期性目標部分122c之一示意圖，其可結合相移膜堆疊及裸基板部分(例如，圖1)來測量。替代地，目標可僅具有一光柵及一裸基板部分。量測目標之各部分大於遮罩上照明之場，且完全含有經照明場。例如，各部分之範圍可為 $200\text{ }\mu\text{m} \times 200\text{ }\mu\text{m}$ 。

【0065】 在一較佳實施例中，陣列圖案係一線光柵，如圖5A中所示。亦可替代地使用其他陣列圖案及形狀(諸如孔或柱之一陣列)。具有相同或不同結構化參數(例如，不同間距、工作循環或尺寸)之多個陣列亦可用於改良相位測量值之準確度。例如，可使用兩個或三個光柵。陣列亦可為孔或柱之一二維陣列或蝕刻於一相移材料中之其他形狀。

【0066】 如所示，光柵部分可包括複數個線部分，該複數個線部分具有形成於透明基板104上方之衰減/相移層部分526a至526c及氧化/鈍化層部分528a至528c。類似於其他目標部分，空氣130亦可存在，且在光學模型中考慮。

【0067】 在此第二實施例中，通常可藉由實質上單色光而照明遮罩，且更特定言之，以便測量光微影系統之相同單色波長處之相移。照明之分數帶寬可例如為小於百分之一。在一較佳實施例中，導引向光柵目標部分之照明之空間相干性係高的，例如， $\sigma \leq 0.25$ 。

【0068】 在替代實施例中， σ 可經設定為任何適宜數目(諸如如第一實施例般等於1)。另外地，可針對不同目標部分來實施不同照明組態。在一項實例中，單色輻射經導引於所有目標部分，同時針對光柵($\sigma \leq 0.25$)對膜堆疊/基板目標部分($\sigma = 1$)使用不同空間相干性值。

【0069】 圖5B展示自一光柵目標部分之一光瞳平面中收集之影像之一實例，該光柵目標部分係呈蝕刻於矽石基板上之一MoSi膜中之一線光柵之形式。在此實例中，光柵之工作循環係50%，且間距 p 之遮罩刻度係320 nm(在4倍減少光微影中晶圓刻度為80 nm)。中心中之點係第0個繞射級，而兩側葉片係自第+1及第-1繞射級之強度。總之，針對一相移光柵目標，可在光瞳平面中成像繞射級-1、0、+1。亦可測量兩個或更多個光柵以改良結果。

【0070】 圖6係繪示根據本發明之一第二實施例之用於判定相位及振幅之一程序之一流程圖600。在此實例中，在操作602中提供一相移光柵部分(例如，122c)、一相移層部分(例如，122a)及一非相移目標部分(諸如一裸基板(例如，122b))。

【0071】 接著，入射輻射可在操作604中經導引向光柵目標部分及自各經收集繞射級測量之強度。在一項實施例中，光柵及光瞳濾波器經調整及定尺寸以導致感測器上成像之繞射之第0、第+1及第-1級。系統及光柵可經配置或設定以成像更多繞射級(例如，第+2及第-2級)。在一個態樣中，光柵目標大於照明場，使得光柵目標完全含有此場，且照明空間相干性係相對小的。舉例而言，光柵 $200\text{ }\mu\text{m} \times 200\text{ }\mu\text{m}$ 。光柵間距經選擇，使得自用於一或多個選定級之結構散射之光不重疊且落入於量測系統之成像光瞳內。光柵間距 P 亦可經選擇，使得 λ/P 加照明NA小於或等於影像光瞳之NA。照明濾波器(例如，362)亦可經設定以導致小於或等於0.25之 σ 。

【0072】 在一項實施例中，光柵不依據AOI之變化而測量。在若干不同AOI(例如，高達7個AOI)處測量之所有繞射級處之強度經同時測量且依據與光柵相關之參數而變化來計算。在一項特定實施例中，調諧此等光

柵參數，使得所有強度值之間之總平方差被最小化。

【0073】 在此實施例中，在操作605中，入射輻射亦經導引向相移膜堆疊及非相移目標部分，且強度被測量。亦可依據針對各目標部分之入射角(AOI)而變化來獲得強度測量值。總之，可針對各目標類型(例如，若超過一個，則各光柵)、各AOI及各繞射級來獲得強度測量值。

【0074】 在此實施例中，因為強度取決於透射之量值|T|及相位 ϕ 兩者，所以可能測量透射之相位(ϕ)。儘管不係較佳技術，但可經由基爾霍夫(Kirchhoff)近似以一較簡單方式繪示此關係，其中一線光柵之繞射級之複雜振幅係：

【0075】

$$a_1 = 1 - (|T|e^{i\phi} - 1) \frac{w}{p}$$

【0076】

$$a_1 = (|T|e^{i\phi} - 1) \frac{1}{\pi} \sin(\frac{\pi w}{p})$$

方程式2

【0077】 其中 w 係光柵線寬度，且 p 係光柵間距。 T 係透射穿過待測試之膜堆疊之振幅，且係一複數。 $|T|$ 係量值，且 ϕ 係複數 T 值之相位(角度)。在一更準確實施例中，可藉由由更準確及複雜方法(諸如嚴格耦合波分析(RCWA))解決馬克士威(Maxwell)方程式而計算繞射級強度($|a_0|^2$ 及 $|a_1|^2$)。在一特定實例中，可使用可自加利福尼亞州(美國)Milpitas之KLA-Tencor公司獲得之正阻抗光微影(PROLITH)模擬軟體。通常，可藉由使用諸如以下之任何適宜技術而解決馬克士威方程式：有限差時域(FDTD)、有限元素方法(FEM)、邊界積分方法或頻譜元素方法。在此等技術中，相移 ϕ 不直接進入模型，但在判定來自經測量強度之目標之最佳化結構參數之後計算。

