



(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 I636281 B

(45)公告日：中華民國 107 (2018) 年 09 月 21 日

(21)申請案號：104133705

(22)申請日：中華民國 104 (2015) 年 10 月 14 日

(51)Int. Cl. : G02B21/06 (2006.01)

(30)優先權：2014/10/14 美國 62/063,564

(71)申請人：美商奈米創尼克影像公司 (美國) NANOTRONICS IMAGING, INC. (US)
美國

(72)發明人：普特曼 馬修 PUTMAN, MATTHEW C. (US)；普特曼 約翰 PUTMAN, JOHN B. (US)；奧蘭多 茱莉 ORLANDO, JULIE A. (US)；包曼 約瑟夫 BULMAN, JOSEPH G. (US)

(74)代理人：林志剛

(56)參考文獻：

CN 100445794C

審查人員：蔡志明

申請專利範圍項數：17 項 圖式數：9 共 37 頁

(54)名稱

使用亮視野暗視野物鏡的獨特斜射照明技術及與該技術有關的成像方法

UNIQUE OBLIQUE LIGHTING TECHNIQUE USING A BRIGHTFIELD DARKFIELD OBJECTIVE AND IMAGING METHOD RELATING THERETO

(57)摘要

本發明提供用於使用成像系統成像試樣之表面的方法，該成像系統使用具有暗視野通道及亮視野通道的 BD 物鏡，該 BD 物鏡具有圓周。使用第一弧形照明光經由該暗視野通道斜射地照明該試樣，該第一弧形照明光經由該圓周之第一圓弧斜射地照明該試樣。反射離開該試樣之該表面的該第一弧形照明光經記錄作為來自反射離開該試樣之該表面的該第一弧形照明光的該試樣之第一影像，且處理器藉由經由地形成像技術處理該第一影像產生該試樣之 3D 地形。本發明亦提供成像裝置，亦提供用於其他實施例之進一步方法步驟。

A process is provided for imaging a surface of a specimen with an imaging system that employs a BD objective having a darkfield channel and a bright field channel, the BD objective having a circumference. The specimen is obliquely illuminated through the darkfield channel with a first arced illuminating light that obliquely illuminates the specimen through a first arc of the circumference. The first arced illuminating light reflecting off of the surface of the specimen is recorded as a first image of the specimen from the first arced illuminating light reflecting off the surface of the specimen, and a processor generates a 3D topography of the specimen by processing the first image through a topographical imaging technique. Imaging apparatus is also provided as are further process steps for other embodiments.

指定代表圖：

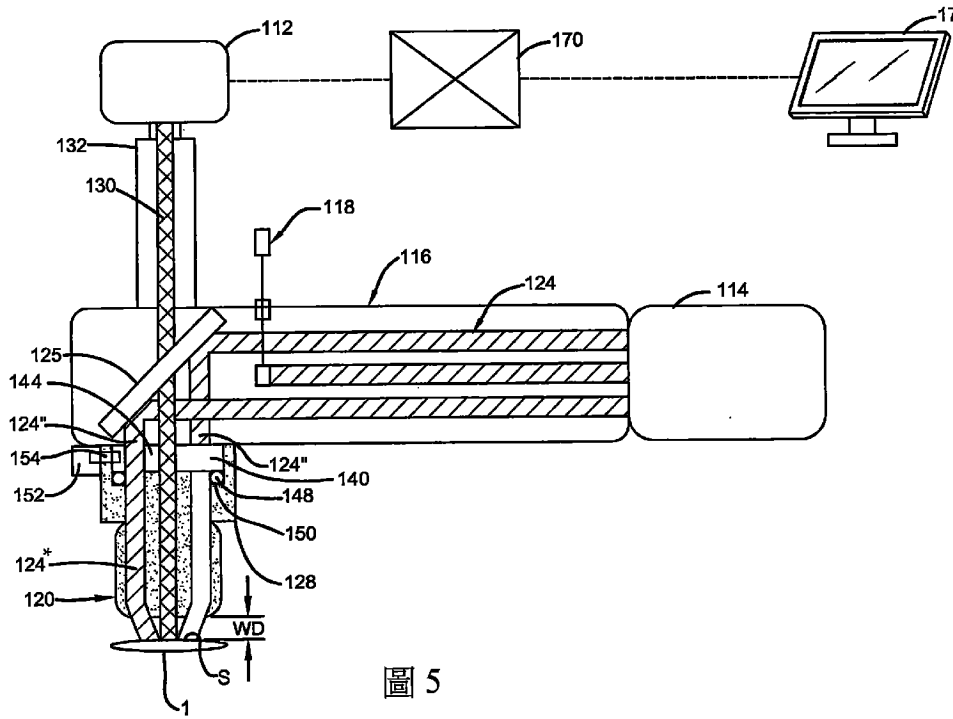


圖 5

符號簡單說明：

- 1 . . . 試樣
- 112 . . . 攝影機
- 114 . . . 光源
- 116 . . . 垂直照明器
- 118 . . . BD 開關
- 120 . . . BD 物鏡
- 124 . . . 光
- 124' 、124'' . . . 照明光
- 125 . . . 反射鏡
- 128 . . . 換鏡旋座
- 130 . . . 反射光
- 132 . . . 鏡筒透鏡
- 148 . . . 軸承殼體
- 150 . . . 軸承
- 152 . . . 驅動器
- 154 . . . 皮帶
- 170 . . . 處理器
- 172 . . . 輸出
- S . . . 表面
- WD . . . 工作距離

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動)

【發明名稱】(中文/英文)

使用亮視野暗視野物鏡的獨特斜射照明技術及與該技術有關的成像方法

Unique oblique lighting technique using a brightfield darkfield objective and imaging method relating thereto

[相關申請案之交互參照]

[0001] 本申請案主張 2014 年 10 月 14 日申請且以引用方式併入本文中的美國臨時專利申請案第 62/063,564 號之權益。

【技術領域】

[0002] 本發明大體上係關於成像技術及裝置。在特定實施例中，本發明係關於地形成像技術。在特定實施例中，本發明係關於使用亮視野/暗視野物鏡的成像裝置，及藉由使用暗視野通道中的光障壁進行的對此裝置之改良。

【先前技術】

[0003] 用於創建 3D 地形的標準技術包括觸針儀器、測面儀、超聲轉換器及雷射三角測量等。陰影造形法(SFS)及光度立體攝影術(PMS)已用以藉由使用一或多個

光源 2、3 照明試樣 1 來創建地形，該一或多個光源以 5 度至 85 度且通常 25 度至 75 度的角度朝向試樣 1 導向斜射光 4、5，如圖 1 中大體上所表示。斜射照明自物件之表面 S 反射為反射光 6，且由諸如數位攝影機 7 之 CCD 或 CMOS 感測器的影像感測器(未示出)擷取。光源經移動至圍繞物件位於圓周上的不同位置，其中影像係在此等不同位置處取得。此等影像用以藉由已知方式、使用適當處理器 8 計算試樣 1 之地形。

[0004] 圖 2 及圖 3 中示出使用亮視野及暗視野功能的標準反射光顯微鏡。在此實例中，顯微鏡 10 配備有攝影機 12。目鏡亦可存在，使得數字 12 用以廣泛地表示目鏡及/或攝影機。儘管以下描述將涉及反射光顯微鏡，但類似技術適用於使用亮視野/暗視野顯微鏡物鏡的透射光顯微鏡或儀器。以下描述中將參考反射光顯微鏡 10，但技術可適用於使用亮視野/暗視野物鏡的任何成像系統。系統通常由提供光 24 的光源 14、垂直照明器 16、亮視野/暗視野(BD)開關 18 及 BD 物鏡 20 組成。美國專利 US3930713 及 US4687304 描述 BD 物鏡。在標準 BD 物鏡 20 中，提供兩個通道以將光導引至試樣 1。光 24 經導引至反射鏡 25，該反射鏡使光 24 向下穿過垂直照明器 16、換鏡旋座 28 及 BD 物鏡 20 朝向試樣 1 反射。如示意性地示出的 BD 開關 18 用以限制光 24 以傳遞至亮視野通道 22 或暗視野通道 26 中，該亮視野通道及該暗視野通道藉由屏蔽壁 21 分開。在 BD 開關 18 處於如圖 2 中的亮視野位

