



(21)申請案號：109118559 (22)申請日：中華民國 109 (2020) 年 06 月 03 日

(51)Int. Cl. : **G01N21/01 (2006.01)** **G01N21/47 (2006.01)**
G01N21/88 (2006.01) **G01N21/95 (2006.01)**
G03F1/22 (2012.01) **G03F1/84 (2012.01)**

(30)優先權：2019/06/03 美國 62/856,398
2020/05/27 美國 16/885,211

(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：朱斯金 蘿理莎 JUSCHKIN, LARISSA (DE)；茲古金 康士坦丁 TSIGUTKIN, KONSTANTIN (US)

(74)代理人：陳長文

(56)參考文獻：
TW 201837978A TW 201843491A

審查人員：林佑霖

申請專利範圍項數：27 項 圖式數：5 共 47 頁

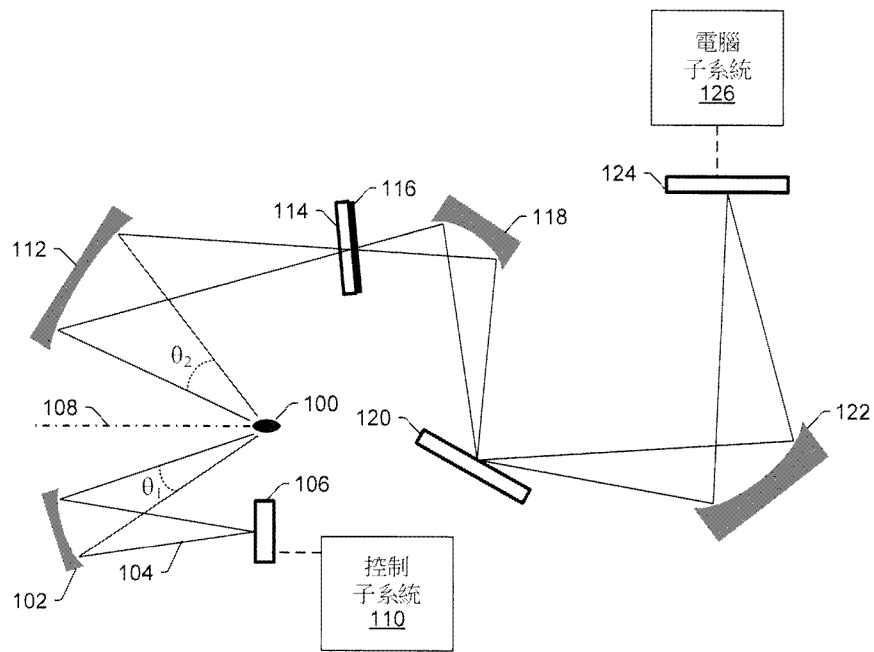
(54)名稱
判定在光學系統中的光之一或多個特性

(57)摘要

本發明提供用於判定一光學系統中的光之一或多個特性之方法及系統。一種系統包含(若干)第一偵測器，其經組態以一或多個第一角度偵測自一光源發射之具有短於 190 nm 之一或多個波長之光且回應於由該(等)第一偵測器偵測之該光而產生第一輸出，該一或多個第一角度與由一光學系統自該光源收集該光用於照射一樣本之一或多個第二角度互不相交。另外，該系統包含一控制子系統，其經組態以基於該第一輸出來判定該光學系統中一或多個平面處之該光之一或多個特性。

Methods and systems for determining one or more characteristics of light in an optical system are provided. One system includes first detector(s) configured to detect light having one or more wavelengths shorter than 190 nm emitted from a light source at one or more first angles mutually exclusive of one or more second angles at which the light is collected from the light source by an optical system for illumination of a specimen and to generate first output responsive to the light detected by the first detector(s). In addition, the system includes a control subsystem configured for determining one or more characteristics of the light at one or more planes in the optical system based on the first output.

指定代表圖：



【圖1】

符號簡單說明：

- 100:光源
- 102:第一光學元件
- 104:光
- 106:第一偵測器
- 108:對稱軸
- 110:控制子系統
- 112:光學元件
- 114:均質器
- 116:中間場平面
- 118:光學元件
- 120:樣本
- 122:光學元件
- 124:第二偵測器
- 126:電腦子系統
- θ_1 :第一角度
- θ_2 :第二角度



I828915

【發明摘要】

【中文發明名稱】

判定在光學系統中的光之一或多個特性

【英文發明名稱】

DETERMINING ONE OR MORE CHARACTERISTICS OF LIGHT
IN AN OPTICAL SYSTEM

【中文】

本發明提供用於判定一光學系統中的光之一或多個特性之方法及系統。一種系統包含(若干)第一偵測器，其經組態以一或多個第一角度偵測自一光源發射之具有短於190 nm之一或多個波長之光且回應於由該(等)第一偵測器偵測之該光而產生第一輸出，該一或多個第一角度與由一光學系統自該光源收集該光用於照射一樣本之一或多個第二角度互不相交。另外，該系統包含一控制子系統，其經組態以基於該第一輸出來判定該光學系統中一或多個平面處之該光之一或多個特性。

【英文】

Methods and systems for determining one or more characteristics of light in an optical system are provided. One system includes first detector(s) configured to detect light having one or more wavelengths shorter than 190 nm emitted from a light source at one or more first angles mutually exclusive of one or more second angles at which the light is collected from the light source by an optical system for illumination of a specimen and to generate first output responsive to the light detected by the first detector(s). In addition, the system includes a

control subsystem configured for determining one or more characteristics of the light at one or more planes in the optical system based on the first output.

【指定代表圖】

圖1

【代表圖之符號簡單說明】

100:光源

102:第一光學元件

104:光

106:第一偵測器

108:對稱軸

110:控制子系統

112:光學元件

114:均質器

116:中間場平面

118:光學元件

120:樣本

122:光學元件

124:第二偵測器

126:電腦子系統

θ_1 :第一角度

θ_2 :第二角度

【發明說明書】

【中文發明名稱】

判定在光學系統中的光之一或多個特性

【英文發明名稱】

DETERMINING ONE OR MORE CHARACTERISTICS OF LIGHT
IN AN OPTICAL SYSTEM

【技術領域】

【0001】 本發明大體上係關於用於判定一光學系統中的光之一或多個特性之方法及系統。

【先前技術】

【0002】 以下描述及實例不因其包含於本節中而被承認為先前技術。

【0003】 製造諸如邏輯及記憶體裝置之半導體裝置通常包含使用大量半導體製程處理諸如一半導體晶圓之一基板以形成半導體裝置之各種特徵及多個層級。例如，微影係涉及將一圖案自一光罩轉印至配置於一半導體晶圓上之一光阻劑之一半導體製程。半導體製程之額外實例包含(但不限於)化學機械拋光(CMP)、蝕刻、沈積及離子植入。多個半導體裝置可依一配置製造於一單一半導體晶圓上且接著分離成個別半導體裝置。

【0004】 隨著193 nm浸潤式微影之效能達到其極限且由於與多圖案化微影程序相關聯之實質上高成本及良率問題，極紫外(EUV)微影已得到廣泛發展且用於下一代微影(NGL)技術以擴展摩爾定律以使電腦晶片更小、更快及更高效。

【0005】 自一程序良率管理之視角看，EUV光罩之缺陷率控制(其

界定印刷於晶圓上之圖案)起到一至關重要作用。然而，其因缺少光化 EUV 光罩或高通量帶電粒子束檢測工具(其可以所需解析度檢測光罩)而被視為 EUV 微影發展之一高風險領域。儘管現在市場上存在提供相對較高速 度光化 EUV 圖案化遮罩檢測之一些產品，但由於與較長波長處之遮罩檢測 無關之諸多原因，此等檢測器相對複雜。

【0006】 EUV 遮罩上之幾何形狀需要具有相對較高影像保真度及實質上低偵測雜訊之檢測系統解析會引起以 EUV 微影由此等遮罩製造之積體 電路效能降級之缺陷特徵。然而，歸因於實驗室(即，相對小型) EUV 輻 射源之短波長、高能光子及低輻射量(亮度)，EUV 光譜範圍對一檢測工具 之光學及系統設計提出諸多新挑戰。精確瞭解遮罩處照明場內之空間入射 強度分佈對檢測工具中之影像分析而言係必不可少的。

【0007】 用於 EUV 遮罩檢測之既有參考校正方法係基於以下程序之 一者。一些參考校正方法包含監測光瞳內一或若干位置處之空間整合源功 率。其他參考校正方法包含藉由使用照明光束路徑中之參考拾取使源成像 來監測二維源/照明亮度分佈。

【0008】 然而，先前使用之 EUV 參考校正方法及系統存在諸多缺 點。例如，空間整合源功率不提供關於照明強度之空間分佈變化之任何資 訊。當使用固有不穩定及抖動源工作時，僅監測源功率係不夠的。在另一 實例中，將拾取光學器件放置於照明光束路徑中在樣本處引入照明輪廓之 失真及不確定性。其亦減少可用於檢測之總光子通量。另外，與較長波長 系統不同，EUV 系統中無可用高效分束器，其使任何拾取光學器件組態複 雜化。

【0009】 因此，發展不具有上述一或多個缺點之用於判定一光學系

統中的光之一或多個特性之系統及/或方法將係有利的。

【發明內容】

【0010】 各種實施例之以下描述絕不應被解釋為限制隨附申請專利範圍之標的。

【0011】 一實施例係關於一種經組態以判定一光學系統中的光之一或多個特性之系統。該系統包含一或多個第一偵測器，該一或多個第一偵測器經組態以一或多個第一角度偵測自一光源發射之具有短於190 nm之一或多個波長之光且回應於由該一或多個第一偵測器偵測之該光而產生第一輸出，該一或多個第一角度與由一光學系統自該光源收集該光用於照射一樣本之一或多個第二角度互不相交。另外，該系統包含一控制子系統，其經組態以基於該第一輸出來判定該光學系統中一或多個平面處之該光之一或多個特性。該系統可如本文中所描述般進一步組態。

【0012】 另一實施例係關於一種經組態以判定一樣本之資訊之系統。該系統包含一光源，其經組態以產生具有短於190 nm之一或多個波長之光。該系統亦包含一或多個第一偵測器，其經組態以一或多個第一角度偵測自該光源發射之該光且回應於由該一或多個第一偵測器偵測之該光而產生第一輸出。另外，該系統包含一或多個第二光學元件，其經組態以與該一或多個第一角度互不相交之一或多個第二角度收集自該光源發射之該光、將以該一或多個第二角度收集之該光導引至一樣本及將該光自該樣本導引至一或多個第二偵測器，該一或多個第二偵測器經組態以回應於來自該樣本之該光而產生第二輸出。該系統進一步包含一電腦子系統，其經組態以基於該第二輸出來判定該樣本之資訊。該系統亦包含一控制子系統，其經組態以基於該第一輸出來判定以該一或多個第二角度收集之該光

