(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第6622723号
(P6622723)
(45)発行日　令和1年12月18日(2019.12.18)　(24)登録日　令和1年11月29日(2019.11.29)

(51)Int.Cl.		F I		
G01N 21/64	(2006.01)	G01N	21/64	Z
G01N 21/65	(2006.01)	G01N	21/65	
G01N 21/03	(2006.01)	G01N	21/03	Z
G01J 3/18	(2006.01)	G01J	3/18	
G01J 3/36	(2006.01)	G01J	3/36	

請求項の数 16　(全 19 頁)

(21)出願番号　特願2016-572194(P2016-572194)
(86)(22)出願日　平成28年1月29日(2016.1.29)
(86)国際出願番号　PCT/JP2016/052707
(87)国際公開番号　WO2016/121946
(87)国際公開日　平成28年8月4日(2016.8.4)
審査請求日　平成31年1月18日(2019.1.18)
(31)優先権主張番号　特願2015-17431(P2015-17431)
(32)優先日　平成27年1月30日(2015.1.30)
(33)優先権主張国・地域又は機関
日本国(JP)

(73)特許権者　503360115
国立研究開発法人科学技術振興機構
埼玉県川口市本町四丁目１番８号
(74)代理人　110001069
特許業務法人京都国際特許事務所
(72)発明者　袖岡　幹子
埼玉県和光市広沢２番１号　国立研究開発法人理化学研究所内
(72)発明者　藤田　克昌
大阪府吹田市山田丘１番１号　国立大学法人大阪大学　大学院工学研究科内
(72)発明者　安藤　潤
大阪府吹田市山田丘１番１号　国立大学法人大阪大学　大学院工学研究科内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】多焦点分光計測装置、及び多焦点分光計測装置用光学系

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

試料配置部に配置された試料における所定の複数の観測領域から発せられる信号光を分光器に導入することにより分光する装置であって、

前記複数の観測領域の各々に光学的に相対する位置に1個ずつ設けられた複数の対物集光部と、

前記複数の対物集光部の各々に対応して1個ずつ設けられた、対応する対物集光部を通過した信号光を前記分光器に入力する分光器入力部と、

前記複数の対物集光部の各々に対応して1個ずつ、前記分光器入力部との間に設けられた分光器側集光部と

を備え、

前記分光器側集光部側から前記対物集光部に入射する平行光線が該対物集光部を通過して焦点を結ぶ位置に、該対物集光部と光学的に相対する前記観測領域内の点が存在し、

前記信号光が前記分光器側集光部を通過して焦点を結ぶ位置に、該分光器側集光部に対応する分光器入力部が存在し、

前記対物集光部と前記分光器側集光部の間の光が平行光線になるように該対物集光部及び該分光器側集光部が配置されている

ことを特徴とする多焦点分光計測装置。

【請求項２】

前記試料に照射することによって前記試料から前記信号光が発せられる光である照射光

を該試料に照射する光源を備えることを特徴とする請求項１に記載の多焦点分光計測装置。

【請求項３】

前記光源が、前記対物集光部を通して前記照射光を前記試料に照射する位置に配置されていることを特徴とする請求項２に記載の多焦点分光計測装置。

【請求項４】

前記試料配置部と前記分光器入力部の間に設けられた、前記信号光の波長の光を透過して前記照射光の波長の光を反射するフィルタを備えることを特徴とする請求項３に記載の多焦点分光計測装置。

【請求項５】

前記フィルタに複数の照射光が照射され、該フィルタに反射された後の複数の照射光が互いに異なる対物集光部に照射されるように該フィルタが配置されていることを特徴とする請求項４に記載の多焦点分光計測装置。

【請求項６】

前記フィルタが前記照射光の数と同数個設けられており、該フィルタの各々に互いに異なる照射光が照射されるように該フィルタが配置されていることを特徴とする請求項５に記載の多焦点分光計測装置。

【請求項７】

前記フィルタが前記対物集光部と前記分光器入力部の間に、前記光源から照射される照射光が前記対物集光部の光軸の方向に反射するように配置されていることを特徴とする請求項４～６のいずれかに記載の多焦点分光計測装置。

【請求項８】

前記光源が、前記対物集光部を通すことなく前記照射光を前記試料に照射する位置に配置されていることを特徴とする請求項２に記載の多焦点分光計測装置。

【請求項９】

前記試料配置部と前記分光器入力部の間に設けられた、前記信号光の波長の光を透過して前記照射光の波長の光を除去するフィルタを備えることを特徴とする請求項８に記載の多焦点分光計測装置。

【請求項１０】

前記複数の対物集光部が縦横にマトリクス状に配置されている対物集光部アレイを備えることを特徴とする請求項１～９のいずれかに記載の多焦点分光計測装置。

【請求項１１】

前記対物集光部アレイと前記分光器入力部の間に、前記複数の対物集光部の各々に光学的に相対して分光器側集光部が1個ずつ設けられた分光器側集光部アレイを備え、各々の前記対物集光部と該対物集光部に光学的に相対する前記分光器側集光部の間の信号光が該対物集光部を通過して焦点を結ぶ位置に、該対物集光部と光学的に相対する前記観測領域内の点が存在し、該信号光が該分光器側集光部を通過して焦点を結ぶ位置に、該対物集光部に対応する分光器入力部が存在することを特徴とする請求項１０に記載の多焦点分光計測装置。

【請求項１２】

前記複数の観測領域と前記複数の対物集光部の間に、該複数の観測領域の各々からの信号光の像を拡大又は縮小する倍率変換部を備えることを特徴とする請求項１～１１のいずれかに記載の多焦点分光計測装置。

【請求項１３】

前記分光器側集光部と前記分光器入力部の間に、該分光器側集光部に対応する対物集光部からの信号光の像を拡大又は縮小する分光器入力部側倍率変換部を備えることを特徴とする請求項１～１２のいずれかに記載の多焦点分光計測装置。

【請求項１４】

前記分光器入力部が前記複数の対物集光部の各々に対応して1個ずつ、マトリクスの点に配置されており、

前記マトリクスの行及び列が、前記分光器が有する分光素子における波長の分散方向に対して非平行である
ことを特徴とする請求項１～１３のいずれかに記載の多焦点分光計測装置。
【請求項１５】
前記試料配置部に配置された試料を含む平面に沿って該試料と前記複数の対物集光部の相対的な位置を移動させる移動手段を備えることを特徴とする請求項１～１４のいずれかに記載の多焦点分光計測装置。
【請求項１６】
試料配置部に配置された試料における所定の複数の観測領域から発せられる信号光を分光器に導入することにより分光する装置で用いられる光学系であって、
該装置に装着された状態において前記複数の観測領域の各々に光学的に相対する位置に1個ずつ配置されるように設けられた複数の対物集光部と、
前記複数の対物集光部の各々に対応して1個ずつ、前記分光器入力部との間に設けられた分光器側集光部と
を備え、
前記分光器側集光部側から前記対物集光部に入射する平行光線が該対物集光部を通過して焦点を結ぶ位置に、該対物集光部と光学的に相対する前記観測領域内の点が存在し、
前記信号光が前記分光器側集光部を通過して焦点を結ぶ位置に、該分光器側集光部に対応する分光器入力部が存在し、
前記対物集光部と前記分光器側集光部の間の光が平行光線になるように該対物集光部及び該分光器側集光部が配置されている
ことを特徴とする多焦点分光計測装置用光学系。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、複数点からの蛍光やラマン光等の信号光を同時に計測する多焦点分光計測装置、及び多焦点分光計測装置用光学系に関する。
【背景技術】
【０００２】
近年、製薬分野を中心に、ハイスループットスクリーニング（High Throughput Screening：HTS）と呼ばれる、短時間で多数の試料を分析する多試料同時計測法が注目されている。多試料同時計測法では、各試料から発せられる信号光を分光することにより試料毎のスペクトルを取得し、そのスペクトルから各試料の組成や分子構造等の分析を行う、という分光計測が広く用いられている。信号光には、試料に照射光を照射することにより各試料から発せられる蛍光やラマン光、あるいは試料に照射光を照射することなく試料から発せられる化学発光等がある。
【０００３】
特許文献１及び非特許文献１には、多試料同時計測法については記載されていないものの、多試料同時計測法への応用の可能性がある多焦点分光計測装置が記載されている。この装置は「ラマン分光顕微鏡」と呼ばれるものの一種であって、後述のマイクロレンズアレイによって照射光を複数に分割して、各照射光を1個の試料の異なる位置に照射することにより得られる位置毎のラマン光を分光し、所定のラマンシフトを有するラマン光の強度をマッピングすることにより、当該ラマンシフトに対応した試料成分の分布をイメージとして取得する。ここで、複数の照射光を1個の試料の異なる位置に照射する代わりに、各照射光を互いに異なる試料に1つずつ照射することにより、複数の試料の同時計測に応用することが考えられる。
【０００４】
図１５を用いて、特許文献１及び非特許文献１の多焦点分光計測装置の詳細を説明する。この多焦点分光計測装置９０では、レーザ光源９１により生成されたレーザ光は、マイクロレンズ９２１が縦横に8個ずつマトリクス状に並んだマイクロレンズアレイ９２によ

