

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6091100号  
(P6091100)

(45) 発行日 平成29年3月8日 (2017.3.8)

(24) 登録日 平成29年2月17日 (2017.2.17)

(51) Int. Cl.

F 1

G O 2 B 21/00 (2006.01)

G O 2 B 21/00

G O 1 N 21/64 (2006.01)

G O 1 N 21/64

E

G O 1 N 21/65 (2006.01)

G O 1 N 21/65

請求項の数 5 (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2012-154398 (P2012-154398)  
 (22) 出願日 平成24年7月10日 (2012.7.10)  
 (65) 公開番号 特開2014-16531 (P2014-16531A)  
 (43) 公開日 平成26年1月30日 (2014.1.30)  
 審査請求日 平成27年6月30日 (2015.6.30)

(73) 特許権者 000232689  
 日本分光株式会社  
 東京都八王子市石川町2967番地の5  
 (74) 代理人 100092901  
 弁理士 岩橋 祐司  
 (72) 発明者 会沢 見斗  
 東京都八王子市石川町2967番地の5  
 日本分光株式会社内  
 (72) 発明者 前田 克史  
 東京都八王子市石川町2967番地の5  
 日本分光株式会社内  
 (72) 発明者 井上 勉  
 東京都八王子市石川町2967番地の5  
 日本分光株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 共焦点顕微装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

試料の測定領域に光を照射して前記測定領域からの光のスペクトル情報を取得する共焦点顕微装置であって、

前記測定領域に光を照射する試料照射手段と、

前記測定領域内に焦点面を合わせて配置された対物レンズと、

前記対物レンズにより集光された光を制限する集光アパーチャーと、

前記集光アパーチャーを通過した光を結像する結像レンズと、

前記結像レンズの結像面上に配置された複数の開孔を有する分光器前アパーチャーと、

前記複数の開孔を通過した光を検出し、各開孔の通過光のスペクトル情報を取得するスペクトル取得手段と、を備え、

前記集光アパーチャーは、スリット、又は線状に配列された複数の開孔、を有し、

前記分光器前アパーチャーの複数の開孔は線状に配列されていることを特徴とする共焦点顕微装置。

【請求項 2】

請求項 1 記載の共焦点顕微装置において、前記試料照射手段は、前記分光器前アパーチャーの前記線状の複数の開孔に対応する前記試料上の複数点をそれぞれ点状に照射する多点照射手段であることを特徴とする共焦点顕微装置。

【請求項 3】

請求項 2 記載の共焦点顕微装置において、

10

20

前記多点照射手段は、複数の点光源を有する多点光源と、  
前記複数の点光源からの光をそれぞれ平行光束にする平行光生成レンズと、  
前記対物レンズと前記結像レンズの間に配置された光束分割素子と、を有し、  
前記光束分割素子は、前記平行光生成レンズからの各平行光束を反射して前記対物レンズ側に反射するとともに、前記対物レンズからの光の一部を透過するものであることを特徴とする共焦点顕微装置。

【請求項 4】

請求項 1 から 3 のいずれかに記載の共焦点顕微装置において、前記スペクトル取得手段は、

前記分光器前アパーチャーの前記複数の開孔の各通過光を光学的に平行光束にする平行光生成部と、

前記平行光束を波長ごとに分散する分散部と、

前記分散された光を受光する多素子型の 2 次元アレイ検出部と、を有し、

前記分散された光の波長ごとの光路を含む面を分散面とすると、前記分光器前アパーチャーの前記複数の開孔の通過光ごとに生成される平行光束の分散面が互いに平行となるように、前記分光器前アパーチャーに対する前記分散部の姿勢が定められていることを特徴とする共焦点顕微装置。

【請求項 5】

請求項 1 から 4 のいずれかに記載の共焦点顕微装置において、さらに、前記分光器前アパーチャーの前記線状に配列された複数の開孔に対応する前記試料上の複数点に対して、これら複数点の配列方向に直交する方向に前記試料を移動する可動ステージを備えることを特徴とする共焦点顕微装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は共焦点顕微装置、特に試料の測定領域内の複数点からの光に基づいてそれぞれのスペクトルを取得することにより、成分等の分布測定を行うことができる装置の改良に関し、例えば、ラマン分光装置、蛍光分光装置、赤外分光装置などが適用範囲に入る。

【背景技術】

【0002】

従来、共焦点光学系の顕微装置を用いて、試料の 1 点にレーザー光をピンポイントで照射し、その 1 点からのラマン光または蛍光のスペクトルを高い空間分解能で得ることが行なわれてきた。具体的には、一対の対物レンズと結像レンズ、および、シングルアパーチャーを用いて、対物レンズで試料からの光を集光して、結像レンズによりその像を形成し、結像位置にシングルアパーチャーの開孔部を合わせる。この際、対物レンズの焦点以外からの光はアパーチャーで遮断されることから、アパーチャーを通過する光を検出することによって高い空間分解能でその光のスペクトルを測定することができる（特許文献 1）。