之路徑中一或多個平面處之該光之一或多個特性且基於該一或多個判定特性來更改該光源之一或多個參數、該一或多個第二光學元件之一或多個參數、該一或多個第二偵測器之一或多個參數及由該電腦子系統用於判定該資訊之一或多個參數之至少一者。該系統可如本文中所描述般進一步組態。

【0013】 另一實施例係關於一種用於判定一光學系統中的光之一或多個特性之電腦實施方法。該方法包含使用一或多個第一偵測器來以一或多個第一角度偵測自一光源發射之具有短於 190 nm 之一或多個波長之光，該一或多個第一偵測器回應於由該一或多個第一偵測器偵測之該光而產生第一輸出。該一或多個第一角度與由一光學系統自該光源收集該光用於照射一樣本之一或多個第二角度互不相交。該方法亦包含基於該第一輸出來判定該光學系統中一或多個平面處之該光之一或多個特性。

【0014】 上述方法之各步驟可如本文中進一步所描述般執行。另外，上述方法可包含本文中所描述之任何其他(若干)方法之任何其他(若干)步驟。此外，上述方法可由本文中所描述之系統之任何者執行。

【0015】 一額外實施例係關於一種非暫時性電腦可讀媒體，其儲存程式指令，該等程式指令可在一電腦系統上執行以執行用於判定一光學系統中的光之一或多個特性之一電腦實施方法。該電腦實施方法包含上述方法之步驟。該電腦可讀媒體可如本文中所描述般進一步組態。該電腦實施方法之步驟可如本文中進一步所描述般執行。另外，該等程式指令可執行之該電腦實施方法可包含本文中所描述之任何其他(若干)方法之任何其他(若干)步驟。

【圖式簡單說明】

【0016】 將在閱讀以下詳細描述及參考附圖之後明白本發明之其他目的及優點，其中：

【0017】 圖1及圖4係繪示經組態以判定一光學系統中的光之一或多個特性之一系統之實施例之側視圖的示意圖；

【0018】 圖2係繪示經組態以判定一光學系統中的光之一或多個特性之一系統之一實施例之一透視圖的一示意圖。

【0019】 圖3包含由發明人產生之不同照明輪廓之實例，其展示判定本文中所描述之一光學系統中的光之一或多個特性之可行性；及

【0020】 圖5係繪示一非暫時性電腦可讀媒體之一實施例的一方塊圖，非暫時性電腦可讀媒體儲存可在一電腦系統上執行以執行本文中所描述之電腦實施方法之一或多者之程式指令。

【0021】 儘管本發明可接受各種修改及替代形式，但其特定實施例依舉例方式展示於圖式中且將在本文中詳細描述。然而，應瞭解，圖式及其詳細描述不旨在將本發明限制於所揭示之特定形式，而是相反地，本發明將涵蓋落於由隨附申請專利範圍界定之本發明之精神及範疇內之所有修改、等效物及替代物。

【實施方式】

【0022】 現轉至圖式，應注意，圖未按比例繪製。特定言之，圖之一些元件之比例經顯著放大以突顯元件之特性。亦應注意，圖未按相同比例繪製。可經類似組態之一個以上圖中所展示之元件已使用相同元件符號指示。除非本文中另有規定，否則所描述及展示之任何元件可包含任何適合市售元件。

【0023】 本文中所描述之實施例大體上係關於用於光學系統(諸如極

紫外(EUV)遮罩檢測系統)中之參考校正之方法及系統。儘管本文中相對於半導體光罩(或「倍縮光罩」)(尤其是用於EUV微影中之遮罩)之檢測描述一些實施例，但實施例不受限於此等用途。實施例為EUV遮罩檢測器提供之本文中所描述之優點亦將為本文中所描述之其他系統之優點。

【0024】 EUV遮罩上之幾何形狀需要具有實質上高影像保真度及實質上低偵測雜訊之檢測系統解析會引起一EUV掃描儀中由此等遮罩製造之積體電路效能降級之缺陷特徵。此等檢測工具較佳地以用於在掃描儀中使遮罩成像之相同波長操作。歸因於實驗室(即，相對小型) EUV輻射源之短波長、高能光子及相對較低輻射量(亮度)，EUV光譜範圍對一檢測工具之光學及系統設計提出諸多挑戰。精確瞭解遮罩處照明場內之入射強度之空間分佈對檢測工具中之影像分析而言係必不可少的。本文中所描述之實施例提供針對用於檢測一EUV遮罩之影像資料中之一光源之亮度不均勻性監測及校正照明場內之入射強度空間分佈(參考校正)之方式。另外，本文中所描述之實施例提供在光學器件及輻射源之成本或複雜性不同等增加之情況下提高影像保真度且因此提高一檢測系統之效能之一方式。

【0025】 一實施例係關於一種經組態以判定一光學系統中的光之一或多個特性之系統。在一實施例中，光係極紫外(EUV)光。在另一實施例中，光係真空紫外(VUV)光。在另一實施例中，光係軟X射線。例如，光可為具有約13.5 nm之一波長、約10 nm至約124 nm之一範圍內之一或多個波長或約5 nm至約30 nm之一範圍內之一或多個波長之EUV光、具有小於190 nm之一或多個波長之另一VUV光(意謂光學系統必須在一真空中操作以防止光由大氣吸收)或具有約0.12 nm至約5 nm之一波長之軟X射線。光源可包含能夠以此等波長之一或多者發射光之本技術中已知之任何適合

光源。此等光源包含(但不限於)雷射誘發電漿源、放電誘發電漿源、陰極/陽極型源等等。另外，本文中所描述之實施例可與將光發射至一相對較寬角範圍中之任何光源(例如基於電漿)(用於本文中進一步所描述之一或多個應用，例如檢測、度量、缺陷複查及微影)一起使用。

【0026】 系統包含一或多個第一偵測器，其經組態以一或多個第一角度偵測自一光源發射之具有短於190 nm之一或多個波長之光且回應於由一或多個第一偵測器偵測之光而產生第一輸出，一或多個第一角度與由一光學系統自光源收集光用於照射一樣本之一或多個第二角度互不相交。圖1展示經組態以判定一光學系統中的光之一或多個特性之一系統之一實施例。

【0027】 如圖1中所展示，系統可包含經組態以將來自光源100之光104導引(或成像)至(若干)第一偵測器106上之一或多個第一光學元件102。(若干)第一偵測器可經安裝於光源隔室(未展示)中。儘管一或多個第一光學元件102在圖1中經展示為一單一凹形反射光學元件，但實際上，(若干)第一光學元件102可包含反射及/或其他光學元件之任何適合數目及組態。另外，儘管(若干)第一偵測器106在圖1中經展示為一單一偵測器，但(若干)第一偵測器可包含任何適合數目個偵測器(例如1個偵測器、2個偵測器、3個偵測器等等)，其等之各者可具有相同或不同組態。若(若干)第一偵測器包含一個以上偵測器，則偵測器之各者可定位於相同影像平面中，但位於影像平面內之不同位置處以分別偵測導引至影像平面之光之各自不同部分。可基於(例如)成像平面中之照明場之尺寸、樣本之特性及(若干)第二偵測器之組態(其等所有如本文中進一步所描述)來判定一個以上第一偵測器之此等組態。

【0028】 在另一實施例中，一或多個第一偵測器包含一或多個二維(2D)偵測器。例如，一或多個第一偵測器可包含一或多個參考2D偵測器，諸如電荷耦合裝置(CCD攝影機)或時延積分(TDI)攝影機。依此方式，一或多個第一偵測器可偵測依據影像平面內之位置而變化之光。儘管2D偵測器可特別適合用於本文中所描述之實施例中，但亦可使用其他類型之偵測器。例如，若存在一已知且穩定照明輪廓/源影像，則可使用(若干)位置敏感偵測器代替一2D偵測器作為一或多個第一偵測器。

【0029】 (若干)偵測器亦可包含(若干)非成像偵測器或成像偵測器。若(若干)第一偵測器係(若干)非成像偵測器，則(若干)偵測器之各者可經組態以偵測光之某些特性(諸如強度)，但無法經組態以偵測依據成像平面內之位置而變化之特性。因而，由(若干)偵測器之各者產生之輸出可為信號或資料，但非影像信號或影像資料。在此等例項中，一電腦子系統(諸如電腦子系統126)可經組態以基於來自(若干)偵測器之非成像輸出之資訊來校正樣本之影像。然而，在其他例項中，(若干)偵測器可經組態為經組態以產生成像信號或影像資料之(若干)成像偵測器。因此，系統可經組態以依諸多方式產生本文中所描述之輸出及/或影像。

【0030】 儘管系統在圖1 (及本文中進一步所描述之其他圖)中展示為包含經組態以將來自光源之光導引至一或多個第一偵測器之一或多個第一光學元件，但系統可或可不包含一或多個第一光學元件。例如，在一簡化情況中(例如，在僅關注總功率時)，圖1中所展示之(若干)第一光學元件102可為偵測器本身或施加至一偵測器上之一光譜薄膜濾波器。若需要源成像，則一針孔攝影機可在短EUV/軟X射線波長範圍內表現得足夠好。因此，圖1中所展示之(若干)光學元件102無需為一反射鏡，而是可為一或

多個第一偵測器。

【0031】 參考信號以一角度收集於照明光束路徑外部。例如，如圖1中所展示，一或多個第一光學元件102以角度 θ_1 之一範圍收集自光源100發射之光，且自光源發射之光以角度 θ_2 之一範圍收集用於照射樣本120。因此，如圖1中可見，由(若干)第一偵測器106偵測之光以一或多個第一角度 θ_1 收集，一或多個第一角度 θ_1 在收集光用於照射樣本之一或多個第二角度 θ_2 外部。因此，本文中所描述之實施例利用自光源發射之光之相對較寬角展度，光源可以本文中所描述之波長產生光。另外，與先前用於EUV參考校正之系統及方法不同，本文中所描述之實施例經組態以由一偏離照明路徑影像重建透過照明光學器件觀看之一影像。

