(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第6968098号
(P6968098)
(45)発行日　令和3年11月17日(2021.11.17)　(24)登録日　令和3年10月28日(2021.10.28)

(51)Int.Cl.　　F I
G02B 21/06 (2006.01)　　G02B 21/06
G01N 21/64 (2006.01)　　G01N 21/64　E

請求項の数 15　(全 11 頁)

(21)出願番号　特願2018-557786(P2018-557786)
(86)(22)出願日　平成29年5月3日(2017.5.3)
(65)公表番号　特表2019-515351(P2019-515351A)
(43)公表日　令和1年6月6日(2019.6.6)
(86)国際出願番号　PCT/EP2017/060545
(87)国際公開番号　WO2017/191193
(87)国際公開日　平成29年11月9日(2017.11.9)
審査請求日　令和2年1月24日(2020.1.24)
(31)優先権主張番号　102016108384.4
(32)優先日　平成28年5月4日(2016.5.4)
(33)優先権主張国・地域又は機関
ドイツ(DE)

(73)特許権者　511079735
ライカ　マイクロシステムズ　シーエムエス　ゲゼルシャフト　ミット　ベシュレンクテル　ハフツング
Ｌｅｉｃａ　Ｍｉｃｒｏｓｙｓｔｅｍｓ　ＣＭＳ　ＧｍｂＨ
ドイツ連邦共和国　ヴェッツラー　エルンスト－ライツ－シュトラーセ　１７－３７
Ｅｒｎｓｔ－Ｌｅｉｔｚ－Ｓｔｒａｓｓｅ　１７－３７，　Ｄ－３５５７８　Ｗｅｔｚｌａｒ，　Ｇｅｒｍａｎｙ
(74)代理人　100114890
弁理士　アインゼル・フェリックス＝ラインハルト

最終頁に続く

(54)【発明の名称】試料を光シート状に照明する装置および方法

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
試料を光シート状に照明する装置（１０）であって、
照明ビーム（２６）を発生させる光源（１２）と、
前記照明ビーム（２６）を集束して、前記試料の焦平面（Ｅ）を照明可能な光シート状の照明光分布を形成する集束系（１４）と、
を備える装置（１０）において、
前記装置（１０）は、
前記試料の前記焦平面（Ｅ）に前記光シート状の照明光分布を結像する結像光学系（１８）と、
異なる伝搬方向で前記結像光学系（１８）に伝搬する、偏光の異なる２つの部分ビーム（３４、３６）に前記照明ビーム（２６）を分解する、前記集束系（１４）と前記結像光学系（１８）との間に配置された偏光素子（１６）と、
を有しており、
これにより、前記光シート状の照明光分布は、前記結像光学系（１８）によって、前記焦平面（Ｅ）において互いに重ね合わされる、偏光の異なる２つの光シートの形態で結像可能である、
装置（１０）。
【請求項２】
前記偏光素子（１６）は、前記焦平面（Ｅ）に対して共役な位置に配置されている、

請求項１記載の装置（１０）。
【請求項３】
前記前記装置（１０）の光軸（Ｏ）から同じ角度（α）で反対方向に２つの前記部分ビーム（３４、３６）を偏向させるように前記偏光素子（１６）が構成されている、
請求項１または２記載の装置（１０）。
【請求項４】
２つの前記部分ビーム（３４、３６）は、直線偏光されており、前記部分ビーム（３４、３６）の偏光方向は、互いに垂直である、
請求項１から３までのいずれか１項記載の装置（１０）。
【請求項５】
前記偏光素子（１６）は、ウォラストンプリズムである、
請求項１から４までのいずれか１項記載の装置（１０）。
【請求項６】
前記集束系は、シリンドリカルレンズ（１４）によって形成されるアナモルフィック光学素子を含む、
請求項１から４までのいずれか１項記載の装置（１０）。
【請求項７】
前記集束系は、スキャン装置（３８）および円筒対称光学系（４０）を含む、
請求項１から５までのいずれか１項記載の装置（１０）。
【請求項８】
前記偏光素子（１６）によって前記照明ビーム（２６）が２つの前記部分ビーム（３４、３６）に分解される平面は、前記アナモルフィック光学素子（１４）の集束方向に対して垂直である、または、前記スキャン装置（３８）のスキャン方向に対して垂直である、
請求項６または７記載の装置（１０）。
【請求項９】
前記照明ビーム（２６）は、直線偏光されている、
請求項８記載の装置（１０）。
【請求項１０】
直線偏光される前記照明ビーム（２６）の偏光方向は、前記偏光素子（１６）の分解方向に対して４５°の角度を有する、
請求項９記載の装置（１０）。
【請求項１１】
前記結像光学系（１８）は、単一の照明対物レンズである対物レンズ（２２）を含む、
請求項１から１０までのいずれか１項記載の装置（１０）。
【請求項１２】
前記結像光学系（１８）は、無限遠対物レンズ（２２）およびチューブレンズ（２０）を含む、
請求項１から１１までのいずれか１項記載の装置（１０）。
【請求項１３】
前記結像光学系（１８’）は、有限遠対物レンズ（２２’）を含む、
請求項１から１０までのいずれか１項記載の装置（１０）。
【請求項１４】
試料を光シート状に照明する方法であって、
照明ビーム（２６）を発生させ、
前記照明ビーム（２６）を集束して、前記試料の焦平面（Ｅ）を照明可能な光シート状の照明光分布を形成する方法において、
結像光学系（１８）により、前記光シート状の照明光分布を前記試料の前記焦平面（Ｅ）に結像し、
異なる伝搬方向で前記結像光学系（１８）に伝搬する、偏光の異なる２つの部分ビーム（３４、３６）に前記照明ビーム（２６）を分解し、