【0003】

これに対して、測定時間の短縮という観点から、レーザー光をライン状に照射して試料の広い面積からラマン光を一度に発生させて、細長いスリットからなるスリットアパーチャーを用いることにより、ライン状に発生したラマン光を複数本のスペクトルとして測定する装置も開発されている（非特許文献 1）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開平 9 - 7 2 8 4 8 号公報（図 4）

【非特許文献】

【0005】

【非特許文献 1】"R A M A N - 1 1"、11 頁、[online]、ナノフォトン株式会社、[平

10

20

30

40

50

成24年5月16日検索]、インターネット URL : <http://www.nanophoton.jp/products/raman-11/img/raman11.pdf>

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかし、非特許文献1の測定装置は1つの細長いスリット孔からなるスリットアパーチャーを用いるので、空間分解能がある程度犠牲にならざるを得ない。試料の微小部位からのラマン光等を測定する際に、シングルアパーチャーであれば、対物レンズの光軸に直交する面において高い空間分解能が得られ、さらに、その光軸方向においても高い空間分解能での測定が可能になる。これに対してスリットアパーチャーの場合、そのスリット孔の幅方向と長さ方向とで寸法が異なるので、スリット孔の幅方向においてはシングルアパーチャーと同レベルの空間分解能が得られるものの、スリット孔の長さ方向においては空間分解能が維持されない。

【0007】

本発明は前記従来技術に鑑みなされたものであり、その解決すべき課題はシングルアパーチャーと同レベルの空間分解能を維持することができ、かつ、試料の複数点からの光のそれぞれのスペクトルを一度に取得することができ、その結果、試料の所定の測定領域についての分布測定を高分解能かつ高速に実行できる共焦点顕微装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0008】

前記目的を達成するために本発明にかかる共焦点顕微装置は、試料の測定領域に光を照射して前記測定領域からの光のスペクトル情報を取得する共焦点顕微装置であって、

前記測定領域に光を照射する試料照射手段と、前記測定領域内に焦点面を合わせて配置された対物レンズと、前記対物レンズにより集光された光を制限する集光アパーチャーと、前記集光アパーチャーを通過した光を結像する結像レンズと、前記結像レンズの結像面上に配置された複数の開孔を有する分光器前アパーチャーと、前記複数の開孔を通過した光を検出し、各開孔の通過光のスペクトル情報を取得するスペクトル取得手段と、を備え、前記集光アパーチャーは、スリット、又は線状に配列された複数の開孔、を有し、前記分光器前アパーチャーの複数の開孔は線状に配列されていることを特徴とする。

【0009】

このような構成によれば、対物レンズと結像レンズおよびマルチアパーチャーによる多点の共焦点光学系が構成されるので、対物レンズの焦点（共焦点とも呼ぶ）にある試料の微小部位からの光は、対物レンズと結像レンズを介して、結像レンズの焦点で結像し、そこに配置されたアパーチャーを通過する。この際、そのアパーチャーが試料の微小部位以外からの光を遮断するので、微小部位からの光を高い空間分解能で検出することができる。同様に、対物レンズの同一焦点面上にある他の微小部位（焦点を除く）からの光も、多点の共焦点光学系によって、この微小部位に対応する結像レンズの焦点面上（結像レンズの焦点を除く）で結像する。その結像位置に他のアパーチャーがあればそれを通過して、高い空間分解能で検出される。

【0010】

このように、マルチアパーチャーが複数の開孔を有することによって、各開孔と1対1で対応する試料の微小部位からの光が、それぞれ対応する開孔位置で結像することになり、開孔の数に対応する試料の複数の微小部位からの光が、それぞれシングルアパーチャーと同じ空間分解能で検出されることになる。これらの開孔を通過した光をそれぞれ検出して、各開孔の通過光のスペクトル情報を得て、コンピューターにて画像として再構成することにより、試料の所定の測定領域についての分布測定を高分解能かつ高速に実行することができる。なお、必ずしも結像レンズの焦点位置に開孔が配置されている必要は無く、結像レンズの焦点面上に複数の開孔が配置されていれば足りる。

【0011】

また本発明において、前記スペクトル取得手段は、前記分光器前アパーチャーの前記複数の開孔の各通過光を光学的に平行光束にする平行光生成部と、前記平行光束を波長ごとに分散する分散部と、前記分散された光を受光する多素子型の２次元アレイ検出部と、を有し、前記分散された光の波長ごとの光路を含む面を分散面とすると、前記分光器前アパーチャーの前記複数の開孔の通過光ごとに生成される平行光束の分散面が互いに平行となるように、前記分光器前アパーチャーに対する前記分散部の姿勢が定められていることが好適である。

