

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2020年10月1日(01.10.2020)



(10) 国際公開番号

WO 2020/196784 A1

(51) 国際特許分類:
G02B 21/00 (2006.01) G01N 21/64 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2020/013801

(22) 国際出願日: 2020年3月26日(26.03.2020)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願 2019-062976 2019年3月28日(28.03.2019) JP

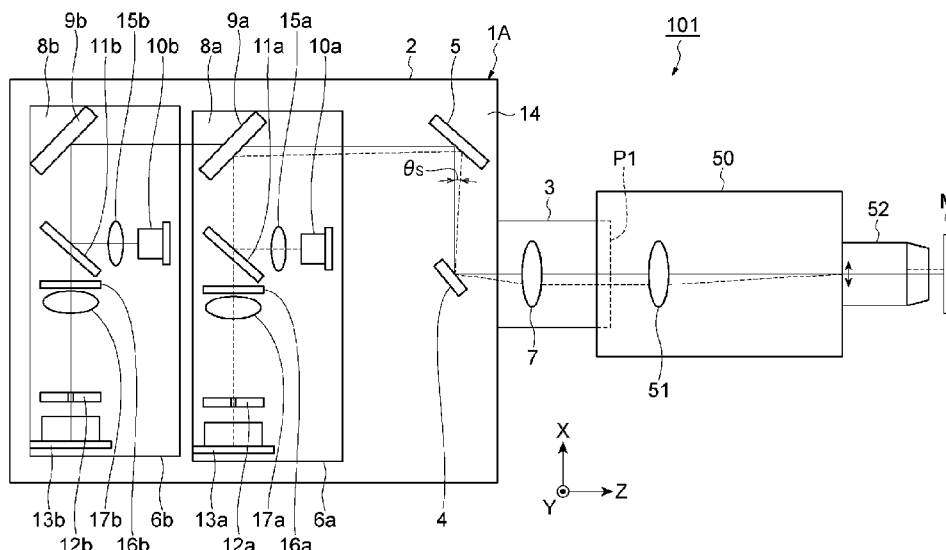
(71) 出願人: 浜松ホトニクス株式会社 (HAMAMATSU PHOTONICS K.K.) [JP/JP];
〒4358558 静岡県浜松市東区市野町 1 1 2 6 番地の 1 Shizuoka (JP).

(72) 発明者: 山下 慈郎 (YAMASHITA Jiro);
〒4358558 静岡県浜松市東区市野町 1 1 2 6 番地の 1 浜松ホトニクス株式会社内 Shizuoka (JP). 田邊 康行(TANABE Yasuyuki); 〒4358558 静岡県浜松市東区市野町 1 1 2 6 番地の 1 浜松ホトニクス株式会社内 Shizuoka (JP). 松田 俊輔(MATSUDA Shunsuke); 〒4358558 静岡県浜松市東区市野町 1 1 2 6 番地の 1 浜松ホトニクス株式会社内 Shizuoka (JP). 寺田 浩敏(TERADA Hirotoshi); 〒4358558 静岡県浜松市東区市野町 1 1 2 6 番地の 1 浜松ホトニクス株式会社内 Shizuoka (JP).

(74) 代理人: 長谷川 芳樹, 外(HASEGAWA Yoshiki et al.); 〒1000005 東京都千代田区丸の内二丁目 1 番 1 号丸の内 M Y P L A Z A

(54) Title: CONFOCAL MICROSCOPE UNIT AND CONFOCAL MICROSCOPE

(54) 発明の名称: 共焦点顕微鏡ユニット及び共焦点顕微鏡



(57) Abstract: A confocal microscope unit 1A according to an embodiment is provided with: a first sub unit 6a having a light source 10a, a pin hole plate 12a, and a photo detector 13a; a second sub unit 6b having a light source 10b, a pin hole plate 12b, and a photo detector 13b; a scan mirror 4 that scans a sample M with exciting light output from the first and second sub units 6a, 6b via a microscope optical system, and guides luminescent light that is generated from the sample M according to the exciting light and imaged by the microscope optical system

(明治安田生命ビル) 9階 創英国際特
許法律事務所 Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保
護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ,
BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,
CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO,
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH,
KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,
MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ,
NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,
QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,
ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,
US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保
護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS,
MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM,
ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ,
TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ,
DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT,
LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS,
SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM,
GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

toward the first and second sub units 6a, 6b; and a main housing 2 which is configured so as to be attachable to a connection port P1 and to which the scan mirror 4, the first sub unit 6a, and the second sub unit 6b are fixed, wherein the first sub unit 6a and the second sub unit 6b are disposed inside the main housing 2 so that the incident angles of the two exciting light beams toward the scan mirror 4 are misaligned by a predetermined angle θ_s .

(57) 要約: 実施形態にかかる共焦点顕微鏡ユニット1Aは、光源10a、ピンホール板12a、及び、光検出器13aを有する第1のサブユニット6aと、光源10b、ピンホール板12b、及び、光検出器13bを有する第2のサブユニット6bと、第1及び第2のサブユニット6a、6bから出力された励起光を、顕微鏡光学系を経由して試料M上を走査させ、励起光に応じて試料Mから生じて顕微鏡光学系によって結像された蛍光を第1及び第2のサブユニット6a、6bに向けて導くスキャンミラー4と、接続ポートP1に取り付け可能に構成され、スキャンミラー4、第1のサブユニット6a、及び第2のサブユニット6bが固定されたメイン筐体2と、を備え、第1のサブユニット6a及び第2のサブユニット6bは、スキャンミラー4への2つの励起光の入射角が、所定の角度 θ_s ずれるように、メイン筐体2内に配置される。

明 細 書

発明の名称：共焦点顕微鏡ユニット及び共焦点顕微鏡

技術分野

[0001] 本開示は、共焦点顕微鏡を構成する共焦点顕微鏡ユニット及び共焦点顕微鏡に関する。

背景技術

[0002] 従来から、観察対象の標本の光学断層像を高解像度で得ることが可能な共焦点顕微鏡が知られている。例えば、下記特許文献1には、顕微鏡に接続される顕微鏡接続ポートと、標本に光を照射する刺激ユニットと、標本から発せられる光を検出する観察ユニットと、顕微鏡と刺激ユニット及び観察ユニットとを光学的に接続する光路を合成する光路合成部とを備える顕微鏡接続ユニットが開示されている。この顕微鏡接続ユニットは、複数の光源から発せられた光を導く光学系、それに応じて発生した蛍光を複数波長ごとに検出するためのダイクロイックミラー、共焦点ピンホール、及び光電子増倍管を、同一の観察ユニット内に有している。このような構成では、複数の波長の励起光を用いてそれに応じて生じる蛍光を検出することにより、同一の装置で複数波長領域でのイメージングが実現される。

[0003] また、異なる波長の励起光を用いて蛍光サンプルを画像化する装置としては、下記特許文献2に記載のレーザスキャナ装置も知られている。このレーザスキャナ装置によれば、サンプルに集光される波長の異なる2つのレーザビームが空間的に分離され、それらのレーザビームによって誘起された2つの発光ビームも空間的に分離されて2つの検出器に向けて導光される。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2011-90248号公報

特許文献2：特開2009-104136号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 蛍光物質が発する蛍光の波長分布は、一般的に広いため、複数の蛍光物質を含んだサンプルを観察する場合、それぞれの蛍光物質から発せられる蛍光の波長分布が重複することがある。このようなサンプルから発せられる蛍光を同時に検出する際に、目的とした蛍光物質からの蛍光だけでなく、他の蛍光物質からの蛍光も同じ検出器で検出してしまう問題がある。一般的に、このような問題をブリードスルー (Bleed Through) という。

[0006] 引用文献2に記載のレーザスキャナ装置では、ウェッジ形状のダイクロイックミラーを用いて複数の蛍光を空間的に分離させて検出することで、ブリードスルーを低減しているが、スキャンミラーを用いた共焦点顕微鏡には応用が難しい。

[0007] 実施形態は、かかる課題に鑑みてなされたものであり、簡易な構成により複数波長領域でのブリードスルーの少ない蛍光イメージングを可能にする共焦点顕微鏡ユニットを提供することを課題とする。