【0078】 類似於第一僅膜堆疊實施例，在操作606中，可將結構參數調整為至用於判定穿過一光柵及膜堆疊之強度之一模型之輸入，且接

著，其可在操作608中判定測量值是否與模型輸出匹配。通常，可藉由最小化同時針對所有入射角及繞射級之經測量與經計算強度值之間之差而調整且最佳化參數。繼續調整參數，直至模型結果與使用任何適宜接近度之測量之測量值匹配，之後接著，可基於來自操作412中之經調整模型之最佳化結構參數來判定且報告相移(以及用於相移層之振幅)，如上文所述。然而，可一起平均化由光柵及膜堆疊判定之相位結果。類似地，若使用超過一個光柵，則可一起平均化其等各別相位值。基於如上文所述之操作414中之此相移判定，亦可判定遮罩是否係有缺陷的、可修復的或可使用的。

【0079】 通常，可提供一數學模型，用於計算來自均勻膜及光柵目標部分之經透射及經反射輻射之情況之光瞳中之強度。數學模型具有可調整參數：厚度參數 h_1 及 h_2 、光柵線寬度 w 及衰減相移層之複折射率。選擇模型之可調節參數，使得最小化經計算及經測量繞射級之平方差之總和。總和取決於反射及透射模式，及目標部分(均勻膜、第一間距之光柵、第二間距之光柵等)。結構參數之最小化或最佳化可由一準牛頓或萊文貝格馬奎特算法執行。在獲得最佳參數之後，藉由計算透射穿過膜堆疊之場而判定相位，該模堆疊具有如自最終模型判定之最佳化厚度 h_1 及 h_2 。

【0080】 除了缺陷偵測及其他特性之測量之外，本發明之某些實施例允許藉由使標線片檢查工具亦能使用以測量相移而減少工具之數目及循環時間。由於遮罩不需要自工具至工具儘可能移動，故較少污染亦發生。污染之最小化係一期望目標，此係因為清潔以移除污染物之程序亦可導致遮罩之PSM區域中之一不期望的相移。事實上，清潔亦可變更一遮罩之相移。由於存在導致遮罩中之相移之許多源，故其對提供用於判定檢查工具

中之遮罩之相移之技術係有益的，該檢查工具已經緊密整合且用於光微影系統之檢查流程內。

【0081】 本發明不受限於上文所述之結構。可以各種組態及形狀(包含，例如，線、柵格、矩形、正方形、曲線、彎曲形狀、圓形、圓柱形、圓錐形或前述之組合)來組織包含於一目標中之結構。此結構之組態可經安置於目標內之各種位置處，且可描述關於入射於目標上之電磁輻射之各種角度。例如，該組結構可經組織為垂直於一準直組輻射線或目標上之一光束入射之傳播之方向之一組平行線。在另一情況中，組織為一組平行線之結構可相對於入射輻射成一銳角(可能成45度之一角度)安置。替代地，入射輻射可經導引為實質上平行於包括結構或界定結構之至少一些平行線。

【0082】 在任何上文所述實施例中，接著，可判定經測量或經判定相移或其他參數是否超出規格。若參數不係顯著的(大於預定值)，則可判定目標係在規格內。

【0083】 雖然已為了清楚理解而詳細描述本發明，但應瞭解，可在隨附申請專利範圍之範疇內實踐某些特定變更及修改。因此，所描述之實施例應被視為說明性而非限制性的，且本發明不應受限於本文中給定的細節，而應當由以下申請專利範圍及其全部等效範圍界定。

【符號說明】

【0084】

- 102 基板
- 104 透明基板
- 120 嵌入式相移遮罩(EPSM)部分/目標

122a	相移目標部分
122b	非相移目標部分
122c	週期性目標部分/相移光柵部分
126	衰減相移層
128	薄氧化層或鈍化層
130	空氣
202	透明基板
204	相移區域/基板凹部
206a	不透明部分
206b	不透明部分
206c	不透明部分
208	裸基板部分/非凹入基板部分/非凹入基板區域
300	光束輪廓系統
301a	照明光學件
301b	入射光束
302	標線片平面
303	光罩M/遮罩M
303a	透射收集光學件/光學元件
303b	反射收集光學件
304a	感測器/偵測器陣列
304b	感測器/偵測器陣列
310	輻射源
312	偏振或額外波前控制/照明光瞳濾波器

314	物鏡
316	物鏡
323	電腦系統
326	分束器或鏡
350	光罩檢查裝置/系統
352a	共軛平面/遮罩
352b	共軛平面/偵測器陣列
354	感測器陣列/偵測器陣列
360	光源
362a	照明光瞳平面
362b	成像光瞳
362c	光瞳平面影像
364	物鏡透鏡
366	管透鏡
368	伯特蘭透鏡
373	電腦系統
376	分束器
400	程序
402	操作
404	操作
406	操作
408	操作
412	操作

450	遮罩限定程序
452	操作
454	操作
456	操作
458	操作
460	操作
462	操作
464	操作
526a	衰減/相移層部分
526b	衰減/相移層部分
526c	衰減/相移層部分
528a	氧化/鈍化層部分
528b	氧化/鈍化層部分
528c	氧化/鈍化層部分
600	流程圖
602	操作
604	操作
605	操作
606	操作
608	操作
h_1	層厚度/結構化參數值/厚度參數
h_2	層厚度/結構化參數值/厚度參數
M	光罩/遮罩

t_1 厚度

t_2 厚度

【發明申請專利範圍】

【第1項】

一種判定具有一相移(phase-shift)目標之一光罩之一相移之方法，其包括：

使用一檢查(inspection)或量測系統，將一入射光束導引向該目標，該目標包括由經沈積於一基板上方之一相移層所形成之一第一部分及自其移除該相移層之一第二部分，其中該入射光束經導引向該目標之該第一部分及該第二部分中之每一者；

使用該檢查或量測系統，測量回應於該入射光束透射穿過該目標之該第一部分及該第二部分中之每一者之複數個第一強度值，其中在經中繼(relayed)至該檢查或量測系統之一光瞳平面(pupil plane)上之一或多個偵測器處測量該等第一強度值；