【0032】 在一實施例中，光源與一或多個第一偵測器之間的光之一光學路徑與光源與樣本之間的光之一光學路徑不空間重合。換言之，由(若干)第一偵測器偵測之光不沿相同於用於照射樣本之光之路徑行進，其不同於用於EUV參考校正之一些當前使用之系統及方法，其等選截經收集用於樣本照明之光之一部分。另外，在由一或多個第一偵測器偵測之光之路徑及用於照射樣本之光之路徑中無共同元件。例如，與為參考監測及校正目的而選截經收集用於照射樣本之光之一部分的當前使用之系統不同，在本文中所描述之實施例中，經偵測用於參考校正及監測之光不受將來自光源之光收集及導引至樣本之光學元件之任何者影響。因為涉及參考監測及校正之光學元件與涉及樣本照明之光學元件互不相交，所以本文中所描述之系統實施例中之光學元件之整體組態可比當前使用之系統及方法中之光學元件更簡單。

【0033】 在另一實施例中，光源經組態以同時以一或多個第一角度

及一或多個第二角度發射光。例如，本文中所描述之實施例特別適合於與同時以一相對較寬角範圍(例如，同時以至少(若干)第一角度及(若干)第二角度)發射光之光源一起使用。因此，實施例不包含在樣本之照射與參考監測及校正之間調變光之任何光學元件。特定言之，若光源以一相對較寬角範圍發射光，則由本文中所描述之實施例執行之參考校正及監測可使用所謂之「浪費」光，即，由光源發射但出於各種原因之任何者，不被收集用於樣本照明之光。因此，可在收集光且將其導引至樣本用於照明之同時收集及偵測用於參考監測及校正之光。

【0034】 在另一實施例中，一或多個第一偵測器經組態以一或多個第一角度偵測光，同時光學系統以一或多個第二角度收集光且將以一或多個第二角度收集之光導引至樣本用於照射樣本。例如，系統可經組態以即時(曝光至曝光或以掃描TDI模式)將光導引至一或多個第一偵測器上。依此方式，本文中所描述之實施例提供即時光源監測與TDI掃描之組合。另外，本文中所描述之實施例可經組態以在每次曝光期間量測樣本上之投影像素區域上之EUV劑量。

【0035】 在一些實施例中，一或多個第一角度及一或多個第二角度相對於光源之一對稱軸鏡像對稱。在其他實施例中，一或多個第一角度及一或多個第二角度不相對於光源之一對稱軸鏡像對稱。例如，如圖1中所展示，(若干)第一角度 θ_1 及(若干)第二角度 θ_2 可關於光源100之對稱軸108鏡像對稱。然而，(若干)第一角度及(若干)第二角度未必相對於軸線108鏡像對稱。例如，若(若干)第一角度及(若干)第二角度相對於光源之對稱軸鏡像對稱，則由本文中進一步所描述之控制子系統執行之步驟可比在(若干)第一角度及(若干)第二角度不鏡像對稱時更簡單。然而，可在由控制

子系統執行之(若干)步驟中考量(若干)第一角度及(若干)第二角度與對稱軸之間的任何空間關係。

【0036】圖2繪示經組態以判定一光學系統中的光之一或多個特性之一系統之另一實施例。在此實施例中，系統包含一或多個第一偵測器206，其經組態以一或多個第一角度(圖2中未展示)偵測自光源200發射之具有短於190 nm之一或多個波長之光且回應於由一或多個第一偵測器偵測之光而產生第一輸出，一或多個第一角度與由一光學系統(圖2中未展示)自光源收集光用於照射一樣本(圖2中未展示)之一或多個第二角度(圖2中未展示)互不相交。

【0037】系統之此實施例可或可不包含第一光學元件202及204。光學元件202自光源200以一或多個第一角度收集光且將光導引至光學元件204。系統可包含一孔隙(未展示)，其具有定位於光源與光學元件202之間的光路徑中之一濾波器，諸如 $\text{Si}_3\text{N}_4/\text{Zr}$ 濾波器(或在光化遮罩檢測或複查應用之情況中適合於13.5 nm波長之另一濾波器)。光學元件202可為一多層平面鏡。光學元件204將光導引至(若干)第一偵測器206。光學元件204可為一多層球面鏡。偵測器206可為具有一沈積 $\text{Ce:Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ (Ce:YAG)閃爍體或 $\text{Gd}_2\text{O}_2\text{S:Tb(P43)}$ 磷光體螢幕之一互補金屬氧化物半導體(CMOS)影像感測器或CCD攝影機。第一光學元件202及204及第一偵測器206可如本文中所描述般進一步組態。

【0038】圖2中所展示之元件之間的光學路徑長度(例如光源200與光學元件202之間的長度 L_1 、光學元件202與光學元件204之間的長度 L_2 及光學元件204與偵測器206之間的長度 L_3)可基於光源、光學元件及偵測器之組態判定。圖2中所展示之系統可包含本文中所描述之任何其他元件。

【0039】 在本文中進一步所描述之一些實施例中，系統可包含經組態以照射樣本且可能偵測來自樣本之光之元件。例如，圖1中所展示之系統之實施例可包含一或多個第二光學元件，其經組態以(若干)第二角度 θ_2 收集自光源100發射之光、將以(若干)第二角度收集之光導引至樣本120及將來自樣本之光導引至一或多個第二偵測器124，一或多個第二偵測器124經組態以回應於來自樣本之光而產生第二輸出。在圖1中所展示之實施例中，(若干)第二光學元件包含光學元件112、118及122及可能均質器114。光學元件112經組態以(若干)第二角度自光源100收集光且導引光穿過定位於中間場平面116處之選用均質器114而至光學元件118。光學元件118經組態以將由光學元件112收集且可能離開選用均質器114之光導引至樣本120。來自樣本120之光由光學元件122收集，光學元件122將來自樣本之光導引至一或多個第二偵測器124。

【0040】 儘管光學元件112、118及122之各者在圖1中展示為一單一凹形反射光學元件，但此等光學元件之各者可包含具有任何適合組態之任何適合數目個光學元件。選用均質器114亦可具有本技術中已知之任何適合組態。光學元件112自光源收集光之(若干)角度可取決於光源之特性、樣本之特性及樣本照明之目的而變動。另外，光學元件118將光導引至樣本120之(若干)角度可基於類似變數來變動。例如，若系統經組態用於其中將一圖案自樣本120轉印至另一樣本之微影，則系統可經組態以用光以不同於系統經組態用於樣本120之檢測、度量或缺陷複查時之角度之角度照射樣本120。此外，光學元件122自樣本120收集光且將光導引或成像至一或多個第二偵測器124之(若干)角度可取決於樣本及導引至樣本用於照明之光之特性(其將影響來自樣本之光之特性)及系統之組態(諸如將何種

光(例如散射、鏡面反射等等)導引至一或多個第二偵測器)而變動。由(若干)第二光學元件收集之來自樣本之光可包含散射光、鏡面反射光、繞射光等等或其等之一些組合。

【0041】 系統亦可包含經組態以引起光掃描樣本之一掃描子系統(未展示)。例如，系統可包含其上安置樣本120之一載台(未展示)。掃描子系統可包含任何適合機械及/或機器人總成(其包含載台)，其可經組態以移動樣本，使得光可掃描樣本。另外或替代地，系統可經組態使得一或多個第二光學元件對樣本執行一些光掃描。光可依任何適合方式掃描樣本。

【0042】 一或多個第二偵測器可包含本技術中已知之任何適合偵測器，其包含本文中所描述之偵測器。一般而言，一或多個第二偵測器可為(若干)成像偵測器(諸如CCD攝影機或TDI)，但亦可使用非成像偵測器。另外，儘管(若干)第二偵測器124在圖1中經展示為一單一偵測器，但(若干)第二偵測器可包含任何適合數目個偵測器(例如1個偵測器、2個偵測器、3個偵測器等等)，其等之各者可相同或不同組態。若(若干)第二偵測器包含一個以上偵測器，則偵測器之各者可定位於相同影像平面中，但位於影像平面內之不同位置處以分別偵測導引至影像平面之光之各自不同部分。可基於(例如)成像平面中之照明場之尺寸、樣本之特性及(若干)第二偵測器之組態來判定一個以上第二偵測器之此等組態。

【0043】 應注意，圖1及本文中進一步所描述之圖2及圖4經提供用於大體上繪示可包含於本文中所描述之系統實施例中之光學元件及偵測器之一些組態。顯然，本文中所描述之光學元件及偵測器組態可經更改以最佳化系統之效能，如設計一商業系統時通常所執行。另外，可使用一既有光學系統(例如，藉由將一或多個第一偵測器及本文中所描述之其他功能

添加至一既有光學系統)(諸如光化EUV圖案遮罩檢測工具ACTIS A150，其購自日本橫濱之Lasertec公司)來實施本文中所描述之系統。對於一些此等系統，本文中所描述之實施例可經提供為既有系統之選用功能(例如，及系統之其他功能)。替代地，本文中所描述之系統可「自頭開始」設計以提供一全新系統。

【0044】 系統亦包含一控制子系統，其經組態以基於第一輸出來判定光學系統中一或多個平面處之光之一或多個特性。因此，本文中所描述之實施例可使用以用於樣本照明之收集器立體角外部的一或多個角度捕獲之第一輸出(例如源影像)來預測光之一或多個特性(諸如光學系統之一光瞳及/或場處之光分佈)，其可使用第一輸出結合模型化及校準量測來執行。例如，如圖1中所展示，系統可包含耦合至(第一)第一偵測器106之控制子系統110。控制子系統可包含一或多個電腦子系統及可能本文中所描述之其他元件，諸如韌體、一伺服迴路及本技術中已知之任何其他適合控制器型元件。

【0045】 控制子系統110可依任何適合方式(例如，經由一或多個傳輸媒體，其可包含「有線」及/或「無線」傳輸媒體)耦合至一或多個第一偵測器，使得控制子系統可接收(例如)由(若干)第一偵測器產生之輸出、影像等等。控制子系統110可經組態以使用本文中所描述之(若干)第一偵測器之輸出、影像等等來執行諸多功能及執行本文中進一步所描述之任何其他功能。此控制子系統可如本文中所描述般進一步組態。

【0046】 控制子系統可包含經組態以執行控制子系統之一或多個功能(諸如判定光學系統中一或多個平面處之光之一或多個特性)之一或多個電腦子系統。控制子系統之一或多個電腦子系統(及本文中所描述之其他