置中的情況下，使光 24 限制於經反射離開反射鏡 25 以進入亮視野通道 22 的光束，該亮視野通道導向照明光 24' 穿過 BD 物鏡 20 以與試樣 1 之平面垂直(90 度)的角度朝向試樣 1 之表面 S，且允許反射光 30 傳遞至目鏡或攝影機 12。如圖 3 中所見，當 BD 開關 18 處於暗視野位置中時，使光 24 限制於經反射離開反射鏡 25 以進入暗視野通道 26 的環形光束，該暗視野通道為環形通道，該環形通道以小於 90 度且通常為 25 度至 75 度的角度朝向試樣導向照明光 24''。

[0005] 在圖 2 中可見，亮視野中的光路徑(照明光 24')經投射穿過換鏡旋座 28 之中心且穿過 BD 物鏡 20 之亮視野通道 22。反射光 30 經由亮視野通道 22、穿過換鏡旋座 28 及鏡筒透鏡 32 經反射回，且受任何目鏡影響且/或由攝影機 12 擷取。在此可見，亮視野中的照明光 24' 與試樣 1 之表面 S 成 90 度，且經量測的反射光 30 平行於照明光 24' 但在相反方向上行進。投射的照明光 24' 照明整個視野。

[0006] 圖 3 示出暗視野模式中的顯微鏡 10。在此，光 24 由暗視野開關 18 阻擋，使得無光通過亮視野通道 22 且實情為經導以引通過暗視野通道 26 作為照明光 24''。此產生以斜射角度朝向試樣 1 投射的光之環形光束(或，換言之，空心圓柱或環形圓柱)，該斜射角度係由物鏡 20 之設計及暗視野通道 26 之壁決定。如已知，BD 物鏡將具有構建至物鏡中以導向斜射光的反射鏡及/或稜鏡

及/或光擴散器。照明光 24”反射離開試樣 1 之表面 S，且反射光 30 沿亮視野通道向上行進至目鏡或攝影機 12。投射的暗視野照明光 24”自物鏡之整個周邊(360 度)照明整個視野。

[0007] 在亮視野成像中，可見，佔據試樣 1 之至少一部分的視野 F 由直接 90 度照明(射入照明光 24’與試樣 1 之總體靜置平面正交)充滿，而在暗視野成像中，視野 F 由斜射照明(進入照明光 24”與試樣 1 之總體靜置平面成斜射角度)充滿。暗視野照明遍及 BD 物鏡 20 之 360 度圓周均勻地分散。

【發明內容】

[0008] 在第一實施例中，本發明提供用於使用成像系統成像試樣之表面的方法，該成像系統使用具有暗視野通道及亮視野通道的 BD 物鏡，該 BD 物鏡具有圓周，該方法包括以下步驟：使用第一弧形照明光經由該暗視野通道斜射地照明該試樣，該第一弧形照明光經由該圓周之第一圓弧斜射地照明該試樣，該第一弧形照明光反射離開該試樣之該表面；自反射離開該試樣之該表面的該第一弧形照明光記錄該試樣之第一影像；以及藉由經由地形成像技術處理該第一影像生成該試樣之 3D 地形。

[0009] 在第二實施例中，本發明提供如前述實施例中任一者中的成像系統，其中該第一圓弧為自 1 度或更多至 180 度或更少。

[0010] 在第三實施例中，本發明提供如前述實施例中任一者中的成像系統，其中該第一圓弧為自 2 度或更多至 5 度或更少。

[0011] 在第四實施例中，本發明提供如前述實施例中任一者中的成像系統，該方法進一步包括以下步驟：使用第二弧形照明光經由該暗視野通道斜射地照明該試樣，該第二弧形照明光經由該圓周之不同於該第一圓弧的第二圓弧斜射地照明該試樣，該第二弧形照明光反射離開該試樣之該表面；以及自反射離開該試樣之該表面的該第二弧形照明光記錄該試樣之第二影像，其中產生 3D 地形之該步驟包括經由地形成像技術處理該第二影像。

[0012] 在第五實施例中，本發明提供如前述實施例中任一者中的成像系統，其中所有該等斜射地照明步驟包括：在該暗視野通道中提供光障壁，該光障壁具有主體，該主體不允許光通過該主體，及該主體中的暗視野開口，該暗視野開口允許光通該暗視野開口；以及將照明光傳遞至該暗視野通道中、傳遞至該光障壁且穿過該暗視野開口，以提供斜射地照明該試樣的該弧形照明光。

[0013] 在第六實施例中，本發明提供如前述實施例中任一者中的成像系統，該方法包括處理器控制任何該斜射照明步驟之該斜射照明且控制任何該影像記錄步驟。

[0014] 在第七實施例中，本發明提供如前述實施例中任一者中的成像系統，其中該處理器控制產生 3D 地形的該步驟。

[0015] 在第八實施例中，本發明提供如前述實施例中任一者中的成像系統，該方法包括以下步驟：使用亮視野照明光經由該亮視野通道正交地照明該試樣，該亮視野照明光反射離開該試樣之該表面；以及自反射離開該試樣之該表面的該亮視野照明光記錄該試樣之第三影像，其中產生 3D 地形的該步驟包括經由地形成像技術處理該第三影像。

[0016] 在第九實施例中，本發明提供如前述實施例中任一者中的成像系統，其中該地形成像技術係選自陰影造形法技術、光度立體攝影術技術及傅立葉疊層成像 (ptychography) 調變技術。

[0017] 在第十實施例中，本發明提供對用於成像試樣之表面的成像裝置之改良，該成像裝置使用具有暗視野通道及亮視野通道的 BD 物鏡，該 BD 物鏡具有圓周。該改良包括在該暗視野通道中安置光障壁，該光障壁具有主體，該主體不允許光通過該主體，及該主體中的暗視野開口，該暗視野開口允許光通過該暗視野開口，使得該主體阻擋經由該暗視野通道朝向該試樣行進的照明光。該開口界定通路以用於經由該暗視野通道朝向該試樣行進的該照明光，且因此界定自遍及該圓周之僅一圓弧的離散方向經由該暗視野通道斜射地照明該試樣的弧形照明光。

[0018] 在第十一實施例中，本發明提供如前述實施例中任一者中的成像裝置，其中該圓弧為自 1 度或更多至 180 度或更少。

[0019] 在第十二實施例中，本發明提供如前述實施例中任一者中的成像裝置，其中該圓弧為自 2 度或更多至 5 度或更少。

[0020] 在第十三實施例中，本發明提供如前述實施例中任一者中的成像裝置，該成像裝置進一步包含處理器，該處理器在由該成像裝置取得的影像上使用地形成像技術。

[0021] 在第十四實施例中，本發明提供如前述實施例中任一者中的成像裝置，其中該光障壁旋轉以便允許該開口在該圓周周圍的各種位置處的該安置。

【圖式簡單說明】

[0022] 圖 1 為用於由攝影機記錄的試樣之斜射照明的先前技術方法及裝置的示意性表示；

[0023] 圖 2 為在亮視野成像模式中示出的先前技術亮視野/暗視野顯微鏡的示意性表示；

[0024] 圖 3 為在暗視野成像模式中示出的先前技術亮視野/暗視野顯微鏡的示意性表示；

[0025] 圖 4 為在亮視野成像模式中示出的根據本發明的亮視野/暗視野顯微鏡的示意性表示；

[0026] 圖 5 為在暗視野成像模式中示出的根據本發明的亮視野/暗視野顯微鏡的示意性表示；

[0027] 圖 6 為本發明之光障壁之一實施例的俯視平面圖；

[0028] 圖 7 為本發明之光障壁之一實施例的側視圖；

[0029] 圖 8A 為本發明之光障壁之另一實施例的示意性表示，該圖示出插頭單元，該插頭單元提供多個插頭以選擇性覆蓋且揭開該插頭單元中的兩個開口，其中插頭移動以揭開左側的開口且覆蓋右側的開口；

[0030] 圖 8B 為圖 8A 之光障壁之實施例的示意性表示，但其中插頭移動以揭開右側的開口且覆蓋左側的開口；

[0031] 圖 9A 為本發明之光障壁之另一實施例的示意性表示，該圖示出主體，該主體中具有多個開口，每一開口帶有其自身的單獨致動插頭，該單獨致動插頭經致動以打開或關閉該單獨致動插頭之相關聯開口；以及

[0032] 圖 9B 為圖 9A 之光障壁實施例之示意性表示，但以由相關聯插頭之移動打開的不同開口示出。

【實施方式】

[0033] 本發明修改標準 BD 顯微鏡或使用 BD 物鏡的其他儀器，使得在亮視野中，BD 物鏡正常地且如上文所描述地透射光。在暗視野中，經由暗視野通道透射的光經限制，使得暗視野照明不遍及 BD 物鏡之整個 360 度圓周而是遍及圓周之僅一部分。

