

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5897563号  
(P5897563)

(45) 発行日 平成28年3月30日(2016.3.30)

(24) 登録日 平成28年3月11日(2016.3.11)

(51) Int. Cl.		F I			
<b>GO 2 B 21/06</b>	<b>(2006.01)</b>	GO 2 B	21/06		
<b>GO 2 B 21/36</b>	<b>(2006.01)</b>	GO 2 B	21/36		
<b>GO 1 N 21/64</b>	<b>(2006.01)</b>	GO 1 N	21/64	E	
<b>GO 2 B 26/10</b>	<b>(2006.01)</b>	GO 2 B	26/10	1 O 4 Z	

請求項の数 10 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2013-518334 (P2013-518334)	(73) 特許権者	598041463 ジーイー・ヘルスケア・バイオサイエンス ・コーポレーション アメリカ合衆国、ニュージャージー州・O 8855、ピスカタウェイ、センテニアル ・アベニュー、800番
(86) (22) 出願日	平成23年6月29日 (2011.6.29)	(74) 代理人	100137545 弁理士 荒川 聡志
(65) 公表番号	特表2013-531819 (P2013-531819A)	(74) 代理人	100105588 弁理士 小倉 博
(43) 公表日	平成25年8月8日 (2013.8.8)	(74) 代理人	100129779 弁理士 黒川 俊久
(86) 国際出願番号	PCT/SE2011/050867		
(87) 国際公開番号	W02012/002893		
(87) 国際公開日	平成24年1月5日 (2012.1.5)		
審査請求日	平成26年5月16日 (2014.5.16)		
(31) 優先権主張番号	61/359,891		
(32) 優先日	平成22年6月30日 (2010.6.30)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ライン走査式顕微鏡における同期用システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

走査軌跡を制御することのできる機械駆動式走査ユニットの形態の走査ユニットと、走査ユニットと同期してローリングラインシャッターモードで動作する二次元センサーユニットとを備えるライン走査共焦点顕微鏡システムであって、上記走査軌跡が、上記センサーユニットの視野外に加速部分を有するように設定され、前記走査ユニットとセンサーユニットの同期が、前記走査ユニットの走査位置及び応答時間を検出し、走査位置及び応答時間を二次元センサーユニットの現在のローリングシャッター位置と関連付け、検出した応答時間に基づいて二次元センサーユニットのその後のシャッター位置への同期位置調整のため走査ユニットを制御することによってリアルタイムで調整される、ライン走査共焦点顕微鏡システム。

10

【請求項 2】

前記走査ユニットの走査軌跡が、前記センサーユニットの視野外に減速部分を有するように設定される、請求項 1 記載のライン走査共焦点顕微鏡システム。

【請求項 3】

前記走査ユニットの走査軌跡が、画像取得時間の関数として制御される、請求項 1 又は請求項 2 記載のライン走査共焦点顕微鏡システム。

【請求項 4】

前記走査ユニットの走査軌跡が、ローリングラインシャッター幅の関数として制御される、請求項 1 乃至請求項 3 のいずれか 1 項記載のライン走査共焦点顕微鏡システム。

20

## 【請求項 5】

前記走査ユニットの走査軌跡が、光学系の像面湾曲に適合される、請求項 1 乃至請求項 4 のいずれか 1 項記載のライン走査共焦点顕微鏡システム。

## 【請求項 6】

前記センサーユニットの画像取得と走査ユニットの走査動作とが、それらのユニットの応答時間の差を補償するため互いに所定の遅延で開始される、請求項 1 乃至請求項 5 のいずれか 1 項記載のライン走査共焦点顕微鏡システム。

## 【請求項 7】

前記走査ユニットが、ガルバノメーターなどのアクチュエーターによって軸を中心として傾斜させることのできる走査ミラーを含む機械駆動式走査ミラーユニットである、請求項 1 乃至請求項 6 のいずれか 1 項記載のライン走査共焦点顕微鏡システム。

10

## 【請求項 8】

前記二次元センサーユニットが CMOS カメラである、請求項 1 乃至請求項 7 のいずれか 1 項記載のライン走査共焦点顕微鏡システム。

## 【請求項 9】

前記センサーユニットの視野がセンサーユニットの全領域に等しいか及び/又はセンサーユニット領域の小さなセクションであるように選択できる、請求項 1 乃至請求項 8 のいずれか 1 項記載のライン走査共焦点顕微鏡システム。