課題を解決するための手段

[0008] 本開示の一形態に係る共焦点顕微鏡ユニットは、顕微鏡光学系を有する顕微鏡の接続ポートに取り付けられることにより、共焦点顕微鏡を構成する共焦点顕微鏡ユニットであって、第1の励起光を出力する光源、第1の励起光に応じて観察対象の試料から生じる第1の蛍光の光束を制限する第1の絞り部材、及び、第1の絞り部材を通過した第1の蛍光を検出する第1の光検出器を有する第1のサブユニットと、第2の励起光を出力する光源、第2の励起光に応じて試料から生じる第2の蛍光の光束を制限する第2の絞り部材、及び、第2の絞り部材を通過した第2の蛍光を検出する第2の光検出器を有する第2のサブユニットと、第1及び第2のサブユニットから出力された励起光を、顕微鏡光学系を経由して試料上を走査させ、励起光に応じて試料から生じる蛍光を第1及び第2のサブユニットに向けて導くスキャンミラーと、接続ポートに取り付け可能に構成され、スキャンミラー、第1のサブユニット、及び第2のサブユニットが固定されたメイン筐体と、を備え、第1の

サブユニット及び第2のサブユニットは、スキャンミラーへの第1の励起光の入射角が、スキャンミラーへの第2の励起光の入射角に対して所定の角度ずれるように、メイン筐体内に配置される。

[0009] 上記一形態によれば、第1のサブユニットから出力された第1の励起光がスキャンミラーを経由して試料上に走査され、それに応じて試料上から生じた第1の蛍光がスキャンミラーを経由して第1のサブユニット内に入射し、第1のサブユニット内の第1の絞り部材にその像が結ばれて第1の光検出器で検出される。加えて、第2のサブユニットから出力された第2の励起光がスキャンミラーを経由して試料上に走査され、それに応じて試料上から生じた第2の蛍光がスキャンミラーを経由して第2のサブユニット内に入射し、第2のサブユニット内の第2の絞り部材にその像が結ばれて第2の光検出器で検出される。ここで、これらのスキャンミラー、第1及び第2のサブユニットは、メイン筐体に固定されており、第1及び第2のサブユニットからスキャンミラーへの第1及び第2の励起光の入射角が互いに所定の角度ずらされているので、試料上に走査される第1及び第2の励起光のスポットを分離することができ、その結果、第1及び第2のサブユニットに導かれる第1及び第2の蛍光のビームを互いに分離することができる。これにより、ブリードスルーを低減した状態で複数の蛍光像の観察が可能にされる。加えて、スキャンミラーにより試料をスキャンする構成を採用することにより、全体の装置構成を簡素化することができる。

[0010] あるいは、本開示の他の形態は、上述の共焦点顕微鏡ユニットと、顕微鏡光学系及び共焦点顕微鏡ユニットが取り付けられる接続ポートを有する顕微鏡を備える共焦点顕微鏡である。このような共焦点顕微鏡によれば、所望の励起波長及び蛍光波長における共焦点イメージングを容易に行うことができる。

発明の効果

[0011] 本開示の一側面によれば、簡易な構成によりブリードスルーを低減した状態で複数蛍光による蛍光イメージングを実現することができる。

図面の簡単な説明

[0012] [図1]第1実施形態にかかる共焦点顕微鏡101の概略構成図である。

[図2]共焦点顕微鏡101により形成される試料M上の第1の励起光のスポットのエアリディスクの範囲 S_1 及び第2の励起光のスポットのエアリディスクの範囲 S_2 の分布を示す図である。

[図3]共焦点顕微鏡101により試料M上に照射される第1の励起光及び第2の励起光のそれぞれのX軸方向に沿った一次元の光強度分布を示すグラフである。

[図4]第2実施形態にかかる共焦点顕微鏡ユニット1Bの概略構成図である。

[図5]第3及び第4のサブユニット6c, 6dの配置をY軸方向にシフトさせるための構造の一例を示す透視図である。

[図6]共焦点顕微鏡ユニット1Bにおけるスキャンミラー4に入射する励起光ビームの光束の軌跡を示す図である。

[図7]共焦点顕微鏡ユニット1Bにより形成される試料M上の励起光のスポットのエアリディスクの範囲の分布を示す図である。

[図8]第3実施形態にかかる共焦点顕微鏡ユニット1Cの概略構成図である。

発明を実施するための形態

[0013] 以下、添付図面を参照して、本開示の実施形態について詳細に説明する。

なお、説明において、同一要素又は同一機能を有する要素には、同一符号を用いることとし、重複する説明は省略する。

[0014] [第1実施形態]

[0015] 図1は、第1実施形態にかかる共焦点顕微鏡101の概略構成図である。

図1に示す共焦点顕微鏡101は、観察対象の試料Mの光学断層像の構築を可能とする画像を取得する共焦点顕微鏡を構成し、共焦点顕微鏡ユニット1Aが顕微鏡50の外部ユニット接続用の接続ポートP1に接続されて構成される。第1実施形態にかかる共焦点顕微鏡ユニット1Aは、顕微鏡50内の結像レンズ51、対物レンズ52等の顕微鏡光学系を経由して、顕微鏡50のステージ上等に配置された試料Mに励起光を照射し、その励起光に応じて

試料Mから生じた蛍光を、顕微鏡50の顕微鏡光学系を経由して結像および受光（検出）して光学的断層像を生成して出力する装置である。

[0016] 詳細には、共焦点顕微鏡ユニット1Aは、メイン筐体2と、メイン筐体2の一部を構成し、顕微鏡50の接続ポートP1に着脱可能に接続される鏡筒3と、メイン筐体2内に固定されたスキャンミラー4、固定ミラー5、第1～第2のサブユニット6a～6bと、鏡筒3内に固定されたスキャンレンズ7とを含んで構成される。以下、共焦点顕微鏡ユニット1Aの各構成要素について詳細に説明する。

[0017] 鏡筒3内のスキャンレンズ7は、スキャンミラー4の反射面を対物レンズ52の瞳位置にリレーすると同時に、顕微鏡50の顕微鏡光学系の1次結像面にスポットを結ぶ機能を有する光学素子である。これにより、スキャンミラー4と対物レンズ52の射出瞳は共役関係つまり結像関係となる。スキャンレンズ7は、スキャンミラー4によって走査された励起光を顕微鏡光学系に導光することにより試料Mに照射させ、それに応じて試料Mから生じた蛍光をスキャンミラー4に導光する。

[0018] メイン筐体2内のスキャンミラー4は、例えば、反射板を2軸で傾動可能に構成されたMEMS（Micro Electro Mechanical System）ミラー等の光走査素子である。スキャンミラー4は、反射角度を連続的に変更することにより、第1～第2のサブユニット6a～6bから出力された励起光を試料M上に走査させ、その励起光に応じて生じる蛍光を、第1～第2のサブユニット6a～6bに向けて導く役割を有する。

[0019] 固定ミラー5は、メイン筐体2内に固定された光反射素子であり、第1～第2のサブユニット6a～6bから出力された励起光をスキャンミラー4に向けて反射させ、スキャンミラー4で反射された蛍光を励起光と同軸で第1～第2のサブユニット6a～6bに向けて反射する。

[0020] 第1のサブユニット6aは、ベース板8aと、ベース板8a上に配置されたダイクロイックミラー（第1の光学ミラー）9a、光源10a、コリメートレンズ15a、ダイクロイックミラー11a、バリアフィルタ16a、集

光レンズ 17 a、ピンホール板（第 1 の絞り部材） 12 a、及び光検出器（第 1 の光検出器） 13 a とを有する。

[0021] ダイクロイックミラー 9 a は、固定ミラー 5 の蛍光の反射方向に固定され、第 1 のサブユニット 6 a が照射する波長 λ_1 の第 1 の励起光及びそれに応じて試料 M から生じる波長範囲 $\Delta\lambda_1$ の第 1 の蛍光を反射し、第 1 の励起光及び第 1 の蛍光よりも長波長の光を透過させる性質を有するビームスプリッタである。ダイクロイックミラー 11 a は、ダイクロイックミラー 9 a の第 1 の蛍光の反射方向に設けられ、波長範囲 $\Delta\lambda_1$ の第 1 の蛍光を透過し、波長範囲 $\Delta\lambda_1$ より短い波長 λ_1 の第 1 の励起光を反射させる性質を有するビームスプリッタである。光源 10 a は、波長 λ_1 の第 1 の励起光（例えば、レーザ光）を出力する発光素子（例えば、レーザダイオード）であり、第 1 の励起光がダイクロイックミラー 11 a によって第 1 の蛍光と同軸でダイクロイックミラー 9 a に向けて反射されるように配置される。コリメートレンズ 15 a は、光源 10 a から出力された第 1 の励起光を平行光に変換する。