[0034] 參考圖 4 及圖 5，根據本發明的使用亮視野及暗視野功能的顯微鏡經示出且由數字 110 指定。在此實施

例中，顯微鏡 110 配備有攝影機 112。目鏡亦可存在，使得 112 用以廣泛地表示目鏡及/或攝影機。儘管以下描述將涉及反射光顯微鏡，但類似技術適用於透射光顯微鏡或使用 BD 物鏡的其他儀器。系統通常由提供光 124 的光源 114、垂直照明器 116(光導引)、亮視野/暗視野(BD)開關 118 及 BD 物鏡 120 組成。如在標準 BD 物鏡 20 中，提供兩個通道以將光導引至試樣 1。光 124 經導向至反射鏡 125，該反射鏡使光 124 向下穿過垂直照明器 116、換鏡旋座 128 及 BD 物鏡 120 朝向試樣 1 反射。

[0035] 如示意性地示出的 BD 開關 118 用以限制光 124 以傳遞至亮視野通道 122(圖 4)或暗視野通道 126(圖 5)中，該亮視野通道及該暗視野通道藉由屏蔽壁 121 分開。在 BD 開關 118 處於如圖 4 中的亮視野位置中的情況下，使光 124 限制於經反射離開反射鏡 125 以作為照明光 124' 進入亮視野通道 122 的光束，該亮視野通道導向照明光 124' 穿過 BD 物鏡 120 以與試樣 1 之平面垂直(90 度)的角度朝向試樣 1 之表面 S，且允許反射光 130 傳遞至目鏡或攝影機 112。如圖 5 中所見，當 BD 開關 118 處於暗視野位置中時，使光 124 限制於經反射離開反射鏡 125 以進入暗視野通道 126 的環形光束，該暗視野通道為環形通道，該環形通道以小於 90 度且通常為 25 度至 75 度的角度朝向試樣導向經由該環形通道進入的光。

[0036] 在一些實施例中，暗視野通道 126 以小於 90 度，在其他實施例中，小於 80 度，在其他實施例中，小

於 70 度，在其他實施例中，小於 60 度，在其他實施例中，小於 50 度，在其他實施例中，小於 40 度，且在其他實施例中，小於 30 度的角度朝向試樣導向照明光。在一些實施例中，暗視野通道 126 以大於 20 度，在一些實施例中，大於 30 度，在一些實施例中，大於 40 度，在一些實施例中，大於 50 度的角度朝向試樣導向照明光。

[0037] 物鏡之遠端與試樣之間的距離已知為工作距離(參見圖 5)。在一些實施例中，工作距離為自 0.05 mm 或更大至 40 mm 或更小。在一些實施例中，工作距離為自 0.7 mm 或更大至 30 mm 或更小，且在其他實施例中，自 1 mm 或更大至 25 mm 或更小。在一些實施例中，工作距離為 10 mm 或更小，在其他實施例中，為 5 mm 或更小，在其他實施例中，為 3 mm 或更小，在其他實施例中，為 2 mm 或更小，在其他實施例中，為 1.5 mm 或更小，且在其他實施例中，為 1 mm 或更小。

[0038] 在一些實施例中，BD 物鏡 20 之視野為小於 10 mm。在一些實施例中，BD 物鏡之視野為小於 5 mm，在其他實施例中，小於 2 mm，在其他實施例中，小於 1 mm，在其他實施例中，小於 500 μm ，在其他實施例中，小於 200 μm ，在其他實施例中，小於 100 μm ，在其他實施例中，小於 50 μm 。

[0039] 當以例如小於 10 μm 之大小觀察顯微鏡試樣時，取決於物鏡之工作距離，顯微鏡物鏡距試樣之表面的距離通常小於 5 mm。例如，50x 物鏡之典型工作距離 WD

小於 2 mm，且對於 100x 物鏡而言，該工作距離通常為 1 mm 或更小。物鏡之實體外徑通常介於 20 mm 與 50 mm 之間。藉由實例之方式，使用 20 mm 直徑的試樣及 5 mm WD，投射離開表面的光之角度將為近似 26 度。在 1 mm WD 之更可能狀況下，投射在試樣上的光之角度將為 6 度。光度立體攝影術較佳地使用以 30 度至 80 度的照明。在大多數顯微鏡使用狀況下，隨後，將由於斜射照明之低入射而不可能使用光度立體攝影術或需要斜射照明的其他成像技術來決定試樣之地形。

[0040] 本發明使用物鏡之暗視野通道來將光導向至試樣之表面上。此允許光源更靠近照明之垂直軸。在以上標準照明中，光必須在物鏡之半徑外側。暗視野通道之使用允許光源在試樣之半徑內並實質上鄰接於光路徑。距垂直軸的距離現可近似等於允許照明之角度為 45 度的 WD。此角度可隨物鏡之設計稍微變化，但通常在 25 度至 75 度之範圍內。因此，儘管在許多應用中需要極其緊密的工作距離，根據本發明之成像系統亦達成斜射照明角度。本文教導的方法可用來決定可由標準方法達成的顯微鏡應用中的地形。

[0041] 在圖 4 中可見，亮視野中的光路徑(照明光 124')經投射穿過換鏡旋座 128 之中心且穿過 BD 物鏡 120 之亮視野通道 122。反射光 130 經由亮視野通道 122、穿過換鏡旋座 128 及鏡筒透鏡 132 經反射回，且被任何目鏡影響且/或由攝影機 112 擷取。在此可見，亮視野中的照

明光 124'與試樣 1 之總體靜置表面成 90 度，且經量測的反射光 130 平行於照明光 124'但在相反方向上行進。圖 4 示出試樣 1 及投射至試樣 1 上的亮視野照明光 124'的示意性橫截面圖。投射的照明光 124'照明整個視野。

[0042] 圖 5 示出暗視野模式中的顯微鏡 110。在此，光 124 由暗視野開關 118 阻擋，使得無光通過亮視野通道 122 且實情為經導引以通過暗視野通道 126 作為照明光 124"。正如先前技術之圖 3 之實施例，光 124 之此阻擋產生經反射離開反射鏡 125 且朝向試樣 1 投射的光之環形光束(或，換言之，空心圓柱或環形圓柱)。然而，與先前技術之區別為，照明光 124"之該環形光束之整體並未以由物鏡 120 之設計及暗視野通道 126 之壁決定的斜射角度到達試樣。實情為，在來自少於 BD 物鏡之整個 360 度圓周處的光之僅一部分沿暗視野通道傳送以到達試樣，作為弧形照明光 124*。此弧形照明光 124*仍然照明整個視野，但是，並非自物鏡之整個 360 度圓周如此進行，而是自有限的度數(或弧分數)的離散方向如此進行，亦即自圓周之僅一部分如此進行。在其他實施例中，弧形照明光 124*之暗視野投射自有限的度數(或弧分數)的離散方向照明整個視野，且暗視野照明沒有任何額外照明，該任何額外照明將干擾由斜射地引入的弧形照明光 124*引起的表面陰影。此藉由將光障壁 140 定位在照明光 124"之路徑中來實現。

[0043] 在一些實施例中，諸如圖 6 中示出的該實施

[0050] 將瞭解，顯微鏡之所有元件之控制可以已知方式實行，通常其中一些或所有控制藉由在本文中全部表示且指定為處理器 170 的各種硬體及/或軟體及/或韌體來實行。可使用一或多個處理器，且可使用諸如操縱桿、繼電器、開關等的大量硬體。處理器 170 可記錄影像，該等影像係自攝影機取得且使用適當演算法加以程式設計以分析一或多個影像且重新創建所成像的試樣之部分的地形影像。

[0051] 對於藉由處理器 170 實行的地形成像技術，使進入斜射光相對於物鏡之圓周的定位與特定影像相關聯通常為必要的或至少有幫助的。由斜射光產生的陰影取決於進入光相對於圓周的位置，且建立零位置促進用於取得多個影像且基於該等多個影像計算地形之方法之自動化。一旦零位置經建立，處理器及相關硬體及/或韌體及/或軟體可執行以下自動方法：自圓周周圍的第一位置提供斜射照明，取得影像且收集影像資料並且使該影像資料與來自第一位置的照明相關聯，隨後自圓周周圍的第二位置提供斜射照明，取得影像且收集影像資料並且使該影像資料與來自第二位置位置資料的照明相關聯；根據需要重複該方法以自所要數目的照明位置獲得所要數目的成像資料集合。在一些實施例中，感測器 156 為光學近接感測器，其中當感測器 156 及參考元件 158 對準時，由感測器 156 照射的光由光障壁 140 中的參考元件 158 阻擋。在其他實施例中，感測器 156 為磁定位感測器，藉由感測充當參考元