## 【請求項 10】

1 回の走査が、  
走査ユニットをセンサーユニットの視野外の所定の開始位置に配置する段階と、  
走査ユニットをセンサーユニットの視野の端に移動させ、走査速度を既定のライン走査パラメーターに従って制御する段階と、  
走査ユニットがセンサーユニットの視野の端に配置された時にローリングシャッターモード登録を開始する段階と、  
センサーユニットからのライン毎の制御信号を登録する段階と、  
センサーユニットからのライン毎の信号が変化したときは、検出した応答時間に基づいてローリングシャッターラインサイズ段階で移動するように走査ユニットを制御する段階と、  
視野の走査が完了したことを示す所定数のライン毎の制御信号をセンサーユニットから受信したときにライン走査を終了する段階と  
を含む、請求項 1 乃至請求項 9 のいずれか 1 項記載のライン走査共焦点顕微鏡システム。

20

30

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、ライン走査イメージングシステム並びにライン走査ビームとローリングラインシャッターカメラの同期方法に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

一般に、試料上の小さな関心領域を研究する際に、研究者は試料の観察に蛍光顕微鏡を用いることが多い。顕微鏡は、従来の広視野、構造化照明又は共焦点顕微鏡であることもある。かかる顕微鏡の光学的構成は、典型的には、光源、照明光学系、対物レンズ、試料ホルダー、結像光学系及び検出器を含む。光源から放出された光は、照明光学系及び対物レンズを通して伝播した後、試料上の関心領域を照らす。顕微鏡対物レンズは、接眼レンズを介して観察できる物体の拡大像を形成し、デジタル顕微鏡の場合には、拡大像は検出器で取得され、ライブ観察、データ保存及びさらなる解析のためにコンピュータに送られる。

40

## 【0003】

広視野顕微鏡では、物体の画像は、標準的顕微鏡でのように従来の広視野戦略を使用し

50

、蛍光発光を集めて形成される。一般に、蛍光染色又は標識試料を適切な波長の励起光で照明し、放出光を用いて画像を得るが、光学フィルター及び/又はダイクロイックミラーを用いて励起光と放出光とを分離する。

【0004】

共焦点顕微鏡では、結像に専用光学系を利用する。最も簡単なシステムでは、レーザーを蛍光体の励起波長で作動させ、試料上の1点に集光させると同時にその照射点からの蛍光発光を小面積の検出器上に結像させる。試料の他のすべての領域から放出される光はすべて検出器前に位置する小さいピンホールで排除され、照射点からの光しかピンホールを透過しない。励起スポット及び検出器は、完全な画像を形成するため試料に対してラスタパターンで走査される。速度及びスループットを改善・最適化するための様々な戦略があるが、これらは当業者に周知である。

10

【0005】

ライン共焦点顕微鏡は、共焦点顕微鏡の改良型であり、蛍光励起源はレーザービームであるが、ビームは、試料上の1点ではなく狭いライン上に集束される。次いで蛍光発光を空間フィルターとして作用するスリットを通して光学検出器上に結像させる。試料の他の領域から放出される光はいずれも焦点外にとどまり、スリットによって遮断される。二次元画像を形成するため、試料に対してライン走査を行うと同時に同時にラインカメラを読み取る。このシステムは、適切な光学配置を用いることによって複数のレーザーと複数のカメラを同時に使用できるように拡張できる。

20

【0006】

ライン共焦点顕微鏡の一例が、米国特許第7335898号(その開示内容は援用によって本明細書の内容の一部をなす。)に開示されており、光学検出器は、ローリングラインシャッターモードで動作する二次元センサー素子であり、それによって機械式スリットを省くことができ、全体のシステム設計を簡素化できる。しかし、このタイプのシステムは、集束レーザーラインの動きと移動ローリングラインシャッターとの極めて精密な同期に依拠している。いかなる同期誤差も以下の結果を招くからである。

- ・ 蛍光信号の損失。これはイメージングシステムの全体の感度を低下させる。
- ・ 画像の上から下への強度勾配のような不規則な画像アーチファクトの出現。
- ・ 信号強度が露出時間に比例しないときのシステムの非線形応答。これは最適イメージングパラメーターの選択を複雑にする。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】米国特許第7335898号明細書

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

本発明の目的は、従来技術の1以上の短所を克服する新規なライン走査共焦点顕微鏡及び同期方法を提供することである。これは、独立請求項に記載されたライン走査共焦点顕微鏡及び同期方法によって達成される。

40

【課題を解決するための手段】

【0009】

かかるライン走査共焦点顕微鏡の長所は、ローリングラインシャッター型のライン共焦点顕微鏡における集束レーザーラインの動きと移動ローリングラインシャッターとの改善されかつ信頼性のある同期をもたらすことである。

【0010】

本発明の用途の範囲については、以下の詳細な説明から明らかとなる。ただし、詳細な説明及び具体例は、本発明の好ましい実施形態を示すものではあるが、例示にすぎない。本発明の技術的思想及び技術的範囲に属する様々な変形及び修正は、以下の詳細な説明から当業者には自明であろう。