って複数の光束に分割される。それら光束の各々は、エッジフィルタ９３で反射され、各光束に対応して1個ずつ孔が設けられたピンホールアレイ９４、並びに各光束に共通のリレーレンズ９５及び対物レンズ９６を通過して、試料Ｓに照射される。試料Ｓからは、照射光が分割された複数の光束に対応して、当該数の光束の信号光が発せられる。信号光には、照射光と同じ波長を有する反射光と、照射光とは波長が異なるラマン光が重畳している。信号光は、対物レンズ９６、リレーレンズ９５、及びピンホールアレイ９４の孔を通過し、エッジフィルタ９３に達する。エッジフィルタ９３では、波長の相違により、反射光は通過せずに反射し、ラマン光のみが通過する。エッジフィルタ９３を通過したラマン光の光束は、2枚1組のレンズから成るレンズ光学系９７を通過した後、マイクロレンズ９２１と同数の光ファイバをマイクロレンズアレイ９２と同相に束ねたファイババンドル９８に入射する。ファイババンドル９８における複数の光ファイバの入力端はマトリクス状に配置されており、1個の入力端に１光束ずつラマン光が入射する。ファイババンドル９８の出力端は1列に並んでおり、各出力端から出射される光が分光器９９により分光される。

【０００５】

特許文献２には、1個の対物レンズから試料Ｓに照射光を照射し、試料Ｓから発せられる信号光（ラマン光）をファイババンドルにおける複数の光ファイバで受光し、各光ファイバの出力端から出射される光を分光器により分光する多点同時分光計測装置が記載されている。この装置では、照射光は分割されておらず、信号光もファイババンドルに到達するまでは分割されていない点で、特許文献１及び非特許文献１に記載の装置と相違している。また、特許文献２にも、多試料同時計測法については記載されていない。

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００６】

【特許文献１】特開2012-237647号公報

【特許文献２】特開2010-151801号公報

【非特許文献】

【０００７】

【非特許文献１】奥野将成、濱口宏夫著、「多焦点共焦点ラマン分光顕微鏡の開発」第4回分子科学討論会2010大阪 講演要旨 講演番号1B17、[online]、2010年7月、分子科学会、[2014年11月25日検索、2016年1月29日再検索]、インターネット<http://molsci.center.ims.ac.jp/area/2010/bk2010/papers/1B17_w.pdf>

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００８】

試料から生じる信号光は球面状に等方的に発せられるため、対物レンズで収集することができる信号光は全体の一部のみであるが、高い感度で計測を行うためには、信号光の収集率が高い方が望ましい。対物レンズの開口数（Numerical Aperture：NA）が大きいほど、この収集率は高くなるため、開口数NAの高い顕微光学系が必要となる。顕微光学系を用いて多数の試料を分析する場合、(i)単一の焦点で試料を走査して順次顕微分光計測を行うか、又は(ii)特許文献１及び非特許文献１のように多焦点化し、多点に対して同時に顕微分光計測を行う。しかしながら、(i)の場合には、試料の数に応じて計測時間が増加してしまう。特に、ラマン分光等の微弱光では長い露光時間を要するため、全ての試料を分光計測するためには膨大な時間を要する。一方、(ii)の場合には、対物レンズの開口数NAを大きくすると倍率が高くなるため、試料を観測可能な領域が小さくなってしまう。すなわち、対物レンズの開口数NAと倍率はトレードオフの関係にあり、それにより、測定感度と観測可能な領域の大きさもトレードオフの関係にある、という問題がある。

【０００９】

特許文献１及び非特許文献１の多焦点分光計測装置では、1個の試料内における異なる複数の位置からラマン光を得ることを目的としていることから、観測対象の領域が比較的

小さい。この装置における観測対象領域の大きさは十数μm平方程度であるため、その目的においては測定感度には差し支えがない。しかしながら、複数の試料を同時に計測することに応用するためには、より広い領域で観測を行わなければならない。具体的には、多試料同時計測のために市販されている「マルチウェル」と呼ばれる試料ホルダでは、個々の試料を保持する数十～数百個のウェルが縦横にマトリクス状に配置されており、全体の大きさは、1辺あたり数cm～十数cmである。このようなマルチウェルの全体を特許文献１及び非特許文献１の装置のように1個の対物レンズで観測するためには、対物レンズの倍率を低くしなければならず、測定感度が低下してしまう。そのため、この装置は、多試料同時計測に応用するには適していない。

【００１０】

本発明が解決しようとする課題は、倍率の制限を受けることなく、高い感度で多試料同時計測を行うことができる多焦点分光計測装置、及び多焦点分光計測装置用光学系を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【００１１】

上記課題を解決するために成された本発明に係る多焦点分光計測装置は、試料配置部に配置された試料における所定の複数の観測領域から発せられる信号光を分光器に導入することにより分光する装置であって、

前記複数の観測領域の各々に光学的に相対する位置に1個ずつ設けられた複数の対物集光部と、

前記複数の対物集光部の各々に対応して1個ずつ設けられた、対応する対物集光部を通過した信号光を前記分光器に入力する分光器入力部と

を備えることを特徴とする。

【００１２】

本発明において、「観測領域に光学的に相対する位置」とは、観測領域からの信号光が到達する位置をいう。観測領域と対物集光部の間に他の集光部や反射鏡等の光学素子が無い場合には、当該位置は（文字通り）観測領域に相対する位置をいう。一方、観測領域と対物集光部の間にそのような光学素子（例えば後述の倍率変換部）が有る場合には、当該位置は、観測領域からの信号光が当該光学素子を通って到達する位置をいう。

【００１３】

本発明に係る多焦点分光計測装置では、複数の対物集光部の各々が試料中の1つの観測領域に光学的に相対して設けられている。ここで、複数の観測領域は全て１つの試料の中にあってもよいし、複数の試料に分散して存在していてもよく、1つの試料につき1つのみであってもよい。いずれの場合にも、1つの観測領域に対して1個の対物集光部が対応し、個々の対物集光部は光学的に相対する観測領域からの信号光を収集する。各対物集光部で収集された信号光は、対応する分光器入力部に入力される。これにより、観測領域毎に、信号光の分光計測が行われる。なお、各分光器入力部は、対応する対物集光部と（文字通り）相対して配置してもよいが、観測領域と対物集光部の間と同様に、対物集光部と分光器入力部の間に別の集光部や反射鏡等の光学素子を配置してもよい。

【００１４】

レンズでは、焦点からレンズに入射する光の光軸に対する最大角θと、焦点とレンズの間の媒質の屈折率nより、開口数NA=n・sinθが定義される。集光部についても同様に、集光部で集光される光が集まる点（焦点）から集光部を見込んだときの最大角θ'と両者の間の媒質の屈折率nより、開口数NAをNA=n・sinθ'と定義することができる。

【００１５】

本発明によれば、個々の対物集光部は１つの観測領域のみを観測しさえすればよいため、多数の試料や大きい試料を同時に観測することができる。これにより、倍率を低くする、すなわち観測可能な領域を大きくすることができると共に、個々の対物集光部の開口数NAを大きくする、すなわち測定感度を高くすることができる。

【００１６】

本発明に係る多焦点分光計測装置は、前記複数の対物集光部のうちの一部又は全部において、対応する前記分光器入力部との間に分光器側集光部を備え、該対物集光部と該分光器側集光部の間の信号光が該対物集光部を通過して焦点を結ぶ位置に、該対物集光部と光学的に相対する前記観測領域内の点が存在し、該信号光が該分光器側集光部を通過して焦点を結ぶ位置に、該対物集光部に対応する分光器入力部が存在する、という構成を取ることが望ましい。この構成を取ることにより、開口数NAと倍率のトレードオフを解消し、対物集光部及び分光器側集光部の開口数NA、計測領域のサイズ、並びに計測点の間隔に制限されることなく、測定感度の最適化を行うことができる。すなわち、倍率に依らずに対物集光部の開口数NAを大きく取ることができることから、信号光の収集効率を高めることができ、倍率に依らずに分光器側集光部の開口数NAを設定することができるため、利用効率の高い最適な開口数NAで信号光を分光器に入射させることができる。これらの理由により、観測領域からの信号光を効率よく分光器入力部に導入することができる。更に、開口数NAと倍率のトレードオフを解消したことで、分光器に入射する信号光のサイズや間隔も、分光器の構成に合わせて決定することができ、同一の分光器を用いた場合でも、任意に計測点数を増やすことができる。これらは、図１５のような従来の結像光学系では実現することはできない。