件的磁體來工作。機械限制開關及霍耳效應感測器為其他實例。

[0052] 在一些實施例中，諸如在圖 7 中可見，光障壁 140 具有帶有兩個對置壁 160、162 的捲軸類形狀，該等對置壁具有分離側壁 164。諸如皮帶 154 的皮帶(或齒輪傳動機構或其他驅動機構)可嚙合側壁 164 以驅動光障壁 140。

[0053] 在一些實施例中，諸如圖 8A 及圖 8B 中所示的該實施例中，光障壁 240 具有在暗視野開口 244a 及暗視野開口 244b 處表示的多個開口，但考慮到明顯大小約束，可使用任何數目的開口。暗視野開口 244a、244b 接合至光障壁之主體 242 之周邊，使得可使用可移動插頭 245a 及可移動插頭 245b 以選擇性地阻擋個別暗視野開口 244a、244b。在圖 8A 之實施例中，暗視野開口 244a 及暗視野開口 244b 彼此相對，且可移動插頭 245a 及可移動插頭 245b 接合，從而形成插頭單元 247，使得當可移動插頭 245b 阻擋暗視野開口 244b 時，可移動插頭 245a 自暗視野開口 244a(如在圖 8A 中)移除且反之亦然(如在圖 8B 中)。此允許光通過所要暗視野開口 244a、244b，從而提供弧形照明光 124*，且亦允許藉由切換插頭單元 247 之定位進行的弧形照明光 124*之定位之快速切換。可瞭解，可使用多個狹槽及可移動插頭，且每一插頭可具有其自有控制，正與圖 8A 及圖 8B 之本示範性實施例中建立的共用控制相反。

[0054] 在另一實施例中，例如圖 9A 及圖 9B 中所示的該實施例中，光障壁 340 具有圍繞光障壁之主體 242 之圓周以 60 度間隔開的六個暗視野開口 344a、344b、344c、344d、344e 及 344f。可替代地使用所要的任何數目及位置。暗視野開口 344a-f 接合至光障壁 340 之主體 342 之周邊，使得可移動插頭 345a、345b、345c、345d、345e 及 345f 可使用來選擇性地阻擋個別暗視野開口 344a-f。在此實施例中，可移動插頭 345a-f 各自可經獨立地致動以阻擋個別開口。為直觀地表示選擇性移動，插頭 345a 在圖 9A 中係示出為自該插頭之開口 344a 移除，其中所有其他插頭經安放以阻擋該等插頭之個別開口，而在圖 9B 中，插頭 345b 係示出為自該插頭之開口 344b 移除，其中所有其他插頭經安放以便阻擋該等插頭之個別開口。

[0055] 在一些實施例中，此類插頭可由線性致動器、螺線管、偏心輪或運動控制之任何其他已知方法移動。線性致動器 349a、349b、349c、349d、349f 經使用。

[0056] 在任何實施例中，弧形照明光 124*之大小可基於達成的結果及所要的結果來根據需要變化。此需要選擇暗視野開口 144(或暗視野開口 244a、244b)之定大小。在一些實施例中，弧形照明光 124*的範圍自 1 度或更多至 180 度或更少(60 弧分或更多至 10,800 弧分或更少弧分)。在其他實施例中，弧形照明光 124*的範圍自 45 度或

更多至 120 度或更少(2700 弧分或更多至 7200 弧分或更少弧分)，在其他實施例中，自 30 度或更多至 45 度或更少(1800 弧分或更多至 2700 弧分或更少弧分)，在其他實施例中，自 10 度或更多至 30 度或更少(600 弧分或更多至 1800 弧分或更少弧分)，在其他實施例中，自 5 度或更多至 10 度或更少(300 弧分或更多至 600 弧分或更少弧分)，在其他實施例中，自 2 度或更多至 5 度或更少(120 弧分或更多至 300 弧分或更少弧分)。弧形照明光之大小取決於暗視野開口 144 相對於該暗視野開口藉以通訊的環形暗視野通道 126 之弧形的大小。

[0057] 本發明之另一態樣將使用以上描述的斜射照明 BD 顯微鏡，以藉由以下操作創建 3D 地形：取得使用光障壁 140 來以弧形照明光 124*自 BD 物鏡 120 之 360 圓周周圍的不同位置斜射照明的試樣 1 之多個影像，及根據地形成像技術處理來自該等影像之資料。地形成像技術之選擇不限於任何特定技術，但在一些實施例中，係選自陰影造形法技術、光度立體攝影術技術及傳立葉疊層成像調變技術。處理器 170 接收來自攝影機 112 的成像資料且藉由一或多個地形成像技術程式設計以產生用來創建經成像的試樣 1 之區域之地形表示的資料。此表示於輸出 172 處。使用諸如陰影造形法技術、光度立體攝影術技術及傳立葉疊層成像調變技術的已知技術以及弧形照明光之已知大小、數目及位置、斜射照明之角度，可產生 3D 地形。

[0058] 在諸如陰影造形法(SFS)的一些地形成像技術

中，自單個位置處的弧形照明光產生的的單個斜射照明試樣影像可足以產生地形資料及影像。在諸如光度立體攝影術技術的其他地形成像技術中，自兩個位置處的弧形照明光產生的至少兩個斜射照明試樣影像可足以產生地形資料及影像。在諸如傅立葉疊層成像調變技術的其他地形成像技術中，需要自兩個位置的弧形照明光產生的至少兩個斜射照明試樣影像加上來自亮視野照明的影像以產生地形資料，且 10 個或更多個斜射照明試樣影像將提供用於傅立葉疊層成像調變技術之甚至更好的資料。本領域中的現有演算法及尚待開發的演算法將為一般技術者提供關於所需要的影像之類型之數目的知識。本發明並未發明或改變演算法，但實情為提供考慮到該等演算法之實行方案的方法及裝置。

[0059] 將瞭解，在一些實施例中，處理器 170(再次，該處理器表示任何數目的適當處理器、硬體、軟體、韌體)自動化光障壁、照明及影像收集之控制及地形資料及/或影像之產生。

[0060] 因此，本發明提供用於使用成像系統成像試樣之方法，該成像系統使用 BD 物鏡，該 BD 物鏡具有暗視野通道及亮視野通道且圍繞將要成像的試樣的界定圓周。方法包括：使用第一弧形照明光經由暗視野通道斜射照明試樣，該第一弧形照明光經由圓周之第一圓弧斜射照明試樣；以及自反射離開試樣之表面的第一弧形照明光取得提供試樣之第一影像資料集合的第一影像。在一些實施

例中，方法進一步包括藉由經由地形成像技術處理第一資料來產生試樣之 3D 地形。在一些實施例中，圓弧大小如以上所描述地加以選擇以用於弧形照明光 124*。

[0061] 在其他實施例中，方法包括：使用第二弧形照明光經由暗視野通道斜射照明試樣，該第二弧形照明光經由 BD 物鏡之圓周之不同於第一圓弧的第二圓弧斜射照明試樣；以及自反射離開試樣之表面的第二弧形照明光取得提供試樣之第二影像資料集合的第二影像。在其他實施例中，方法進一步包括以亮視野照明光經由亮視野通道照明試樣，及自反射離開試樣之表面的亮視野照明光取得試樣之第三影像。在其他實施例中，方法進一步包括針對產生 n 數目個影像資料集合的 n 數個影像重複該斜射照明步驟及該取得影像步驟。在其他實施例中， n 為自 2 至 12，在其他實施例中，自 3 至 9，在其他實施例中，自 4 至 7，且在其他實施例中，為 6。

[0062] 在其他實施例中，該斜射照明步驟包括：在暗視野通道中提供光障壁，光障壁具有主體，該主體不允許光通過該主體，及主體中的暗視野開口，該暗視野開口允許光通過該暗視野開口；以及將照明光傳遞至暗視野通道中、傳遞至光障壁且穿過暗視野開口，以提供斜射照明試樣的弧形照明光。