#### 【００１２】

このような構成によれば、線状配列された複数の開孔の通過光が、平行光生成部で互いに平行な平行光束になって分散部に入射する。そして分散部で分散されたそれぞれの光束の分散面が、互いに平行になる状態で、２次元アレイ検出部に受光される。その結果、各開孔の通過光は、それぞれ高い空間解像度を保ったまま、他の開孔の通過光から独立した状態で、２次元アレイ検出部に受光され、波長ごとの光強度が検出されることになる。すなわち、複数の開孔に対応する複数のスペクトル情報が、スペクトルの質が落ちることなく一度に出力され、試料の複数の微小部位からの光のスペクトル情報を高い品質で、まとめて取得することができる。

#### 【００１３】

また本発明において、さらに、前記分光器前アパーチャーの前記線状に配列された複数の開孔に対応する前記試料上の複数点に対して、これら複数点の配列方向に直交する方向に前記試料を移動する可動ステージを備えることが好適である。

このような構成によれば、複数の開孔を線状配列したマルチアパーチャーおよび２次元アレイ検出部を用いれば、線状に分布する試料の複数点からの光のスペクトル情報を取得できるので、さらに、可動ステージによる試料の移動位置ごとにスペクトル情報を取得することによって、面単位でスペクトル情報を取得することができる。

#### 【００１４】

ここで、前記多点照射手段は、前記分光器前アパーチャーの前記線状の複数の開孔に対応する前記試料上の複数点をそれぞれ点状に照射する多点照射手段であり、例えば、複数の点光源を有する多点光源と、前記複数の点光源からの光をそれぞれ平行光束にする平行光生成レンズと、前記対物レンズと前記結像レンズの間に配置された光束分割素子と、を有し、前記光束分割素子は、前記平行光生成レンズからの各平行光束を反射して前記対物レンズ側に反射するとともに、前記対物レンズからの光の一部を透過するものであることが好ましい。

#### 【００１５】

これらの構成によれば、光源からの光ビームを使って試料を多点照射することができるので、複数の開孔に対応する試料上の複数点が線状に分布している場合には、多点照射によってこれらの複数点を効率的に照射することができる。その結果、光ビームの利用効率が高めるだけでなく、必要以上に試料に光ビームを照射して試料を損傷してしまうことを抑制することができる。

#### 【発明の効果】

#### 【００１６】

以上説明したように本発明に係る共焦点顕微装置によれば、複数のアパーチャーを有するマルチアパーチャーを用いて、これらのアパーチャーの通過光に基づいてスペクトル情報を取得することとしたので、各アパーチャーの通過光に基づくスペクトル情報についてはシングルアパーチャーで取得した場合と同レベルの空間分解能が維持されていて、かつ、試料の複数点からの光のスペクトル情報を一度に取得することができる。その結果、試料の所定の測定領域についての分布測定を高分解能かつ高速に実行することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【００１７】

【図１】第１実施形態に係る共焦点顕微装置の概略的な全体構成の説明図である。

【図 2】前記共焦点顕微装置に用いる線状照射手段の各種機構の説明図である。  
【図 3】前記共焦点顕微装置で高い空間分解能が可能となることの説明図。  
【図 4】前記共焦点顕微装置で用いる分光器と CCD 検出器の概略構成図である。  
【図 5】前記共焦点顕微装置で用いる CCD 検出器のピニングの方法の説明図。  
【図 6】第 2 実施形態に係る共焦点顕微装置の概略的な全体構成の説明図である。  
【図 7】前記共焦点顕微装置に用いるマルチ光源の具体的構成例の説明図である。  
【図 8】前記共焦点顕微装置で用いるマルチアパーチャーの変形例を示す図。  
【図 9】前記実施形態に係る共焦点顕微装置の全体構成の変形例を示す図である。  
【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 8 】

10

以下、図面に基づき本発明の好適な実施形態について説明する。

#### 第一実施形態

図 1 に、本発明における共焦点顕微装置の一実施形態である顕微レーザーラマン分光光度計（以下、ラマン分光装置 10 と呼ぶ）の概略構成図を記載する。そのラマン分光装置 10 は、試料 S にレーザー光を照射したときに当該試料 S からのラマン散乱光（ラマン光）を集光してラマンスペクトルを取得するための装置であり、主要構成として、線状照射手段（ライン照射光源 20）と、共焦点光学手段 30 と、可動ステージ 40 と、スペクトル取得手段としての分光器 50 および CCD 検出器 60 とを備えている。