基於來自該目標之該第一部分及該第二部分中之每一者之該等第一強度值之測量來判定且儲存用於該目標之一相移值；

使用該檢查或量測系統，測量回應於該入射光束透射穿過該光罩之複數個第二強度值，其中在經成像至一光罩平面(photomask plane)上之該一或多個偵測器處測量該等第二強度值；及

基於該等第二強度值之測量來偵測缺陷。

【第2項】

如請求項1之方法，其中當在該第一部分及該第二部分中之每一者處導引此入射光束時，該目標之該第一部分及該第二部分各自具有用於完全填充該入射光束之照明場之一尺寸。

【第3項】

如請求項2之方法，其中該目標進一步包括由經蝕刻於該相移層中之一或多個光柵組成之一第三部分，且針對各成像繞射級(diffraction order)進一步獲得該等第一強度值。

【第4項】

如請求項3之方法，其中該第三部分包括兩個或更多個光柵。

【第5項】

如請求項3之方法，其中該一或多個光柵係由自該相移層蝕刻之複數個線形成。

【第6項】

如請求項3之方法，其中該一或多個光柵係由自該相移層蝕刻之孔或柱之一二維陣列形成。

【第7項】

如請求項1之方法，進一步包括：

測量回應於該入射光束而自該目標反射之複數個第一經反射強度值，其中該相移值係進一步基於該等第一經反射強度值；及

測量回應於該入射光束而自該光罩反射之複數個第二經反射強度值，其中偵測缺陷之操作係進一步基於該等第二經反射強度值。

【第8項】

如請求項1之方法，其中該等第一強度值係使用一伯特蘭(Bertrand)透鏡自該光瞳平面處之一光瞳影像獲得，回應於在量測該等第一強度值之操作期間之該入射光束將該伯特蘭透鏡插入於透射穿過該目標之一輸出光束之一路徑及在量測該等第二強度值之操作期間自該輸出光束移除該伯特蘭透鏡。

【第9項】

如請求項8之方法，其中該檢查或量測系統係一標線片 (reticle) 檢查系統。

【第10項】

如請求項9之方法，其中該標線片檢查系統包括一物鏡，自該物鏡之該光瞳平面處之一光瞳影像獲得該等第一強度值。

【第11項】

如請求項10之方法，其中該物鏡係一反射或折射元件。

【第12項】

如請求項1之方法，其中藉由調整用於計算強度值之一模型之複數個參數來判定該相移，直至此經計算強度值與該等第一強度值之間之一差被最小化，且接著使用該模型以基於用於該等模型參數之最終值來判定該相移。

【第13項】

一種用於判定具有一相移目標之一光罩之一相移之系統，該相移目標包括由經沈積於一基板上方之一相移層所形成之一第一部分及自其移除該相移層之一第二部分，該系統包括：

照明光學件，用於將一入射光束導引向該光罩及該目標之該第一部分及該第二部分中之每一者；

具有一或多個偵測器之收集光學件，回應於該入射光束，用於測量透射穿過該目標之該第一部分及該第二部分中之每一者之複數個第一強度值及測量透射穿過該光罩之複數個第二強度值；及

一控制器，其經組態以：

基於該等第一強度值來判定且儲存用於該目標之一相移值，其中在經中繼至該系統之一光瞳平面上之該一或多個偵測器處測量該等第一強度值；及

基於該等第二強度值之測量來偵測缺陷，其中在經成像至一光罩平面上之該一或多個偵測器處測量該等第二強度值。

【第14項】

如請求項13之系統，其中當在該第一部分及該第二部分中之每一者處導引此入射光束時，該目標之該第一部分及該第二部分各自具有用於完全填充該入射光束之該照明場之一尺寸。

【第15項】

如請求項14之系統，其中該目標進一步包括由經蝕刻於該相移層中之一或多個光柵組成之一第三部分，且針對各成像繞射級進一步獲得該等第一強度值。

【第16項】

如請求項15之系統，其中該第三部分包括兩個或更多個光柵。

【第17項】

如請求項15之系統，其中該一或多個光柵係由自該相移層蝕刻之複數個線形成。

【第18項】

如請求項15之系統，其中該一或多個光柵係由自該相移層蝕刻之孔或柱之一二維陣列形成。

【第19項】

如請求項13之系統，其中該控制器經進一步組態以致使下列操作：

測量回應於該入射光束而自該目標反射之複數個第一經反射強度值，其中該相移值係進一步基於該等第一經反射強度值；及

測量回應於該入射光束而自該光罩反射之複數個第二經反射強度值，其中偵測缺陷之操作係進一步基於該等第二經反射強度值。

【第20項】

如請求項13之系統，其進一步包括一伯特蘭透鏡，其中該等第一強度值係使用該伯特蘭透鏡自該光瞳平面處之一光瞳影像獲得，回應於在量測該等第一強度值之操作期間之該入射光束將該伯特蘭透鏡插入於透射穿過該目標之一輸出光束之一路徑及在量測該等第二強度值之操作期間自該輸出光束移除該伯特蘭透鏡。