[0063] 在其他實施例中，方法包括處理器及相關聯硬體及/或韌體及/或軟體，該處理器及相關聯硬體及/或韌體及/或軟體控制任何該斜射照明步驟之斜射照明且控制

任何該影像取得步驟。在其他實施例中，相同或不同處理器及相關聯硬體及/或韌體及/或軟體控制產生 3D 地形之該步驟。

[0064] 在一些實施例中，光障壁 140 可保持固定以允許影像將自單個位置經擷取。在一些實施例中，光障壁 140 可經旋轉以允許多個影像將在暗視野開口 144 之已知的特定位置處經獲取。在一些實施例中，光障壁(諸如光障壁 240)將具有多個開口及插頭，其中插頭經順序地操縱以打開用於弧形照明光 124*之途徑。在一些實施例中，位置通常為對稱的，諸如相隔 180 度擷取的兩個影像、相隔 120 度擷取的三個影像，相隔 60 度擷取的六個影像等等。將瞭解，此等量測將具有每一弧形照明之每一圓弧之中點作為參考點，其中量測係自中點至中點地進行。應瞭解，本發明允許一或多個影像使用暗視野斜射光來擷取且仍然允許亮視野影像以 90 度擷取。

[0065] 根據前述內容，應瞭解，本發明藉由提供以多種方式進行結構及功能改良的成像系統及地形成像方法來顯著地推進技術。雖然在本文中已詳細描述本發明之各種實施例，但是應瞭解，本發明不限於該等實施例或由該等實施例限制，因為此項技術中之一般技術者將容易瞭解對本發明之變化。應自以下申請專利範圍瞭解本發明之範疇。

【符號說明】

[0066]

- 1：試樣
- 2、3：光源
- 4、5：斜射光
- 6：反射光
- 7：攝影機
- 8：處理器
- 10：顯微鏡
- 12：攝影機
- 14：光源
- 16：垂直照明器
- 18：BD 開關
- 20：BD 物鏡
- 22：亮視野通道
- 24：光
- 24'、24''：照明光
- 25：反射鏡
- 26：暗視野通道
- 28：換鏡旋座
- 30：反射光
- 32：鏡筒透鏡
- 110：顯微鏡
- 112：攝影機
- 114：光源

- 116：垂直照明器
- 118：BD 開關
- 120：BD 物鏡
- 121：屏蔽壁
- 122：亮視野通道
- 124：光
- 124'、124''：照明光
- 125：反射鏡
- 126：暗視野通道
- 128：換鏡旋座
- 130：反射光
- 132：鏡筒透鏡
- 140：光障壁
- 142：主體
- 144：暗視野開口
- 148：軸承殼體
- 150：軸承
- 152：驅動器
- 154：皮帶
- 156：感測器
- 158：參考元件
- 160：對置壁
- 162：對置壁
- 164：（分離）側壁

170：處理器

172：輸出

240：光障壁

242：主體

244a、244b：暗視野開口

245a、245b：可移動插頭

247：插頭單元

344a、344b、344c、344d、344e、344f：（暗視野）開口

345a、345b、345c、345d、345e、345f：（可移動）插頭

349a、349b、349c、349d、349e、349f：線性致動器

A：旋轉

S：表面

WD：工作距離

I636281

發明摘要

※申請案號：104133705

※申請日：104 年 10 月 14 日

※IPC 分類：G02B 21/06 (2006.01)

【發明名稱】(中文/英文)

使用亮視野暗視野物鏡的獨特斜射照明技術及與該技術有關的成像方法

Unique oblique lighting technique using a brightfield darkfield objective and imaging method relating thereto

【中文】

本發明提供用於使用成像系統成像試樣之表面的方法，該成像系統使用具有暗視野通道及亮視野通道的 BD 物鏡，該 BD 物鏡具有圓周。使用第一弧形照明光經由該暗視野通道斜射地照明該試樣，該第一弧形照明光經由該圓周之第一圓弧斜射地照明該試樣。反射離開該試樣之該表面的該第一弧形照明光經記錄作為來自反射離開該試樣之該表面的該第一弧形照明光的該試樣之第一影像，且處理器藉由經由地形成像技術處理該第一影像產生該試樣之 3D 地形。本發明亦提供成像裝置，亦提供用於其他實施例之進一步方法步驟。

【 英文 】

A process is provided for imaging a surface of a specimen with an imaging system that employs a BD objective having a darkfield channel and a bright field channel, the BD objective having a circumference. The specimen is obliquely illuminated through the darkfield channel with a first arced illuminating light that obliquely illuminates the specimen through a first arc of the circumference. The first arced illuminating light reflecting off of the surface of the specimen is recorded as a first image of the specimen from the first arced illuminating light reflecting off the surface of the specimen, and a processor generates a 3D topography of the specimen by processing the first image through a topographical imaging technique. Imaging apparatus is also provided as are further process steps for other embodiments.