前記結像光学系（１８）により、前記焦平面（Ｅ）において互いに重ね合わされる、偏光の異なる２つの光シートの形態で、前記光シート状の照明光分布を結像する、
方法。
【請求項１５】
ＳＰＩＭ顕微鏡または斜平面顕微鏡に適用される、
請求項１４記載の方法。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、照明ビームを発生させる光源と、照明光ビームを集束して、試料の集束面を照明可能な光シート状の照明光分布を形成する集束系と、を備える、試料を光シート状に照明する装置に関する。本発明は、さらに、試料を光シート状に照明する方法に関する。
【背景技術】
【０００２】
いわゆる光シート顕微鏡法またはライトシート顕微鏡法では、検出光学系の光軸に対して光軸が垂直になっている照明対物レンズを介し、光シートによって試料が照明される。試料が光シートによって照明される焦平面が、検出光学の光軸に沿って連続してずらされることより、３次元のイメージングが可能である。広視野蛍光顕微鏡法に使用されるこの方法の利点は、特に、試料の光負荷もとりわけ少ないことである。
【０００３】
しかしながら、照明光が、検出光学系の光軸に対して垂直に伝搬することは問題である。したがって試料内の散乱中心体または吸収体により、照明光の散乱もしくは吸収が発生することがあり、これは、結果的に得られる画像において、照明光の伝搬方向のストリーク状アーチファクトの形態で視認されることになる。
【０００４】
このようなアーチファクトを低減するため、従来技術ではさまざまな手法が公知である。しかして米国特許第８７９２１６２号明細書（US 8 792 162 B2）には、試料が２つの側から照明される、別々の２つの照明ビーム路を設けることが提案されている。試料を提案されたように２つの側から照明することには、別々の２つの照明装置を設けなければならず、さらにこれらの照明装置を互いに正確に調整しなければならないという明らかな欠点がある。これは、技術的に繁雑でありかつ経済的にもコストがかかる。さらに、この解決手段は、いわゆる傾斜平面顕微鏡法、略してＯＰＭ（oblique plane microscopy）のような多くのＳＰＩＭ技術には適用できない。傾斜平面顕微鏡法の例は、米国特許第８５８２２０３号明細書（US 8 582 203 B2）にある。
【０００５】
米国特許第７７８７１７９号明細書（US 7 787 179 B2）には、照明光シートの種々異なる入射方向を連続して形成する、位置調整可能な偏向素子の使用方法が提案されている。この偏向素子は、十分な速度を達成するため、例えばガルバノメータとして構成されなければならず、これに相応して高価である。さらに、付加的な輝度アーチファクタを回避するため、偏向素子の運動を検出のフレームレートと同期させなければならない。さらに、偏向素子の速度は、全体システムの最大フレームレートに制限される。
【０００６】
米国特許第７７８７１７９号明細書（US 7 787 179 B2）には、さらに、側方にずらされた複数の光シートを形成するため、シリンドリカルレンズアレイおよび空間コヒーレンスの小さい光源を利用することが規定されている。光シートの長い方の横方向軸に沿った個々の部分ビーム間の干渉アーチファクタを回避するために、ここで提案される、空間コヒーレンスの小さい光源の使用方法は、短い方の横方向軸に沿った光シートの品質を低下させてしまう。というのは、ここでもコヒーレンスが低減され、したがって、回折が制限される集束は、もはやできないからである。
【０００７】