50

## 【図面の簡単な説明】

## 【0011】

【図1】本発明の一実施形態に係るローリングラインシャッター型検出器を備えるライン走査イメージングシステムのブロック図である。

【図2】本発明の別の実施形態に係るローリングラインシャッター型検出器を備えるライン走査イメージングシステムのブロック図である。

【図3】同期の実施形態の概略図である。

## 【発明を実施するための形態】

## 【0012】

以下、現時点における本発明の好ましい実施形態について図面を参照して説明するが、図面においては、同一又は同様の部品には同じ符号を付した。好ましい実施形態の説明は、例示にすぎず、本発明の技術的範囲を限定するものではない。

## 【0013】

図1は、ライン走査顕微鏡システム10の一実施形態の基本的部品のブロック図を示す。開示する顕微鏡システム10は、光源101、ライン形成ユニット104、走査ユニット105、対物レンズ107、試料109、結像光学系115、二次元センサーユニット117及び制御ユニット121を含む。本システムは、共焦点及び広視野顕微鏡で一般的な他の部品を含んでいてもよい。以下、上記その他の部品についてさらに詳しく説明する。部品の数に関しては、様々な実施形態が考えられる。一般に、好ましい実施形態は意図する用途に依存する。

## 【0014】

光源101は、励起波長の光を物体に送ることのできる光源であればよい。一実施形態では、光源101は、1以上の励起レーザーを含む。一実施形態では、光源101は、近赤外乃至近紫外の光スペクトル域をカバーする4以上のレーザーを含む。これらのレーザーの各々からの光は、光を適切な直径、方向及び平行度の自由空間ビームとして送るか或いは光ファイバー光伝送系を介して残りの光学トレインに結合できる。別法として、光源は、適切な励起波長に調節できる波長可変レーザーであってもよい。さらに好ましい実施形態では、光は、所定のビーム径をもつ高平行度ビーム（その達成には常法を用いればよい）として又は光ファイバー（理想的にはシングルモード偏波面保存ファイバーを用いる）を介して伝送される。2以上のレーザーを含む実施形態では、光源は、所望の波長の光を選択するためにレーザー選択モジュール（図示せず）を備えていてもよい。

## 【0015】

光ビーム101aは、光源101から放出され、ライン形成ユニット104によってライン状ビームに形成される。ライン形成ユニット104の好ましい実施形態としては、特に限定されないが、パウエルレンズ（米国特許第4826299号（その開示内容は援用によって本明細書の内容の一部をなす。）に記載のものなど）が挙げられる。第2の円錐円筒表面の形状は好ましくは、の10%以内の均一な照射と、レーザー光の対物レンズ107透過率80%超とが両立するように規定される。シリンドリカルレンズ、回折格子及びホログラフィック素子のようなその他のライン形成ユニット104も使用できる。

## 【0016】

走査ユニット105は、顕微鏡の視野に対してライン状励起光ビームを対物レンズの焦点面で走査する。一実施形態では、走査ユニット105は、図1の紙面と交差する軸を中心として傾斜させることのできるミラーを含む機械駆動式走査ミラーユニット105である。傾斜角はアクチュエーター106によって設定される。図1の実施形態では、走査ミラーユニット105は、試料109からの励起された放射光が、著しく歪んだり減衰したりせずに、結像光学系115及び二次元検出器ユニット117まで通過できるように構成される。一実施形態では、ミラー105は、試料109からの励起された光の大部分がミラー105の側を通るように、対物レンズ107の背後に中心が置かれた或いは軸方向にずれた小幅ミラーで構成される。一実施形態では、小幅ミラーの幾何形状及び反射特性は、以下に示す通りである。

10

20

30

40

50

対物レンズの後方開口の直径の約 1 / 10 の幅、  
対物レンズの後方開口の直径の約 1 . 6 倍の長さ、  
光学的に平坦、  
300 nm ~ 800 nm での高い反射性。

【0017】

このようなミラーの特性は、幾つかの重要な利点をもたらす。

(1) 全励起波長で 1 枚のミラーを使用できる。マルチバンドダイクロミックミラーに比して、システムを広域レーザーに適合させる際の順応性が大幅に増大する。

(2) 対物レンズの後方開口をその最も広い点で利用する。達成し得る最低レベルの回折をもたらし、ひいては試料のレーザー照射ライン幅が達成可能な範囲で最も狭くなる。

【0018】

別の実施形態では、走査ミラーユニット 105 は、試料 109 からの励起された光が通過できるように構成されたダイクロミックミラーを備える。ダイクロミックミラーの設計は、励起光源からの全波長の光を効率的に反射し、蛍光発光に対応する波長域の光を効率的に透過させるものである。ルゲート (Rugate) 技術に基づくマルチバンドミラーが好ましい実施形態である。