電腦子系統)在本文中亦可指稱(若干)電腦系統。本文中所描述之(若干)電腦子系統或系統之各者可採用包含一個人電腦系統、影像電腦、大型電腦系統、工作站、網路設備、網際網路設備或其他裝置之各種形式。一般言之，術語「電腦系統」可經廣義界定為涵蓋具有執行來自一記憶體媒體之指令之一或多個處理器之任何裝置。(若干)電腦子系統或系統亦可包含本技術中已知之任何適合處理器，諸如一平行處理器。另外，(若干)電腦子系統或系統可包含具有高速處理及軟體之一電腦平台作為一分立或一網路工具。

【0047】 若系統包含一個以上電腦子系統，則不同電腦子系統可彼此耦合，使得影像、資料、資訊、指令等等可發送於電腦子系統之間，如本文中進一步所描述。例如，控制子系統110之一電腦子系統可由任何適合傳輸媒體(未展示)耦合至電腦子系統126，傳輸媒體可包含本技術中已知之任何適合有線及/或無線傳輸媒體。此等電腦子系統之兩者或兩者以上亦可由一共用電腦可讀儲存媒體(未展示)有效耦合。

【0048】 在一些實施例中，控制子系統經組態以使用一層析成像技術及光學系統之一光學模型來判定光之一或多個特性。例如，第一輸出(例如一記錄2D源影像(投影))可用於藉由採用層析成像技術及光學系統對稱性來重建發射輻射之空間分佈。接著，電腦子系統可透過光學系統之光學模型傳播空間分佈以預測照明輪廓。依此方式，控制子系統可將參考偵測器信號((若干)第一偵測器輸出)映射至樣本，其可用於實質上快速補償照明場或系統中任何其他成像平面內之任何源誘發變動。依此方式，本文中所描述之實施例可採用層析成像演算法與一照明器之一光學模型之組合來校準及預測(監測)樣本強度分佈。

【0049】 在一些此等實施例中，來自源影像(即，由(若干)第一偵測器產生或使用由(若干)第一偵測器產生之輸出之影像)之照明映射可包含產生一源模型及/或校準一源模型。例如，一初始源模型可用於模擬將由(若干)第一偵測器偵測之影像(投影)。光源之影像亦可在實驗中使用(若干)第一偵測器獲得。模擬及實驗獲取之影像可用於產生一源模型及/或設置或校準一既有源模型之一或多個參數，其可描述源之各種參數，諸如分佈(例如高斯)及各種源尺寸(諸如直徑、長度等等)。接著，所產生或經校準之源模型可用於將影像映射至光學系統中之一或多個平面，諸如一光瞳(用於均質器)或一場(用於臨界照明)。依此方式，控制子系統可將模型化及校準實驗之一組合用於映射產生。另外，在光源對稱之情況中，本文中所描述之映射將具有一唯一數學解，但在本文中所描述之實施例中，此對稱性不是必需的。

【0050】 在另一實施例中，一或多個特性包含樣本處之一照明場內之一空間入射強度分佈。例如，一或多個第一偵測器可捕獲光源之一影像(光源之電漿)。接著，控制子系統可經由運算將影像變換成場功率分佈。例如，控制子系統可使用自光學系統之源影像及傳遞矩陣(模型)獲得之一射線分佈函數來執行數值射線追蹤(映射)。特定言之，模擬光學系統之射線傳遞可包含將射線分佈輸入至光學系統中各光學元件之一ABCD射線傳遞矩陣中，其將輸出一射線分佈。接著，控制子系統可估計(預測)光學系統之場平面(樣本平面處之照明場)及/或光瞳平面處之強度分佈。在臨界照明之情況中，源影像係足夠的。對於其他照明方案，亦可取決於照明光學器件之設計選擇及複雜性而考量發射之角分佈之知識。角分佈經預期為更穩定的且可作為一校準之部分單獨量測(例如，使用本文中所描述之一或

多個校準偵測器執行)。另外，個別光學器件之振動及漂移會具有一影響且因此會被監測及考量(例如，作為傳遞矩陣之變動)。

【0051】 在另一實施例中，判定一或多個特性包含判定光源之三維(3D)空間入射強度分佈及自3D空間入射強度分佈判定樣本處之一或多個特性。例如，第一輸出(例如一記錄2D源影像(投影))可用於藉由採用層析成像技術及光學系統對稱性來重建3D中之發射輻射之空間分佈。接著，電腦子系統可透過檢測系統之光學模型傳播3D分佈以預測照明輪廓。依此方式，控制子系統可將參考偵測器信號((若干)第一偵測器輸出)映射至樣本，其可用於實質上快速補償照明場內之任何源誘發變動。

【0052】 在3D重建及一基於電漿之光源之情況中，可由控制子系統判定之一特性係回應於電漿如何移動之一特性。判定此等特性之一困難係光源之成像破壞一空間維度(深度)。減輕此困難之一解決方案係作出一旋轉對稱假定以使一空間尺寸變得不重要。接著，投影可為 $X \cdot \beta = y$ ，其中 X 係投影矩陣， β =係數(輪廓像素亮度)，且 y =偵測器平面中之影像。圖3包含由發明人產生之各種結果以繪示此3D重建。輪廓300係一人工測試輪廓(即，xy平面中之一模擬輪廓)。輪廓302係至一攝影機平面之一投影(5°偏軸)。換言之，輪廓302可由一或多個第一偵測器產生。鑑於該輪廓，控制子系統可藉由一技術(諸如線性最小平方最小化)來重建擬合輪廓304。依此方式，由一或多個第一偵測器產生之輸出可由控制子系統用於計算任何角度之光源之一或多個特性。

【0053】 在一額外實施例中，一或多個特性包含一或多個空間及時間特性。例如，本文中所描述之監測2D光源亮度分佈能夠校正照明輪廓在時間及空間域中之變動。特定言之，(若干)第一偵測器可在不同時間點

(無論間歇或連續)及在相對於照射樣本之不同時間點(例如在照射樣本之前、在照射樣本期間及/或在照射樣本之後)產生輸出。更具體而言，因為一或多個第一偵測器在不影響光學系統之效能之情況下回應於以(若干)第一角度收集之光而產生輸出，所以第一偵測器可產生回應於光源之時間及空間兩種特性之輸出。該組態使控制子系統能夠自第一輸出判定光源之(若干)空間及時間特性，其可接著用於判定光學系統之一或多個參數之空間及時間變化兩者，如本文中進一步所描述。

【0054】 在一些實施例中，控制子系統經組態以基於所判定之一或多個特性來更改光學系統之一或多個參數。例如，控制子系統110可包含韌體(未展示)及一伺服迴路(未展示)。韌體及伺服迴路可具有本技術中已知之任何適合組態，其適合於比較所判定之一或多個特性與所判定之一或多個特性之一預定值範圍且接著回應於此而更改光源、一或多個第二光學元件及/或一或多個第二偵測器之至少一者之一參數。在一此實施例中，一或多個判定特性可包含經運算場功率分佈，且控制子系統可經組態以藉由基於經運算場功率分佈自預期之任何變動對光學系統施加校正來更改光學系統之一或多個參數。

【0055】 由控制子系統更改之光學系統之(若干)參數可包含可引起光學系統中之一或多個平面處之光之(若干)特性改變之任何參數，其一些實例如本文中進一步所描述且其可取決於光學系統之組態而變動。可使用任何適合類型之控制迴路、演算法、方法、功能等等依任何適合方式(例如，經由實驗或理論上)判定光學系統之(若干)參數之更改。

【0056】 由控制子系統更改之光學系統之(若干)參數亦可包含使用光學系統之(若干)偵測器之輸出執行一功能或步驟之任何元件之任何參

數。例如，經更改之(若干)參數可包含一電腦子系統(例如圖1中所展示之電腦子系統126)之一或多個參數或由電腦子系統對由一或多個第二偵測器124產生之輸出執行之一方法、步驟、演算法、程序等等之一或多個參數。此(等)參數可包含經執行以針對光源之任何變動校正由(若干)第二偵測器產生之影像的影像處理之(若干)參數。在一此實例中，光之所判定之一或多個特性可為樣本平面處之光之亮度之空間及時間特性。若此(等)特性展示時間變化，則控制子系統可判定樣本影像之一或多個校正，其可在由電腦子系統執行之影像處理中作出以減輕時間變化對樣本影像之任何效應。因此，回應於(若干)判定特性而控制之光學系統之一或多個參數可為光學參數及/或影像處理參數。

【0057】 如本文中所描述般判定之資訊之任何者可用於監測及控制源條件(大小、位置、亮度等等)。針對此功能共用相同光學元件(例如(若干)第一偵測器及可能(若干)第一光學元件)及判定光學系統中之光之(若干)特性減少光學系統中所需之感測器及監測器之數目。另外，如本文中所描述，實施例可經組態以在每次曝光期間量測樣本上之投影像素區域上之EUV劑量。因此，本文中所描述之實施例可提供一或多個第二偵測器中之各像素(一TDI行中之各像素)之校正因數。一些EUV遮罩檢測系統使用多個偵測器(圖1中大體上展示為一或多個第二偵測器124)來使一遮罩上之若干子場成像(即，一第一偵測器使一第一子場成像，一第二偵測器使一第二子場成像，等等)。因此，在一些系統中，需要估計樣本上之若干子場之光分佈。由於本文中所描述之實施例可收集及偵測自光源以一相對較大角範圍發射之光且可預測光學系統中各個平面處之光之空間分佈，因此本文中所描述之實施例可提供由光學系統成像之樣本上之各個子場之各者

之像素級資訊。

【0058】 在另一實施例中，控制子系統經組態以將所判定之一或多個特性輸出至光學系統之一電腦子系統，且電腦子系統經組態以基於所判定之一或多個特性來更改光學系統之一或多個參數。例如，控制子系統本身未必判定光學系統之校正及/或更改。相反地，控制子系統可僅依任何適合方式且依任何適合格式將所判定之一或多個特性輸出至另一系統或方法(諸如電腦子系統126)，另一系統或方法基於所判定之一或多個特性來判定光學系統之一或多個參數之更改且基於該判定來更改一或多個參數。換言之，基於光之所判定之一或多個特性來控制光學系統可跨多個子系統(諸如控制子系統及一電腦子系統)分佈。然而，控制子系統亦可為電腦子系統之部分或反之亦然，使得一子系統既可判定光之(若干)特性且基於(若干)特性來更改光學系統之一或多個參數。電腦子系統可更改光學系統之一或多個參數，如本文中進一步所描述。