【 0 0 1 9 】

まず、共焦点光学手段 30 について説明する。共焦点光学手段 30 は、一对のレンズ（対物レンズ 32 と結像レンズ 34）およびマルチアパーチャー 36 から構成される。対物レンズ 32 は、試料 S の測定領域内に焦点面を合わせて配置され、試料 S にライン照射光源 20 からのライン状ビームを集光させる役目と、照射された試料 S からのラマン光を集光する役目がある。結像レンズ 34 は、この対物レンズ 32 と同じ光軸上に配置され、対物レンズ 32 により集光されたラマン光を後段のマルチアパーチャー 36 の位置に結像させる。マルチアパーチャー 36 は複数の開孔（アパーチャー）38 を有しており、これら複数の開孔 38 は結像レンズ 34 の結像面上に線状に配列されている（図中の X 方向）。個々の開孔 38 の形状は、測定に応じて円形、楕円形、四角形などから適宜選択できるようになっている。

20

【 0 0 2 0 】

30

次に、ライン照射光源 20 は、ビーム整形部 22、コリメータレンズ（平行光生成レンズ）24、ビームスプリッタ BS（光束分割部）を有する。ビームスプリッタ BS に代えてダイクロイックミラー DM を用いてもよい。ビーム整形部 22 はライン状ビームを出射する。コリメータレンズ 24 は、その焦点位置がビーム整形部 22 の出射開口 26 に位置するように設けられ、出射開口 26 からのライン状ビームを平行光にして、ビームスプリッタ BS に入射させる。ビームスプリッタ BS は、コリメータレンズ 24 からの各平行光束を対物レンズ 32 に向けて反射するとともに、対物レンズ 32 からの光の一部を透過する。このビームスプリッタ BS は、試料にライン状ビームを効率よく当てて、かつ、共焦点光学部 30 が試料からのラマン光を効率よく集光できるようにするためのもので、一对のレンズ（対物レンズ 32 と結像レンズ 34）間に設けられ、ビーム整形部 22 からのビームの入射面が一对のレンズの光軸と 45 度で交わる姿勢になっている。

40

【 0 0 2 1 】

このようなライン照射光源 20 によって、ビーム整形部 22 からのライン状ビームは、まず、コリメータレンズ 24 で平行光とされてビームスプリッタ BS を反射する。そして、対物レンズ 32 を介して試料を照射する。コリメータレンズ 24 と対物レンズ 32 の組合せによって、ビーム整形部 22 の出射開口 26 からのライン状ビームは、試料においてライン状の像  $I_s$  を形成することになる。本発明では、この照射光による結像  $I_s$  の領域を指して試料の測定領域と呼ぶものとする。

【 0 0 2 2 】

可動ステージ 40 は、X - Y 平面に平行な載置面を有し、載置面に置かれた試料 S を Y

50

方向（紙面に垂直な方向）に移動させる。なお、可動ステージ 40 の移動方向は少なくとも Y 方向を含むものであればよく、X - Y の 2 軸ステージでも、X - Y - Z の 3 軸ステージでもよい。マルチアパーチャー 36 の複数の開孔 38 の配列方向が X 方向であるので、それぞれの開孔 38 に対応する試料 S の測定領域の複数点（例えば A ~ C で示す）の配列方向も X 方向になっている。可動ステージ 40 を使って試料を Y 方向に移動させれば、移動前後で複数点 A ~ C の配列が Y 方向にオフセットされることになるので、試料を面単位で効率的に分布測定（マッピング測定）することができる。

#### 【0023】

図 2 を用いて、ビーム整形部 22 の具体的な構成について、同図 (A) のビーム拡張型と、同図 (B) のビーム走査型とに分けて説明する。ビーム拡張型では、シリンドリカルレンズ 22a などを利用して、ビームのスポット状の断面をライン状に拡張させてから、出射開口 26 より放出するタイプである。出射開口 26 から放出されるビームの断面形状は Z 方向に伸びるライン状となっているので、試料 S における結像  $I_s$  は X 方向に伸びるライン状となる。また、同図 (B) のビーム走査型では、スポット状の断面のビーム自体をそのまま放出するが、ガルバノミラー 22b など駆動させることにより、出射開口内でのビームの放出位置を変化させて、ビームの光路を平行に移動させるタイプである。ビーム整形部 22 からのスポット状のビームは、前方のコリメータレンズ 24 の入射面を線状（Z 方向）に走査するので、試料 S において形成されるビームの像についても線状（X 方向）に伸びた像  $I_s$  になる。なお、図 1 において、照射ビームの結像  $I_s$  が線状に延びる方向と、マルチアパーチャー 36 の複数の開孔 38 の配列方向とは一致している。

#### 【0024】

ライン照射光源 20 によりビームが照射される線状の領域（測定領域）からのラマン光について詳しく説明する。まず、図 3 は、マルチアパーチャー 36 を通過するラマン光について従来のスリットアパーチャー 136 との違いを説明する図である。