【第21項】

如請求項20之系統，其中該系統係呈一標線片檢查系統之形式。

【第22項】

如請求項21之系統，其進一步包括一物鏡，自該物鏡之該光瞳平面處之一光瞳影像獲得該等第一強度值。

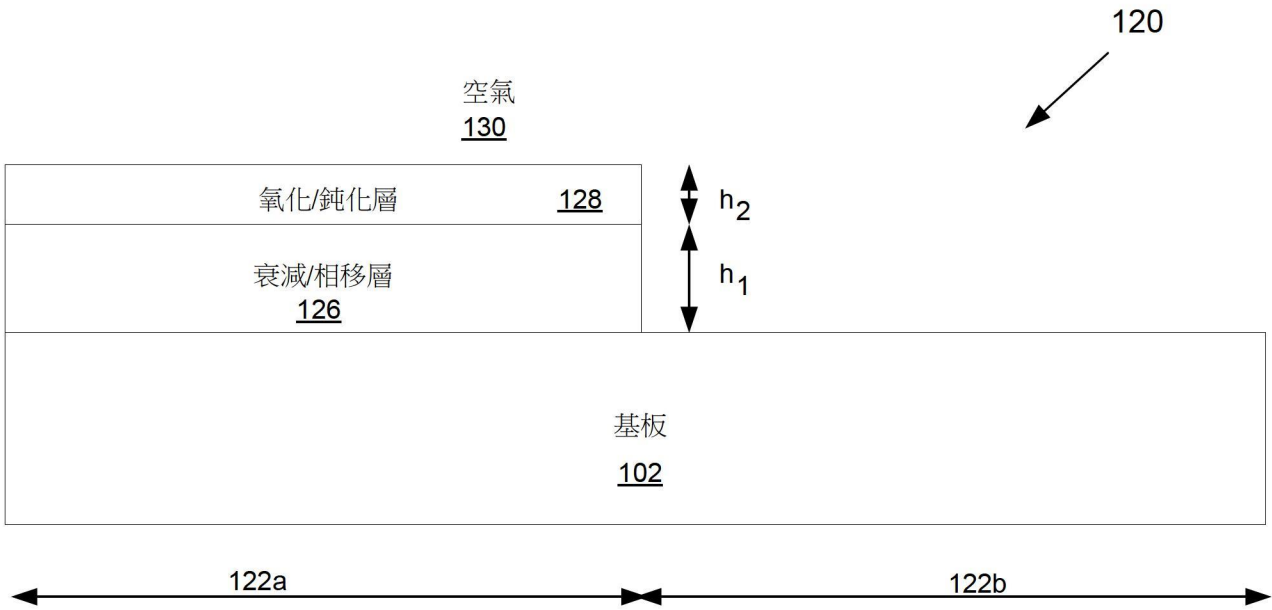
【第23項】

如請求項22之系統，其中該物鏡係一反射或折射元件。

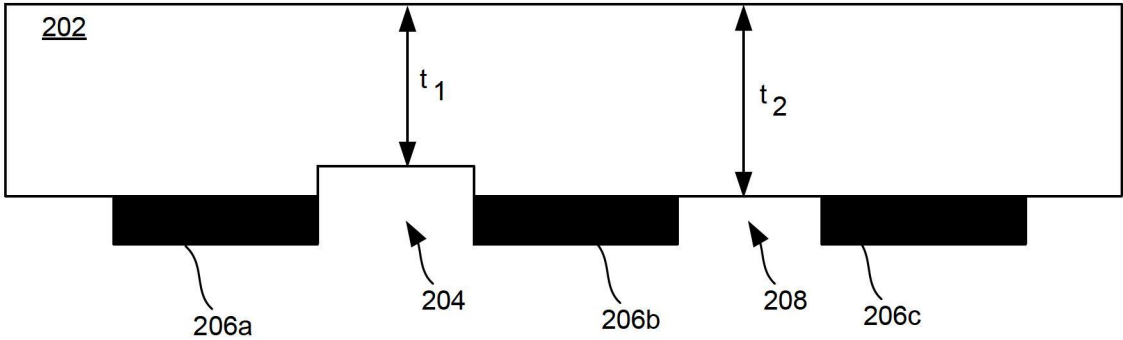
【第24項】

如請求項13之系統，其中藉由調整用於計算強度值之一模型之複數個參數來判定該相移，直至此經計算強度值與該等第一強度值之間之一差被最小化，且接著使用該模型以基於用於該模型參數之最終值來判定該相移。