【００１７】

蛍光やラマン光のように、試料に所定波長の照射光を照射することにより信号光が得られる場合には、本発明に係る多焦点分光計測装置に当該照射光を試料に照射する光源を設ける。光源は、対物集光部を通して照射光を前記試料に照射する位置に配置されていてもよいし、対物集光部を通さずに照射光を前記試料に照射する位置に配置されていてもよい。

一方、信号光が化学発光である場合のように、試料に照射光を照射しなくとも信号光が得られる場合には、本発明に係る多焦点分光計測装置に照射光の光源を設ける必要はない。

【００１８】

複数の観測領域、及び各々の観測領域に光学的に相対する対物集光部の配置は、１次元状、２次元状のいずれであってもよい。また、それら観測領域及び対物集光部の配置は、等間隔、非等間隔のいずれでもよい。それら観測領域及び対物集光部が２次元状に配置されている場合には、当該配置は無秩序（ランダム）であってもよいし、正方格子（マトリクス）状、三角格子状、放射状等のように秩序をもって配置されていてもよい。上述のように個々の試料を保持するウェルが縦横にマトリクス状に配置されているマルチウェルを用いる場合には、本発明に係る多焦点分光計測装置は、前記複数の対物集光部が縦横にマトリクス状に配置されている対物集光部アレイを備えることが望ましい。この対物集光部アレイを用いると共に分光器側集光部を用いる場合には、前記複数の分光器側集光部の各々が前記対物集光部に光学的に相対して縦横にマトリクス状に配置されている分光器側集光部アレイを備えることが望ましい。

【００１９】

本発明に係る多焦点分光計測装置は、上記の構成だけでは、信号光だけではなく、試料によって反射された照射光も分光器入力部に入射し得る。分光器に入射する照射光は、解析処理により排除するようにしてもよいが、信号光がラマン光である場合には、照射光とは波長が異なるため、フィルタを用いれば照射光だけを除去することができる。照射光とは異なる波長を有する蛍光の場合も同様である。すなわち、本発明に係る多焦点分光計測装置において、照射光を試料に照射する前記光源と共に、前記試料配置部と前記分光器入力部の間に設けられた、前記信号光の波長の光を透過して前記照射光の波長の光を反射するフィルタを備えることができる。

【００２０】

フィルタに入射する照射光は１つであってもよいが、前記フィルタに複数の照射光が照射され、該フィルタに反射された後の複数の照射光が互いに異なる対物集光部に照射されるように該フィルタが配置されていることが望ましい。複数の照射光は、異なる複数の光源をもとに生成してもよいし、単一の光源を複数に分岐して生成してもよい。複数の照射

光を用いると、フィルタのサイズを小さくすることができるため、単一照射光で大面積のフィルタを用いる場合と比較して、フィルタの面精度を高め、製造コストを削減することができる。異なる複数の光源を用いて複数の照射光を生成する場合には、各試料への照射光の強度を高めることができ、分光計測の感度も高まる。

【００２１】

本発明では、照射光は試料毎に分割することは必須ではなく、１本の照射光を試料全体に照射してもよいが、前記フィルタが前記対物集光部と前記分光器入力部の間に、前記光源から照射される照射光が前記対物集光部の光軸の方向に反射するように配置されているという構成を取ることが望ましい。これにより、照射光が対物集光部を通して観測領域に集光され、照射光を漏れなく利用することができる。

【００２２】

本発明に係る多焦点分光計測装置は、前記複数の観測領域と前記複数の対物集光部の間に、該複数の観測領域の各々からの信号光の像を拡大又は縮小する倍率変換部を備えることができる。倍率変換部を用いることにより、多数の狭い観測領域を同時に計測することができる。同様に、本発明に係る多焦点分光計測装置は、前記複数の対物集光部と前記分光器入力部の間に、該複数の対物集光部の各々からの信号光の像を拡大又は縮小する分光器入力部側倍率変換部を有していてもよい。倍率変換部及び分光器入力部側倍率変換部には、1個のレンズ等から成る集光部、又は信号光の進行方向に複数個並べた1組のレンズ等から成る集光部を用いることができる。

【００２３】

本発明に係る多焦点分光計測装置は、

前記分光器入力部が前記複数の対物集光部の各々に対応して1個ずつ、マトリクスの点に配置されており、

前記マトリクスの行及び列が、前記分光器が有する分光素子における波長の分散方向に対して非平行である

という構成を取ることもできる。分光素子には回折格子やプリズム等を用いることができる。この構成により、1個の分光素子のみを用いて、各信号光からの回折光を互いに重なることなく得ることができる。この分光光学系は、本発明に係る多焦点分光計測装置用光学系だけではなく、例えば特許文献１や特許文献２に記載の装置においても用いることができる。

【００２４】

本発明に係る多焦点分光計測装置は、前記試料配置部に配置された試料を含む平面に沿って該試料と前記複数の対物集光部の相対的な位置を移動させる移動手段を備えることができる。これにより、移動手段を用いない場合よりも広い領域に亘って試料を観測することができ、分光のデータを画像化する分光イメージングを行うことができる。試料と複数の対物集光部の相対的な位置の移動は、線状（１次元状）、面状（２次元状）、立体状（３次元状）のいずれであってもよい。

【００２５】

本発明に係る多焦点分光計測装置用光学系は、試料配置部に配置された試料における所定の複数の観測領域から発せられる信号光を分光器に導入することにより分光する装置で用いられる光学系であって、