圖式

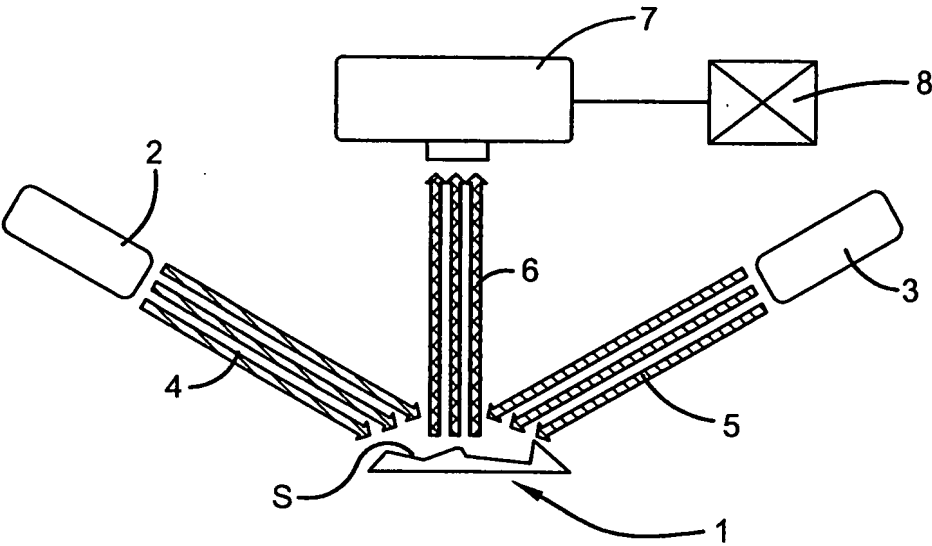


圖 1
先前技術

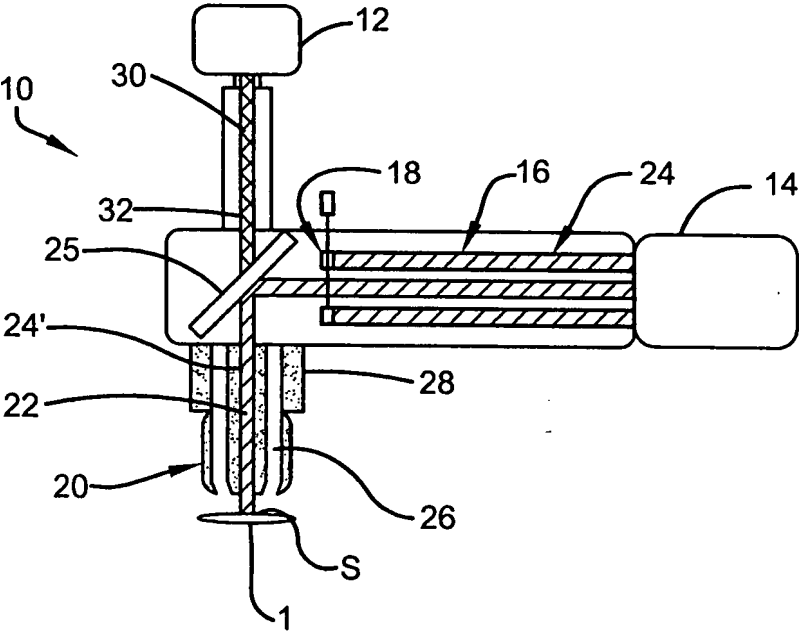


圖 2
先前技術

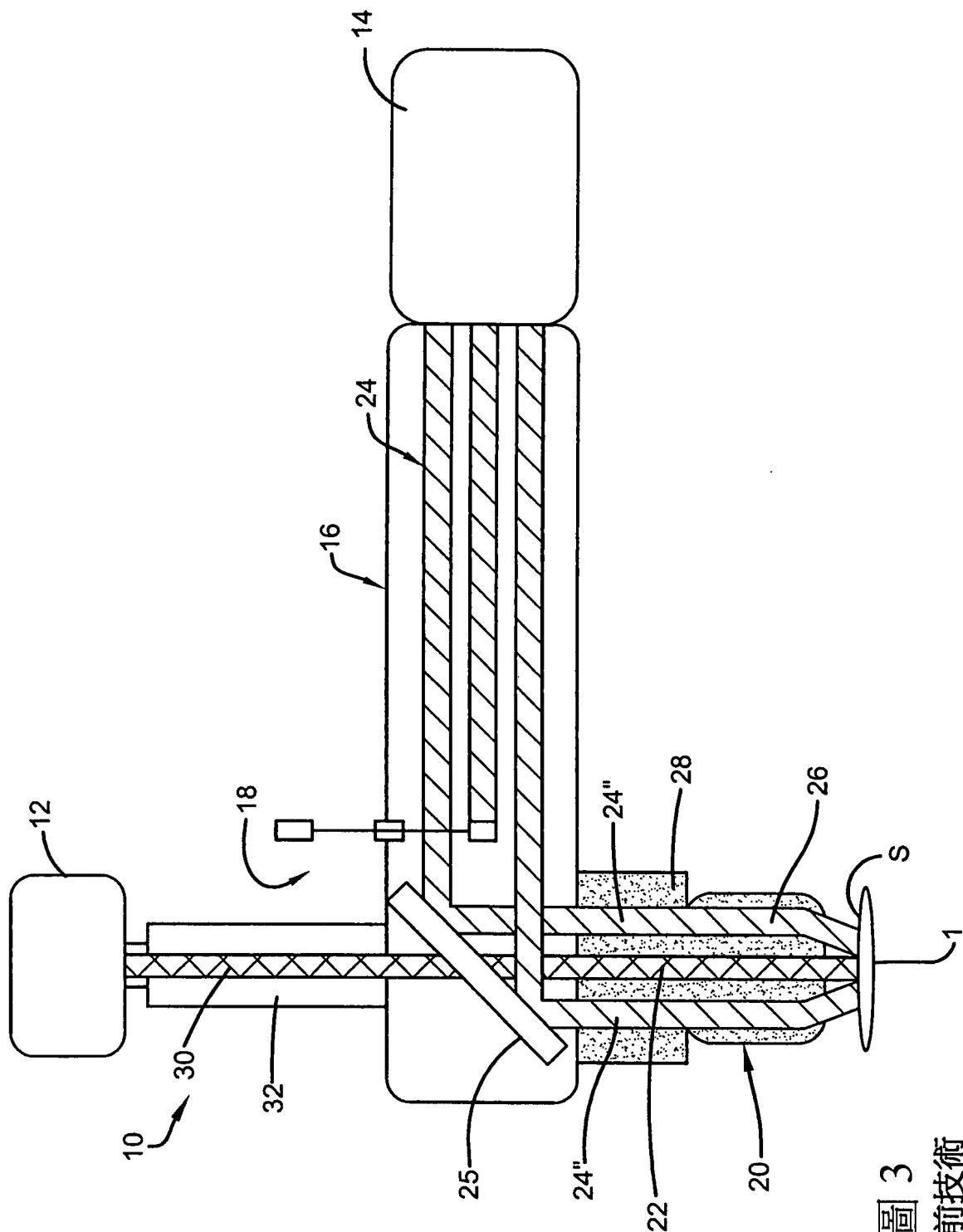


圖 3
先前技術

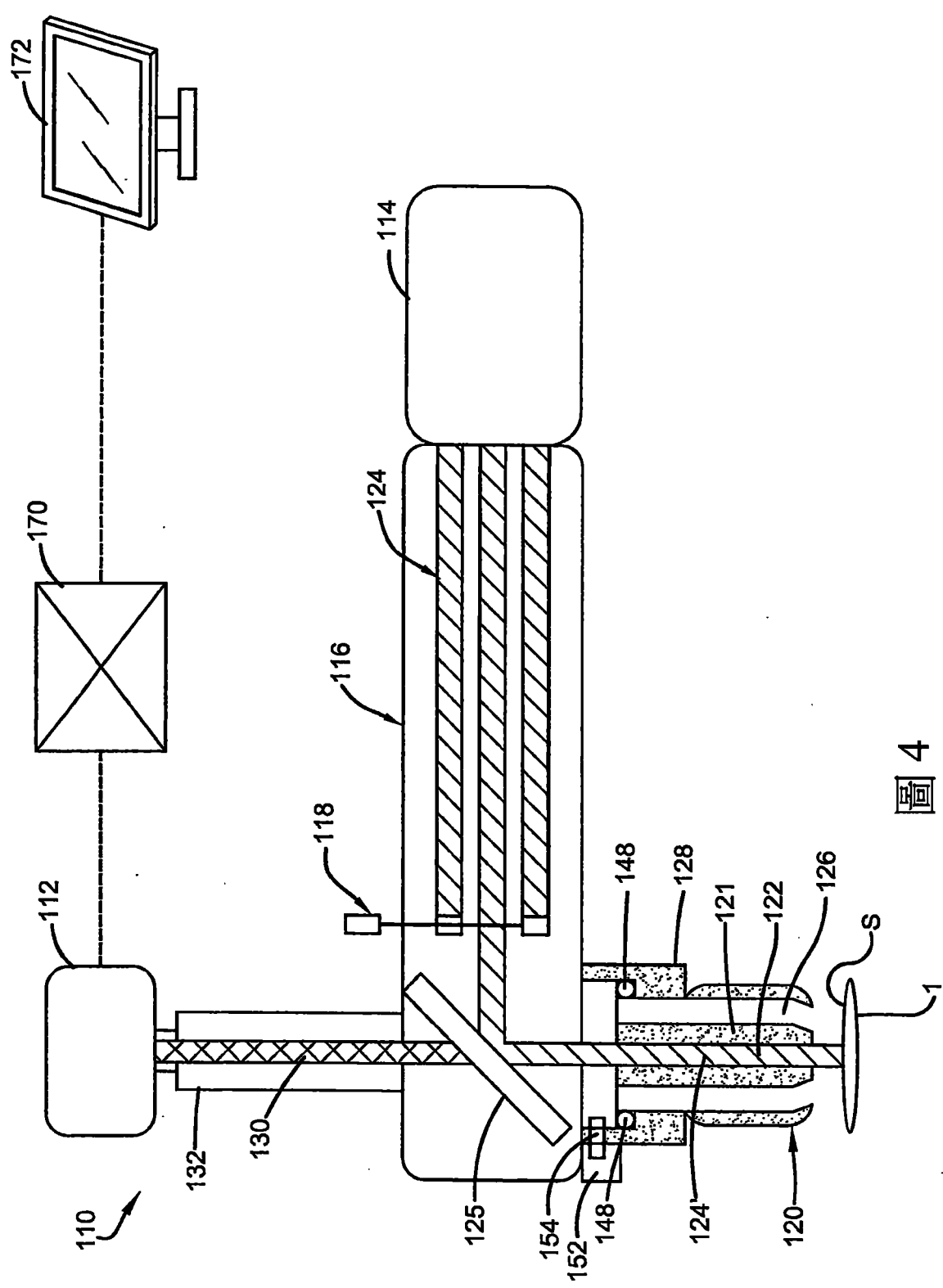


圖 4

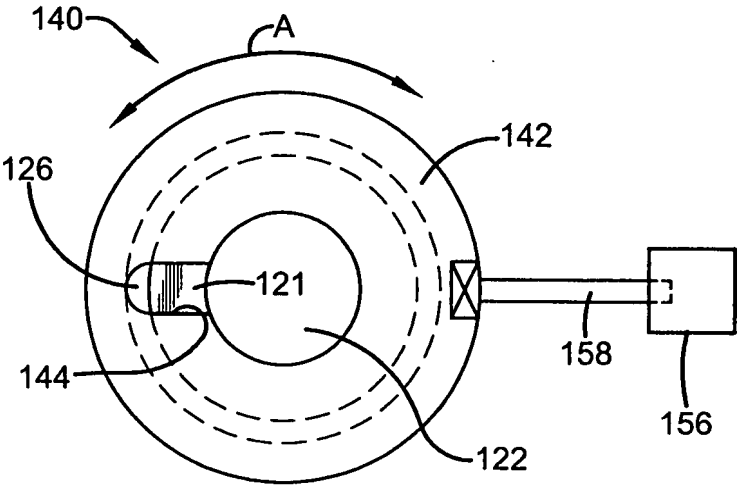


圖 6

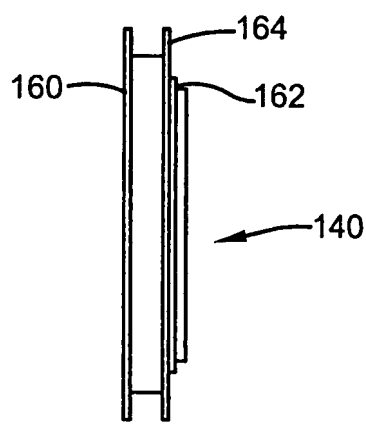


圖 7