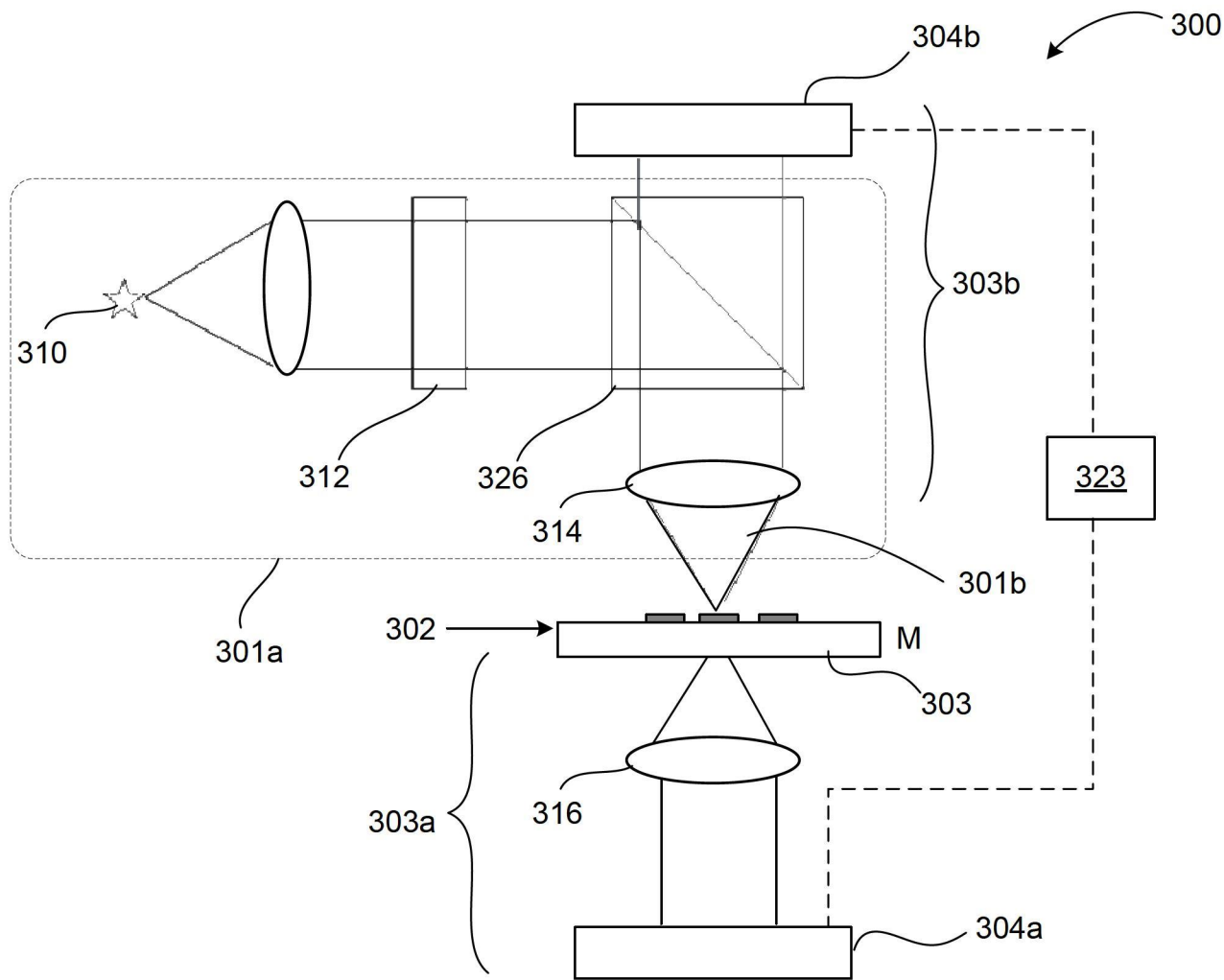
【發明圖式】