#### 【0025】

試料の測定領域からのラマン光は、共焦点光学手段 30 によって、アパーチャーの位置で結像する。同図 (A)、(B) では、試料の測定領域が共通していて、スリットアパーチャー 136 であっても、マルチアパーチャー 36 であっても、ラマン光の像  $I_A$  の大きさは同じとする。ここで、アパーチャーの開孔 38、138 を太線で示す。孔形状は、スリットアパーチャー 136 の場合は長方形で、マルチアパーチャー 36 の場合は円形とする。また、図 1 の測定領域内の点 A ~ C で示した試料の微小部位に対応する各アパーチャー 36、136 での領域を、塗り潰した円形 A ~ C で示す。各微小部位からのラマン光は回折するため、アパーチャー 36、136 でのラマン光の結像に干渉（エアーリーディスク）が生じる。図 3 には、回折によってラマン光の結像が拡張していることを、ラマン光の強度分布（ピーク形状）で示す。例えば、ピーク波形  $A_x$  は、試料の微小部位 A から発生したラマン光がアパーチャーで結像した際の X 方向の光強度分布を示し、同様に、ピーク波形  $A_y$  は Y 方向の光強度分布を示す。試料の微小部位 A は開孔 38、138 のサイズよりも小さいが、その微小部位 A からのラマン光のアパーチャー位置での結像  $I_A$  は、開孔 38、138 のサイズよりも拡張されていることを模式的に表わした。

#### 【0026】

同図 (A) のスリットアパーチャー 136 の場合、Y 方向はスリットの幅方向であるから、開孔 138 によるラマン光の通過領域は狭く、開孔 138 を通過するラマン光を検出することによって、Y 方向については高い空間分解能が得られる。しかし、X 方向はスリットの長手方向であるから、開孔 138 によるラマン光の通過領域は広がってしまい、例えばピーク波形  $A_x$  にピーク波形  $B_x$  の一部が重なっている状態のまま開孔 138 を通過してしまう。このようなクロストークのある通過光を検出してしまうため、X 方向についての空間分解能は低い。

#### 【0027】

これに対して、同図 (B) の本発明のマルチアパーチャー 36 の場合、円形の開孔 38 の直径と、スリット開孔 138 の幅とが等しいので、Y 方向については同じレベルの高い空

10

20

30

40

50

間分解能が得られる。X方向については、マルチアパーチャー36の個々の開孔38が各ピーク波形 $A_x \sim C_x$ の中心付近だけを通して、クロストークが生じている部分のラマン光を通してせないで、X方向においても高い空間分解能が得られる。開孔38を通してラマン光の強度分布をピーク波形 $A'_x \sim C'_x$ で示した。

#### 【0028】

図4に、マルチアパーチャー36を通してラマン光が、分光器50によって分光され、CCD検出器60によって波長ごとに光強度が検出されるまでの流れの一例を記載した。

#### 【0029】

分光器50は、公知の分散型分光器を利用できる。従来の分光器では入射光の取り込み口に、細長い孔からなる入射スリットを用いる場合が多い。しかし、本実施形態においては、分光器50の入射光の取り込み口に、上述のマルチアパーチャー36を使用するとよい。分光器50は、マルチアパーチャー36の複数の開孔38を通して複数の光束を互いに平行にする前段ミラー（平行光生成部）52と、この前段ミラー52からの複数の平行光束を回折する回折格子（分散部）54と、回折格子54からの回折光を後段のCCD検出器60において結像させる後段ミラー（結像部）56とを有する。

#### 【0030】

ここで、回折格子54で分散された光の波長ごとの光路を含む面を分散面とする。マルチアパーチャー36の複数の開孔38の各通過光によって形成される複数の分散面が複数の開孔38の配列方向に直交するように、マルチアパーチャー36と回折格子54の位置関係が定められている。それぞれの開孔38を通してラマン光は、回折格子54によってそれぞれ波長ごとの分散光の状態になり、後段ミラー56により二次元アレイ検出部であるCCD検出器60の受光面で結像する。複数の開孔38の配列方向（X方向）に対して、各ラマン光の分散面（YZ面）が直交関係にあるので、CCD検出器60の受光面への入射の際に、隣接する通過光の分散面同士が干渉し合うことなく、それぞれ独立状態で受光されることになる。図4の受光面上にて太線で囲んだ素子列（例えば60a）から、1本分のスペクトル線が検出される。結果として、CCD検出器60はマルチアパーチャー36の開孔38毎の通過光のスペクトル情報をスペクトルの質を落とすことなく取得することができる。

#### 【0031】

以降、CCD検出器60に関して、素子列を幾つかのトラックに分けて1回の露光処理で複数本のスペクトル情報をまとめて取得する技術について概要を説明する。

#### 【0032】

<トラック分け>

図5(A)のようにCCD検出器60の受光面と前述の各ラマン光の分散面との交線近傍に並んでいる素子列によって、1本分のスペクトル情報が検出される。同図の場合、4行分の素子列を1つのトラックとして、4行ごとにトラックを区切っている。従って、受光面は、上記の受光面と分散面の交線ごとに複数のトラックに区分され、同図(B)のようにトラックごとにスペクトル情報を取得する。