【0019】

図 2 は別の実施形態の概略図であり、走査ミラーユニット 105 は、試料 109 から二次元検出器ユニット 117 への励起された光の光学経路の外に位置する。この実施形態では、固定ダイクロミックミラー 130 を用いて走査ミラーユニット 105 からの光ビームを試料 109 に向けて反射させ、1 以上の波長の励起された光はダイクロミックミラーを通過して二次元検出器ユニット 117 へ進む。

【0020】

一実施形態では、アクチュエーター 106 は、角度位置を検出するための一体センサーを備えるガルバノメーターであり、例えば走査ミラー 105 の絶対位置を登録するための傾斜軸上の位置エンコーダーなどであるが、走査ミラーを駆動することのできる他の種類のアクチュエーターからなるものであってもよい。一実施形態では、走査ミラー 105 の走査軌跡を制御できるようにアクチュエーター 106 の動作を制御することができる。後でさらに詳しく説明する通り、アクチュエーター、したがって走査ミラー 105 の走査軌跡は、制御ユニット 121 などによって制御される。

【0021】

走査ユニット 105 は、光ビーム 101 a を対物レンズ 107 の後方開口に向け、ビームを走査するように配置される。試料を様々な倍率で観察するため、顕微鏡は、様々な倍率 (例えば 10 X 及び 20 X など) の 2 以上の対物レンズ 107 を含んでもよい。試料 109 からの放出光又は反射光は、対物レンズ 107 で集光され、フィルターユニット 125 で濾光され、次いで典型的な結像光学系 115 によって二次元センサーユニット 117 上に試料 109 の画像が形成される。フィルターユニット 125 は、励起蛍光波長を検出器ユニット 117 へ通過させ、励起放射波長を遮断するように選択される。

【0022】

二次元センサーユニット 117 は、蛍光発光を検出し、画像を形成することができ、ローリングラインシャッターモードで動作することのできる、適切な光学センサーアレイ又はカメラで構成される。一実施形態では、二次元センサーユニット 117 は、CMOS カメラである。二次元センサーユニット 117 は、試料上のイメージング領域と光学的共役な位置に配置され、ローリングラインシャッター検出領域の形状及びサイズは、試料上での光学的共役照射ラインの画像と同一又はそれ以下となるように調節し得る。受光器のローリングラインシャッター検出領域に送られる蛍光発光は、センサーユニットのラインシャッター検出領域内に位置する画素から信号を読み取ることによって検出される。センサーユニットのローリングラインシャッター検出領域外に位置するセンサーユニットの検出領域は、迷光及び面外蛍光などのローリングラインシャッター検出領域外で受け取られた光信号を排除するため、ローリングラインシャッターモードでの動作中は無視される。照

10

20

30

40

50

射領域は、走査ミラーユニットを使用して物体/試料109に対して走査されるので、センサーユニットのローリングラインシャッター検出領域は、試料上の照射ラインとの光学的共役を維持するように同期して移動する。

【0023】

図1に概略を示すように、ライン走査顕微鏡システム10は、制御ユニット121を含んでおり、制御ユニット121は、顕微鏡システム10に統合してもよいし、部分的に統合してもよいし、顕微鏡システム10の外部にあってもよい。制御ユニット121は、例えばシステム10を制御し、センサーユニット117から画像データを取得するために必要なソフトウェアを含むコンピュータであってもよい。さらに、例えば取得画像の解析などを行うことのできる画像処理能力を備えていてもよい。

10

【0024】

制御ユニット121の主な特徴の一つは、走査ユニット105とセンサーユニット117のローリングラインシャッター動作との間の同期を確立することである。制御ユニット121は、センサーユニット117のローリングラインシャッター動作に対する走査ユニット105の走査軌跡(又はその逆)並びに相互タイミングを制御するように配置される。上述の通り、一実施形態では、走査ミラー105の走査軌跡は、走査始点、走査終点、走査速度、走査加速度、走査減速度などを始めとする走査軌跡を規定する一組の走査パラメーターに従ってアクチュエーター106の作動を制御することによって制御できる。ローリングラインシャッター動作は、ライン幅、シャッター速度、シャッター始点及び終点などを始めとするセンサーユニットの光学検出動作を規定する一組のシャッターパラメーターに従って制御してもよい。

20

【0025】

質の高い画像を得るには、視野全域でのライン状光ビームの走査で得られる蛍光信号のローリングラインシャッター動作による登録を同期させる必要がある。この同期は、時間的同期と空間的同期の2つのカテゴリーに分けることができる。

【0026】

時間的同期は、走査で得られた蛍光信号の走査ラインの速度が、許容範囲内の露出時間についてセンサーユニット117のローリングラインシャッターの速度に等しいことを意味する。