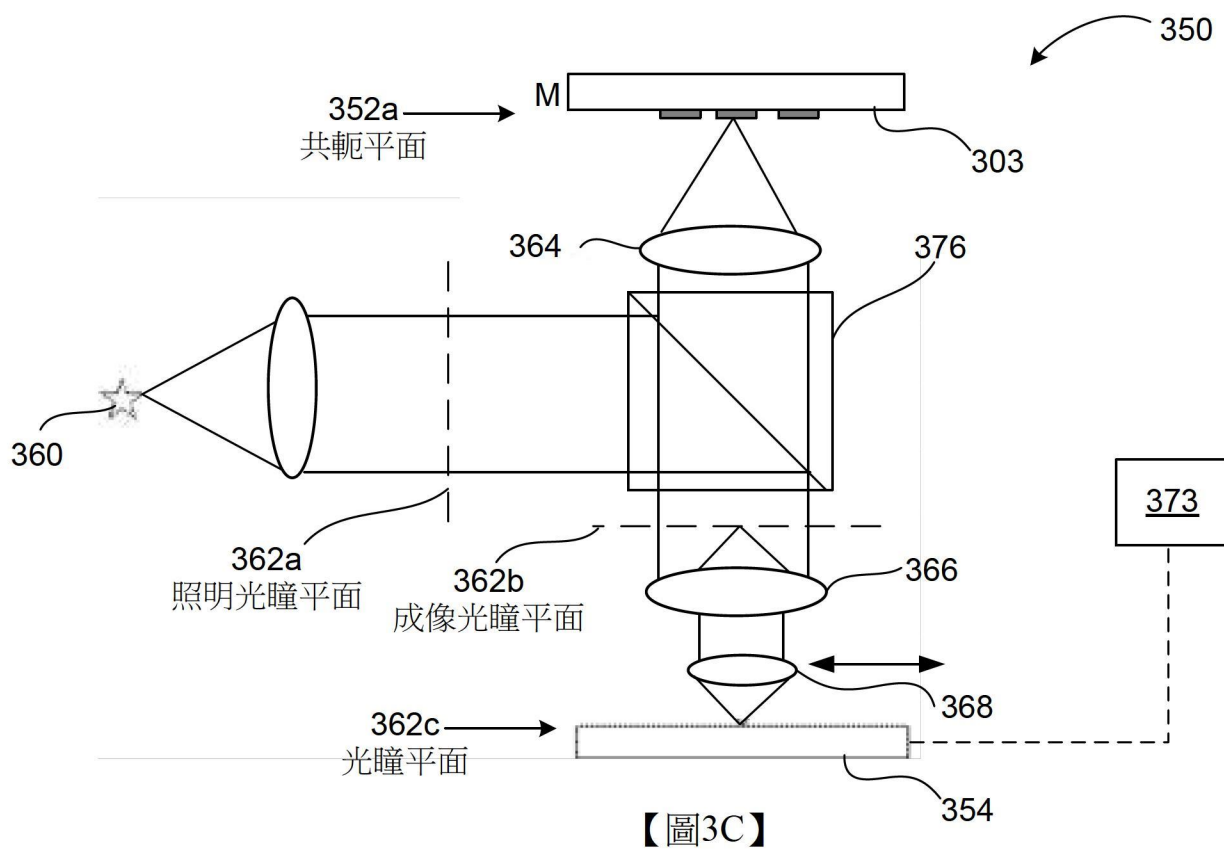
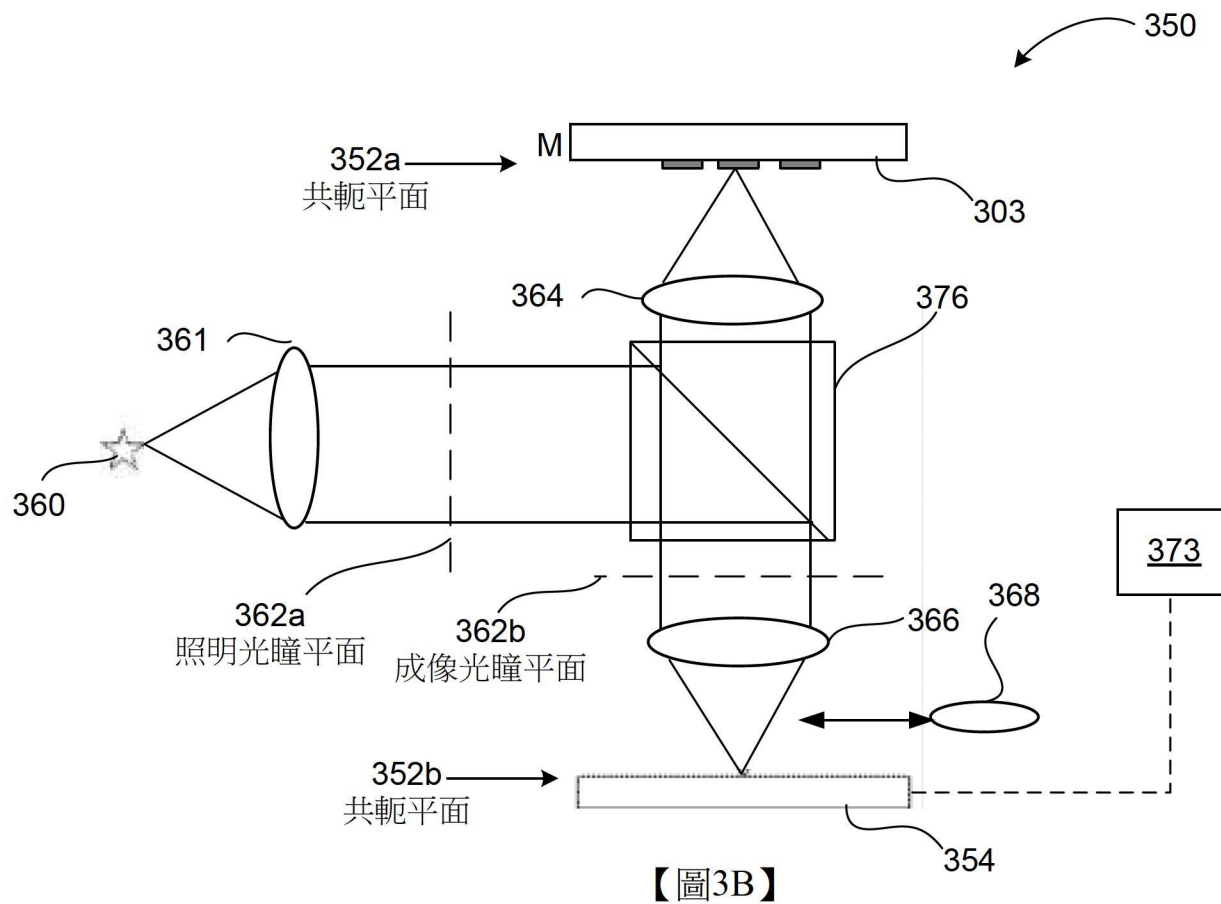
【圖1】