該装置に装着された状態において前記複数の観測領域の各々に光学的に相対する位置に1個ずつ配置されるように設けられた複数の対物集光部を備えることを特徴とする。

【発明の効果】

【００２６】

本発明により、倍率の制限を受けることなく、高い感度で多試料又は大きい試料を同時に計測することができる多焦点分光計測装置が得られる。

【図面の簡単な説明】

【００２７】

【図１】本発明に係る多焦点分光計測装置の第１実施例を示す概略構成図。

【図２】第１実施例において用いる光源及びビーム径拡大光学系を示す概略構成図。
【図３】レンズアレイの別の例を示す縦断面図。
【図４】第１実施例の多焦点分光計測装置を用いて(a)蛍光スペクトル及び(b)ラマンスペクトルの計測を行った結果を示すCCD画像及びグラフ。
【図５】本発明に係る多焦点分光計測装置の第２実施例を示す概略構成図。
【図６】本発明に係る多焦点分光計測装置の第３実施例を示す概略構成図。
【図７】第３実施例の多焦点分光計測装置の変形例を示す概略構成図。
【図８】本発明に係る多焦点分光計測装置の第４実施例を示す概略構成図。
【図９】本発明に係る多焦点分光計測装置の第５実施例を示す概略構成図。
【図１０】本発明に係る多焦点分光計測装置の第６実施例を示す概略構成図。
【図１１】第１実施例の変形例を示す概略構成図。
【図１２】本発明に係る多焦点分光計測装置における対物レンズの配置の変形例を示す平面図。
【図１３】各実施例の多焦点分光計測装置及び他の多焦点分光計測装置で用いる分光器の例を示す概略構成図(a)、並びにピンホールアレイから出射した信号光及び受光器に入射した回折光を示す図(b)。
【図１４】図１３の分光器を用いて複数の信号光を同時に分光した結果を示すCCD画像(a)、その部分拡大画像(b)、及び抽出したスペクトル(c)。
【図１５】従来の多焦点分光計測装置の一例を示す概略構成図。
【発明を実施するための形態】
【００２８】
本発明に係る多焦点分光計測装置の実施例を、図１～図１４を用いて説明する。
【００２９】
(1) 第１実施例の多焦点分光計測装置
(1-1) 第１実施例の多焦点分光計測装置の構成
第１実施例の多焦点分光計測装置１０は、図１に示すように、試料Ｓを収容するウェルが縦横にマトリクス状に配置されたマルチウェルＭＷを載置する試料ホルダ１３を有する。マルチウェルＭＷの底面及び試料ホルダ１３は、照射光及び信号光に対して透明なガラス製である。この試料ホルダ１３に相対して、複数の対物レンズ（対物集光部）１１１が縦横にマトリクス状に配置された対物レンズアレイ（対物集光部アレイ）１１が設けられている。これら複数の対物レンズ１１１は、試料ホルダ１３にマルチウェルＭＷが保持された状態において、各ウェルに1個ずつ相対するように設けられている。これらウェルはそれぞれ、１つの試料Ｓの観測領域となる。各対物レンズ１１１は、試料ホルダ１３の反対側から、信号光である平行光が入射したときに、試料ホルダ１３に保持されたマルチウェルＭＷにおいて相対するウェル内で焦点を結ぶ位置に配置されている。
【００３０】
また、多焦点分光計測装置１０は、対物レンズアレイ１１に相対する第２レンズアレイ（分光器側レンズアレイ、分光器側集光部アレイ）１２を有する。第２レンズアレイ１２は、複数の対物レンズ１１１の各々に相対して1個ずつ設けられた第２レンズ（分光器側レンズ、分光器側集光部）１２１が縦横にマトリクス状に配置されているものである。
【００３１】
さらに、多焦点分光計測装置１０は、複数の第２レンズ１２１の各々に相対して1個ずつ設けられた分光器入力部１５１を有する。個々の分光器入力部１５１は１本の光ファイバの入力端である。各分光器入力部１５１は、相対する第２レンズ１２１に分光器入力部１５１の反対側から入射する信号光（平行光）が分光器入力部１５１において焦点を結ぶ位置に配置されている。これら分光器入力部１５１が第２レンズ１２１に相対して縦横にマトリクス状に配置されることで、分光器入力部集合体１５が形成されている。全ての光ファイバの出力端は1列に並べられており、各出力端からの光が分光器１７における回折格子の表面上の異なる位置に照射されるように配置されている。
【００３２】

対物レンズアレイ１１と第２レンズアレイ１２の間には、所定波長帯内の波長を有する光を透過させ、それ以外の波長帯内の波長を有する光を反射するフィルタ１４が設けられている。上記所定波長帯は、照射光の波長を含まず、信号光の波長を含んでいる。従って、フィルタ１４は照射光を反射し、信号光を透過させる。フィルタ１４は2枚の四角形の板状部材から成る。一方の板状部材は、対物レンズ１１１の列の半分（図１では左側の4列）を覆い、対物レンズアレイ１１の中央よりも対物レンズ１１１の列の端の方が対物レンズアレイ１１から離れるように、対物レンズ１１１の光軸に対して45°傾斜して配置されている。他方の板状部材は、対物レンズ１１１の列の残りの半分（図１では右側の4列）を覆い、前記一方の板状部材に対して90°（対物レンズ１１１の光軸に対して45°）傾斜して配置されている。

【００３３】

本実施例の多焦点分光計測装置１０は、照射光の光源（レーザ光源）１９を2個有している。各光源１９に対して、図２に示すように、光源１９からのレーザ光の径を拡大する径拡大レンズ１９１１と、径拡大レンズ１９１１により径が拡大されたレーザ光を平行なビームにする平行ビーム形成レンズ１９１２から成る径拡大光学系１９１が設けられている。2個の光源１９の一方は、フィルタ１４の一方の板状部材に、対物レンズ１１１の光軸に対して90°の方向（図１では左側）からレーザ光を照射し、他方の光源１９は、フィルタ１４の他方の板状部材に、対物レンズ１１１の光軸に対して90°の方向（図１では右側）からレーザ光を照射するように配置されている。

【００３４】

なお、図１では、対物レンズ１１１を縦横に8個ずつ図示したが、対物レンズ１１１の個数はこの図示の例には限定されない。市販のマルチウェルの一例として、ウェルが縦に16個、横に24個、合計384（24×16）個並んだものがあるが、このマルチウェルにおける全てのウェルをそれぞれ観測領域とする場合には、対物レンズ１１１も縦に16個、横に24個配置すればよい。第２レンズ１２１及び分光器入力部１５１も同様に配置する。この市販のマルチウェルの全体の大きさは、縦72㎜、横108㎜であり、その面積は特許文献１における十数μm平方である観測領域全体の面積の約10^7倍というはるかに大きいものである。

【００３５】

また、図１では、対物レンズアレイ１１において個々の対物レンズ１１１を独立して設けた構成を示したが、例えば図３に示すように、照射光及び信号光に透明な板材１１２の表面に複数個の凸部１１１Ｃを設けてもよい。これにより、個々の凸部１１１Ｃを対物レンズとして用いることができ、板材１１２及び複数個の凸部１１１Ｃを合わせて一体の対物レンズアレイ１１Ｐとして取り扱うことができる。第２レンズアレイ１２も同様である。

【００３６】

(1-2) 第１実施例の多焦点分光計測装置の動作

第１実施例の多焦点分光計測装置１０の動作を説明する。

マルチウェルＭＷの各ウェルに試料Ｓを収容し、このマルチウェルＭＷを試料ホルダ１３に保持する。この状態で、2個の光源１９よりそれぞれ、径拡大光学系１９１を通して、対応するフィルタ１４の板状部材の全面に照射光（レーザ光）を照射する。照射光は図中の光路上において破線の矢印で示す。照射光はフィルタ１４によって、対物レンズ１１１の光軸に平行な方向に反射され、全ての対物レンズ１１１に入射する。照射光は、各対物レンズ１１１において、相対するウェル（観測領域）に集光され、それにより試料Ｓに照射される。

【００３７】

試料Ｓは、照射光のエネルギーを吸収、又は照射光を散乱し、照射光とは波長が異なる蛍光やラマン光等の信号光を放出する。信号光は、図中の光路上において実線の矢印で示す。各試料Ｓから放出された信号光は、当該試料が収容されたウェル（観測領域）と相対する対物レンズ１１１により収集される。こうして各対物レンズ１１１により収集された

信号光は、平行光となってフィルタ１４を通過し、第２レンズ１２１に入射する。なお、対物レンズ１１１により、信号光だけではなく、試料Ｓで反射された照射光（反射光）も収集されるが、この反射光はフィルタ１４により除去されるため、第２レンズ１２１には入射しない。

【００３８】

各第２レンズ１２１に入射した信号光は、相対する分光器入力部１５１、すなわち光ファイバの入力端に集光され、当該光ファイバの出力端から分光器１７に照射される。そして、各信号光は分光器１７の回折格子表面上で回折され、波長毎に検出器の受光面上の互いに異なる位置において分光される。

【００３９】

第１実施例の多焦点分光計測装置１０によれば、個々の対物レンズ１１１は１つのウェル（観測領域）のみを観測することとなる。それゆえ、全ての観測領域を1個の対物レンズで観測する場合よりも、個々の対物レンズ１１１による観測領域を小さくすることができるため、倍率を高くすることができると共に、個々の対物レンズの開口数NAを大きくすることができる。これにより、各観測領域内の試料が発する信号光全体の光量のうち、対物レンズで収集される光量の率である収集率が高くなり、測定感度が高くなる。

【００４０】

また、本実施例では、複数枚の板状部材から成るフィルタ１４を用いることにより、板状部材を1枚のみ用いたフィルタよりも、1枚あたりの板状部材の面積を小さくすることができるため、板状部材の面精度を容易に高くすることができ、それによりコストを抑えることができる。また、2個のレーザ光源がそれぞれ、複数個のうちの半分の個数の対物レンズ１１１に照射光を照射するため、全対物レンズ１１１に1個のレーザ光源から照射光を照射する場合よりも照射光の強度が大きくなる。これにより、信号光の強度も大きくなり、測定感度が高くなる。なお、本実施例では２つの照射光を用いたが、３つ以上の照射光を用いてもよい。

【００４１】

(1-3) 第１実施例の多焦点分光計測装置を用いた蛍光及びラマン光計測の実験結果

第１実施例の多焦点分光計測装置１０を用いて、蛍光及びラマン光を計測する実験を行った。この実験では、マルチウェルMW内の縦に8個、横に12個並んだ合計96個のウェルを測定領域とした。対物レンズ１１１、第２レンズ１２１及び分光器入力部１５１も同様に縦に8個、横に12個配置した。試料Ｓは、蛍光計測ではローダミン６Ｇ、ラマン光計測ではエタノールであり、各計測においては96個の全ウェルに同種の試料を収容した。このように、この実験において試料を収容したウェルはマルチウェルMW全体の一部のみであるが、それでもなお、96個の観測領域を合わせた全観測領域は縦36.0mm、横54.0mmという、特許文献１における全観測領域の約10^7倍の面積を有する。