[0022] バリアフィルタ 16 a は、ダイクロイックミラー 11 a に隣接して設けられ、ダイクロイックミラー 11 a によって透過された第 1 の蛍光以外のノイズ光をカットするフィルタ部材である。集光レンズ 17 a は、バリアフィルタ 16 a を透過した第 1 の蛍光をピンホール板 12 a のピンホールに集光する。ピンホール板 12 a は、そのピンホール位置が試料 M の第 1 の励起光のスポットの共役位置に一致するように配置され、第 1 の蛍光の光束を制限する絞り部材であり、光源 10 a 等とともに共焦点光学系を構成する。このピンホール板 12 a は、ピンホールの径を外部から調整可能にされ、光検出器 13 a によって検出される画像の解像度と画像の信号強度を変更可能とする。

[0023] 光検出器 13 a は、その検出面がピンホール板 12 a に対向して配置され、ピンホール板 12 a を通過した第 1 の蛍光を受光および検出する。なお、光検出器 13 a は、光電子増倍管、フォトダイオード、アバランシェフォトダイオード、MPPC (Multi-Pixel Photon Counter)、HPD (Hybrid

Photo Detector)、或いはエリアイメージセンサ等である。

[0024] 第2のサブユニット6 bは、第1のサブユニット6 aと同様な構成要素を有する。

[0025] すなわち、第2のサブユニット6 bは、ベース板8 bと、ダイクロイックミラー（第2の光学ミラー）9 b、光源10 b、コリメートレンズ15 b、ダイクロイックミラー11 b、バリアフィルタ16 b、集光レンズ17 b、ピンホール板（第2の絞り部材）12 b、及び光検出器（第2の光検出器）13 bとを有する。

[0026] ダイクロイックミラー9 bは、第2のサブユニット6 bが照射する波長 λ_2 ($>\lambda_1$) の第2の励起光及びそれに応じて試料Mから生じる波長範囲 $\Delta\lambda_2$ の第2の蛍光を反射し、第2の励起光及び第2の蛍光よりも長波長の光を透過させる性質を有する。なお、このダイクロイックミラー9 bは、波長選択性を有さない単なる反射ミラーに置換されてもよい。ダイクロイックミラー11 bは、波長範囲 $\Delta\lambda_2$ の第2の蛍光を透過し、波長範囲 $\Delta\lambda_2$ より短い波長 λ_2 の第2の励起光を反射させる性質を有する。光源10 bは、波長 λ_2 の第2の励起光を出力する発光素子である。コリメートレンズ15 bは、光源10 bから出力された第2の励起光を平行光に変換する。

[0027] バリアフィルタ16 bは、ダイクロイックミラー11 bに隣接して設けられ、第2の蛍光以外のノイズ光をカットするフィルタ部材である。集光レンズ17 bは、バリアフィルタ16 bを透過した第2の蛍光をピンホール板12 bのピンホールに集光する。ピンホール板12 bは、そのピンホール位置が試料Mの第2の励起光のスポットの共役位置に一致するように配置され、第2の蛍光の光束を制限する絞り部材である。

[0028] 光検出器13 bは、その検出面がピンホール板12 bに対向して配置され、ピンホール板12 bを通過した第2の蛍光を受光および検出する。なお、光検出器13 bは、光電子増倍管、フォトダイオード、アバランシェフォトダイオード、MPPC (Multi-Pixel Photon Counter)、HPD (Hybrid Photo Detector)、或いはエリアイメージセンサ等である。

[0029] 上記構成の第1～第2のサブユニット6a～6bの配置について説明する。以下の説明では、スキャンレンズ7の光軸に沿った方向にZ軸をとり、Z軸に垂直で、かつサブユニット6a, 6bのベース板8a, 8bに沿った方向にX軸をとり、Z軸及びX軸に垂直な方向にY軸をとるものとする。

[0030] 第1及び第2のサブユニット6a, 6bは、スキャンミラー4及び固定ミラー5による第1及び第2の蛍光の導光方向（Z軸方向）に沿って、この順番で固定ミラー5から離れる方向に並ぶように、かつ、第1及び第2の蛍光の光路上にダイクロイックミラー9a, 9bが位置するように、メイン筐体2を構成するベース板14上に固定されている。詳細には、第2のサブユニット6bは、第1のサブユニット6aに対して、ダイクロイックミラー9a, 9bの中心位置を基準にして、第1の蛍光の導光方向に略垂直な方向（X軸方向）にシフトするように、配置されている。さらに、ダイクロイックミラー9aは、反射する第1の励起光が固定ミラー5を経由してスキャンミラー4の反射面の中心に入射するように、その設置角が設定されている。同様に、ダイクロイックミラー9bは、反射する第2の励起光がダイクロイックミラー9a及び固定ミラー5を経由してスキャンミラー4の反射面の中心に入射するように、その設置角が設定されている。このように配置されることにより、第1の励起光のスキャンミラー4への入射角が、第2の励起光のスキャンミラー4への入射角に対して所定の角度 θ_s ずれるように設定される。

[0031] 上記の第1及び第2のサブユニット6a, 6bのX軸方向のシフト量、及び、2つのダイクロイックミラー9a, 9bの設置角は、次の条件を満たすように設定される。つまり、上記の所定の角度 θ_s が、試料M上に入射する第1の励起光のスポットのエアリディスクが、試料M上に入射する第2の励起光のスポットのエアリディスクに重ならないような角度となるように設定される。一般に、エアリディスクの径 ϕ は、入射する励起光の波長を λ と仮定し、対物レンズ52の開口数をNAと仮定すると、下記式（1）；

$$\phi = 1.22 \times \lambda / NA \quad \dots (1)$$

により計算される。そのため、2つの励起光のスポットが重ならないように

するための試料M上の第1及び第2の励起光のスポット間のずらし量 Δd の最小値 Δd_{min} は、下記式(2)；

$$\begin{aligned}\Delta d_{min} &= \phi_1 / 2 + \phi_2 / 2, \\ \phi_1 &= 1.22 \times \lambda_1 / NA, \\ \phi_2 &= 1.22 \times \lambda_2 / NA \quad \dots (2)\end{aligned}$$

で計算できる。

[0032] ここで、スキャンミラー4と対物レンズ52の射出瞳は共役の関係にあるので、スキャンミラー4の反射面の中心に入射する第1及び第2の励起光のそれぞれの光束は対物レンズ52の射出瞳中心に入射する。その際に、対物レンズ52への入射角は、スキャンレンズ7の結像倍率に従って変わる。対物レンズ52はテレセントリックレンズであるため、試料M上においては第1及び第2の励起光の主光線が対物レンズ52の光軸に平行な方向(Z軸方向)となり、射出瞳への入射角に応じて2つの励起光のスポットの位置が試料M上でシフトする。この2つの励起光のスポットが試料M上で重ならないようにするために、スキャンミラー4への入射角のずれの角度 θ_s が、下記式(3)によって計算される角度 θ_{smin} 以上となるように設定される。

$$\theta_{smin} = \arctan(\Delta d_{min} / f) / mags \quad \dots (3)$$

で計算される。なお、 $mags$ はスキャンレンズ7の倍率、 f は対物レンズ52の焦点距離である。

[0033] また、各サブユニット6a、6bのピンホール板12a、12bのピンホールの径は、下記式(4)及び下記式(5)により計算されるエアリユニット(AU_1 , AU_2)の値より小さく設定される。このように設定することで、蛍光像における波長間のクロストークを有効に防ぐことができる。

$$AU_1 = mag_t \times \phi_1 \quad \dots (4)$$

$$AU_2 = mag_t \times \phi_2 \quad \dots (5)$$

ここで、 mag_t は、蛍光を観察するための光学系のトータルの倍率を示す。

[0034] 図2には、共焦点顕微鏡101により形成される試料M上の第1の励起光のスポットのエアリディスクの範囲 S_1 及び第2の励起光のスポットのエアリ

ディスクの範囲 S_2 の分布を示し、図3には、共焦点顕微鏡101により試料M上に照射される第1の励起光及び第2の励起光のそれぞれのX軸方向に沿った一次元の光強度分布を示している。このように、試料M上に結ばれる第1及び第2の励起光のスポットの範囲 S_1 、 S_2 が互いに重ならないようにされることで、試料M上における2つの励起光の強度分布が分離され、その結果、2つの励起光によって生じる2つの波長域の蛍光像間の干渉が低減されることになる。