さらに、独国特許出願公開第１０２００４０３４９５７号明細書（DE 10 2004 034 957 A1）および独国特許出願公開第１０２０１２２１４５６８号明細書（DE 10 2012 214 568 A1）には、それぞれ２重回折する光分解を有し得る、ＳＰＩＭ照明のための照明システムが開示されており、ここでは、このようにして形成される複数の部分ビームは、反対の照明方向に伝搬する。反対の照明方向によって必要になるのは、試料体積体に３つの方向から到達できるようにすることである。これらの方向のうちの２つは、互いに反対を向いているのに対し、３番目の方向は、これらの方向に直交している。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００８】

本発明の課題は、従来のシステムの上で説明した欠点を回避し、光シートを用いて焦平面を選択的に照明する際に、試料内での照明光の陰によって発生するストリーク状アーチファクトの発生を大幅に阻止できるようにした、試料を光シート状に照明する装置および方法を提供することである。

【０００９】

この課題は、本発明により、請求項１に記載した装置および請求項１４に記載した方法によって解決される。有利な発展形態は、従属請求項および以下の説明から得られる。

【００１０】

本発明による装置には、照明光ビームを発生させる光源と、照明光ビームを集束して、試料の焦平面を照明可能な光シート状の照明光分布を形成する集束系と、が設けられている。本発明では、さらに、試料の焦平面に光シート状の照明光分布を結像する結像光学系が設けられている。集束系と結像光学系との間には、異なる伝搬方向で結像光学系に伝搬する、偏光の異なる２つの部分ビームに照明光ビームを分解する偏光素子が配置されており、これにより、光シート状の照明光分布が、結像光学系によって、焦平面において互いに重ね合わされる、偏光の異なる２つの光シートの形態で結像可能である。

【００１１】

本発明による照明装置の単一の照明ビーム路において、偏光素子によって形成される２つの部分ビームは、照明ビーム路の光軸に対して異なる角度で結像光学系に伝搬するため、試料では、観察される焦平面を異なる方向から照明する２つの光シートが形成される。散乱中心体または吸収体によって、２つの照明方向のうちの１つにおいて、照明光の陰が生じると、散乱中心体または吸収体の影響を受けていない別の照明方向により、依然として、焦平面の十分な照明が保証される。これにより、ストリーク状アーチファクトを確実に回避することができる。

【００１２】

本発明による装置により、特に、単一の照明対物レンズを有するＳＰＩＭシステムへの照明光の入力結合が可能になる。これにより、本発明による実現方式は、従来のシステムよりも、すなわち、偏光の異なる部分ビームを、反対の照明方向で試料に伝搬し、したがって別々の２つの照明対物レンズを必要とする従来のシステムよりも技術的に繁雑でなくなる。

【００１３】

本発明による装置は、照明対物レンズの他に別の検出対物レンズが設けられている従来のＳＰＩＭ装置に特に有利に適用可能である。しかしながら本発明は、この適用に限定されない。したがって本発明は、例えば、単一の対物レンズが照明および検出に使用される斜平面顕微鏡にも適用可能である。

【００１４】

有利には、偏光素子は、焦平面に対して共役の位置に配置されている。この共役の位置は、例えば、集束系によって第一に形成される光シートの個所にある。

【００１５】

有利な発展形態では、照明装置の光軸から同じ角度で反対方向に２つの部分ビームを偏向させるように偏光素子が構成されている。前に挙げた角度をαで表し、結像光学系によ

って及ぼされる倍率をβで表すと、この実施形態では、試料内で照明装置の光軸に対して±α／βの角度で伝搬する２つの光シートが試料において形成される。２つの伝搬方向が互いに他に対して有する角度２α＞０により、散乱体および吸収体によって発生するストリーク形成が低減される。

【００１６】

有利には、２つの部分ビームは、直線偏光されており、これらの部分ビームの偏光方向が互いに垂直になるように偏光素子を形成する。互いに垂直になる偏光方向の利点は、２つの光シート間の干渉が回避されることである。さらに、これらの２つの偏光方向を用いた照明により、蛍光体の励起における光選択作用が低減される。