【0027】

空間的同期は、画像取得の際の走査で得られる蛍光信号が常にセンサーユニット117のローリングラインシャッター検出領域の中心に位置することを意味する。

30

【0028】

質の高いイメージングの達成には、空間的同期及び時間的同期の両方の条件を、1枚の画像を得る際の全期間にわたって満たさなければならない。

【0029】

一実施形態では、改善された同期は、センサーユニット117の視野外に加速部分を有するように走査軌跡を設定することによって達成され、走査速度安定化のための走査ユニット105加速時間及び角度を許容する。ローリングラインシャッターモードの動作により、センサーユニット117の視野は、顕微鏡システム10の1回の走査時のセンサーユニット117の光学活性領域として定義される。光学系によってセンサーユニット117全域での走査が行える状況では、光学活性領域はセンサーユニットの全領域に等しくてもよいが、光学系によって或いは走査及びシャッターパラメーターによって光学活性領域を制限してもよい。一実施形態では、光学活性領域のサイズは選択可能であり、具体的なイメージング状況などに応じて調整してもよい。こうすると、例えば試料の所定の部分をより詳細にイメージングすることができる。

40

【0030】

同様に、一実施形態では、走査ユニット105の走査軌跡は、走査速度の早期減速を避けるためセンサーユニット117の視野外に減速部分を有するように設定される。

【0031】

50

－実施形態では、走査ユニットの走査軌跡は、連続する2つの走査間の時間をできるだけ短く保ちつつ、センサーユニット117の全視野で一定の走査速度を達成するために、例えば走査始点、走査終点及び走査加速度に関する走査パラメーターの調節によって画像取得時間の関数として制御される。

【0032】

－実施形態では、走査ミラーユニットの走査軌跡は、全走査期間中ローリングラインシャッターに中心がある走査が達成されるように、例えば走査始点及び走査終点に関する走査パラメーターを調節することによってローリングラインシャッター幅の関数として制御される。

【0033】

－実施形態では、時間的同期を達成するため、センサーユニットの画像取得と走査ミラーユニットの走査動作を、それらのユニットの応答時間の差を補償するため互いに所定の遅延で開始してもよい。各走査動作は、画像取得を開始するための1以上の共通外部トリガーを用いて開始してもよいし、走査ユニット105及びセンサーユニット117のローリングラインシャッターの開始について共通外部トリガーに関するこれらのデバイスの異なる応答時間を補償するための1以上のプログラム可能な遅延を設けてもよい。

【0034】

図3は、1回のイメージ走査サイクルの際の走査ユニット105とセンサーユニット117のローリングラインシャッターとの相対走査速度の概略を例示する。t1で走査が開始され、走査ユニット105はt2で所定の走査速度 $V_{sc}$ に達するまで加速フェーズに設定され、t5まで一定に保たれ、t5の減速フェーズによって走査軌跡は終わり、走査ユニットはt6で停止する。図3に示すように、ローリングラインシャッターは、その電子的性状のため加速フェーズも減速フェーズも有さない。しかし、走査速度 $V_{sc}$ でのローリングラインシャッター動作は、ローリングラインシャッターが構成され、動き始めるまでに遅延が存在することもあるので、t3よりも前の時点で開始する必要があることもある。図3に示すように、走査及びシャッターパラメーターは、ローリングシャッター速度の走査速度プロファイルにみられるように、走査ユニット105がセンサーユニット117の視野に達する前に走査ユニットが所定の走査速度に達しておくように制御される。

【0035】

図3には、走査ユニット105は、t6で逆方向加速を開始することが示してあり、一実施形態では、逆方向走査は、センサーユニット117による蛍光発光の登録をせずに実施されるが、別の実施形態では、センサーユニット117は、逆方向走査時に後の画像を登録するための逆方向ローリングラインシャッターモードで動作するように構成される。

【0036】

像面湾曲が十分補正された光学系で顕微鏡システムが設計されている状況では、走査ミラーユニットの走査軌跡は全視野で線形であってもよい。しかし、かなりの像面湾曲のある広視野光学系で顕微鏡システムが設計されている状況では、走査ミラーユニットの走査軌跡を光学系の像面湾曲に適合させて像面湾曲を補償することもできる。

【0037】

－実施形態では、走査ミラーユニット及びセンサーユニットの同期は、例えば位置エンコーダーで検出される走査ミラーの角度位置及び二次元検出器ユニット117の検出のローリングシャッターラインの位置に基づく走査ユニットのフィードバック制御によってリアルタイムで調整される。読取り情報は、例えば走査アクチュエーター106からの例えば誤差信号の形であってもよい。アクチュエーターからの誤差信号は、例えば走査軌跡に従って所望の角度に関して測定された作動の検出された差であってもよい。