[0035] 以上説明した共焦点顕微鏡ユニット1Aによれば、第1のサブユニット6aから出力された第1の励起光がスキャンミラー4を経由して試料M上に走査され、それに応じて試料M上から生じた第1の蛍光がスキャンミラー4を経由して第1のサブユニット6a内に入射し、第1のサブユニット6a内のピンホール板12aにその像が結ばれて光検出器13aで検出される。加えて、第2のサブユニット6bから出力された第2の励起光がスキャンミラー4を経由して試料M上に走査され、それに応じて試料M上から生じた第2の蛍光がスキャンミラー4を経由して第2のサブユニット6b内に入射し、第2のサブユニット6b内のピンホール板12bにその像が結ばれて光検出器13bで検出される。ここで、これらのスキャンミラー4、第1及び第2のサブユニット6a、6bは、メイン筐体2に固定されており、第1及び第2のサブユニット6a、6bからスキャンミラー4への第1及び第2の励起光の入射角が互いに所定の角度 θ_s ずらされているので、試料M上に走査される第1及び第2の励起光のスポットを分離することができ、その結果、第1及び第2のサブユニット6a、6bに導かれる第1及び第2の蛍光のビームを互いに分離することができる。これにより、ブリードスルーを低減した状態で複数の蛍光像の観察が可能にされる。加えて、スキャンミラー4により試料Mをスキャンする構成を採用することにより、全体の装置構成を簡素化することができる。

[0036] あるいは、共焦点顕微鏡101は、上述の共焦点顕微鏡ユニット1Aと、顕微鏡光学系及び共焦点顕微鏡ユニット1Aが取り付けられる接続ポートP

1を有する顕微鏡50を備える共焦点顕微鏡である。このような共焦点顕微鏡101によれば、一般的な光学顕微鏡である顕微鏡50を用いて、共焦点イメージングを容易に行うことができる。

[0037] 上記実施形態にかかる共焦点顕微鏡ユニット1Aにおいては、ダイクロイックミラー9a, 9bが、スキャンミラー4への第1及び第2の励起光の入射角のずれが所定の角度 θ_s となるように、メイン筐体2内に配置されている。このような構成により、試料M上に走査される第1及び第2の励起光のスポットを分離することができ、その結果、第1及び第2のサブユニット6a, 6bに導かれる第1及び第2の蛍光のビームを互いに分離することができる。これにより、ブリードスルーを低減した状態で複数の蛍光像の観察が可能にされる。

[0038] また、共焦点顕微鏡ユニット1Aにおいては、所定の角度 θ_s が試料M上において第1の励起光のエアリディスクと第2の励起光のエアリディスクとが分離されるような角度に設定されている。このような角度設定により、試料M上に走査される第1及び第2の励起光のスポットを完全に分離することができる。その結果、第1及び第2のサブユニット6a, 6bに導かれる第1及び第2の蛍光のビームを互いに完全に分離することができる。これにより、ブリードスルーを低減した状態で複数の蛍光像の観察が可能にされる。

[0039] 上記実施形態においては、スキャンミラー4はMEMSミラーが採用されている。このような構成により、ユニットの小型化を容易に実現することができる。

[0040] また、共焦点顕微鏡ユニット1Aにおいては、第1のサブユニット6aと第2のサブユニット6bとは、スキャンミラー4による蛍光の導光方向に沿って順に並んだ状態でメイン筐体2に固定されている。このような構成により、第2のサブユニット6bから照射された第2の励起光を、第1のサブユニット6aを経由して顕微鏡50側の試料Mに向けて照射することができるとともに、それに応じて試料Mから生じる第2の蛍光を、第1のサブユニット6aを経由して第2のサブユニット6b内に導入することができる。その結

果、複数波長領域での共焦点イメージングを実現するユニットの小型化が可能となる。

[0041] [第2実施形態]

図4は、第2実施形態にかかる共焦点顕微鏡ユニット1Bの概略構成図である。図4に示す共焦点顕微鏡ユニット1Bは、4つのサブユニットを有する点が第1実施形態の共焦点顕微鏡ユニット1Aと異なる。以下、共焦点顕微鏡ユニット1Bの構成について、第1実施形態との相違点を中心に説明する。

[0042] すなわち、共焦点顕微鏡ユニット1Bは、メイン筐体2内に第1～第4のサブユニット6a～6dを備えている。

[0043] 第3のサブユニット6cは、ベース板8cと、ダイクロイックミラー（第3の光学ミラー）9c、光源10c、コリメートレンズ15c、ダイクロイックミラー11c、バリアフィルタ16c、集光レンズ17c、ピンホール板（第3の絞り部材）12c、及び光検出器（第3の光検出器）13cとを有する。

[0044] ダイクロイックミラー9cは、第3のサブユニット6cが照射する波長 λ_3 （ $>\lambda_2$ ）の第3の励起光及びそれに応じて試料Mから生じる波長範囲 $\Delta\lambda_3$ の第3の蛍光を反射し、第3の励起光及び第3の蛍光よりも長波長の光を透過させる性質を有する。ダイクロイックミラー11cは、波長範囲 $\Delta\lambda_3$ の第3の蛍光を透過し、波長範囲 $\Delta\lambda_3$ より短い波長 λ_3 の第3の励起光を反射させる性質を有する。光源10cは、波長 λ_3 の第3の励起光を出力する発光素子である。コリメートレンズ15cは、光源10cから出力された第3の励起光を平行光に変換する。

[0045] バリアフィルタ16cは、ダイクロイックミラー11cに隣接して設けられ、第3の蛍光以外のノイズ光をカットするフィルタ部材である。集光レンズ17cは、バリアフィルタ16cを透過した第3の蛍光をピンホール板12cのピンホールに集光する。ピンホール板12cは、そのピンホール位置が試料Mの第3の励起光のスポットの共役位置に一致するように配置され、

第3の蛍光の光束を制限する絞り部材である。

[0046] 光検出器13cは、その検出面がピンホール板12cに対向して配置され、ピンホール板12cを通過した第3の蛍光を受光および検出する。なお、光検出器13cは、光電子増倍管、フォトダイオード、アバランシェフォトダイオード、MPPC (Multi-Pixel Photon Counter)、HPD (Hybrid Photo Detector)、或いはエリアイメージセンサ等である。

[0047] 第4のサブユニット6dは、ベース板8dと、全反射ミラー（第4の光学ミラー）9d、光源10d、コリメートレンズ15d、ダイクロイックミラー11d、バリアフィルタ16d、集光レンズ17d、ピンホール板（第4の絞り部材）12d、及び光検出器（第4の光検出器）13dとを有する。

[0048] 全反射ミラー9dは、第4のサブユニット6dが照射する波長 λ_4 ($>\lambda_3$) の第4の励起光及びそれに応じて試料Mから生じる波長範囲 $\Delta\lambda_4$ の第4の蛍光を反射する。ダイクロイックミラー11dは、波長範囲 $\Delta\lambda_4$ の第4の蛍光を透過し、波長範囲 $\Delta\lambda_4$ より短い波長 λ_4 の第4の励起光を反射させる性質を有する。光源10dは、波長 λ_4 の第4の励起光を出力する発光素子である。コリメートレンズ15dは、光源10dから出力された第4の励起光を平行光に変換する。

[0049] バリアフィルタ16dは、ダイクロイックミラー11dに隣接して設けられ、第4の蛍光以外のノイズ光をカットするフィルタ部材である。集光レンズ17dは、バリアフィルタ16dを透過した第4の蛍光をピンホール板12dのピンホールに集光する。ピンホール板12dは、そのピンホール位置が試料Mの第4の励起光のスポットの共役位置に一致するように配置され、第4の蛍光の光束を制限する絞り部材である。

[0050] 光検出器13dは、その検出面がピンホール板12dに対向して配置され、ピンホール板12dを通過した第4の蛍光を受光および検出する。なお、光検出器13dは、光電子増倍管、フォトダイオード、アバランシェフォトダイオード、MPPC (Multi-Pixel Photon Counter)、HPD (Hybrid Photo Detector)、或いはエリアイメージセンサ等である。