【００１７】

特に有利な実施形態において、偏光素子は、ウォラストンプリズムである。このようなプリズムは、例えば、底面が互いに接着されている、直角の２つの方解石プリズムから成る。２つのプリズムの光軸は、互いに垂直である。

【００１８】

有利には、集束系は、例えばシリンドリカルレンズであるアナモルフィック光学素子を含む。照明光ビームを１つの方向だけに集束するこのようなシリンドリカルレンズによれば、集束面を望み通りに選択的に照明するのに必要な光シート状の照明光分布を特に容易に形成することができる。このためには、アナモルフィック光学素子は、対象体に共役な面に集束可能であるか、または瞳に共役な面にも集束可能である。前者の形態では、好適には、アナモルフィック光学素子の前方の焦平面に共役な面に偏光素子が配置され、後者の形態では、アナモルフィック光学素子の後方の焦平面に共役な面に偏光素子が配置される。これらの実施形態も、単に例示的なものであると理解すべきである。したがって、例えばパウエルレンズまたはこれに類するものの形態での別の実現方式も考えられる。

【００１９】

別の択一的な実施形態において、集束系は、スキャン装置および円筒対称光学系を含む。スキャン装置は、例えば、軸の周りに傾けることが可能なスキャンミラー、例えばガルバノメータミラーであるか、またはマイクロエレクトロメカニカルシステムベースのミラー、略してＭＥＭＳミラーであり、このＭＥＭＳミラーは、傾けることによって照明ビームを１つの平面内で偏向させ、これにより、照明ビームにより、この平面にいわゆる光シートが形成される。円筒対称光学系は、例えばｆθレンズまたはｆtanθレンズである。

【００２０】

このような集束系の具体的な実現方式は、例えば米国特許第８９７０９５０号明細書（US 8 970 950 B2）に記載されている。

【００２１】

有利には、偏光素子（１６）によって照明光ビームが２つの部分ビームに分解される平面は、アナモルフィック光学素子の集束方向に対して垂直であるか、もしくはスキャン装置のスキャン方向に対して垂直であり、集束もしくはスキャン方向は、好適には、照明装置の光軸に対して垂直である。

【００２２】

別の有利な実施形態において、照明光ビームは、直線偏光されている。しかしながら、本発明は、このような実施形態には限定されない。したがって照明光ビームは、不偏光であってもよい。円偏光または楕円偏光の照明光を使用することも可能である。

【００２３】

照明光ビームが直線偏光される場合、その偏光方向は、有利には、偏光素子の分解方向に対して４５°の角度を有する。これにより、本発明による照明装置を特に容易に実現することができる。

【００２４】

特に有利な実施形態において、結像光学系は、単一の照明対物レンズである対物レンズを含む。これにより、本発明は、特に有益に、単一の照明対物レンズおよび別の検出対物レンズを有する一般的なＳＰＩＭ顕微鏡に適用可能である。