【００４２】

図４に、実験結果を示す。(a)は蛍光計測、(b)はラマン光計測の結果である。(a), (b)共に、上側の写真は、分光器１７において回折格子からの回折光をCCDカメラで撮影したものである。この写真では、明暗を伴って横方向に延びる線が96本、縦方向に並んでいる。96本の線は互いに異なるウェルからの信号光の(a)蛍光スペクトル、及び(b)散乱スペクトルを示しており、横方向の位置は回折光の波長に対応し、線の明暗はスペクトルの強弱を示している。(a)及び(b)の下側に示したグラフは、上側の写真において上から14本目に示した蛍光スペクトル又は散乱スペクトルをグラフで示したものである。これら写真及びグラフに示すように、第１実施例の多焦点分光計測装置１０により、蛍光及びラマン光の明瞭なスペクトルが得られた。

【００４３】

(2) 第２実施例の多焦点分光計測装置

図５を用いて、第２実施例の多焦点分光計測装置１０Ａについて説明する。この多焦点分光計測装置１０Ａは、第１実施例の多焦点分光計測装置１０におけるフィルタ１４の代わりに、1枚の四角形の板状部材から成るフィルタ１４Ａが、全ての対物レンズ１１１を

覆うように、対物レンズ１１１の光軸に対して45°傾斜して設けられている。光源１９は1個のみ用いられる。光源１９からのレーザ光は、フィルタ１４Ａの、対物レンズアレイ１１を向いた面の全面に照射され、フィルタ１４Ａにより反射されて各対物レンズ１１１に入射する。このフィルタ１４Ａを除いて、第２実施例の多焦点分光計測装置１０Ａの構成及び動作は、第１実施例の多焦点分光計測装置１０の構成及び動作と同様である。

【００４４】

第１実施例の多焦点分光計測装置１０と第２実施例の多焦点分光計測装置１０Ａを対比すると、面積の小さい板状部材から成るフィルタを用いて面精度を高めることによりフィルタ作製のコストを抑える点、及び照射光の強度を大きくすることによって信号光の強度を大きくするという点では前者の方が望ましく、構成を簡素化する点では後者の方が望ましい。

【００４５】

(3) 第３実施例の多焦点分光計測装置

図６を用いて、第３実施例の多焦点分光計測装置１０Ｂについて説明する。本実施例の多焦点分光計測装置１０Ｂは、照射光に関して透明な材料から成るマルチウェルＮＷを用いて、マルチウェルＮＷの背面（対物レンズアレイ１１の反対側）から照射光を試料Ｓに照射するための構成を有する。多焦点分光計測装置１０Ｂは、マルチウェルＮＷにおけるウェルと同じ間隔でマトリクス状に配置された照射光出力端１３１Ａを有している。各照射光出力端１３１Ａは、分光器入力部１５１に設けられたものとは別の光ファイバの出力端であり、当該光ファイバの入力端側に照射光が入射するように光源（図示せず）が設けられている。各照射光出力端１３１Ａは、試料ホルダ１３Ａの上面に露出するように、試料ホルダ１３に埋め込まれている。

【００４６】

この多焦点分光計測装置１０Ｂの対物レンズアレイ１１と第２レンズアレイ１２の間には、対物レンズ１１１の光軸に垂直に配置された板状部材から成るフィルタ１４Ｂが設けられている。本実施例におけるフィルタ１４Ｂは、第１及び第２実施例のフィルタとは異なり、光源から照射光が直接照射されることはないが、照射光出力端１３１Ａからウェルを通過してフィルタ１４Ｂに達する照射光を除去する一方、信号光は透過させるという役割を有する。

【００４７】

ここまでに述べた光源、照射光出力端１３１Ａ、試料ホルダ１３Ａ及びフィルタ１４Ｂ以外の多焦点分光計測装置１０Ｂの構成は、第１実施例の多焦点分光計測装置１０の構成と同様である。

【００４８】

本実施例の多焦点分光計測装置１０Ｂでは、照射光は対物レンズ１１１を通すことなく、照射光出力端１３１Ａからウェル内の試料Ｓに照射される。なお、本実施例では、照射光を集光することなく照射光出力端１３１Ａから試料Ｓに照射するが、照射光出力端１３１Ａとウェルの間に（上記対物レンズ１１１とは別の）レンズを設けることにより、照射光を試料Ｓに照射するようにしてもよい。照射光が照射されることにより各試料Ｓから生じる信号光は、相対する対物レンズ１１１により収集され、フィルタ１４Ｂを透過して第２レンズ１２１に到達する。その後、第２レンズ１２１から分光器入力部１５１を経て分光器１７で信号光が分光されるまでの動作は、第１実施例の多焦点分光計測装置１０と同様である。

【００４９】

本実施例の多焦点分光計測装置１０Ｂは、光ファイバを用いて、照射光を照射光出力端１３１Ａからそれに近接するウェルに直接照射されるため、照射光を無駄なく使用することができる。

【００５０】

なお、本実施例の多焦点分光計測装置１０Ｂにおいて、フィルタ１４Ｂは、対物レンズアレイ１１と第２レンズアレイ１２の間に設ける代わりに、第２レンズアレイ１２と分光

器入力部１５１の間に設けてもよい（図７(a)）。いずれにせよ、光源からの照射光はフィルタ１４Ｂで除去され、分光器入力部１５１に入力することがない。フィルタ１４Ｂを第２レンズアレイ１２と分光器入力部１５１の間に設ける場合には、図７(b)に示すように、対物レンズアレイと第２レンズアレイを一体化した両面レンズアレイ１１１２を用いることができる。両面レンズアレイ１１１２は、信号光に透明な板材１１１２Ｐの表面及び裏面に、両面で対向するように複数個の凸部１１１２Ｃを設けたものである。あるいは、図７(c)に示すように、1個の対物レンズ１１１と1個の第２レンズ１２１を一体化した両面レンズ１１１２Ａを複数個並べたものを用いることもできる。

【００５１】

(4) 第４実施例の多焦点分光計測装置

図８を用いて、第４実施例の多焦点分光計測装置１０Ｃについて説明する。本実施例の多焦点分光計測装置１０Ｃでは、第３実施例の多焦点分光計測装置１０Ｂにおける対物レンズアレイ１１の代わりに、以下に述べる対物レンズアレイ１１Ａを用いる。対物レンズアレイ１１Ａは、第３実施例における対物レンズアレイ１１の対物レンズ１１１と同様に配置された複数の対物レンズ１１１Ａを有する。各対物レンズ１１１Ａは、相対するウェル（観測領域）内の試料Ｓからの信号光を収集し、ウェルの反対側において当該信号光を焦点に集光するレンズである。この焦点の位置に、対応する分光器入力部１５１が設けられている。対物レンズ１１１Ａと分光器入力部１５１の間には、照射光を遮断して信号光を透過させるフィルタ１４Ｃが設けられているが、第２レンズは設けられていない。ここまでに述べた点以外は、第４実施例の多焦点分光計測装置１０Ｃは第３実施例の多焦点分光計測装置１０Ｂと同様の構成を有する。

【００５２】

本実施例の多焦点分光計測装置１０Ｃの動作は、上述の対物レンズ１１１Ａの動作、及び第２レンズを用いない点を除いて、第３実施例の多焦点分光計測装置１０Ｂの動作と同様である。この多焦点分光計測装置１０Ｃによれば、第２レンズを用いないことにより、構造を簡素化することができる。

【００５３】

(5) 第５実施例の多焦点分光計測装置

図９を用いて、第５実施例の多焦点分光計測装置を示す。本実施例の多焦点分光計測装置１０Ｄは、対物レンズアレイ１１と試料ホルダ１３Ａの間に、2枚1組のレンズ（集光部）２１１、２１２から成る倍率変換部２１を有する。倍率変換部２１は、試料ホルダ１３Ａに保持された試料からの信号光の像を拡大して対物レンズアレイ１１に導入する。これにより、観測領域が狭い試料を観測することができる。また、多焦点分光計測装置１０Ｄは、第２レンズアレイ１２と分光器入力部集合体１５の間に、対物レンズからの信号光の像を縮小する2枚1組のレンズ（集光部）２２１、２２２から成る分光器入力部側倍率変換部２２を有する。これにより、光ファイバの入力端である分光器入力部１５１よりも対物レンズアレイ及び第２レンズを大きくすることができる。なお、多焦点分光計測装置１０Ｄは、倍率変換部２１と分光器入力部側倍率変換部２２のいずれか一方のみを有していてもよい。また、観測領域が大きい試料を用いる場合には、前記倍率変換部２１の代わりに、試料からの信号光の像を縮小する倍率変換部を用いてもよい。また、前記分光器入力部側倍率変換部２２の代わりに、対物レンズからの信号光の像を拡大する分光器入力部側倍率変換部を用いてもよい。