[0051] 第1～第4のサブユニット6a～6dは、スキャンミラー4及び固定ミラー5による第1～第4の蛍光の導光方向（Z軸方向）に沿って、この順番で固定ミラー5から離れる方向に並ぶように、かつ、第1～第4の蛍光の光路上にダイクロイックミラー9a～9c及び全反射ミラー9dが位置するように、メイン筐体2内に固定される。詳細には、第4のサブユニット6dは、第3のサブユニット6cに対して、ダイクロイックミラー9c及び全反射ミラー9dの中心位置を基準に、X軸方向にシフトするように配置されている。また、第3及び第4のサブユニット6c、6dは、第1及び第2のサブユニット6a、6bに対して、ダイクロイックミラー9a～9c及び全反射ミラー9dの中心位置を基準に、Y軸方向にシフトするようにも配置されている。さらに、ダイクロイックミラー9a～9c及び全反射ミラー9dは、それぞれが反射する第1～第4の励起光がスキャンミラー4の反射面の中心に入射するように、それぞれの設置角が設定されている。このように配置されることにより、隣接する2つのサブユニットからスキャンミラー4に入射する2つの蛍光の入射角が、互いに所定の角度 θ_s 以上ずれるように設定される。

[0052] 図5は、第3及び第4のサブユニット6c、6dの配置をY軸方向にシフトさせるための構造を、鏡筒3側から見た透視図である。このように、本実施形態では、メイン筐体2のベース板14上に平板状のスペーサ21を配置し、そのスペーサ21上に第3及び第4のサブユニット6c、6dを搭載する構造を採用する。このような構造により、第3及び第4のサブユニット6c、6dを第1及び第2のサブユニット6a、6bに対してY軸方向に所望の幅だけシフトさせて配置することができる。

[0053] 図6には、共焦点顕微鏡ユニット1Bにおける第1～第4のサブユニット6a～6dからスキャンミラー4に入射する第1～第4の励起光ビームの光束 $B_1 \sim B_4$ の軌跡を示し、図7には、共焦点顕微鏡ユニット1Bにより形成される試料M上の第1～第4の励起光のスポットのエアリディスクの範囲 $S_1 \sim S_4$ の分布を示している。図6には、各励起光ビームの光束 $B_1 \sim B_4$ の外縁

を実線で示し、各励起光ビームの光束 $B_1 \sim B_4$ の中心 $BC_1 \sim BC_4$ を一点鎖線で示している。共焦点顕微鏡ユニット1Bによれば、第1～第4の励起光ビームがスキャンミラー4の入射面RFの中心に入射するように設定され、第1～第4の励起光ビームが互いに入射角が2次元方向にずれるように設定される。また、互いに入射角のずれが所定の角度 θ_s 以上とされることにより、試料M上に結ばれる第1～第4の励起光のスポットのエアリディスクの範囲 $S_1 \sim S_4$ が互いに重ならないように設定される。

[0054] 上記の第2実施形態に係る共焦点顕微鏡ユニット1Bによれば、試料M上に走査される第1～第4の励起光のスポットを分離することができ、その結果、第1～第4のサブユニット6a～6dに導かれる第1～第4の蛍光のビームを互いに分離することができる。これにより、4種類の励起波長を用いてもブリードスルーを低減した状態で蛍光像の観察が可能にされる。

[0055] [第3実施形態]

図8は、第3実施形態にかかる共焦点顕微鏡ユニット1Cの概略構成図である。図8に示す共焦点顕微鏡ユニット1Cは、2つのサブユニット6a, 6bのベース板8a, 8b上におけるダイクロイックミラー9a, 9bの配置が同一である点で第1実施形態の共焦点顕微鏡ユニット1Aと異なる。以下、共焦点顕微鏡ユニット1Cの構成について、第1実施形態との相違点を中心に説明する。

[0056] 第1のサブユニット6a内のベース板8a上におけるダイクロイックミラー9a以外の要素、すなわち、光源10a、コリメートレンズ15a、ダイクロイックミラー11a、バリアフィルタ16a、集光レンズ17a、ピンホール板12a、及び光検出器13aを含む要素のダイクロイックミラー9aを基準にした配置が、第2のサブユニット6b内のベース板8b上におけるダイクロイックミラー9b以外の要素、すなわち、光源10b、コリメートレンズ15b、ダイクロイックミラー11b、バリアフィルタ16b、集光レンズ17b、ピンホール板12b、及び光検出器13bを含む要素のダイクロイックミラー9bを基準にした配置と異なるように調整されている。

この調整は、例えば、第1のサブユニット6 a内のダイクロイックミラー9 a以外の要素、あるいは、第2のサブユニット6 b内のダイクロイックミラー9 b以外の要素が、ベース板8 a, 8 b上で一体的にその姿勢及びその位置を変更可能にされることで実現される。

[0057] 詳細には、第1及び第2のサブユニット6 a, 6 bの上記構成により、第1のサブユニット6 a内におけるダイクロイックミラー9 aに対する第1の励起光の入射角・入射位置、及び、第2のサブユニット6 b内におけるダイクロイックミラー9 bに対する第2の励起光の入射角・入射位置が、第1の励起光のスキャンミラー4への入射角と第2の励起光のスキャンミラー4への入射角とが所定の角度 θ_s ずれるように、設定される。

[0058] 上記の第2実施形態に係る共焦点顕微鏡ユニット1 Cによれば、第1及び第2のサブユニット6 a, 6 bにおける第1及び第2のダイクロイックミラー9 a, 9 bに対する励起光の入射角を設定することにより、試料M上に走査される第1及び第2の励起光のスポットを分離することができ、その結果、第1及び第2のサブユニット6 a, 6 bに導かれる第1及び第2の蛍光のビームを互いに分離することができる。これにより、ブリードスルーを低減した状態で2つの蛍光波長における蛍光像の観察が可能にされる。

[0059] 以上、本開示の種々の実施形態について説明したが、本開示は上記実施形態に限定されるものではなく、各請求項に記載した要旨を変更しない範囲で変形し、又は他のものに適用したものであってもよい。

[0060] 上記実施形態は、共焦点光学系を構成するために絞り部材としてピンホール板を用いているが、絞り部材は光束を制限する光学素子であればよく、例えば、色彩絞りやファイバコアなどであってもよい。ファイバ出力タイプの光源を用いる場合、ファイバコア端面の位置を絞り位置（光束が制限される位置）とすればよい。

[0061] また、上記実施形態は、固体レーザやダイオードレーザなどのレーザ光源を用いることもできる。この場合、これらのレーザ光源のビームウェストの位置を絞り位置（光束が制限される位置）とすればよく、光源自体が絞り部

材の役割を果たすことになる。

[0062] 上記第1～第3実施形態においては、扱う励起光及び蛍光の波長範囲が短い順番でスキャンミラー4側から離れる方向に複数のサブユニットが配置されていたが、波長範囲が長い順番で配置されてもよい。ただし、この場合、ダイクロイックミラー9a～9cの特性は、各サブユニット6a～6cのそれぞれで扱う比較的長波長の励起光及び蛍光を反射し、他のサブユニットで扱う比較的短波長の励起光及び蛍光を透過するような特性に設定される。

[0063] 上記第2実施形態においては、全てのサブユニット6a～6dのうちの2つのサブユニット間で試料M上に結ばれる励起光のスポットが重ならないように構成されていたが、隣り合うサブユニット間でスポットが重ならないように構成されていればよい。例えば、第1のサブユニット6aと第2のサブユニット6bとの間、第2のサブユニット6bと第3のサブユニット6cとの間、及び第3のサブユニット6cと第4のサブユニット6dとの間で、励起光のスポットが重ならないように構成されていればよい。これに対して、第1のサブユニット6aと第3のサブユニット6cとの間、あるいは、第2のサブユニット6bと第4のサブユニット6dとの間では、励起光のスポットが重なっていてもよい。この場合であっても、ダイクロイックミラーによって、一方のサブユニットの観察対象の蛍光と他方のサブユニットの観察対象の蛍光とを容易に分離することができる。具体的な構成としては、第2の実施形態にかかる共焦点顕微鏡ユニット1Bにおいては、第3及び第4のサブユニット6c、6dは、第1及び第2のサブユニット6a、6bに対してY軸方向にずらすことなく配置されていてもよい。このような構成でも、波長領域の近い2つの励起光のスポットを試料M上で分離することができるので、検出される複数の波長範囲の蛍光ビームが互いに影響しあうことを防ぐことができ、ブリードスルーを低減した状態で複数の蛍光像の観察が可能にされる。