【0059】 在另一實施例中，系統亦包含經組態以偵測由光學系統以一或多個第二角度收集且導引至樣本之光之一或多個校準偵測器，且控制子系統經組態以基於由一或多個校準偵測器偵測之光來校準一或多個第一偵測器之輸出。例如，一或多個第一偵測器之輸出(例如一所獲得之2D映射)可藉由使樣本平面處之任何失真與(若干)第一偵測器輸出之任何失真相關聯來相對於樣本處之一單獨量測強度分佈校準。因此，本文中所描述之實施例與先前用於EUV參考校正之方法及系統之不同之處在於：本文中所描述之實施例可使用單獨獲得之源影像來監測及校準照明輪廓。

【0060】 (若干)校準偵測器可包含於系統中之樣本平面處。例如，圖1中所展示之樣本120可用一或多個校準偵測器(未展示)替換，例如藉由

用一或多個校準偵測器換出樣本。樣本及(若干)校準偵測器可依任何適合方式換出。因此，取決於照射樣本或(若干)校準偵測器，圖1中所展示之元件120可為一樣本或(若干)校準偵測器。(若干)校準偵測器可包含呈任何適合組態之本文中所描述之偵測器之任何者。例如，(若干)校準偵測器可包含定位於相同成像平面中之不同位置處之多個2D偵測器。(若干)校準偵測器輸出可用於使用本技術中已知之任何適合校準技術來校準第一輸出。

【0061】 依一類似方式，可用一參考(即，一基準)換出樣本。例如，系統可經組態以用具有有一些已知光學特性之一參考替換樣本120，參考可包含具有有一些已知反射、散射、繞射等等特性之材料、結構(未圖案化或經圖案化)等等。因此，當樣本由參考替換時，參考由圖1中之元件120表示。可依諸多方式使用由一或多個第二光學元件自參考收集且導引至一或多個第二偵測器124之光。例如，參考可包含可在一或多個第二偵測器處偵測用於光學系統對準目的之一或多個特徵。參考亦可包含使其適合用作一校準標準之一或多個材料或結構。依此方式，由一或多個第二偵測器自參考偵測之光可用於光學系統之校準，且亦可能用於一或多個第一光學元件、一或多個第一偵測器及控制子系統之校準。依此方式，可使用光學系統及參考監測及校正子系統兩者之參考來執行校準。

【0062】 在一些實施例中，系統包含一或多個額外第一偵測器，其經組態以與一或多個第一角度及一或多個第二角度互不相交之一或多個額外第一角度偵測自光源發射之光且回應於由一或多個額外第一偵測器偵測之光而產生額外第一輸出，且控制子系統經組態以基於第一輸出及額外第一輸出來判定一或多個平面處之光之一或多個特性。換言之，系統可包含一個以上組之參考校正光學器件，其等各經組態以偵測以不同於其他(若

干)組之參考校正光學器件且與收集光用於樣本照明之角度互不相交之角度發射之光。

【0063】圖4中展示一此實施例。在此實施例中，系統包含一或多個額外第一偵測器402，其經組態以與一或多個第一角度 θ_1 及一或多個第二角度 θ_2 互不相交之一或多個額外第一角度 θ'_1 偵測自光源100發射之光且回應於由一或多個額外第一偵測器偵測之光而產生額外第一輸出。如本文中進一步所描述，控制子系統110可耦合至一或多個額外第一偵測器402，使得控制子系統可接收由一或多個額外第一偵測器產生之輸出。額外參考校正光學器件可如本文中所描述般進一步組態。例如，如圖4中所展示，系統可包含一或多個額外第一光學元件400，其經組態以一或多個額外第一角度收集自光源100發射之光且將所收集之光導引至一或多個額外第一偵測器402。圖4中所展示之各元件可如本文中所描述般進一步組態。

【0064】控制子系統可經組態以基於第一輸出及額外第一輸出之組合來判定一或多個平面處之光之一或多個特性。例如，控制子系統可使用由(若干)第一偵測器及(若干)額外第一偵測器兩者量測之射線分佈作為光學系統中各光學元件之一ABCD射線傳遞矩陣之輸入，藉此在光學系統中之一或多個平面處輸出一射線分佈。可依一類似方式執行本文中所描述之其他計算，例如使用來自(若干)第一偵測器及(若干)額外第一偵測器兩者之輸出作為輸入。

【0065】(若干)第一偵測器及(若干)額外第一偵測器之輸出亦可或替代地單獨用於判定一或多個平面處之光之一或多個特性，且使用來自不同偵測器之輸出所判定之一或多個特性可具有相同特性或不同特性。例

如，來自(若干)第一偵測器之輸出可較適於判定一或多個平面處之光之一第一特性，且來自(若干)額外第一偵測器之輸出可較適於判定一或多個平面處不同於第一特性之一第二特性。依一類似方式，來自不同偵測器之輸出可幾乎適合於判定光學系統中之不同平面(例如一光瞳平面對一照明平面)處之光之相同或不同特性。此外，由不同偵測器產生之輸出可由控制子系統單獨用於判定光學系統中一平面處之光之一或多個特性，且接著可依某種方式組合單獨判定之特性以判定平面處之光之另一特性。一般而言，單獨偵測自光源以不同發射角發射之光可增加及/或改良可自偵測器之輸出判定之關於光學系統中之光之資訊。

【0066】 在一些例項中，系統亦可包含一或多個其他光學元件(未展示)及/或一或多個其他偵測器(未展示)，其等經組態以偵測由一或多個第二光學元件收集之光之一部分。例如，系統可包含定位於中間影像平面116處之一選截鏡(未展示)，其經組態以將中間影像平面處之光之一相對較小部分反射出照明路徑而至經組態以偵測光之一或多個其他光學元件及/或一或多個其他偵測器。其他光學元件及其他偵測器可具有本技術中已知之任何適合組態，其一些實例如Kohyama等人之美國專利公開申請案第2018/0276812號(及2017年12月20日公開之對應日本專利第6249513號)中所描述，該案以宛如全文闡述引用的方式併入本文中。本文中所描述之實施例可如此公開案中所描述般進一步組態。回應於由該等偵測器偵測之光之由一或多個其他偵測器產生之輸出可與由一或多個第一偵測器產生之輸出組合使用以判定由一或多個第二光學元件收集之光之路徑中一或多個平面處(例如，在一樣本平面、一中間影像平面、一偵測器平面等等處)之光之一或多個特性。

【0067】 本文中所描述之實施例具有相較於用於監測及控制以本文中所描述之波長範圍發射光之光源之其他方法及系統之諸多優點。例如，監測2D源亮度分佈能夠校正時間及空間域中照明輪廓之變動以在使用不穩定及抖動源工作時顯著提高影像保真度。另外，將參考拾取((若干)第一偵測器及耦合至其之任何光學元件)放置於光學系統之照明光束路徑外部避免照明光束之遮擋且減少樣本處照明輪廓之失真。本文中所描述之實施例亦增加可用於光學系統之光展量內之檢測之總光子通量。此外，本文中所描述之實施例使所需監測感測器之數目減少，因為相同感測器可用於監測及控制光源。而且，本文中所描述之實施例能夠最佳化EUV遮罩檢測及本文中所描述之其他系統之效能。

【0068】 在一實施例中，樣本係一倍縮光罩。倍縮光罩可包含半導體技術中已知之任何倍縮光罩，其包含經組態以用於一VUV微影程序、一EUV微影程序或一軟X射線微影程序中之任何倍縮光罩。當以小於190 nm之一波長執行本文中所描述之程序之一者(例如檢測、度量、缺陷複查)具有一定優勢時，倍縮光罩亦可為用於另一微影程序(例如193 nm微影)中之一倍縮光罩。在另一實施例中，樣本係一晶圓。晶圓可包含半導體技術中已知之任何晶圓。儘管本文中可相對於一倍縮光罩描述一些實施例，但實施例不受限於可使用其之樣本。例如，本文中所描述之實施例可用於諸如平板、個人電腦(PC)板及其他半導體樣本之樣本。

【0069】 在一實施例中，光學系統經組態為一檢測系統。例如，光學系統可經組態以產生適合於偵測樣本上之缺陷之輸出。在此一實施例中，圖1中所展示之電腦子系統126可經組態以藉由將一缺陷偵測方法應用於由(若干)第二偵測器124產生之輸出來偵測樣本120上之缺陷。如本文

中進一步所描述，電腦子系統126可經耦合至(若干)第二偵測器124，使得其可接收由(若干)第二偵測器產生之輸出。可使用任何適合缺陷偵測方法及/或演算法依本技術中已知之任何適合方式執行偵測樣本上之缺陷(例如，將一缺陷偵測臨限值應用於輸出且判定具有高於臨限值之一值之任何輸出對應於一缺陷(或一潛在缺陷))。若受檢測之樣本係一倍縮光罩，則用於照射倍縮光罩之光之(若干)波長可相同於將在一微影程序中與倍縮光罩一起使用之光之(若干)波長。換言之，檢測系統可經組態為一光化倍縮光罩檢測系統，但其亦可或替代地經組態用於非光化倍縮光罩檢測。在其中光學系統經組態用於檢測之實施例中，實施例可如Sewell等人於2010年7月1日公開之美國專利公開申請案第2010/0165310號、Kvamme於2015年7月9日公開之美國專利公開申請案第2015/0192459號、Terasawa等人於2015年9月10日公開之美國專利公開申請案第2015/0253658號及Ebstein於2019年10月31日公開之美國專利公開申請案第2019/0331611號中所描述般進一步組態，該等案以宛如全文闡述引用的方式併入本文中。本文中所描述之實施例可如此等公開案中所描述般進一步組態。

【0070】 在另一實施例中，光學系統經組態為一度量系統。在另一實施例中，光學系統經組態為一缺陷複查系統。特定言之，本文中所描述及圖1及圖4中所展示之系統之實施例可修改一或多個參數以提供取決於將使用其之應用之不同成像能力。在一此實例中，圖1中所展示之光學系統可經組態以在其用於度量而非檢測時具有一較高解析度。換言之，圖1及圖4中所展示之光學系統之實施例描述一光學系統之一些通用及各種組態，其可依熟習技術者將明白之諸多方式調適以產生具有幾乎適合於不同應用之不同成像能力之系統。

【0071】 依此方式，光學系統可經組態以產生適合於在一缺陷複查系統之情況中重新偵測樣本上之缺陷及在一度量系統之情況中量測樣本之一或多個特性之輸出。在一缺陷複查系統實施例中，圖1中所展示之電腦子系統126可經組態以藉由將一缺陷重新偵測方法應用於由(若干)第二偵測器124產生之輸出來重新偵測樣本120上之缺陷且可能使用由(若干)第二偵測器產生之輸出來判定經重新偵測缺陷之額外資訊。在一度量系統實施例中，圖1中所展示之電腦子系統126可經組態以使用由(若干)第二偵測器產生之輸出來判定樣本120之一或多個特性。在兩種情況中，如本文中進一步所描述，電腦子系統126可耦合至(若干)第二偵測器124，使得其可接收由(若干)第二偵測器產生之輸出。