【００２５】
特別な実施形態において、結像光学系は、無限遠対物レンズおよびチューブレンズを含む。結像光学系を実質的に２つの部分からこのように構成することの利点は、必要であるかまたは有効である場合に、対物レンズに続く無限遠ビーム路に別の光学部材を特に簡単に結合できることである。このような構成により、市場で大量に入手可能な、無限遠対物レンズの選択肢が利用できることにより、このシステムの特別なモジュール性も可能になる。
【００２６】
択一的な実施形態では、結像光学系は、有限遠対物レンズを含む。これにより、特に小型でかつ容易に実現可能な拡大系を一体型で実施することができる。
【００２７】
本発明では、さらに、請求項１４に記載された、試料を光シート状に照明する方法が規定されており、ここでは、照明ビームを発生させ、照明ビームを集束して、試料の焦平面を照明可能な光シート状の照明光分布を形成し、試料の焦平面に光シート状の照明光分布を結像し、異なる伝搬方向で結像光学系に伝搬する、偏光の異なる２つの部分ビームに照明ビームを分解し、結像光学系により、焦平面において互いに重ね合わされる、偏光の異なる２つの光シートの形態で、光シート状の照明光分布を結像する。
【００２８】
有利には、本発明による方法は、ＳＰＩＭ顕微鏡または斜平面顕微鏡に適用される。
【００２９】
以下では、図面に基づき、本発明を詳しく説明する。
【図面の簡単な説明】
【００３０】
【図１】本発明による、第１実施例の照明装置の概略断面図である。
【図２】第１実施例による照明装置の別の断面図である。
【図３】本発明による、第２実施例の照明装置の概略断面図である。
【図４】第２実施例による照明装置の別の断面図である。
【図５】本発明による、第３実施例の照明装置の断面図である。
【図６】第３実施例による照明装置の別の断面図である。
【発明を実施するための形態】
【００３１】
図１および図２には、例えばＳＰＩＭ顕微鏡の一部である照明装置１０の断面図が示されている。ＳＰＩＭ顕微鏡には、図１および図２において概略的にのみ示した、検出光学系１３および検出器１５を備えた検出ユニット１１が含まれている。検出光学系１３の光軸Ｏ’は、照明装置１０の光軸Ｏに対して垂直に配置されている。図１および図２では、それぞれ、ｚ軸と光軸Ｏとが一致する、直交座標系ｘ－ｙ－ｚを基準としている。これによれば、照明装置１０は、図１ではｘ－ｚ平面内に、また図２ではｙ－ｚ平面内に描画されている。図１および図２における描画は、簡略化されており、全く概略的である。したがって本発明の理解に必要な部材だけが描画されている。
【００３２】
照明装置１０には、光源１２と、シリンドリカルレンズの形態のアナモルフィック集束系１４と、ウォラストンプリズム１６と、チューブレンズ２０および無限遠対物レンズ２２から構成される結像光学系１８と、が含まれている。無限遠対物レンズ２２とチューブレンズ２０との間には、参照符号２４を付した、無限遠対物レンズ２２の入射瞳が配置されている。
【００３３】
光源１２は、コリメートされた照明光ビーム２６をシリンドリカルレンズ１４に送出する。シリンドリカルレンズ１４は、ｘ軸に対して平行な方向にだけ照明光ビーム２６を集束するのに対して、ｙ軸に対して平行な方向には、照明光ビーム２６に対して光学的な作用を及ぼさないという特性を有する。これにより、シリンドリカルレンズ１４は、その焦

平面の領域において、ｘ軸の方向に集束されかつｙ軸の方向に平坦に拡がる光シート状の照明光分布を形成する。この照明光分布は、結像光学系１８により、図において参照符号Ｅを付した焦平面に結像される。

【００３４】

ウォラストンプリズム１６は、シリンドリカルレンズ１４によって照明光ビーム２６が集束されて光シート状の照明光分布が形成される、光軸Ｏ上の位置に配置されている。図２による断面図に示されているように、ウォラストンプリズム１６は、底面が互いに貼り合わされた、例えば方解石プリズム２８、３０である２つの直角プリズムから構成される。図２に示していない、２つのプリズム２８、３０の光軸は、互いに直交している。

【００３５】

ウォラストンプリズム１６は、その入射面３２が、光軸Ｏに対して垂直に配向されるように照明装置１０のビーム路に配置されている。入射面３２に入射する照明光ビーム２６は、ウォラストンプリズム１６により、それぞれ異なる偏光を有する２つの部分ビーム３４、３６に分解される。ウォラストンプリズム１６が、照明ビームを２つの部分ビーム３４、３６に分解する平面は、ｙ軸に対して平行である。すなわち、図２に示した断面図では、図平面内にあり、図１に示した断面図では、図平面に対して垂直である。したがってウォラストンプリズムの分解面は、シリンドリカルレンズ１４の集束方向に対して垂直に延在している。図２による描画において、実線で描画した部分ビーム３４は、単に例示的に、ｐ偏光されているとし、点線で描画した部分ビーム３６は、ｓ偏光されているとする。さらに、図１および図２に示した実施例において前提としたのは、ウォラストンプリズム１６に入射する照明光ビーム２６が、それ自体、直線偏光されており、照明光ビーム２６の偏光方向が、光軸Ｏに対して垂直であり、ウォラストンプリズム１６の分解方向に対して４５°の角度を有することである。照明光ビーム２６のこの直線偏光は、ここでも単に例示的なものと理解すべきである。したがって、照明光が、偏光されていないこと、円偏光されていること、または楕円偏光されていることも同様に可能である。

【００３６】

ウォラストンプリズム１６は、２つの部分ビーム３４および３６が、図２による断面図において、光軸Ｏから同じ角度で反対方向に偏向されるように照明光ビーム２６を分解する。図２では、それぞれの角度にαが付されている。角度αは、これが結像光学系１８の許容範囲内になるように選択される。