[0064] 上記実施形態においては、第1のサブユニットは、第1の励起光及び第1の蛍光を反射し、第2の励起光及び第2の蛍光を透過する第1の光学ミラー

を有し、第2のサブユニットは、第2の励起光及び第2の蛍光を反射する第2の光学ミラーを有し、第1の光学ミラー及び第2の光学ミラーが、スキャンミラーへの第1の励起光の入射角が、スキャンミラーへの第2の励起光の入射角に対して所定の角度ずれるように、メイン筐体内に配置されてもよい。これにより、第1及び第2の光学ミラーのメイン筐体内での配置を設定することにより、試料上に走査される第1及び第2の励起光のスポットを分離することができ、その結果、第1及び第2のサブユニットに導かれる第1及び第2の蛍光のビームを互いに分離することができる。これにより、ブリードスルーを低減した状態で複数の蛍光像の観察が可能にされる。

[0065] また、第1のサブユニットは、第1の励起光及び第1の蛍光を反射し、第2の励起光及び第2の蛍光を透過する第1の光学ミラーを有し、第2のサブユニットは、第2の励起光及び第2の蛍光を反射する第2の光学ミラーを有し、第1のサブユニット及び第2のサブユニットは、第1の光学ミラーへの第1の励起光の入射角と、第2の光学ミラーへの第2の励起光の入射角とが、スキャンミラーへの第1の励起光の入射角が、スキャンミラーへの第2の励起光の入射角に対して所定の角度ずれるように、設定されてもよい。この場合、第1及び第2のサブユニットにおける第1及び第2の光学ミラーに対する励起光の入射角を設定することにより、試料上に走査される第1及び第2の励起光のスポットを分離することができ、その結果、第1及び第2のサブユニットに導かれる第1及び第2の蛍光のビームを互いに分離することができる。これにより、ブリードスルーを低減した状態で複数の蛍光像の観察が可能にされる。

[0066] さらに、上記の所定の角度は、試料上において、第1の励起光のエアリディスクと第2の励起光のエアリディスクとが分離されるような角度である、ことが好適である。このような角度にすれば、試料上に走査される第1及び第2の励起光のスポットを完全に分離することができ、その結果、第1及び第2のサブユニットに導かれる第1及び第2の蛍光のビームを互いに完全に分離することができる。これにより、ブリードスルーがない状態で複数の蛍

光像の観察が可能にされる。

[0067] 上記実施形態においては、スキャンミラーはMEMSミラーであってもよい。この場合、装置の小型化を容易に実現することができる。

[0068] また、第1のサブユニットと第2のサブユニットとは、スキャンミラーによる蛍光の導光方向に沿って、第1のサブユニットおよび第2のサブユニットの順で並んだ状態でメイン筐体に固定されてもよい。かかる構成によれば、第2のサブユニットから照射された第2の励起光を、第1のサブユニットを経由して顕微鏡側の試料に向けて照射することができるとともに、それに応じて試料から生じる第2の蛍光を、第1のサブユニットを経由して第2のサブユニット内に導入することができる。その結果、複数波長領域でのイメージングを実現する装置の小型化が可能となる。

産業上の利用可能性

[0069] 実施形態は、共焦点顕微鏡を構成する共焦点顕微鏡ユニット及び共焦点顕微鏡を使用用途とし、簡易な構成によりブリードスルーを低減した状態で複数蛍光による蛍光イメージングを実現できるものである。

符号の説明

[0070] M…試料、P1…接続ポート、 θ_s …所定の角度、10a～10d…光源、12a～12d…ピンホール板（絞り部材）、13a～13d…光検出器、6a～6d…第1～第4のサブユニット、9a～9c…ダイクロイックミラー（第1～第3の光学ミラー）、9d…全反射ミラー（第4の光学ミラー）、1A、1B、1C…共焦点顕微鏡ユニット、2…メイン筐体、3…鏡筒、4…スキャンミラー、7…スキャンレンズ、50…顕微鏡、101…共焦点顕微鏡。

請求の範囲

[請求項1]

顕微鏡光学系を有する顕微鏡の接続ポートに取り付けられることにより、共焦点顕微鏡を構成する共焦点顕微鏡ユニットであって、

第1の励起光を出力する光源、前記第1の励起光に応じて観察対象の試料から生じる第1の蛍光の光束を制限する第1の絞り部材、及び、前記第1の絞り部材を通過した第1の蛍光を検出する第1の光検出器を有する第1のサブユニットと、

第2の励起光を出力する光源、前記第2の励起光に応じて前記試料から生じる第2の蛍光の光束を制限する第2の絞り部材、及び、前記第2の絞り部材を通過した第2の蛍光を検出する第2の光検出器を有する第2のサブユニットと、

前記第1及び第2のサブユニットから出力された励起光を、前記顕微鏡光学系を経由して前記試料上を走査させ、前記励起光に応じて前記試料から生じる蛍光を前記第1及び第2のサブユニットに向けて導くスキャンミラーと、

前記接続ポートに取り付け可能に構成され、前記スキャンミラー、前記第1のサブユニット、及び前記第2のサブユニットが固定されたメイン筐体と、
を備え、

前記第1のサブユニット及び前記第2のサブユニットは、前記スキャンミラーへの前記第1の励起光の入射角が、前記スキャンミラーへの第2の励起光の入射角に対して所定の角度ずれるように、前記メイン筐体内に配置される、
共焦点顕微鏡ユニット。

[請求項2]

前記第1のサブユニットは、前記第1の励起光及び前記第1の蛍光を反射し、前記第2の励起光及び前記第2の蛍光を透過する第1の光学ミラーを有し、

前記第2のサブユニットは、前記第2の励起光及び前記第2の蛍光

を反射する第2の光学ミラーを有し、

前記第1の光学ミラー及び前記第2の光学ミラーが、前記スキャンミラーへの前記第1の励起光の入射角が、前記スキャンミラーへの第2の励起光の入射角に対して所定の角度ずれるように、前記メイン筐体内に配置される、

請求項1に記載の共焦点顕微鏡ユニット。

[請求項3]

前記第1のサブユニットは、前記第1の励起光及び前記第1の蛍光を反射し、前記第2の励起光及び前記第2の蛍光を透過する第1の光学ミラーを有し、

前記第2のサブユニットは、前記第2の励起光及び前記第2の蛍光を反射する第2の光学ミラーを有し、

前記第1のサブユニット及び前記第2のサブユニットは、前記第1の光学ミラーへの前記第1の励起光の入射角と、前記第2の光学ミラーへの第2の励起光の入射角とが、前記スキャンミラーへの前記第1の励起光の入射角が前記スキャンミラーへの第2の励起光の入射角に対して所定の角度ずれるように、設定される、

請求項1に記載の共焦点顕微鏡ユニット。

[請求項4]

前記所定の角度は、前記試料上において、前記第1の励起光のエアリディスクと前記第2の励起光のエアリディスクとが分離されるような角度である、

請求項1～3のいずれか1項に記載の共焦点顕微鏡ユニット。

[請求項5]

前記スキャンミラーはMEMSミラーである、

請求項1～4のいずれか1項に記載の共焦点顕微鏡ユニット。

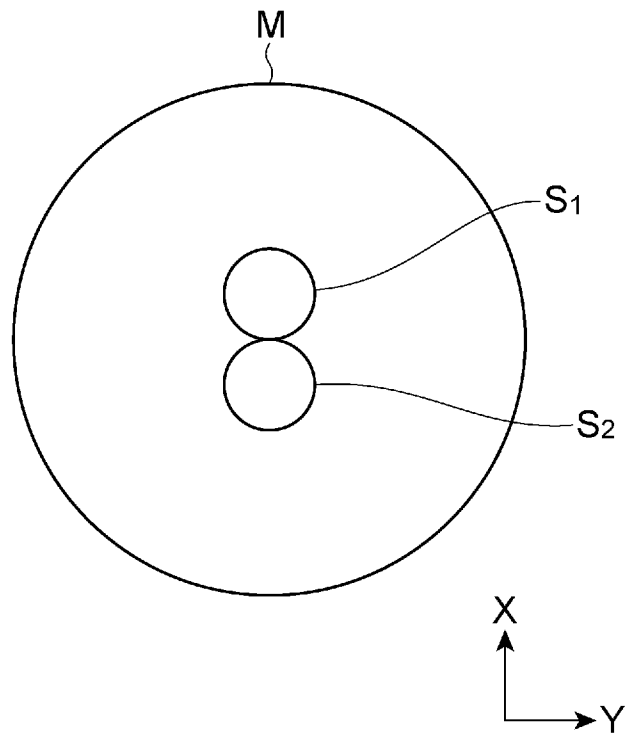
[請求項6]