【００５４】

(6) 第６実施例の多焦点分光計測装置

図１０を用いて、第６実施例の多焦点分光計測装置を示す。本実施例の多焦点分光計測装置１０Ｅは、試料ホルダ１３Ｂを図１０の左右方向及び紙面に垂直な方向に移動する移動手段を有している。試料ホルダ１３Ｂに載置されるマルチウェルＭＷは、対物レンズアレイ１１における対物レンズ１１１の個数よりも十分に多いウェルを有している。多焦点分光計測装置１０Ｅは、このような移動手段を有することにより、より多くの試料に対する分析を行うことができる。この移動手段を自動制御することにより、多数試料の高速自

動測定を行うことができる。また、マルチウェルMWの代わりに、試料ホルダ１３Ｂに大型の試料を保持させることにより、当該試料の分光イメージング測定を行うことができる。なお、多焦点分光計測装置１０Ｅでは試料ホルダ１３Ｂを移動するが、対物レンズアレイ１１、第２レンズアレイ１２、分光器入力部集合体１５及びフィルタ１４を一体として移動するようにしてもよい。

【００５５】

(7) 変形例

本発明に係る多焦点分光計測装置は、上記実施例には限定されない。

例えば、上記実施例ではいずれも、ウェルに収容された試料Ｓに対して1個ずつ相対するように対物レンズ１１１（１１１Ａ）を設けたが、1個の試料における複数の観測領域の各々に対して1個ずつ対物レンズを設けるようにしてもよい。この場合、第２レンズ及び分光器入力部は、各対物レンズに１対１に対応するように設ければよい。

【００５６】

第１実施例では、照射光及び信号光に対して透明な材料から成る底面を有するマルチウェルMWを用いて、照射光を該底面側から試料Ｓに照射したが、図１１に示すように、マルチウェルMWの上側から照射光を試料Ｓに照射してもよい。この場合には、底面が不透明なマルチウェルMWを用いることができる。第２実施例においても同様に、マルチウェルMWの上側から照射光を試料Ｓに照射することができる。

【００５７】

第１実施例では、フィルタ１４における2枚の板状部材の各々に対応して1個ずつ、合計2個の光源１９を用いたが、1個の光源１９からの光を2つに分割したうえで、2枚の板状部材の各々に1つずつ照射するようにしてもよい。これにより、使用する光源１９の個数が少なくなるため、コストを抑えることができる。面積の小さい板状部材から成るフィルタを用いて面精度を高めることによりフィルタ作製のコストを抑えることができる点は、第１実施例と同じである。また、1個の光源からの光を３つ以上に分割したうえで、フィルタにおける同数の板状部材に１つずつ照射してもよい。

【００５８】

上記実施例ではいずれも、対物レンズ１１１（１１１Ａ）の配置は、縦横に並ぶマトリクス状としたが、試料の観測領域に対応して、マトリクス状以外の配置としてもよい。例えば、対物レンズを三角格子状（図１２）や放射状に配置したり、無秩序な位置に配置してもよく、さらには、対物レンズを1列に並べて配置してもよい。対物レンズ１１１Ｘを三角格子状に配置した対物レンズアレイ１１Ｘは、正六角形状のウェルを多数配置したマルチウェルに対して用いることができる。また、この対物レンズアレイ１１Ｘは、対物レンズ１１１Ｘが配置される範囲の全体の形状が円形に近くなるため、断面が円形である、光源からの照射光のレーザビームを当該範囲に効率よく照射することができる。

【００５９】

上記実施例ではいずれも、各対物レンズ１１１（１１１Ａ）とそれに対応する分光器入力部１５１の間にはフィルタ１４（１４Ａ、１４Ｂ）、第２レンズ１２１、倍率変換部２１及び分光器入力部側倍率変換部２２以外のものは配置されていないが、その位置に反射鏡やレンズ等の光学系を配置することは、本発明から排除されない。また、第１～第３実施例ではいずれも、第２レンズ１２１が対物レンズ１１１と相対し、分光器入力部１５１が第２レンズ１２１と相対するように配置され、第４実施例では分光器入力部１５１が対物レンズ１１１と相対するように配置されているが、上述のように対物レンズ１１１（１１１Ａ）と分光器入力部１５１の間に反射鏡やレンズ等の光学系がある場合には、これらの相対する関係を有しなくてもよい。

【００６０】

上記実施例ではいずれも、試料Ｓに照射光を照射する光源１９を用いたが、信号光が化学発光である場合のように、試料に照射光を照射しなくとも信号光が得られる場合には、光源１９を用いる必要はない。

【００６１】

(8) 分光器の他の例

上記各実施例では、分光器は、特許文献１と同様のものを用いるが、以下では、それ以外の分光器の構成の例を示す。図１３に、当該分光器の概略構成図を示す。この分光器は回折格子４２を有する。図１３(a)は回折格子４２の表面に平行な１方向から見た図である。回折格子４２には、図の紙面に垂直な方向に延びる格子線が設けられている。回折格子４２の前段には、第２レンズアレイ１２の各第２レンズ１２１から出射された信号光が通過するピンホールがマトリクス状に配置されたピンホールアレイ４１が設けられている。ピンホールアレイ４１は前記分光器入力部に相当する。図１３(a)には、図１３(a)に実線の矢印で示した方向に隣接する2個のピンホールPH_1及びPH_2を示した。これら2個のピンホールPH_1及びPH_2は、図の紙面に垂直な方向に互いにずれて配置されている。これら2個のピンホールPH_1とPH_2を結ぶ線は、ピンホールが配置されるマトリクスの行に相当することから、該行は図の紙面に対して傾斜している（該紙面に平行でも垂直でもない）。それに対して、回折格子４２における波長の分散方向は格子線に垂直、すなわち図の紙面に平行な方向である。従って、マトリクスの行は、回折格子４２における波長の分散方向に対して非平行である。マトリクスの列も同様である。ピンホールアレイ４１と回折格子４２の間にはレンズ４４１が設けられている。各信号光はピンホールを通過した後に拡がってゆき、レンズ４４１により平行光となって回折格子４２に照射される。回折格子４２の表面では、信号光は波長により異なる角度で回折される。各回折光は、レンズ４４２により受光器４３に集光される。

【００６２】

図１３(a)では、ピンホールPH_1からの信号光を細い破線で示し、ピンホールPH_2からの信号光を太い破線で示した。ピンホールPH_1に関しては、波長の異なる３種の信号光を例として、それら３種の信号光が回折格子４２によって回折された回折光をそれぞれ細い破線で示した。これら波長の異なる回折光は、図１３(a)に破線の矢印で示した方向にずれて受光器４３に入射する。この受光器４３への入射の様子を、多数のピンホールからの信号光が回折された回折光について図１３(b)に示す。ピンホールアレイ４１におけるマトリクスの行及び列が回折格子４２の格子線に対して非平行に配置であることにより、各ピンホールからの信号光が回折された回折光は、図の縦方向にずれて並ぶ。一方、個々の回折光（例えばピンホールPH_1に関しては回折光DL_1、ピンホールPH_2に関しては回折光DL_2を図１３(b)に示す）は、波長の相違により図の横方向に延びて検出される。このように、異なるピンホールからの回折光同士は、個々には横方向に延びつつ、縦にずれて配置されるため、互いに重なることがなく検出される。

【００６３】

図１４に、図１３の分光器を用いて複数の信号光を同時に分光したものをCCDカメラで撮影した画像を示す。図１４(a)には、上記受光器４３に入射した回折光ＤＬが映し出されている。図１４(a)中に白線の枠で示した範囲内の回折光ＤＬを拡大して(b)に示す。この画像により、回折光ＤＬはそれぞれ、波長により画像の横方向の異なる位置に照射されており、各試料からの回折光ＤＬは、画像の縦方向に互いに分離して照射されていることが示される。図１４(a)及び(b)における各回折光ＤＬは、図の横方向に強度分布を有する。この強度分布をグラフにすると、図１４(c)に一例を示すように、波長スペクトルが得られる。