#### 【0033】

<ビニング処理>

CCD検出器60は、受光面全体でラマン光を一斉に受光（露光）した後、露光を止めて、トラック単位でビニング処理を実行する。ビニング処理とは、いくつかの素子を1区画の素子群とみなしてその区画にある素子の電荷をまとめて読み出す処理のことであり、実質的に電荷を読み出す素子の総数が少なくなるので、フレームレートが向上する。特に、微弱光であるラマン光の検出においては、複数画素に蓄積された電荷をまとめて読み出すので好適である。図5(A)に示した露光状態のイメージのように、Y方向の素子列を4列ごとにトラックを区切った場合、その4列分の電荷をビニング処理すればよい。マルチアパーチャー36の開孔38の数が変更された場合は、開孔38の数に合わせて受光面のトラックの区切り方を変えてビニング処理を実行するとよい。4列ごとのビニング処理で

10

20

30

40

50

1 本分のスペクトル情報が得られるので、全てのトラックについてビニング処理を完了すれば、同時に複数本のスペクトル情報を取得することができる。

【0034】

本実施形態によれば、マルチアパーチャー36が複数の開孔38を有することによって、各開孔38と1対1で対応する試料Sの微小部位からの光が、その対応する開孔38の位置で結像することになり、開孔38の数に対応する試料Sの複数の微小部位からの光が、それぞれシングルアパーチャーと同じ空間分解能で検出されることになる。これらの開孔38を通過した光をそれぞれ検出して、各通過光のスペクトル情報を得て、コンピュータにて画像として再構成することにより、試料Sの所定の測定領域についての分布測定を高分解能かつ高速に実行することができる。

10

【0035】

また、線状配列された複数の開孔38の通過光が、複数の開孔38の配列方向とは直交する方向にそれぞれ分散され、CCD検出器60により分散光が波長ごとに検出される。その結果、各開孔38の通過光は、それぞれ高い空間解像度を保ったまま、他の開孔38の通過光から独立してCCD検出器60に受光され、複数の開孔38に対応する複数のスペクトル情報となってまとめて出力されることになる。よって、線状配列された複数の開孔38に対応する試料Sの複数の微小部位からの光のスペクトル情報をまとめて、スペクトルの質を落とすことなく取得することができる。

【0036】

第二実施形態

20

図6に、本発明における共焦点顕微装置の第二の実施形態であるラマン分光装置210の概略構成図を記載する。同図において、ラマン分光装置210は、前述の第一実施形態のラマン分光装置10に対して、試料照射手段の構成が大きく相違するもので、その他の構成は略同様である。

【0037】

試料照射手段としてマルチ光源（多点照射手段）220を使用する。マルチ光源220は、出射開口から同時に複数のスポット状ビームを出射する。例えば、試料Sの複数点が、マルチアパーチャー236の複数の開孔238に対応している点である場合、試料Sの複数点にだけスポット状ビームを照射することができる。マルチ光源220は、複数の点光源を有する多点光源222と、複数の点光源からの光をそれぞれ平行光束にするコリメータレンズ（平行光生成レンズ）224と、一对のレンズ（対物レンズ232と結像レンズ234）の間に配置された光束分割素子（ビームスプリッタBSまたはダイクロイックミラーDM）と、を有する。図6には、複数の点光源からの光束によって試料で結ばれた複数の像 $I_S$ を示す。

30

【0038】

多点光源222として図7(A)左に示すようなバンドルファイバー222aを利用してよい。バンドルファイバー222aは複数の光ファイバーを束ねたものであるが、各光ファイバーの端面をマルチ光源220の複数の点光源として配列することで、各光ファイバーの端面から放射されるビームがコリメートレンズ224で平行光束にされ、BS、対物レンズ232を介して、試料Sの複数点で結像する。図7(A)右には、光源が円形断面である場合に、マルチアパーチャー236に結像するラマン光を示す。図中の太線で描いた円形 $I_A$ が、ラマン光の結像であり、その内部の塗り潰した円形がアパーチャーの開孔238である。

40

【0039】

図8(A)左に示すような偏光保持ファイバーを用いたバンドルファイバー222bでもよい。この場合は各光ファイバーの断面形状が楕円形になる。図8(A)右には、光源が楕円形断面である場合に、マルチアパーチャー236に結像するラマン光を示す。図中の太線で描いた楕円形 $I_A$ が、ラマン光の結像であり、その内部の塗り潰した楕円形がアパーチャーの開孔238である。

【0040】

50



本実施形態によれば、光源からの光ビームを使って試料を多点照射することができるので、複数のアパーチャーに対応する試料の複数点が線状に分布している場合には、多点照射によってこれらの複数点を効率的に照射することができる。その結果、光ビームの利用効率が高めるだけでなく、必要以上に試料に光ビームを照射して試料を損傷してしまうことを抑制することができる。