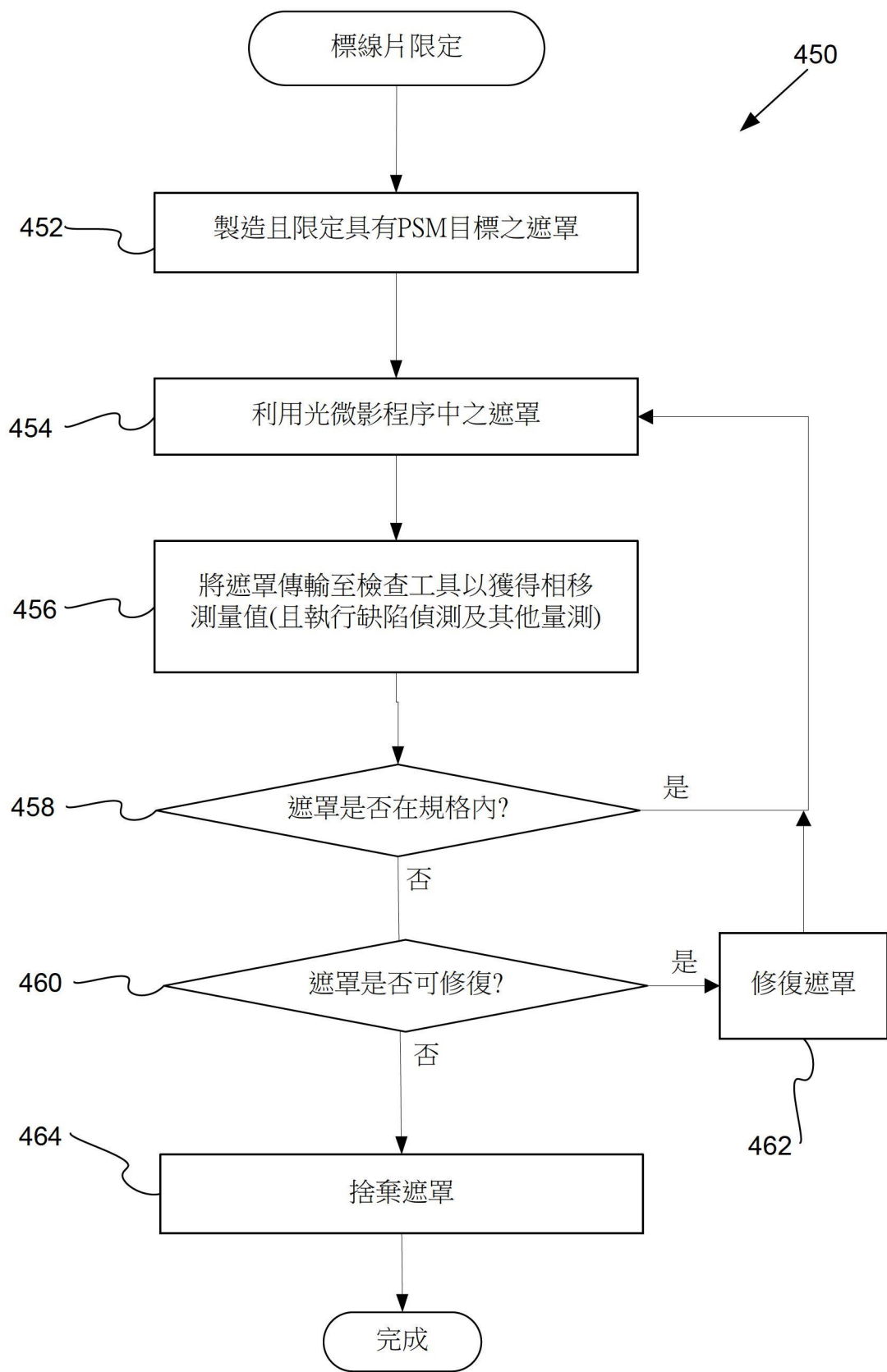


【圖2】

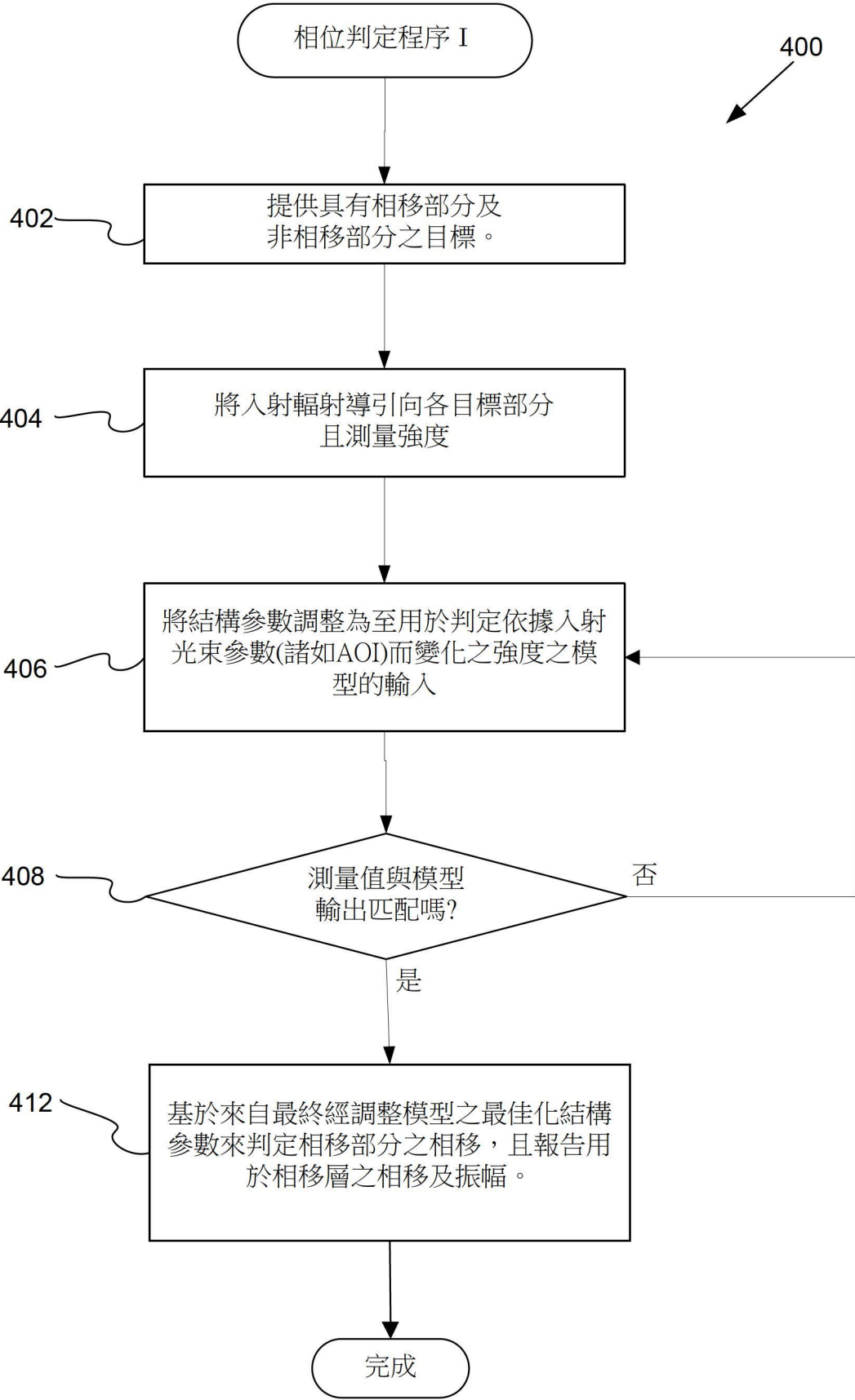


【圖3A】

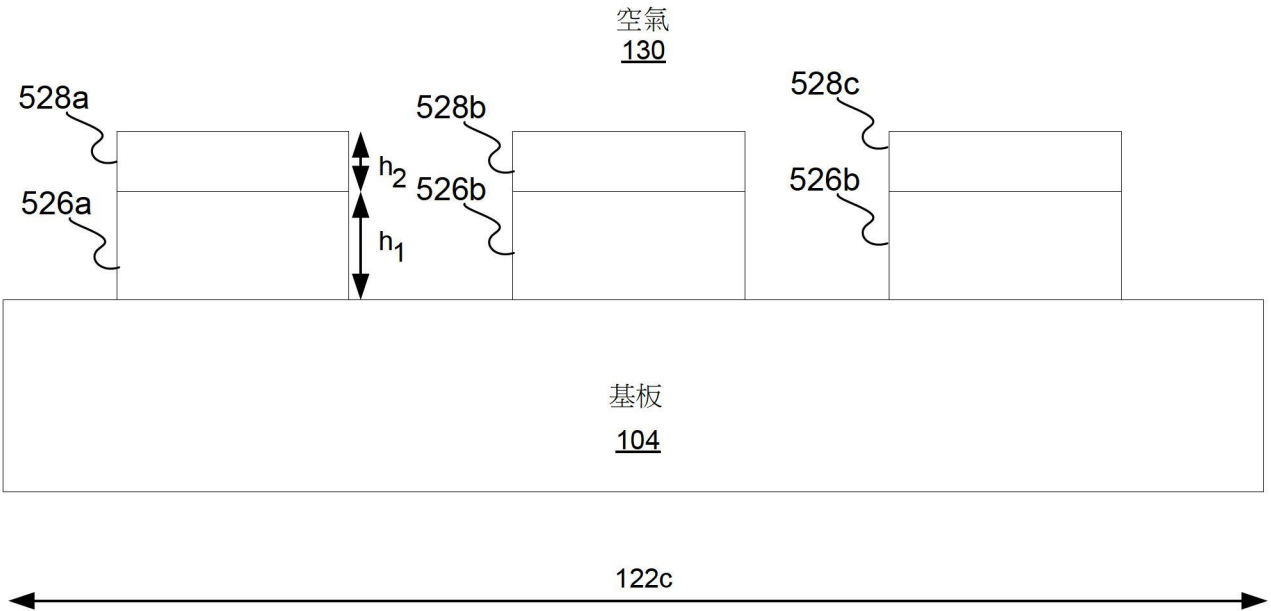