【００３７】

これによって保証されるのは、２つの部分ビーム３４、３６が、どのような場合においても、結像光学系に到達することである。これにより、ウォラストンプリズム１６の個所においてシリンドリカルレンズ１４によって形成される光シート状の照明光分布を焦平面Ｅに結像する結像光学系１８は、焦平面Ｅにおいて、別々の２つの光シートを形成し、これらの光シートのうち、部分ビーム３４に対応付けられる光シートは、ｐ偏光されており、部分ビーム３６に対応付けられる光シートは、ｓ偏光されている。図２に示したように、２つの光シートは、焦平面Ｅの領域において互いに重なりあっている。

【００３８】

結像光学系１８が、倍率βを有すると仮定すると、互いに垂直に偏光された２つの光シートは、試料において、光軸Ｏに対して角度±α／βの角度で伝搬する。この異なる２つの伝搬方向により、試料内に存在する散乱中心体または吸収体によるストリーク状アーチファクトを大幅に回避することができる。すなわち、例えば、部分ビーム３４の伝搬方向に、散乱および／または吸収が発生する場合、別の部分ビーム３６により、焦平面Ｅの照明に対して、別の妨害されていない伝搬方向が、依然として得られるため、この伝搬方向により、ストリークの形成が低減される。

【００３９】

図３および図４は、図１もしくは図２に対応する断面図であり、図１および図２に示した実施形態に対して変更された結像光学系１８’を有する第２実施例を示している。第１実施例の結像光学系１８が、チューブレンズ２０および後置された無限遠対物レンズ２２

により、実質的に２つの部分で構成されているのに対し、第２実施例の結像光学系１８’は、１つの部分からなる形態を成している。したがって結像光学系１８’は、有限遠対物レンズ２２’だけから構成される。すなわち、結像光学系１８’では、チューブレンズがなくてもよい。

【００４０】

その他の点において、第２実施例の構造は、第１実施例の構造に対応する。これについては、図１および図２の説明を参照されたい。

【００４１】

図５および図６は、図１もしくは図２に対応する断面図であり、第３実施例を示している。この第３実施例では、シリンドリカルレンズ１４の代わりに、スキャンミラー３８と、円筒対称光学系４０と、から構成される集束系が設けられている。スキャンミラー３８は、図６だけに示されている。その他の点において、図５および図６による描画では、わかり易くするため、光源１２は、示されていない。

【００４２】

図６に示したように、例えばガルバノメータミラーまたはＭＥＭＳミラーとして実施されるスキャンミラー３８は、ｘ軸に対して平行な軸周りに傾けることが可能である。このように傾けることにより、スキャンミラー３８において反射された照明ビーム２６は、ｙ－ｚ平面内でスキャン運動を行う。これにより、例えばｆθレンズまたはｆｔａｎθレンズであってよい円筒対称光学系４０との協働において、ｙ－ｚ平面内に光シート状の照明光分布が形成される。この照明光分布は、その他の点では先の２つの実施例と同様に、焦平面Ｅにおいて互いに重ね合わされる、偏光が異なりかつ互いに傾けられる２つの光シートを形成するために利用される。

【符号の説明】

【００４３】

１０　照明装置
１１　検出ユニット
１２　光源
１３　検出光学系
１４　シリンドリカルレンズ
１５　検出器
１６　ウォラストンプリズム
１８　結像光学系
２０　チューブレンズ
２２　無限遠対物レンズ
２２’　有限遠対物レンズ
２４　無限遠対物レンズ２２の瞳
２６　照明光ビーム
２８、３０　直角プリズム
３２　入射面
３４、３６　部分ビーム
３８　スキャン装置
４０　円筒対称光学系
Ｏ　光軸
Ｏ’　光軸
Ｅ　焦平面
α　角度
ｘ、ｙ、ｚ　軸