#### 【 0 0 4 1 】

なお、本発明の共焦点顕微装置は、試料 S からのラマン光のスペクトル情報を取得する装置に限られず、試料 S からの蛍光を集光して蛍光スペクトルを取得する蛍光分光光度計にも同様に適用できる。

また、本発明において試料照射手段は、赤外光源からの光を干渉計で干渉波の状態にした上で、干渉計からの赤外干渉波を試料の測定領域に照射するものでもよい。この試料照射手段を用いれば、本発明の共焦点顕微装置を赤外光のマルチチャンネル検出器を用いた赤外分光光度計として利用できる。

#### 【 0 0 4 2 】

また、図 5 には、マルチアパーチャーの変形例を示す。同図 (A) のように楕円形の開孔 3 3 8 を長手方向に 2 つ配列したマルチアパーチャー 3 3 6 でもよく、同図 (B) のように正方形の開孔 4 3 8 を線状に配列したマルチアパーチャー 4 3 6 でもよい。測定内容に応じて、マルチアパーチャーの開孔部の数を任意に選択するとよい。同じ測定内容であっても、マルチアパーチャーの開孔部の数を増減させることによって、超高速測定モード（開孔数が少ない）から高空間分解能測定モード（開孔数が多い）までを多段階にモード切替できるようにしてもよい。様々なバリエーションでの測定を実施することができる。

#### 【 0 0 4 3 】

また、図 9 に示すように、光路上の複数位置にアパーチャー 5 3 6 , 5 3 8 を配置することによって、装置の調整を容易にすることができる。同図の位置 A にスリットアパーチャー 5 3 8 を配置し、位置 B にマルチアパーチャー 5 3 6 を配置する。この場合、少なくとも分光器の入口である位置 B には、本発明のマルチアパーチャー 5 3 6 を配置する。位置 A にも、マルチアパーチャーを配置しても構わない。

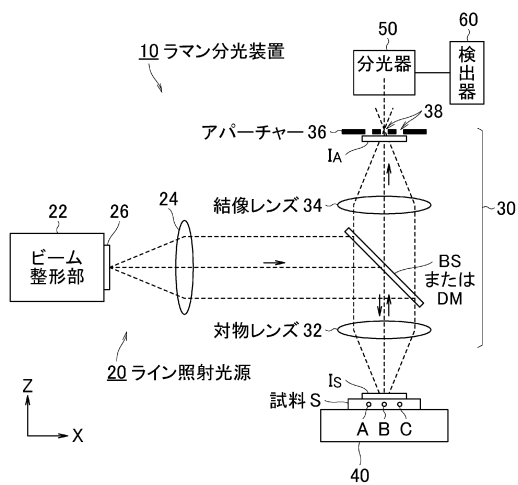
#### 【 符号の説明 】

#### 【 0 0 4 4 】

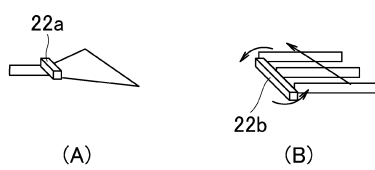
1 0	顕微レーザーラマン分光光度計（共焦点顕微装置）	30
2 0	ライン照射光源（線状照射手段）	
2 2	ビーム整形部	
2 4	コリメータレンズ（平行光生成レンズ）	
2 6	出射開口	
3 0	共焦点光学手段	
3 2	対物レンズ	
3 4	結像レンズ	
3 6	マルチアパーチャー	
3 8	開孔部	
4 0	可動ステージ	40
5 0	分光器	
5 2	前段ミラー（平行光生成部）	
5 4	回折格子（分散部）	
5 6	後段ミラー（結像部）	
6 0	C C D 検出器（2次元アレイ検出部）	
2 2 0	マルチ光源（多点照射手段）	
2 2 2	多点光源	
2 2 4	コリメータレンズ（平行光生成レンズ）	
2 3 6	マルチアパーチャー	
2 3 8	開孔部	50