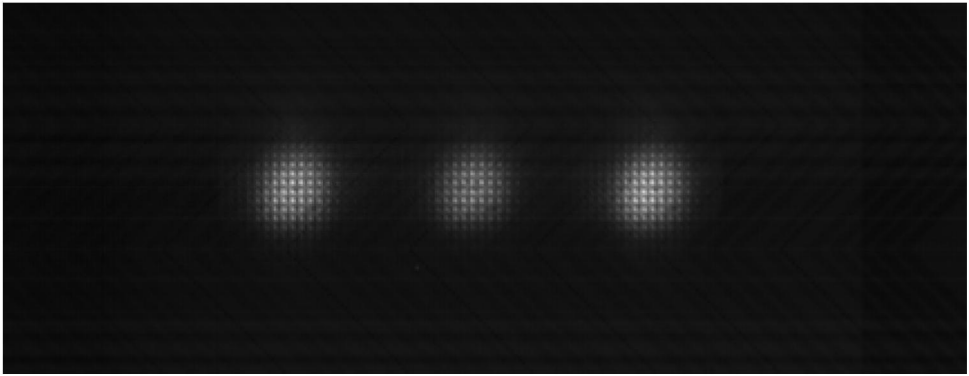
【圖4A】



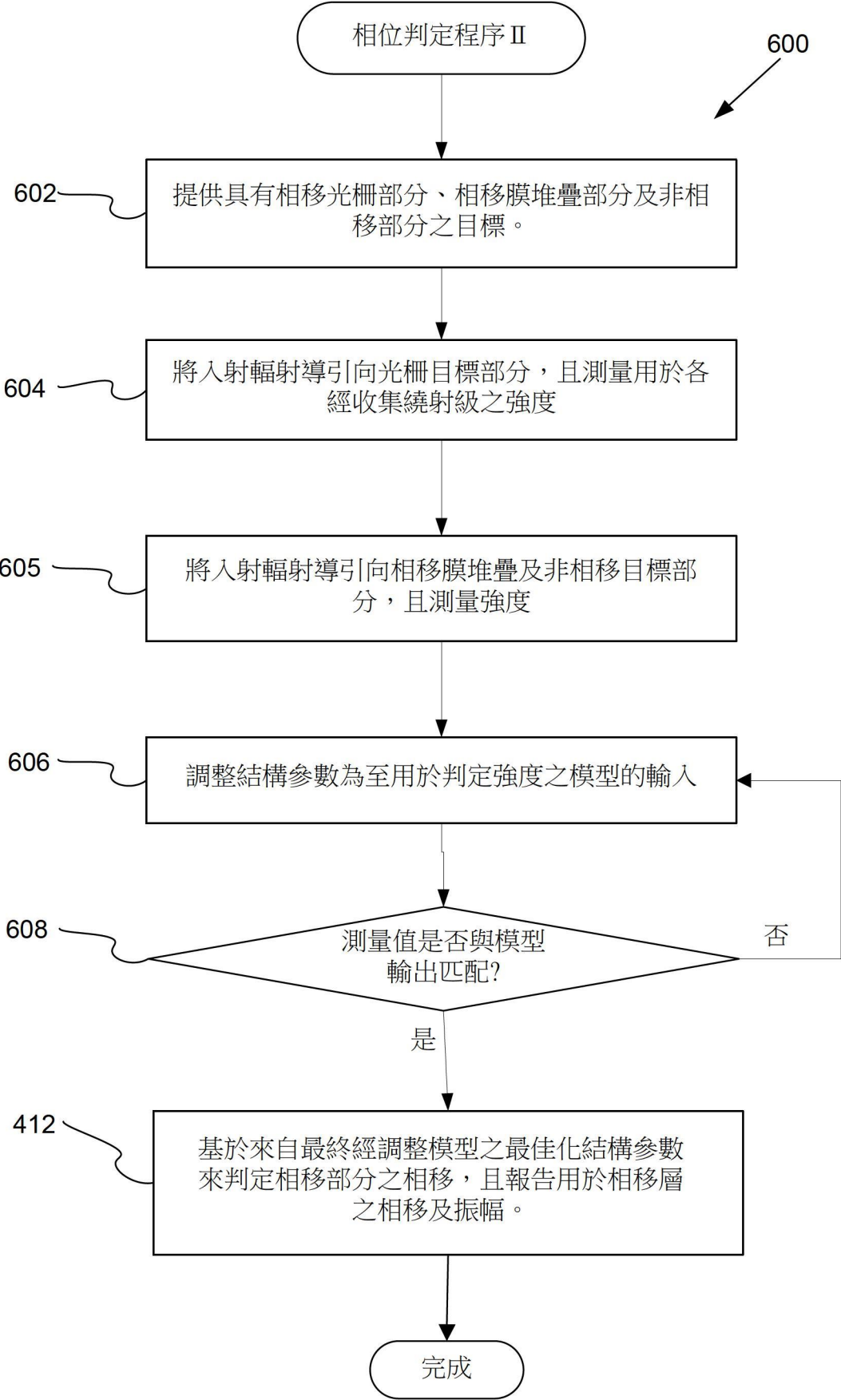
【圖4B】



【圖5A】



【圖5B】



【圖6】