【0038】

－実施形態では、走査ユニットとセンサーユニットの同期は、走査ユニットの走査位置及び応答時間を検出し、走査位置及び応答時間を二次元センサーユニットの現在のローリングシャッター位置と関連付け、検出した応答時間に基づいて二次元センサーユニットのその後のローリングシャッター位置への同期位置調整のため走査ユニットを制御すること

10

20

30

40

50

によってリアルタイムで調整される。

【 0 0 3 9 】

一般的な実施形態では、1回の走査は、  
走査ユニットをセンサーユニットの視野外の所定の開始位置に配置する段階と、  
走査ユニットをセンサーユニットの視野の端に移動させ、現在のライン走査パラメータ  
に従って走査速度を制御する段階と、  
走査ユニットがセンサーユニットの視野の端に配置された時にローリングシャッターモー  
ド登録を開始する段階と、  
センサーユニットからのライン毎の制御信号を登録する段階と、  
センサーユニットからのライン毎の制御信号が変化したときは、検出した応答時間に基づ  
いてローリングシャッターラインサイズ段階で移動するように走査ユニットを制御する段  
階と、  
視野の走査が完了したことを示す所定数のライン毎の制御信号をセンサーユニットから受  
信したときにライン走査を終了する段階と  
を含む。

【 0 0 4 0 】

一実施形態では、制御ユニット121は、走査ユニット105、二次元検出器ユニット  
117及び光源101などの、顕微鏡システム10の部品のリアルタイム制御のために低  
レベルマイクロプロセッサを含む。走査ユニット105は、ガルバノメーターなどのデジ  
タル制御アクチュエーター106によって走査軸の周りで傾斜するように配置される走査  
ミラーで構成される。デジタル制御アクチュエーター106は、走査ミラー105の絶対  
位置を登録するために傾斜軸上に位置エンコーダーを有しており、それによって傾斜軸の  
デジタル位置は常に既知である。同期のリアルタイム制御をもたらすため、デジタル制御  
アクチュエーター106及び二次元検出器ユニット117は、高速デジタル接続によって  
マイクロプロセッサ制御ユニット121に接続される。この実施形態では、マイクロプロ  
セッサ制御ユニット121は、デジタル制御アクチュエーター106にどこに行くか指示  
することができ、デジタル制御アクチュエーター106は、要求された位置ですぐに応じ  
る。一実施形態では、高速デジタル接続は、マイクロプロセッサ制御ユニット121が、  
二次元センサーユニット117のラインシャッター検出領域によって定義される検出のそ  
の後のラインに関して、走査中にライン状励起光をライン毎に基づいて走査するようにデ  
ジタル制御アクチュエーター106を位置決めするのに十分に速い。上述の通り、マイク  
ロプロセッサ制御ユニット121は、開始信号を与えることによって二次元センサーユニ  
ット117のローリングシャッター動作を開始するように配置される。二次元センサーユ  
ニット117は次に、ライン毎の制御信号をマイクロプロセッサ制御ユニット121に送  
るように構成され、デジタル化されたラインの相対位置を追跡するために二次元センサ  
ーユニット117からのライン毎の制御信号を監視する。一実施形態では、光源101は、  
マイクロプロセッサ制御ユニット121によるデジタル制御が可能であり、マイクロプロ  
セッサは、1ラインの走査にかかる時間内に光源101をオン/オフすることができる。

【 0 0 4 1 】

この実施形態に係る同期は、非常に安定で堅固な機器基盤に基づいており、二次元セン  
サーユニット117のローリングシャッターライン及びデジタル制御アクチュエーター1  
06による照射ライン位置の相互空間的位置は、完全に特徴付けられ、知られている。し  
たがって、制御ユニット121は、励起光の走査ラインを二次元センサーユニット117  
の特定のローリングシャッター検出ラインに光学的共役位置に配置するようにデジタル制  
御アクチュエーター106に指示することができる。デジタル制御アクチュエーター10  
6による傾斜軸のデジタル位置は、傾斜軸上の位置エンコーダーを通じて常に知られて  
いるので、デジタル制御アクチュエーター106の位置をリアルタイムで追跡し、知られて  
いる位置を利用して完全な同期を達成することができる。一実施形態では、マイクロプロ  
セッサ制御ユニット121は、新しい位置に移動するためのデジタル制御アクチュエータ  
ー106への命令の提出とアクチュエーターが新しい位置に到着したという位置エンコー

10

20

30

40

50



ダーの回答との間の応答時間を決定するように配置される。登録された応答時間に基づいて、マイクロプロセッサ制御ユニット121は、試料での照射ラインを二次元センサーユニット117のローリングシャッターラインの現在の位置に共役な位置に配置するために、デジタル制御アクチュエーター106へのその後の移動命令のタイミングを調節するように配置される。したがって、完全な同期は、各走査速度についてデジタル制御アクチュエーター106の応答時間を予め定義しておく必要がなく、走査速度及び走査領域の連続する範囲にわたってオンザフライで達成できる。