【図１】

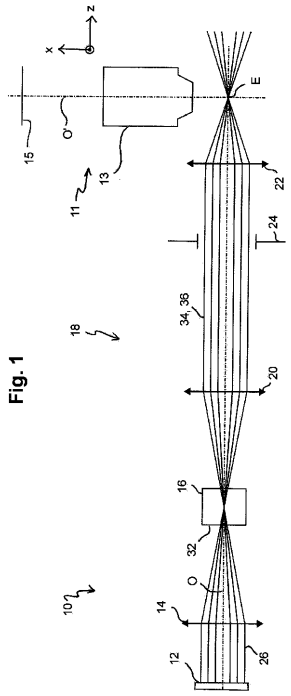


Fig. 1

【図２】

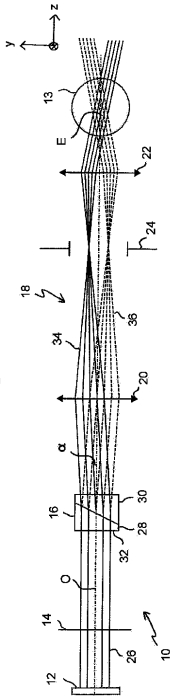


Fig. 2

【図３】

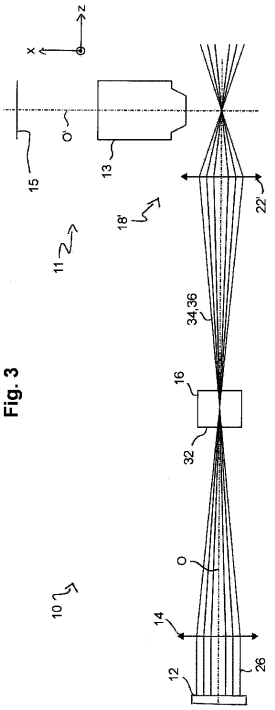


Fig. 3

【図４】

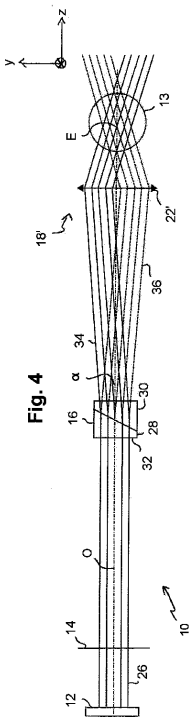


Fig. 4

【図５】

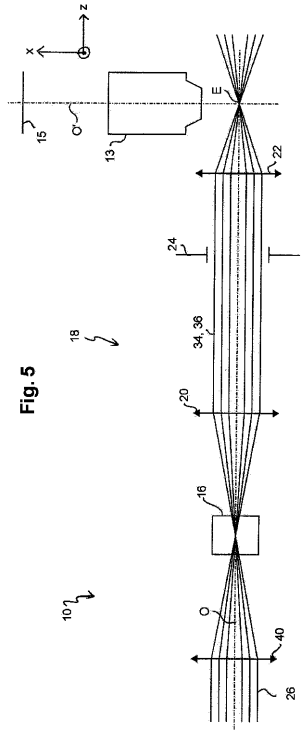


Fig.5

【図６】

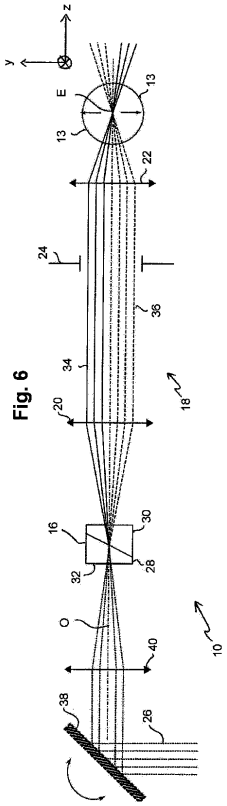


Fig. 6

フロントページの続き

(74)代理人 100098501
弁理士 森田 拓
(74)代理人 100116403
弁理士 前川 純一
(74)代理人 100135633
弁理士 二宮 浩康
(74)代理人 100162880
弁理士 上島 類
(72)発明者 クリスティアン シューマン
ドイツ連邦共和国 リッヒ エミリーーフォイスターーシュトラーセ ２１

審査官 殿岡 雅仁

(56)参考文献 特開２００８－２５０３０３（ＪＰ，Ａ）
特表２０１５－５２６７６４（ＪＰ，Ａ）
特表２０１４－５０７０１４（ＪＰ，Ａ）
米国特許出願公開第２０１２／０１０５８４９（ＵＳ，Ａ１）
米国特許出願公開第２００３／００２０９２０（ＵＳ，Ａ１）
特表２０１３－５０６１５０（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｇ０２Ｂ ２１／００ － ２１／３６
Ｇ０１Ｎ ２１／６２ － ２１／７４