【００６４】

なお、図１３の分光器において、回折格子４２の代わりにプリズムを用いてもよい。また、図１３の分光器は、特許文献１や特許文献２に記載の装置等、従来の多点同時（多焦点）分光計測装置にも用いることができる。その場合、ファイババンドル９８（図１５）の出力端をマトリクス状に配置したものを分光器入力部とすればよい。

【符号の説明】

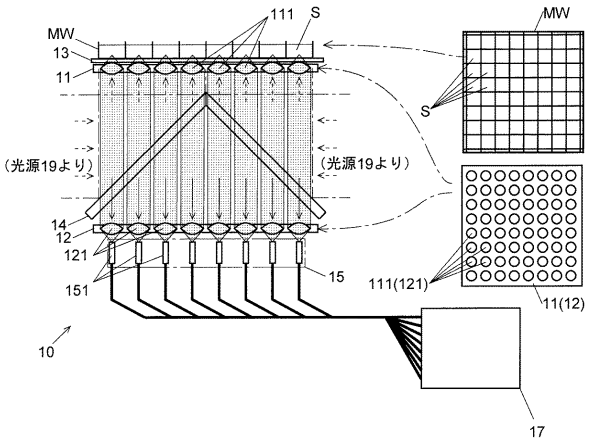
【００６５】

１０、１０Ａ、１０Ｂ、１０Ｃ、１０Ｄ、１０Ｅ…多焦点分光計測装置

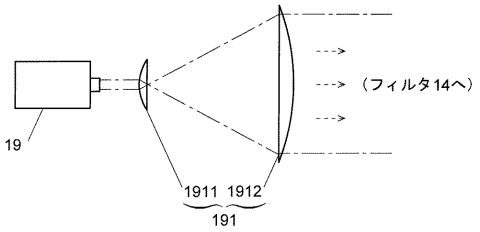
１１、１１Ａ、１１Ｐ、１１Ｘ…対物レンズアレイ（対物集光部アレイ）

１１１、１１１Ａ、１１１Ｘ…対物レンズ（対物集光部）
１１１Ｃ、１１１２Ｃ…レンズアレイの凸部
１１１２Ｐ、１１２…レンズアレイの板材
１１１２…両面レンズアレイ
１１１２Ａ…両面レンズ
１２…第２レンズアレイ（分光器側レンズアレイ、分光器側集光部アレイ）
１２１…第２レンズ（分光器側レンズ、分光器側集光部）
１３、１３Ａ、１３Ｂ…試料ホルダ（試料配置部）
１３１Ａ…照射光出力端
１４、１４Ａ、１４Ｂ、１４Ｃ…フィルタ
１５…分光器入力部集合体
１５１…分光器入力部
１７…分光器
１９、９１…レーザ光源
１９１…径拡大光学系
１９１１…径拡大レンズ
１９１２…平行ビーム形成レンズ
２１…倍率変換部
２１１…倍率変換部のレンズ（集光部）
２２…分光器入力部側倍率変換部
２２１…分光器入力部側倍率変換部のレンズ（集光部）
４１…ピンホールアレイ（分光器入力部）
４２…回折格子
４３…受光器
４４１、４４２…レンズ
９０…従来の多焦点分光計測装置
９２…マイクロレンズアレイ
９２１…マイクロレンズ
９３…エッジフィルタ
９４…ピンホールアレイ
９５…リレーレンズ
９６…従来の多焦点分光計測装置における対物レンズ
９７…レンズ光学系
９８…ファイババンドル
９９…分光器
ＤＬ、$ＤＬ_1$、$ＤＬ_2$…回折光
ＮＷ…マルチウェル
Ｐ…信号光の光軸と回折格子の表面の交点
$ＰＨ_1$、$ＰＨ_2$…ピンホール
Ｓ…試料