【0072】 缺陷複查通常涉及重新偵測原本由一檢測程序偵測之缺陷及以一較高解析度產生關於缺陷之額外資訊，例如以一高放大率模式使用本文中所描述之光學系統。因此，在樣本上其中已由檢測偵測到缺陷之離散位置處執行缺陷複查。由缺陷複查產生之缺陷之較高解析度資料一般更適合於判定缺陷之屬性，諸如輪廓、粗糙度、更準確大小資訊等等。電腦子系統126可經組態以依本技術中已知之任何適合方式判定樣本上缺陷之此資訊。

【0073】 在一半導體製程期間之各個步驟中使用度量程序來監測及控制程序。度量程序與檢測程序之不同之處在於：與其中在一樣本上偵測缺陷之檢測程序不同，度量程序用於量測無法使用當前使用之檢測工具判定之樣本之一或多個特性。例如，度量程序用於量測一樣本之一或多個特性(諸如在一程序期間形成於樣本上之特徵之一尺寸(例如線寬、厚度等等))，使得可自一或多個特性判定程序之效能。另外，若樣本之一或多個

特性不可接受(例如，超出(若干)特性之一預定範圍)，則可使用樣本之一或多個特性之量測來更改程序之一或多個參數，使得由程序製造之額外樣本具有(若干)可接受特性。

【0074】 度量程序亦與缺陷複查程序之不同之處在於：與其中在缺陷複查中再訪由檢測偵測之缺陷之缺陷複查程序不同，度量程序可在其中未偵測到缺陷之位置處執行。換言之，與缺陷複查不同，其中對一樣本執行一度量程序之位置可獨立於對樣本執行之一檢測程序之結果。特定言之，可獨立於檢測結果來選擇其中執行一度量程序之位置。另外，由於可獨立於檢測結果來選擇其中執行度量之樣本上之位置，因此與其中無法在樣本之檢測結果被產生且可供使用之前判定其中將執行缺陷複查之樣本上之位置的缺陷複查不同，可在對樣本執行一檢測程序之前判定其中執行度量程序之位置。電腦子系統126可經組態以依本技術中已知之任何適合方式判定樣本之任何適合特性。

【0075】 在一額外實施例中，光學系統經組態為一微影工具。在微影中，參考校正不以相同於本文中所描述之其他光學系統中之參考校正之形式存在。然而，在微影中，亦需要預測及控制晶圓/光阻劑處之曝光劑量(及其均勻性)，其可共同指稱「劑量控制」。可使用本文中所描述之實施例獲得可用於劑量控制之資料。

【0076】 在其中光學系統經組態為一微影工具之實施例中，樣本120可為一倍縮光罩或遮罩，且可將在微影程序中圖案化之晶圓或其他樣本放置於圖1中所展示之(若干)第二偵測器124之位置處。依此方式，在正常使用中，微影工具可不包含(若干)第二偵測器，而是將在該位置中包含一樣本。換言之，在其中光學系統經組態為一微影工具之系統之實施例

中，圖1中所展示之元件124將為經圖案化之一樣本，而非本文中所描述之一或多個第二偵測器。

【0077】 在一些微影工具中，一或多個偵測器可經放置於圖案化樣本之平面中用於一或多個功能，諸如倍縮光罩或遮罩之對準、微影工具光學器件之對準、經圖案化至倍縮光罩或遮罩之樣本之對準、光源或其他微影工具光學元件之監測、光源或其他微影工具光學器件之控制等等。在一些此等工具中，可用一或多個偵測器(諸如本文中所描述之一或多個第二偵測器)替換經圖案化之樣本，或此(等)偵測器可耦合至微影工具之一或多個元件，諸如支撐及移動經圖案化之樣本之載台(未展示)。

【0078】 在此等工具中，本文中所描述之參考校正及控制系統(例如本文中所描述之一或多個第一偵測器及控制子系統)可與此等其他控制子系統組合使用，可併入至此等其他控制子系統中，可包含此等其他控制子系統，等等。換言之，本文中所描述之實施例可與微影工具之任何既有控制子系統一起使用以提供額外光學系統監測及控制。依此方式，可將本文中所描述之實施例併入至以下各者中所描述之既有微影工具(諸如購自ASML Netherlands B.V., Veldhoven NL之微影工具)中：Lu等人於2016年11月3日公開之美國專利公開申請案第2016/0320708號、Tong等人於2020年4月2日公開之美國專利公開申請案第2020/0107428號、Liu等人於2020年4月16日公開之美國專利公開申請案第2020/0117102號、Nijmeijer等人於2020年4月23日公開之美國專利公開申請案第2020/0124995號及Staals等人於2020年5月7日公開之美國專利公開申請案第2020/0142324號，該等以宛如全文闡述引用的方式併入本文中。本文中所描述之實施例可如此等公開案中所描述般進一步組態。

【0079】 在本文中所描述之系統實施例之任何者中，圖1中所展示之電腦子系統126可經組態以產生至少包含基於第二輸出及可能由電腦子系統產生之任何其他輸出針對樣本判定之資訊之結果。結果可具有任何適合格式(例如一KLARF檔案(其係由購自加州米爾皮塔斯市之KLA公司之工具使用之一專屬檔案格式)、由Klarity (其係購自KLA之一工具)產生之一結果檔案、一批次結果等等)。另外，本文中所描述之所有實施例可經組態以將實施例之一或多個步驟之結果儲存於一電腦可讀儲存媒體中。結果可包含本文中所描述之結果之任何者且可依本技術中已知之任何方式儲存。儲存媒體可包含本文中所描述之任何儲存媒體或本技術中已知之任何其他適合儲存媒體。在儲存結果之後，結果可存取於儲存媒體中且可由本文中所描述之方法或系統實施例之任何者使用、經格式化以顯示給一使用者、由另一軟體模組、方法或系統使用等等以對樣本或另一樣本執行一個或多個功能。

【0080】 此等功能包含(但不限於)依一回饋、前饋、原位方式等等更改已或將對樣本執行之一程序(諸如一製程或步驟)。例如，電腦子系統可經組態以基於(若干)偵測缺陷及/或其他判定資訊來判定已或將對樣本執行之一程序之一或多個變化。程序之變化可包含程序之一或多個參數之任何適合變化。例如，若判定資訊係樣本上所偵測之缺陷，則電腦子系統較佳地判定該等變化，使得可在對其執行修正程序之其他樣本上減少或防止缺陷，可在對樣本執行之另一程序中校正或消除樣本上之缺陷，可在對樣本執行之另一程序中補償缺陷，等等。電腦子系統可依本技術中已知之任何適合方式判定此等變化。

【0081】 接著，可將該等變化發送至一半導體製造系統(未展示)或

電腦子系統及半導體製造系統兩者可存取之一儲存媒體(圖1中未展示)。
半導體製造系統可或可不為本文中所描述之系統實施例之部分。例如，本文中所描述之系統可(例如)經由一或多個共同元件(諸如一外殼、一電源供應器、一樣本處置裝置或機構等等)耦合至半導體製造系統。半導體製造系統可包含本技術中已知之任何半導體製造系統，諸如一微影工具、一蝕刻工具、一化學機械拋光(CMP)工具、一沈積工具及其類似者。

【0082】 另一實施例係關於經組態以判定一樣本之資訊之一系統。系統包含一光源(例如圖1中所展示之光源100)，其經組態以產生具有短於190 nm之一或多個波長之光。系統亦包含一或多個第一偵測器(例如圖1中所展示之(若干)第一偵測器106)，其經組態以一或多個第一角度(例如圖1中所展示之 θ_1)偵測自光源發射之光且回應於由一或多個第一偵測器偵測之光而產生第一輸出。另外，系統包含一或多個第二光學元件(例如圖1中所展示之(若干)第二光學元件112、118及122)，其經組態以收集自光源以與一或多個第一角度互不相交之一或多個第二角度(例如圖1中所展示之 θ_2)發射之光、將以一或多個第二角度收集之光導引至一樣本(例如圖1中所展示之樣本120)及將光自樣本導引至一或多個第二偵測器(例如圖1中所展示之(若干)第二偵測器124)，一或多個第二偵測器經組態以回應於來自樣本之光而產生第二輸出。

【0083】 系統進一步包含一電腦子系統(例如圖1中所展示之電腦子系統126)，其經組態以基於第二輸出來判定樣本之資訊。系統亦包含一控制子系統(例如圖1中所展示之控制子系統110)，其經組態以基於第一輸出判定以一或多個第二角度收集之光之路徑中一或多個平面處之光之一或多個特性且基於所判定之一或多個特性更改光源之一或多個參數、一或多個

第二光學元件之一或多個參數、一或多個第二偵測器之一或多個參數及由電腦子系統用於判定資訊之一或多個參數之至少一者。系統之此實施例可如本文中所描述般進一步組態。

【0084】 可根據本文中所描述之(若干)任何其他實施例進一步組態上述系統之各實施例。本文中所描述之實施例亦可如Wack等人之美國專利第8,842,272號及Wald等人之美國專利第9,671,548號中所描述般進一步組態，該等專利以宛如全文闡述引用的方式併入本文中。

【0085】 另一實施例係關於用於判定一光學系統中的光之一或多個特性之一電腦實施方法。方法包含使用一或多個第一偵測器以一或多個第一角度偵測自一光源發射之具有短於190 nm之一或多個波長之光，一或多個第一偵測器回應於由一或多個第一偵測器偵測之光而產生第一輸出。一或多個第一角度與由一光學系統自光源收集光用於照射一樣本之一或多個第二角度互不相交。方法亦包含基於第一輸出來判定光學系統中一或多個平面處之光之一或多個特性。

【0086】 該方法之各步驟可如本文中進一步所描述般執行。方法亦可包含可由本文中所描述之(若干)系統執行之(若干)任何其他步驟。方法之步驟可由本文中所描述之系統執行，系統可根據本文中所描述之實施例之任何者組態。

【0087】 一額外實施例係關於一非暫時性電腦可讀媒體，其儲存程式指令，程式指令可在一電腦系統上執行以執行用於判定一光學系統中的光之一或多個特性之一電腦實施方法。一此實施例展示於圖5中。特定言之，如圖5中所展示，非暫時性電腦可讀媒體500包含可在電腦系統504上執行之程式指令502。電腦實施方法可包含本文中所描述之(若干)任何方