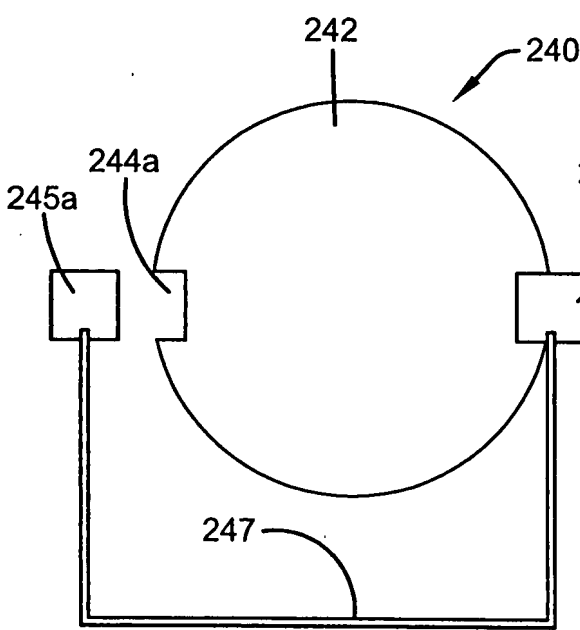


圖 8A

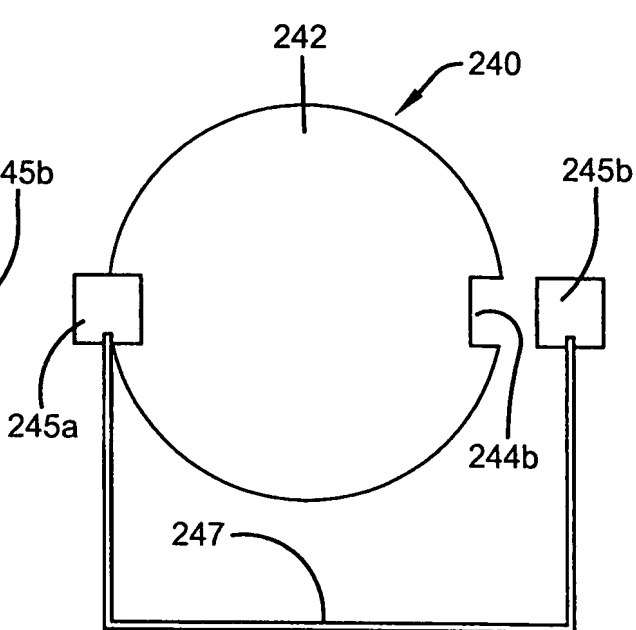


圖 8B

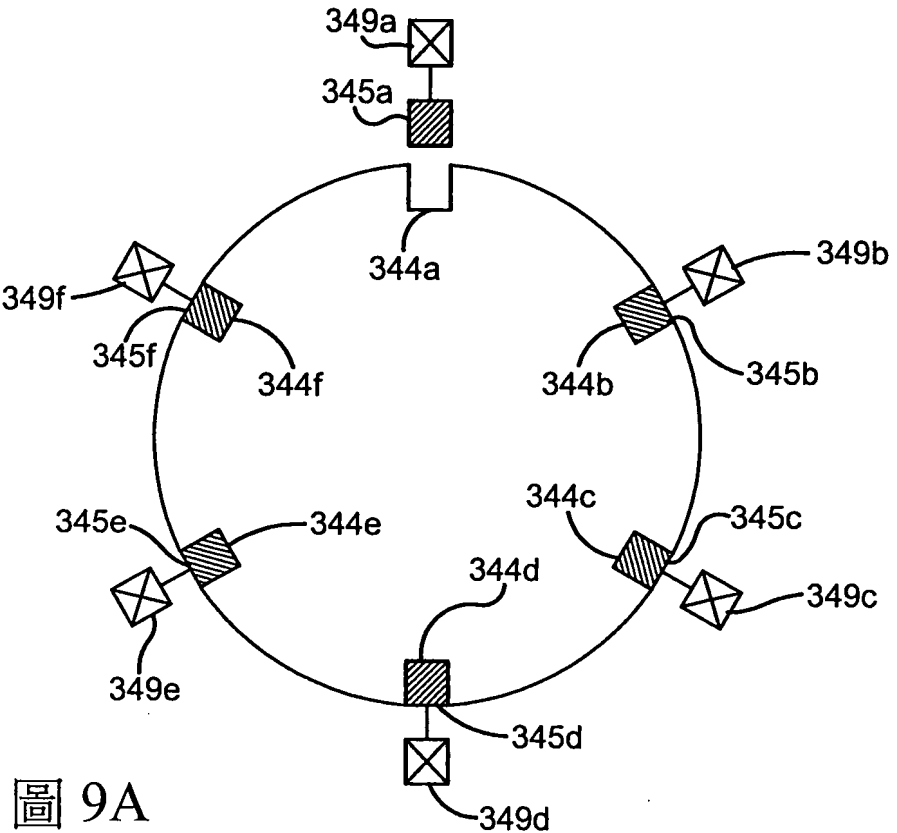


圖 9A

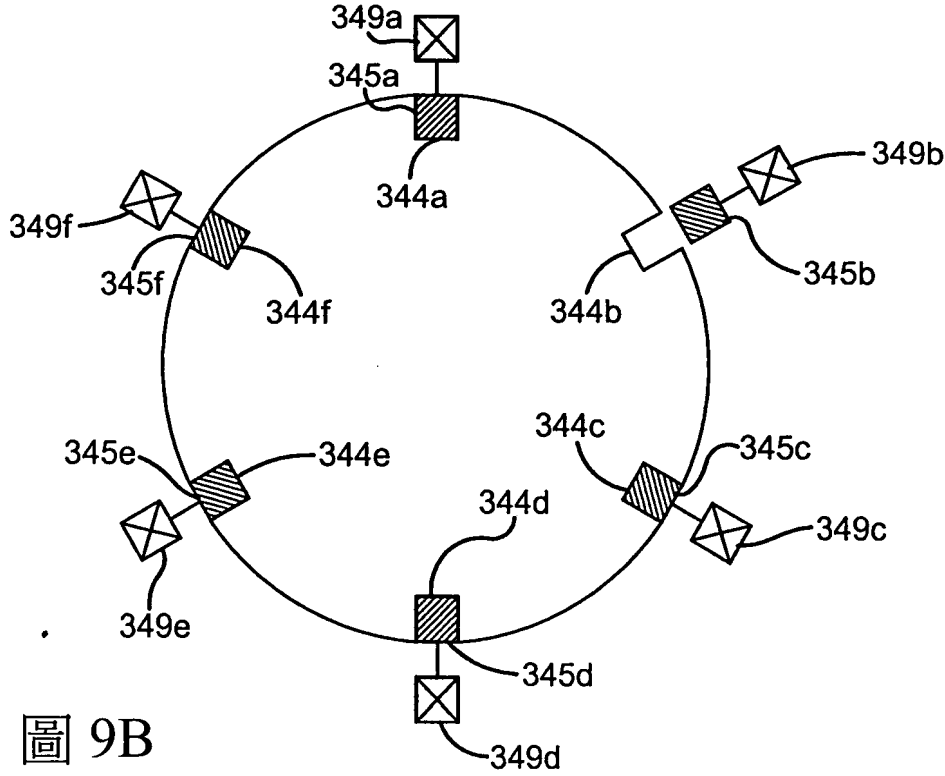


圖 9B

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第(5)圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