前記第1のサブユニットと前記第2のサブユニットとは、前記スキャンミラーによる前記蛍光の導光方向に沿って、前記第1のサブユニットおよび前記第2のサブユニットの順で並んだ状態で前記メイン筐体に固定されている、

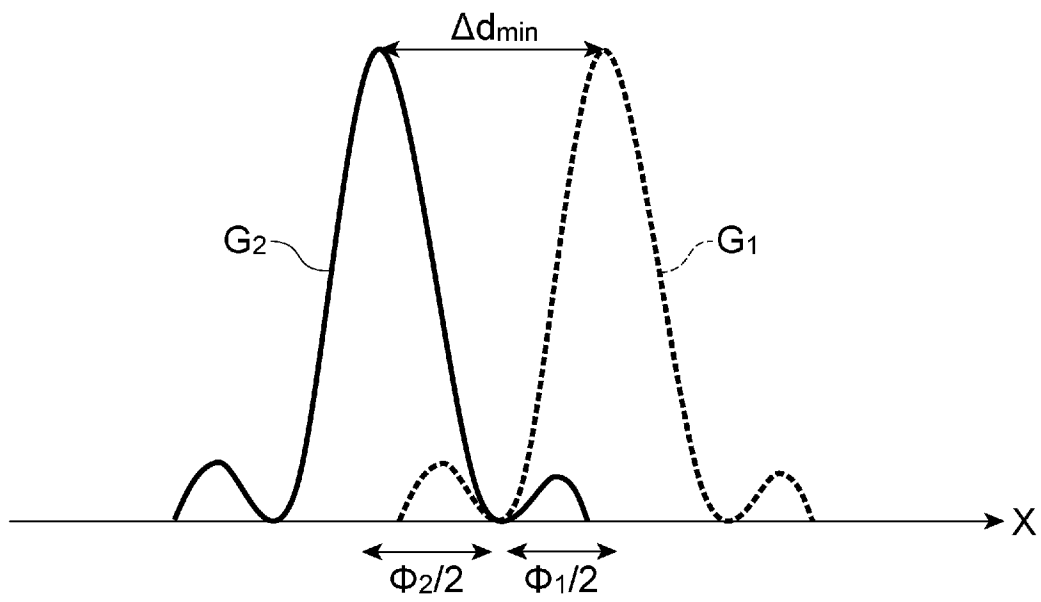
請求項1～5のいずれか1項に記載の共焦点顕微鏡ユニット。

[請求項7] 請求項1～6のいずれか1項に記載の共焦点顕微鏡ユニットと、
前記顕微鏡光学系及び前記共焦点顕微鏡ユニットが取り付けられる
接続ポートを有する顕微鏡を備える、共焦点顕微鏡。

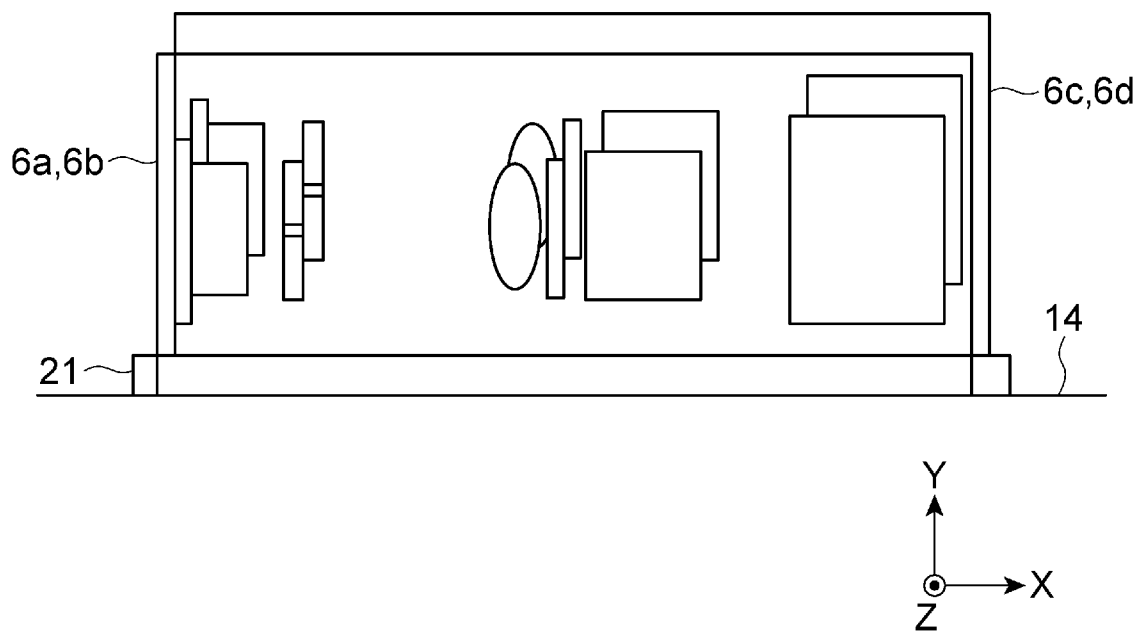
[図2]



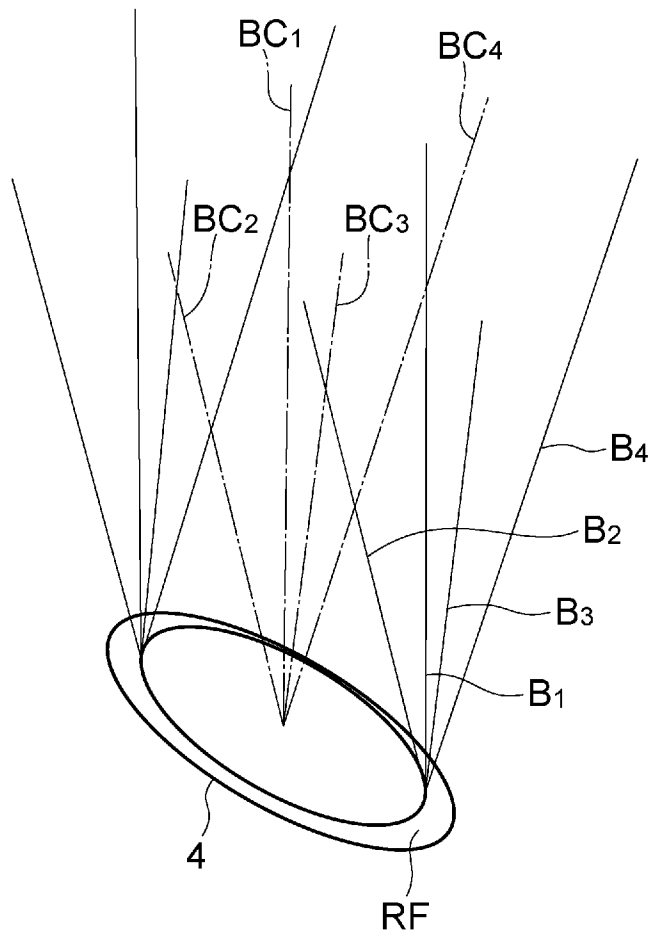
[図3]