法之(若干)任何步驟。

【0088】 實施方法(諸如本文中所描述之方法)之程式指令502可儲存於電腦可讀媒體500上。電腦可讀媒體可為諸如一磁碟或光碟、一磁帶或本技術中已知之任何其他適合非暫時性電腦可讀媒體之一儲存媒體。

【0089】 可依各種方式之任何者實施程式指令，其包含基於程序之技術、基於組件之技術及/或物件導向技術等等。例如，可視需要使用ActiveX控制、C++物件、JavaBeans、微軟基礎類別(「MFC」)、SSE(串流SIMD擴展)或其他技術或方法來實施程式指令。

【0090】 可根據本文中所描述之實施例之任何者來組態電腦系統504。

【0091】 熟習技術者將鑑於[實施方式]明白本發明之各種態樣之進一步修改及替代實施例。例如，提供用於判定一光學系統中的光之一或多個特性之方法及系統。因此，[實施方式]應被解釋為僅供說明且用於教示熟習技術者實施本發明之一般方式。應瞭解，本文中所展示及描述之本發明之形式應被視作當前較佳實施例。元件及材料可替代本文中所繪示及描述之元件及材料，可反向部件及程序，且可獨立利用本發明之某些特徵，其等所有將由受益於本發明之[實施方式]之熟習技術者明白。可在不背離以下申請專利範圍中所描述之本發明之精神及範疇之情況下對本文中所描述之元件作出改變。

【符號說明】

【0092】

100:光源

102:第一光學元件

104:光

106:第一偵測器

108:對稱軸

110:控制子系統

112:光學元件

114:均質器

116:中間場平面

118:光學元件

120:樣本

122:光學元件

124:第二偵測器

126:電腦子系統

200:光源

202:第一光學元件

204:第一光學元件

206:第一偵測器

300:輪廓

302:輪廓

304:擬合輪廓

400:額外第一光學元件

402:額外第一偵測器

500:非暫時性電腦可讀媒體

502:程式指令

504:電腦系統

L_1 :長度

L_2 :長度

L_3 :長度

θ_1 :第一角度

θ_1' :額外第一角度

θ_2 :第二角度

【發明申請專利範圍】

【請求項1】

一種經組態以判定一光學系統中的光之一或多個特性之系統，其包括：

一或多個第一偵測器，其等經組態以一或多個第一角度偵測自一光源發射之具有短於190 nm之一或多個波長之光，且回應於由該一或多個第一偵測器偵測之該光而產生第一輸出，該一或多個第一角度與由一光學系統自該光源收集該光用於照射一樣本之一或多個第二角度互不相交，其中由該一或多個第一偵測器偵測之該光不受將來自該光源之該光收集及導引至該樣本之任何光學元件影響；及

一控制子系統，其經組態以基於該第一輸出來判定該光學系統中一或多個平面處之該光之一或多個特性。

【請求項2】

如請求項1之系統，其中該光源與該一或多個第一偵測器之間的該光之一光學路徑與該光源與該樣本之間的該光之一光學路徑不空間重合。

【請求項3】

如請求項1之系統，其中該光源經組態以同時以該一或多個第一角度及該一或多個第二角度發射該光。

【請求項4】

如請求項1之系統，其中該一或多個第一偵測器進一步經組態以在該光學系統以該一或多個第二角度收集該光且將以該一或多個第二角度收集之該光導引至該樣本用於照射該樣本時以該一或多個第一角度偵測該光。

【請求項5】

如請求項1之系統，其中該一或多個第一角度及該一或多個第二角度相對於該光源之一對稱軸鏡像對稱。

【請求項6】

如請求項1之系統，其中該一或多個第一角度及該一或多個第二角度相對於該光源之一對稱軸不鏡像對稱。

【請求項7】

如請求項1之系統，其進一步包括一或多個額外第一偵測器，該一或多個額外第一偵測器經組態以與該一或多個第一角度及該一或多個第二角度互不相交之一或多個額外第一角度偵測自該光源發射之該光且回應於由該一或多個額外第一偵測器偵測之該光而產生額外第一輸出，其中該控制子系統進一步經組態以基於該第一輸出及該額外第一輸出來判定該一或多個平面處之該光之該一或多個特性。

【請求項8】

如請求項1之系統，其中該一或多個第一偵測器包括一或多個二維偵測器。

【請求項9】

如請求項1之系統，其中該控制子系統進一步經組態以使用一層析成像技術及該光學系統之一光學模型來判定該光之該一或多個特性。

【請求項10】

如請求項1之系統，其中該一或多個特性包括該樣本處之一照明場內之一空間入射強度分佈。

【請求項11】

如請求項1之系統，其中判定該一或多個特性包含判定該光源之一三

維空間入射強度分佈及自該三維空間入射強度分佈判定該樣本處之該一或多個特性。

【請求項12】

如請求項1之系統，其中該一或多個特性包括一或多個空間及時間特性。

【請求項13】

如請求項1之系統，其中該控制子系統進一步經組態以基於該所判定之一或多個特性來更改該光學系統之一或多個參數。

【請求項14】

如請求項1之系統，其中該控制子系統進一步經組態以將該所判定之一或多個特性輸出至該光學系統之一電腦子系統，且其中該電腦子系統經組態以基於該所判定之一或多個特性來更改該光學系統之一或多個參數。

【請求項15】

如請求項1之系統，其進一步包括經組態以偵測以該一或多個第二角度收集且由該光學系統導引至該樣本之該光之一或多個校準偵測器，其中該控制子系統進一步經組態以基於由該一或多個校準偵測器偵測之該光來校準該一或多個第一偵測器之該第一輸出。

【請求項16】

如請求項1之系統，其中該光係極紫外光。

【請求項17】

如請求項1之系統，其中該光係真空紫外光。

【請求項18】

如請求項1之系統，其中該光係軟X射線。

【請求項19】

如請求項1之系統，其中該樣本係一倍縮光罩。

【請求項20】

如請求項1之系統，其中該樣本係一晶圓。

【請求項21】

如請求項1之系統，其中該光學系統經組態為一檢測系統。

【請求項22】

如請求項1之系統，其中該光學系統經組態為一度量系統。

【請求項23】

如請求項1之系統，其中該光學系統經組態為一缺陷複查系統。

【請求項24】

如請求項1之系統，其中該光學系統經組態為一微影工具。

【請求項25】

一種經組態以判定一樣本之資訊之系統，其包括：

一光源，其經組態以產生具有短於190 nm之一或多個波長之光；

一或多個第一偵測器，其等經組態以一或多個第一角度偵測自該光源發射之該光且回應於由該一或多個第一偵測器偵測之該光而產生第一輸出；

一或多個第二光學元件，其等經組態以與該一或多個第一角度互不相交之一或多個第二角度收集自該光源發射之該光、將以該一或多個第二角度收集之該光導引至一樣本、及將來自該樣本之該光導引至一或多個第二偵測器，該一或多個第二偵測器經組態以回應於來自該樣本之該光而產生第二輸出，其中由該一或多個第一偵測器偵測之該光不受將來自該光源

之該光收集及導引至該樣本之該一或多個第二光學元件之任何者影響；

一電腦子系統，其經組態以基於該第二輸出來判定該樣本之資訊；及

一控制子系統，其經組態以基於該第一輸出判定以該一或多個第二角度收集之該光之路徑中一或多個平面處之該光之一或多個特性且基於該所判定之一或多個特性來更改該光源之一或多個參數、該一或多個第二光學元件之一或多個參數、該一或多個第二偵測器之一或多個參數及由該電腦子系統用於判定該資訊之一或多個參數之至少一者。

【請求項26】

一種非暫時性電腦可讀媒體，其儲存程式指令，該等程式指令可在一電腦系統上執行以執行用於判定一光學系統中的光之一或多個特性之一電腦實施方法，其中該電腦實施方法包括：

使用一或多個第一偵測器來以一或多個第一角度偵測自一光源發射之具有短於190 nm之一或多個波長之光，該一或多個第一偵測器回應於由該一或多個第一偵測器偵測之該光而產生第一輸出，其中該一或多個第一角度與由一光學系統自該光源收集該光用於照射一樣本之一或多個第二角度互不相交，及其中由該一或多個第一偵測器偵測之該光不受將來自該光源之該光收集及導引至該樣本之任何光學元件影響；及