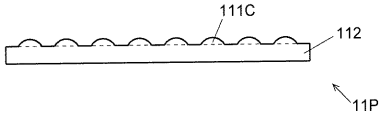
【図１】



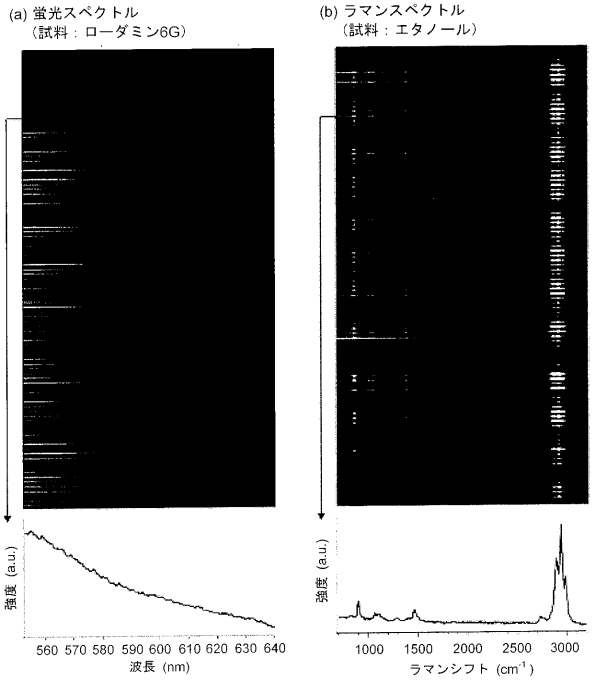
【図２】



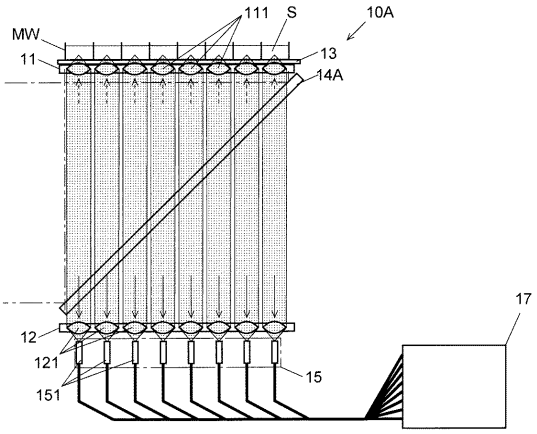
【図３】



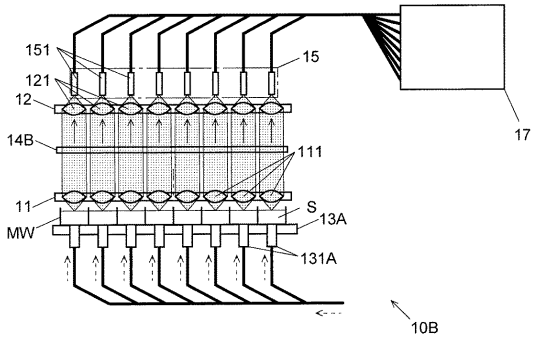
【図４】



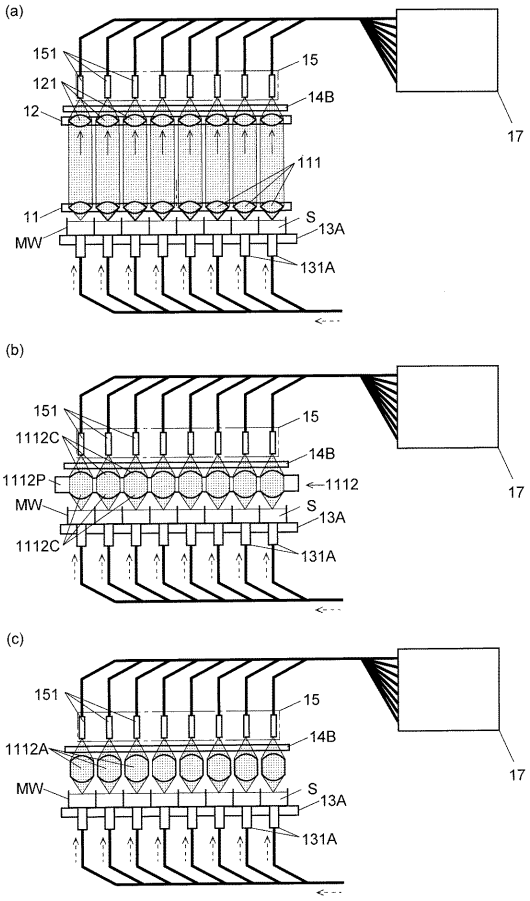
【図５】



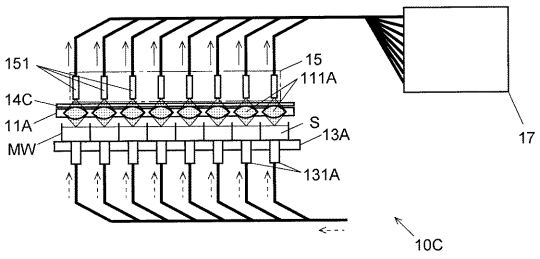
【図６】



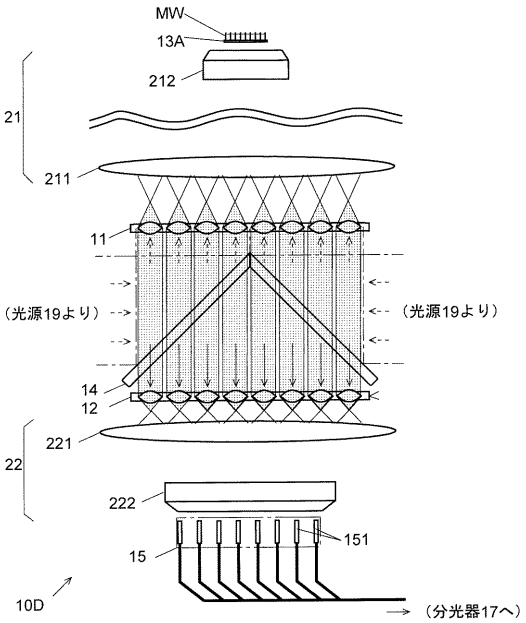
【図７】



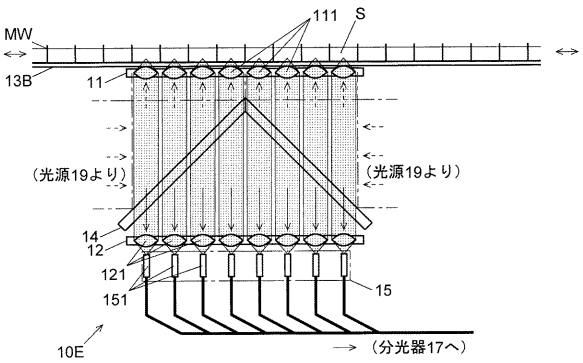
【図８】



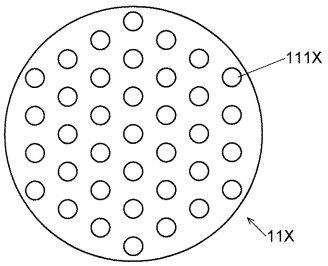
【図９】



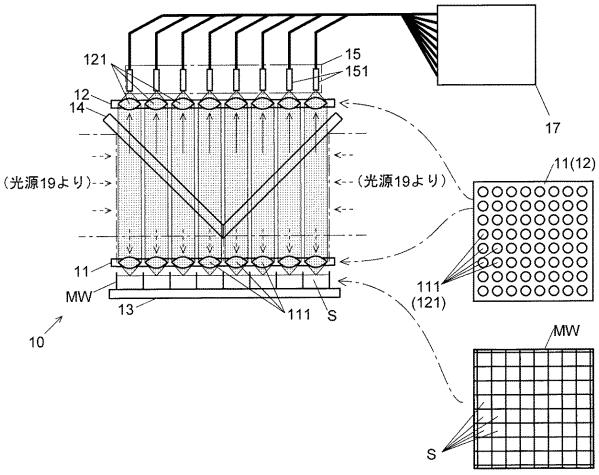
【図１０】



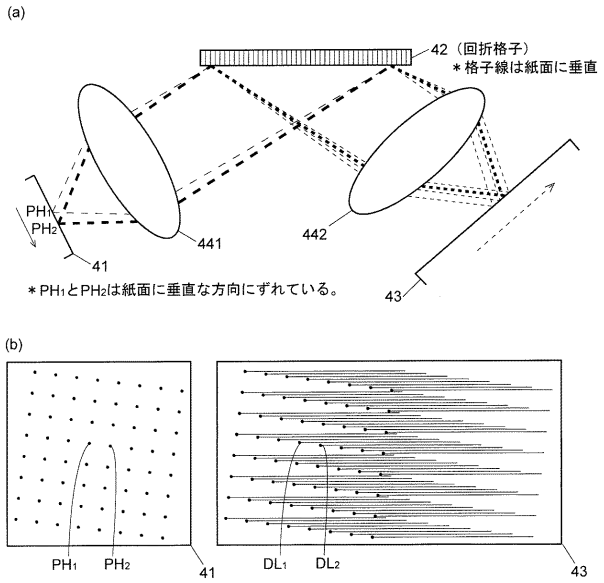
【図１２】



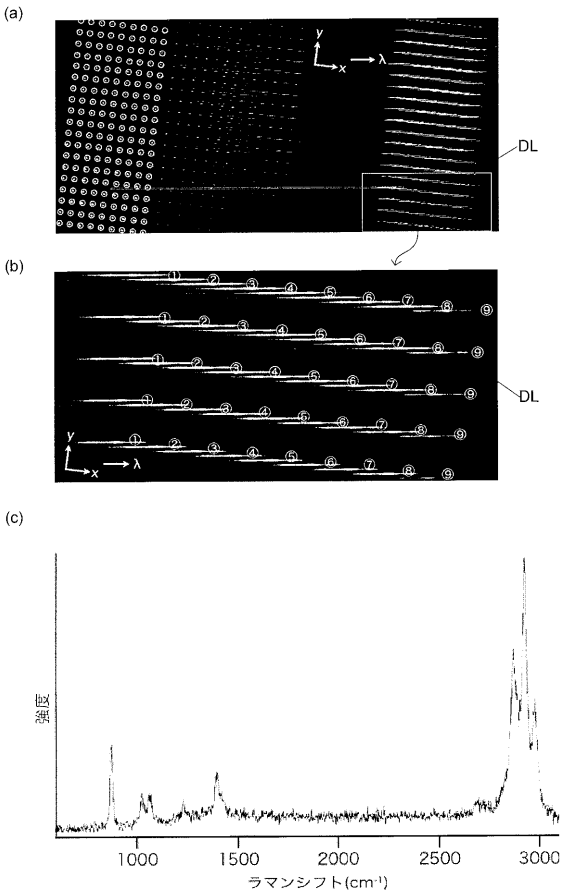
【図１１】



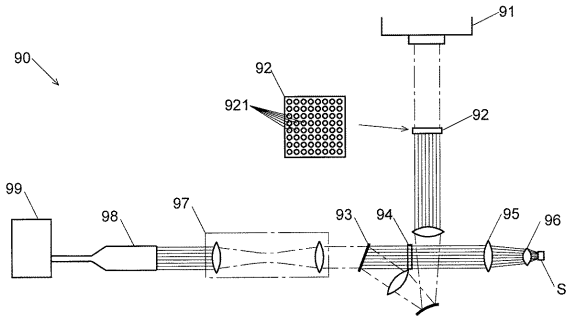
【図１３】


(a)
42（回折格子）
＊格子線は紙面に垂直
PH1
PH2
41
441
442
43
＊PH1とPH2は紙面に垂直な方向にずれている。
(b)
PH1
PH2
41
DL1
DL2
43

【図１４】


(a)
y
x
λ
DL
(b)
DL
(c)
強度
1000
1500
2000
2500
3000
ラマンシフト(cm-1)

【図１５】


90
91
92
921
92
99
98
97
93
94
95
96
S

フロントページの続き

審査官　横尾　雅一

(56)参考文献　特表２００２－５１４７３９（ＪＰ，Ａ）
特開２０１２－２３７６４７（ＪＰ，Ａ）
特開２０１０－１５１８０１（ＪＰ，Ａ）
特表２０１３－５２２６２９（ＪＰ，Ａ）
特開２０１２－２２９９２２（ＪＰ，Ａ）
特表２０１１－５２５６２９（ＪＰ，Ａ）
特表２００９－５１７６６２（ＪＰ，Ａ）
米国特許出願公開第２０１０／０３２４８３４（ＵＳ，Ａ１）
米国特許第７１７０５９７（ＵＳ，Ｂ１）
米国特許出願公開第２００５／０２６４７７６（ＵＳ，Ａ１）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｇ０１Ｎ　２１／００－２１／７４
Ｇ０１Ｊ　３／００－３／５２
ＪＳＴＰｌｕｓ／ＪＭＥＤＰｌｕｓ／ＪＳＴ７５８０（ＪＤｒｅａｍＩＩＩ）