【0042】

－実施形態では、ライン走査は、デジタル制御アクチュエーター106をセンサーユニット117の視野外の所定の開始位置に配置する段階と、デジタル制御アクチュエーター106をセンサーユニット117の視野の端に移動させ、二次元センサーユニット117からのライン毎の制御信号が変化したときは、ラインサイズのアクチュエーター段階を用いて走査速度を制御する段階と、アクチュエーター106が、センサーユニット117の視野の端に配置されたときに、ローリングシャッターモード登録を開始する段階と、二次元センサーユニット117からのライン毎の制御信号が変化したときは、アクチュエーター106をラインサイズのアクチュエーター段階で移動させる段階と、所定数のライン毎の制御信号を二次元センサーユニット117から受信したときにライン走査を終了する段階とを含む。

10

20

【0043】

二次元センサーユニット117からのライン毎の制御信号に基づいてデジタル制御アクチュエーター106の走査速度を制御することによって、ライン走査は、二次元センサーユニット117のローリングシャッターと非常に高い同期で漸増の段階的走査動作として行われることになる。

【0044】

この出願全体にわたって、走査ユニットとセンサーユニットの位置関係は、試料位置に関する相関した光学的位置決め、すなわち照射ライン及びセンサーユニットでの光学的共役ローリングシャッター検出ラインの位置に言及している。

30

【0045】

本発明の現在好ましい実施形態は、同様の部品が同じ数字で識別される図面を参照して述べられる。好ましい実施形態の記載は、例示にすぎず本発明の技術的範囲を限定するものではない。

【0046】

本発明は、特定の実施形態の観点から上述したが、当業者には明らかとなるように、以下の特許請求の範囲で説明されるその精神及び範囲から逸脱せずに、本発明の多くの変更及び変形を行うことができる。