基於該第一輸出來判定該光學系統中一或多個平面處之該光之一或多個特性。

【請求項27】

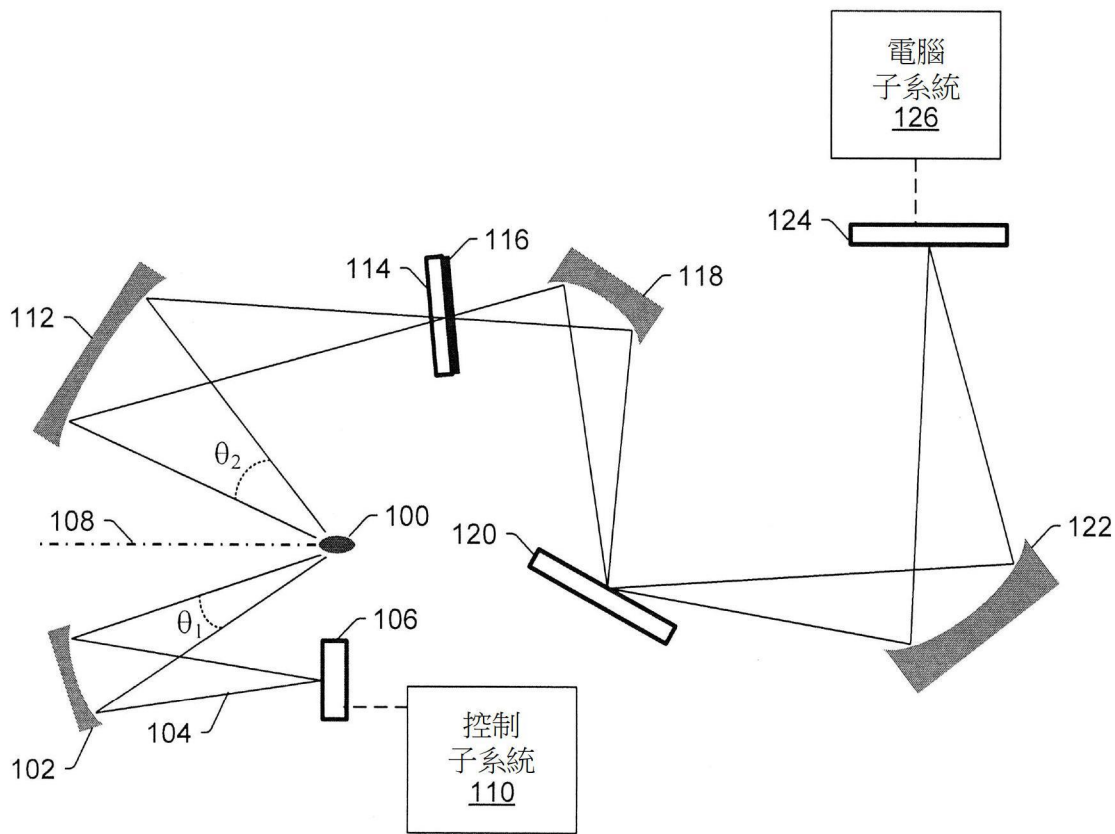
一種用於判定一光學系統中的光之一或多個特性之方法，其包括：

使用一或多個第一偵測器來以一或多個第一角度偵測自一光源發射之具有短於190 nm之一或多個波長之光，該一或多個第一偵測器回應於

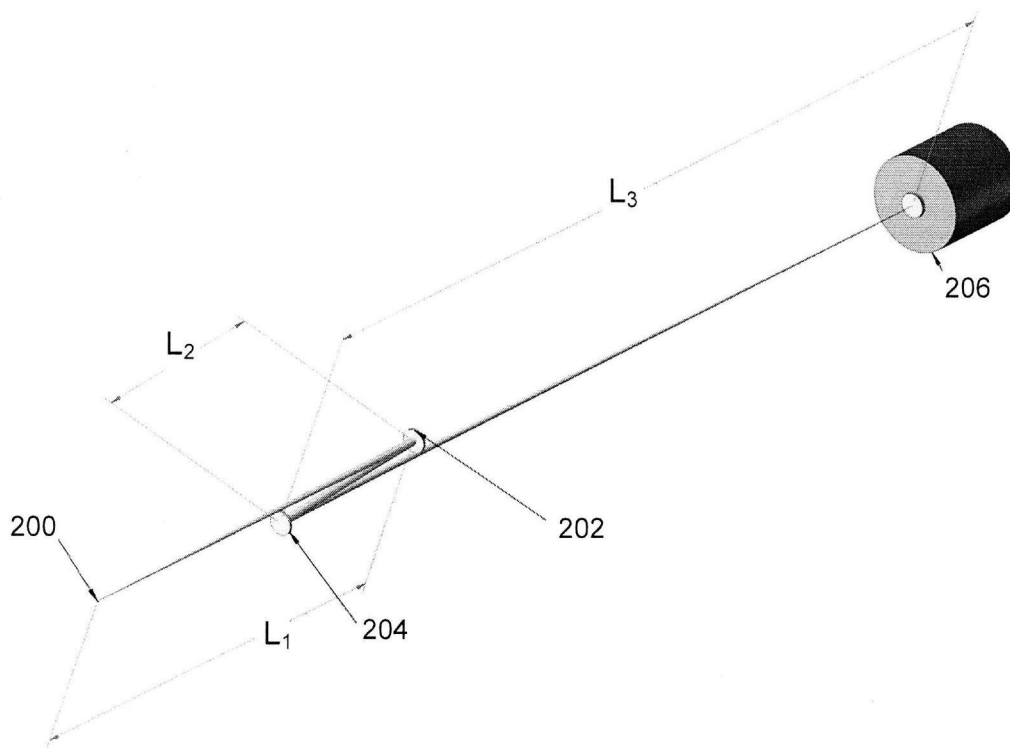
由該一或多個第一偵測器偵測之該光而產生第一輸出，其中該一或多個第一角度與由一光學系統自該光源收集該光用於照射一樣本之一或多個第二角度互不相交，及其中由該一或多個第一偵測器偵測之該光不受將來自該光源之該光收集及導引至該樣本之任何光學元件影響；及

基於該第一輸出來判定該光學系統中一或多個平面處之該光之一或多個特性。

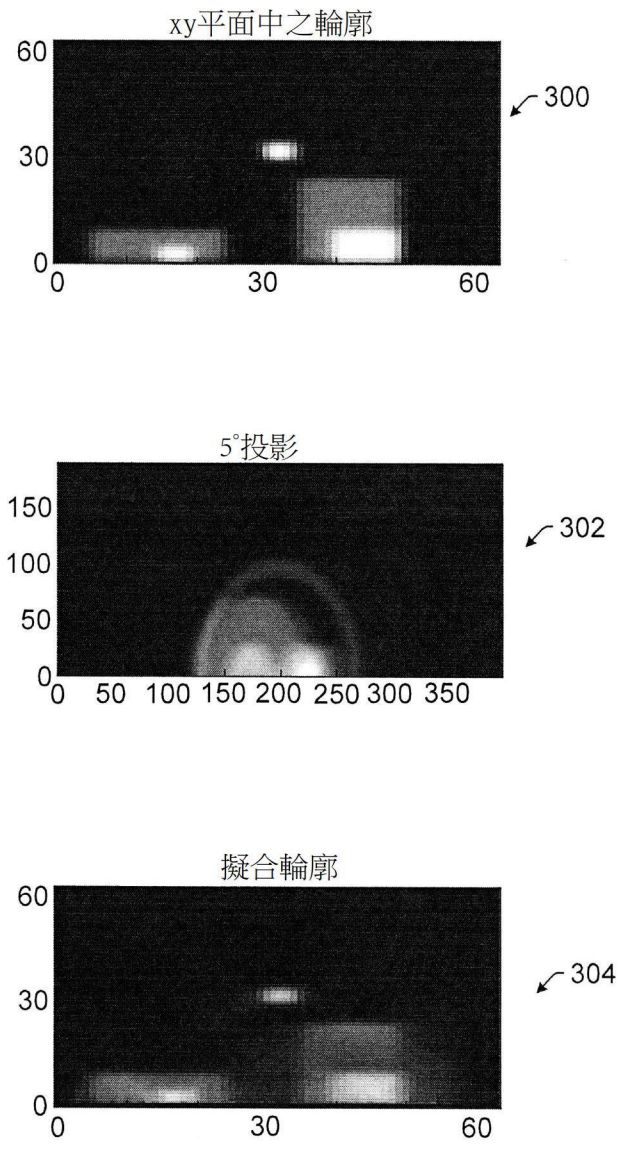
【發明圖式】



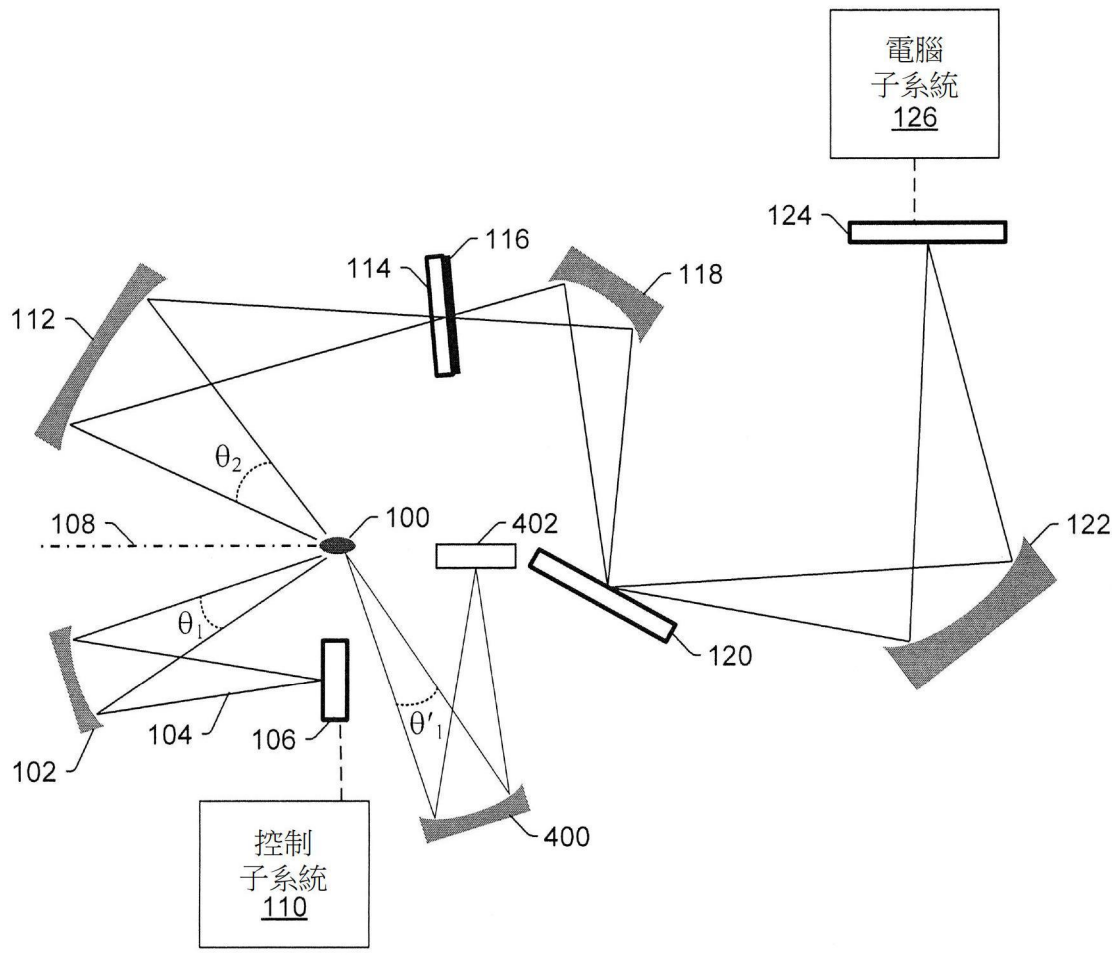
【圖1】



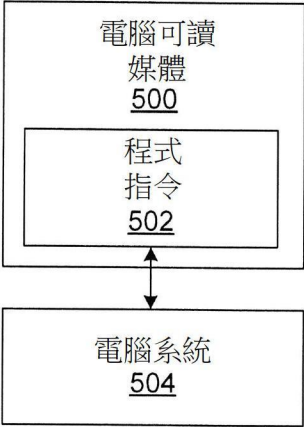
【圖2】



【圖3】



【圖4】



【圖5】