B S      ビームスプリッタ（光束分割部）  
 D M      ダイクロイックミラー（光束分割部）  
 S        試料

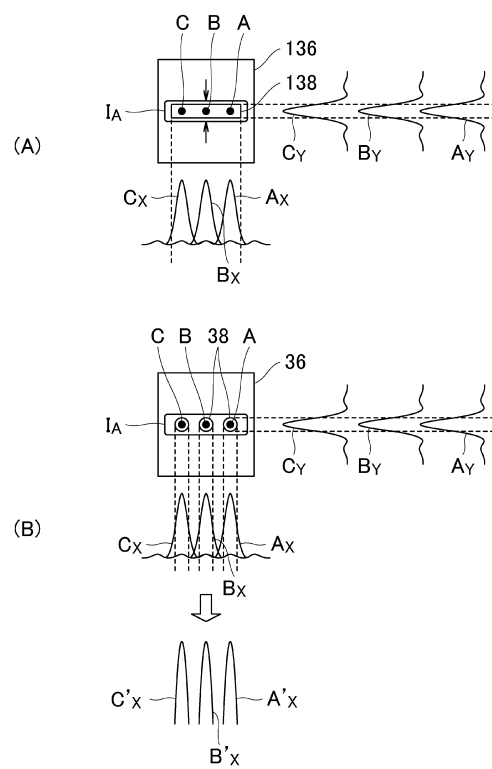
【図 1】



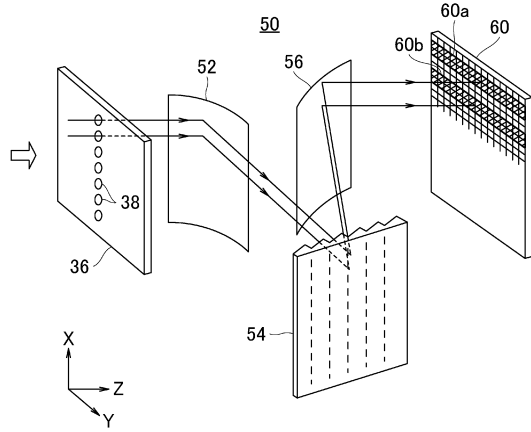
【図 2】



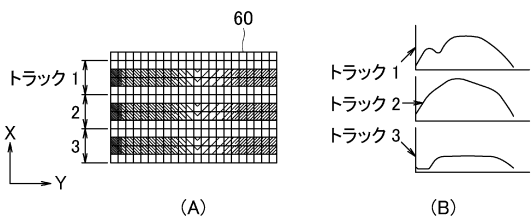
【図 3】



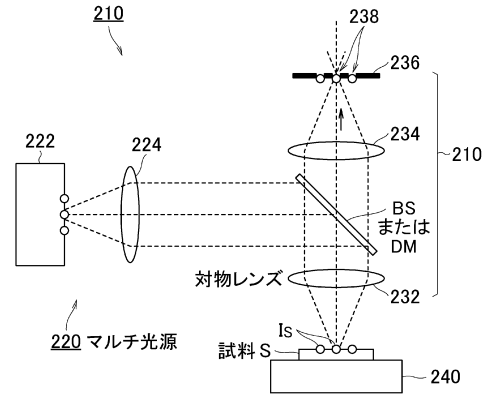
【図 4】



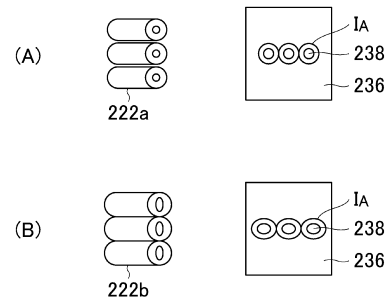
【図 5】



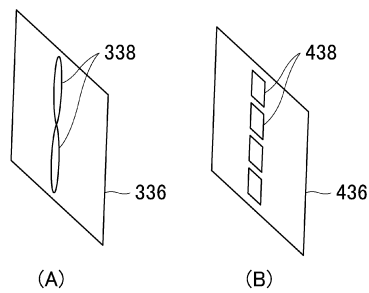
【図 6】



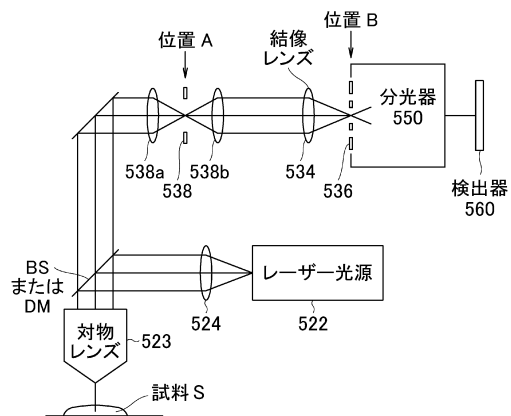
【図 7】



【図 8】



【図 9】



---

フロントページの続き

審査官 殿岡 雅仁

- (56)参考文献 特開 2 0 1 2 - 1 8 9 8 9 1 ( J P , A )  
特開 2 0 0 4 - 1 9 1 2 5 1 ( J P , A )  
国際公開第 2 0 1 0 / 1 2 6 7 9 0 ( W O , A 1 )  
米国特許出願公開第 2 0 0 8 / 0 2 7 7 5 9 5 ( U S , A 1 )  
特開 2 0 0 7 - 1 7 9 0 0 2 ( J P , A )  
特開 2 0 0 4 - 3 0 1 7 2 9 ( J P , A )

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

G 0 2 B	2 1 / 0 0	-	2 1 / 3 6
G 0 1 N	2 1 / 6 2	-	2 1 / 7 4
G 0 1 B	1 1 / 0 0	-	1 1 / 3 0
G 0 1 J	3 / 0 0	-	9 / 0 4