1：試樣
 112：攝影機
 114：光源
 116：垂直照明器
 118：BD 開關
 120：BD 物鏡
 124：光
 124'、124''：照明光
 125：反射鏡
 128：換鏡旋座
 130：反射光
 132：鏡筒透鏡
 148：軸承殼體
 150：軸承
 152：驅動器
 154：皮帶
 170：處理器
 172：輸出
 S：表面
 WD：工作距離

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：
 無

例中，光障壁 140 具有其中帶有暗視野開口 144 的主體 142，使得不需要的照明光 124'' 經阻擋，且所要弧形照明光 124* 通過開口以遍及少於在先前技術中所實踐的整個 360 度圓周地朝向試樣 1 投射。光障壁 140 之主體 142 不允許照明光 124'' 通過，同時暗視野開口 144 簡單地界定敞開路徑以用於照明光 124''，該照明光隨後在藉由通過光障壁開口 144 經限制之後經界定為弧形照明光 124*。光障壁 140 亦界定亮視野開口 146 以用於亮視野通道 122 及照明光 124'，以及來自亮視野照明或暗視野照明的所有反射光。

[0044] 圖 5 示出試樣 1 及投射至試樣 1 上的弧形照明光 124* 的示意性橫截面圖。投射的弧形照明光 124* 照明整個視野，但是以斜射角度且自離散位置照明。參考回圖 5，可見僅暗視野通道 126 之左側經示出為具有經由該暗視野通道行進的弧形照明光 124*，因為該狀況反映光障壁 140 中的暗視野開口 144 之位置。照明因此來自該方向且跨於視野以斜射角度照射。

[0045] 在一些實施例中，光障壁 140 緊固在換鏡旋座 128 中。在一些實施例中，光障壁 140 提供在暗視野通道 126 外部。在一些實施例中，光障壁 140 設置在 BD 物鏡 120 外部。在其他實施例中，光障壁 140 緊固在垂直照明器 116 中。將瞭解，光障壁 140 及本文中的有關概念亦可以其他方式實行，諸如實行於 BD 物鏡 120 中。

[0046] 在一些實施例中，諸如圖 5 中之實施例中，光

障壁 140 安裝在換鏡旋座 128 中，且緊固至軸承殼體 148，該軸承殼體緊固至換鏡旋座 128 而不侵擾暗視野通道 126 及經由該暗視野通道行進的光，亦即，合乎需要的是光不受暗視野通道 126 中之軸承殼體 148 之入侵影響。軸承殼體 148 包括軸承 150，該軸承允許光障壁 140 之旋轉以將暗視野開口 144 定位在 BD 物鏡 120 之圓周周圍的所要位置自，因此界定朝向試樣 1 投射的弧形照明光 124*。該旋轉在圖 6 中藉由雙頭箭頭 A 直觀地表示。

[0047] 在一些實施例中，驅動器 152 用以旋轉光障壁 140 以將暗視野開口 144 安置在所要位置中。在一些實施例中，驅動器 152 為經由皮帶 154 與光障壁 140 相互作用的馬達，但可使用齒輪傳動及其他相互作用。將瞭解，驅動器 152 亦可為手動操縱驅動器，諸如齒輪傳動或皮帶傳動或以其他方式與光障壁 140 相關聯以旋轉該光障壁的輪子或旋鈕。

[0048] 在一些實施例中，感測器 156 在適當位置處安裝至顯微鏡 110 以識別用於光障壁 140 之零位置。當感測器與光障壁 140 上的參考元件 158 對準時，顯微鏡 110 上的感測器 156 將識別零位置。零位置建立用於光障壁 140 及更具體而言該光障壁中的暗視野開口 144 之已知起始位置，且此已知起始位置用於索引成像，使得由攝影機 112 記錄的每一影像具有與該影像相關聯的相對於試樣的已知照明位置。

[0049] 攝影機可為在成像系統中有用的任何攝影機且尤其用於成像意欲用於地形分析的試樣。此等攝影機將通常使用 CCD 或 CMOS 感測器。

申請專利範圍

1. 一種用於使用一成像系統成像一試樣之一表面的方法，該成像系統使用具有一暗視野通道及一亮視野通道的一 BD 物鏡，該 BD 物鏡具有一圓周，該方法包括以下步驟：

使用一第一弧形照明光經由該暗視野通道斜射地照明該試樣，該第一弧形照明光經由該圓周之單一的一第一圓弧斜射地照明該試樣，該第一弧形照明光反射離開該試樣之該表面，該第一弧形照明光由設置在 BD 物鏡外部的光障壁提供；以及

自反射離開該試樣之該表面的該第一弧形照明光記錄該試樣之一第一影像；以及

藉由經由一地形成像技術處理該第一影像來產生該試樣之一 3D 地形。

2. 如申請專利範圍第 1 項之方法，其中該第一圓弧為自 1 度或更多至 180 度或更少。

3. 如申請專利範圍第 2 項之方法，其中該第一圓弧為自 2 度或更多至 5 度或更少。

4. 如申請專利範圍第 1 項之方法，其進一步包括以下步驟：

使用一第二弧形照明光經由該暗視野通道斜射地照明該試樣，該第二弧形照明光經由該圓周之不同於該第一圓弧的單一的一第二圓弧斜射地照明該試樣，該第二弧形照明光反射離開該試樣之該表面，該第二弧形照明光由設置

在 BD 物鏡外部的該光障壁提供；以及

自反射離開該試樣之該表面的該第二弧形照明光記錄該試樣之一第二影像，其中產生一 3D 地形之該步驟包括經由一地形成像技術處理該第二影像。

5. 如申請專利範圍第 4 項之方法，其中所有該等斜射地照明步驟包括：

在該暗視野通道外部提供該光障壁，該光障壁具有一主體，該主體不允許光通過該主體，及該主體中的一暗視野開口，該暗視野開口允許光通過該暗視野開口，以及

將照明光傳遞至該光障壁且穿過該暗視野開口，以提供斜射地照明該試樣的該第一弧形照明光及該第二弧形照明光。

6. 如申請專利範圍第 5 項之方法，其包括一處理器控制任何該斜射照明步驟之斜射照明且控制任何該影像記錄步驟。

7. 如申請專利範圍第 6 項之方法，其中該處理器控制產生一 3D 地形之該步驟。

8. 如申請專利範圍第 7 項之方法，其進一步包括以下步驟：

使用亮視野照明光經由該亮視野通道正交地照明該試樣，該亮視野照明光反射離開該試樣之該表面；以及

自反射離開該試樣之該表面的該亮視野照明光記錄該試樣之一第三影像，其中產生一 3D 地形之該步驟包括經由一地形成像技術處理該第三影像。

9. 如申請專利範圍第 1 項之方法，其中該地形成像技術係選自陰影造形法技術、光度立體攝影術技術及傳立葉疊層成像調變技術。

10. 一種用於成像一試樣之一表面的成像裝置，該成像裝置使用具有一暗視野通道及一亮視野通道的一 BD 物鏡，該 BD 物鏡具有一圓周，改良包含：

在該暗視野通道外部安置一光障壁，該光障壁具有一主體，該主體不允許光通過該主體，及該主體中的一暗視野開口，該暗視野開口允許光通過該暗視野開口，使得該主體阻擋朝向該試樣行進的照明光，且該開口界定該照明光行進經由該暗視野通道朝向該試樣的一通路，該開口因此界定自遍及該圓周之僅單一的一圓弧的一離散方向經由該暗視野通道斜射地照明該試樣的弧形照明光。

11. 如申請專利範圍第 10 項之成像裝置，其中該圓弧為自 1 度或更多至 180 度或更少。

12. 如申請專利範圍第 11 項之成像裝置，其中該圓弧為自 2 度或更多至 5 度或更少。

13. 如申請專利範圍第 12 項之成像裝置，其進一步包含一處理器，該處理器在由該成像裝置取得的影像上使用地形成像技術。

14. 如申請專利範圍第 10 項之成像裝置，其中該光障壁旋轉以允許該開口在該圓周周圍的不同位置處的該安置。

15. 如申請專利範圍第 10 項之成像裝置，該改良進

一步包含識別用於該光障壁的零位置的一感測器，該零位置建立用於該光障壁的該暗視野開口之一已知起始位置。

16. 如申請專利範圍第 1 項之方法，其中該光障壁包括一暗視野開口，並且，該方法進一步包含建立用於該暗視野開口之一已知起始位置的步驟。

17. 如申請專利範圍第 16 項之方法，其中該建立的步驟藉由使用與該光障壁上的參考元件對準的一感測器達成。