【 図 1 】

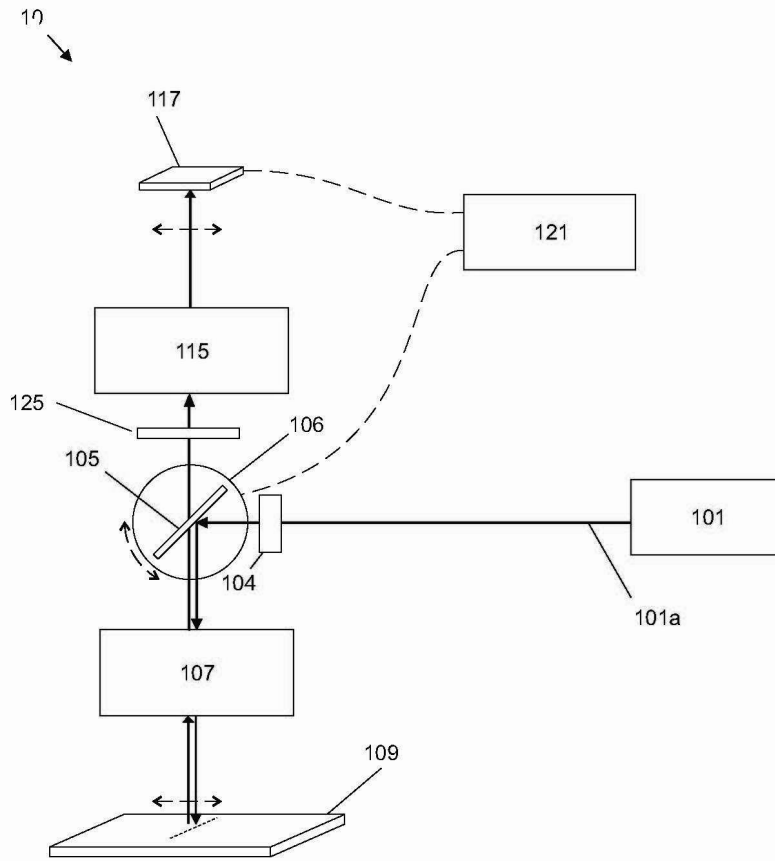


FIG. 1

【 図 2 】

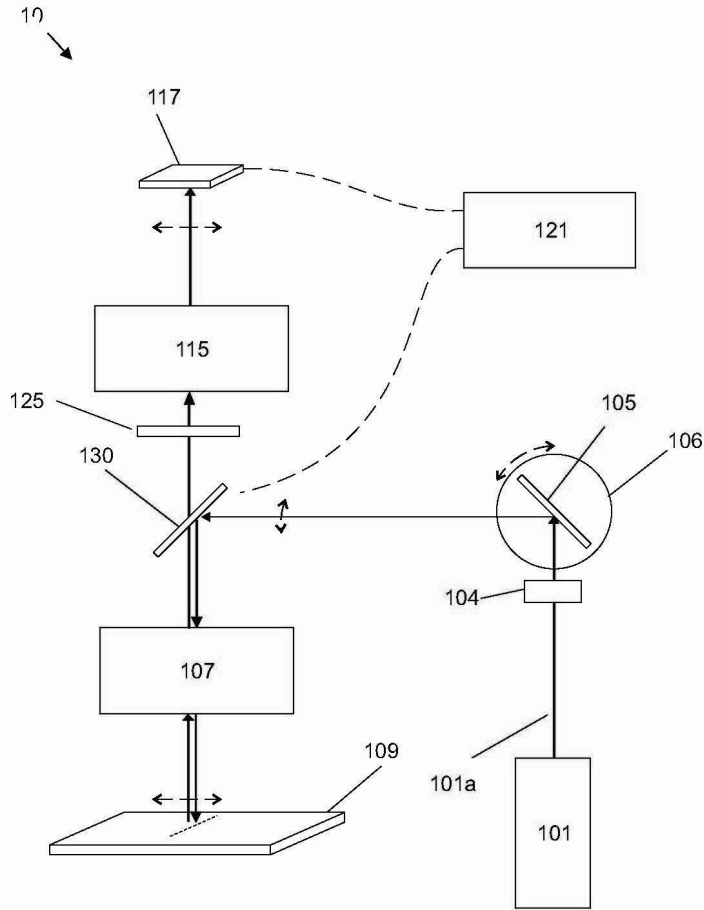


FIG. 2

【図3】

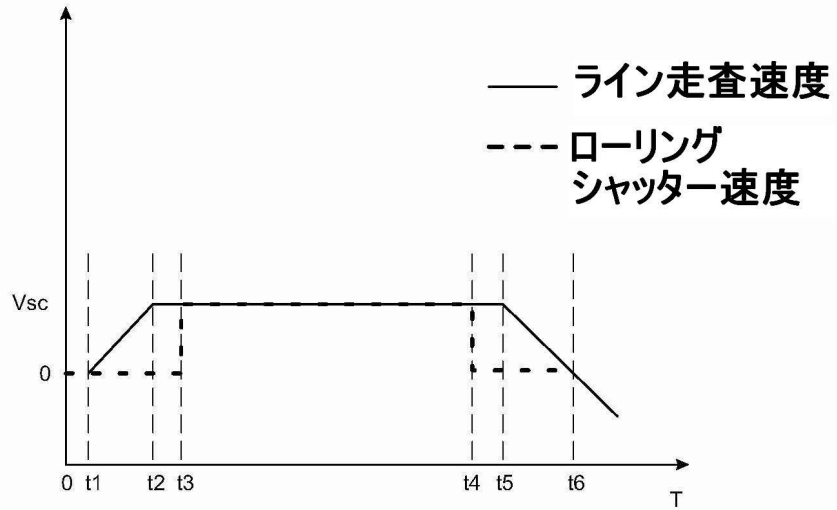


FIG. 3

## フロントページの続き

- (72)発明者 ブーラ, ワイトルド  
カナダ、オンタリオ州・エル2エヌ6 ジェイ3、セイント・キャサリンス、ジェリコー・ドライブ、4番
- (72)発明者 フォミチョフ, パヴェル・エイ  
アメリカ合衆国、ニュージャージー州・08855、ピカスタウェイ、センテニエル・アベニュー、800番、ジーイー・ヘルスケア・バイオサイエンス・コーポレーション
- (72)発明者 グッドソン, スティーヴ  
アメリカ合衆国、ワシントン州・98027、アイッサクワ、トウエルヴス・アベニュー・ノースウエスト、1040番、アプライド・プレジジョン・インコーポレーテッド
- (72)発明者 メイ, アーウェン  
アメリカ合衆国、ニュージャージー州・08855-3911、ピカスタウェイ、センテニエル・アベニュー、800番、ジーイー・ヘルスケア・バイオサイエンス・コーポレーション
- (72)発明者 ツァン, ヤン  
アメリカ合衆国、ニュージャージー州・08855、ボーダントOWNホロウェイ・レイン、13番

審査官 堀井 康司

- (56)参考文献 国際公開第2009/075346(WO, A1)  
特開平10-326587(JP, A)  
特開2005-107098(JP, A)  
特開2008-286624(JP, A)  
特開2003-344781(JP, A)  
特開2005-037690(JP, A)  
特開2000-275528(JP, A)  
特表2008-507719(JP, A)  
特表2001-502820(JP, A)  
特表2009-522605(JP, A)

## (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 19/00 - 21/00  
G02B 21/06 - 21/36