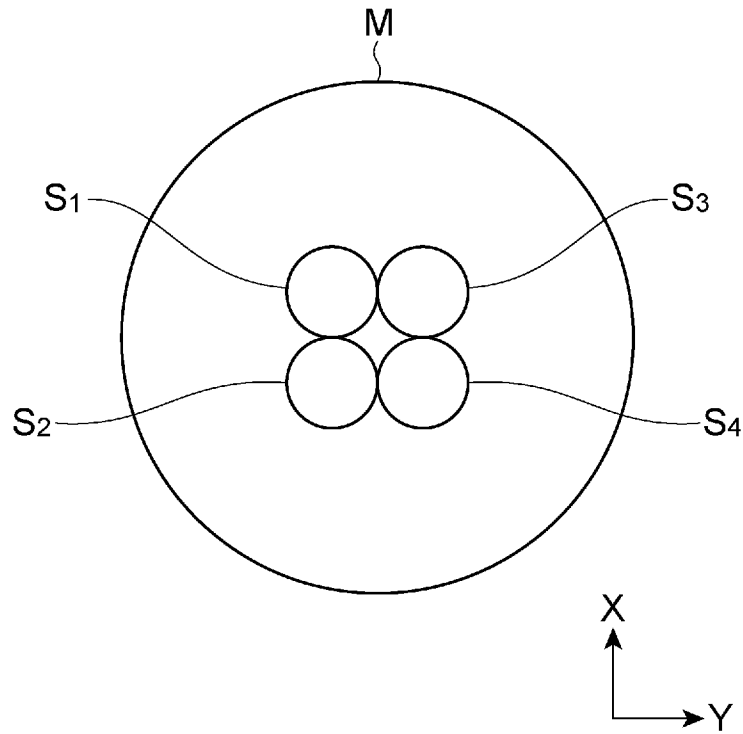
[図5]



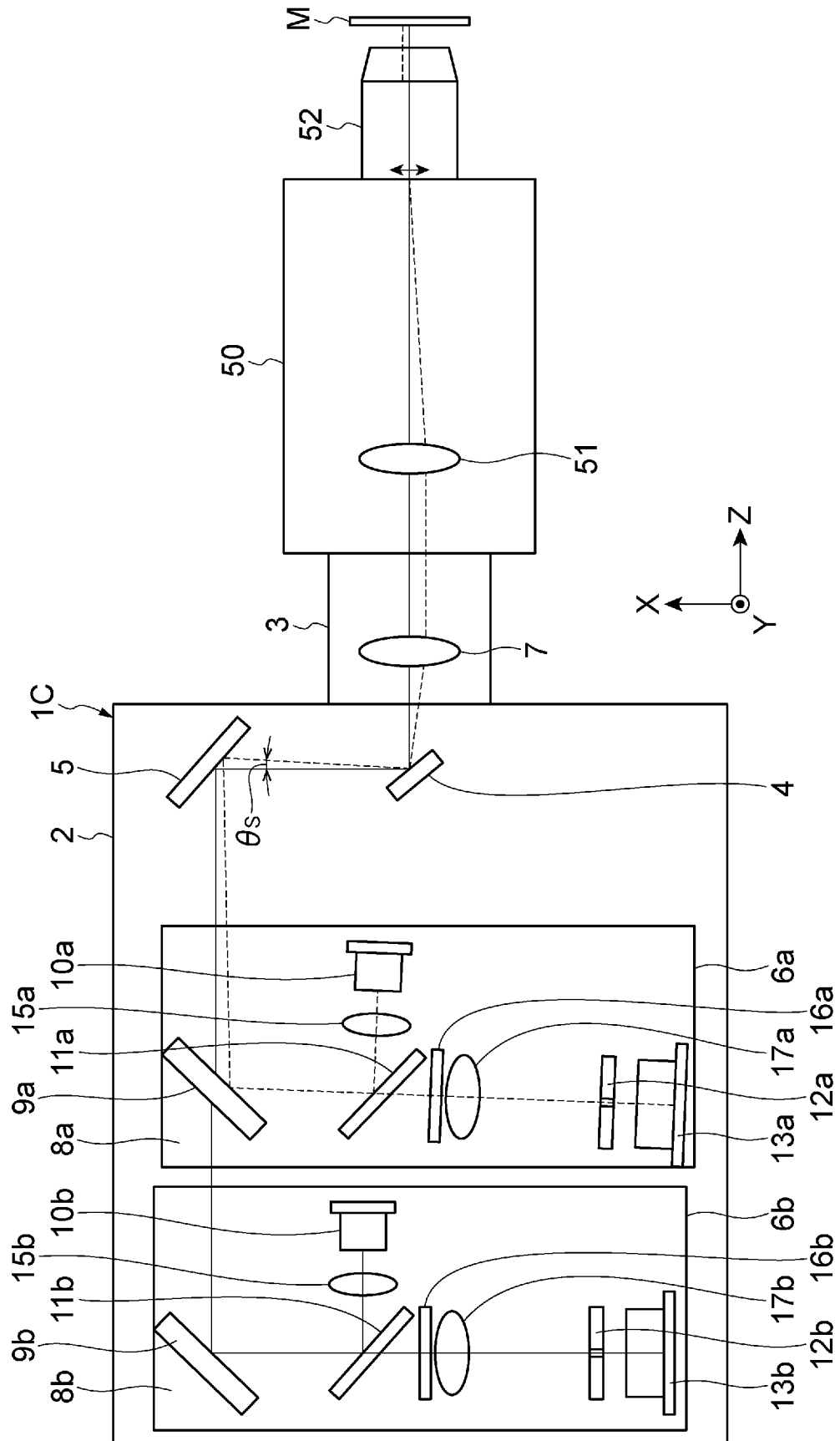
[図6]



[図7]



[図8]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2020/013801

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02B 21/00 (2006.01) i; G01N 21/64 (2006.01) i
FI: G02B21/00; G01N21/64 E

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G02B21/00; G01N21/64

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2020
Registered utility model specifications of Japan	1996-2020
Published registered utility model applications of Japan	1994-2020

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2003-185927 A (OLYMPUS OPTICAL CO., LTD.) 03.07.2003 (2003-07-03) paragraphs [0023]-[0053], fig. 1	1, 4-7
A	entire text all drawings	2-3
Y	JP 2008-203417 A (OLYMPUS CORP.) 04.09.2008 (2008- 09-04) paragraphs [0018]-[0038], fig. 1, 2	1, 4-7
A	entire text all drawings	2, 3
Y	JP 2009-116082 A (NSK LTD.) 28.05.2009 (2009-05- 28) paragraphs [0011]-[0034], fig. 1-3	5-7
Y	JP 2006-133499 A (SHIMADZU CORPORATION) 25.05.2006 (2006-05-25) paragraphs [0020]-[0029], fig. 1-3	5-7

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"I" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
05 June 2020 (05.06.2020)

Date of mailing of the international search report
16 June 2020 (16.06.2020)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2020/013801

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 2003-185927 A	03 Jul. 2003	(Family: none)	
JP 2008-203417 A	04 Sep. 2008	US 2008/0198449 A1 paragraphs [0029]- [0058], fig. 1-2 EP 1959290 A1	
JP 2009-116082 A	28 May 2009	(Family: none)	
JP 2006-133499 A	25 May 2006	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G02B 21/00(2006.01)i; G01N 21/64(2006.01)i FI: G02B21/00; G01N21/64 E		
B. 調査を行った分野		
調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） G02B21/00; G01N21/64		
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2020年 日本国実用新案登録公報 1996-2020年 日本国登録実用新案公報 1994-2020年		
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2003-185927 A（オリンパス光学工業株式会社）03.07.2003（2003-07-03） 段落[0023]-[0053], 図1	1, 4-7
A	全文全図	2, 3
Y	JP 2008-203417 A（オリンパス株式会社）04.09.2008（2008-09-04） 段落[0018]-[0038], 図1, 2	1, 4-7
A	全文全図	2, 3
Y	JP 2009-116082 A（日本精工株式会社）28.05.2009（2009-05-28） 段落[0011]-[0034], 図1-3	5-7
Y	JP 2006-133499 A（株式会社島津製作所）25.05.2006（2006-05-25） 段落[0020]-[0029], 図1-3	5-7
☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。 ☒ パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの “E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの “L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） “O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 “P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献 “T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの “X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの “Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの “&” 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日 05.06.2020		国際調査報告の発送日 16.06.2020
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		権限のある職員（特許庁審査官） 岡田 弘 2V 8361 電話番号 03-3581-1101 内線 3271

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2020/013801

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2003-185927	A	03.07.2003	(ファミリーなし)	
JP	2008-203417	A	04.09.2008	US 2008/0198449 A1	
				[0029]-[0058], FIGS1, 2	
				EP 1959290 A1	
JP	2009-116082	A	28.05.2009	(ファミリーなし)	
JP	2006-133499	A	25.05.2006	(ファミリーなし)	