(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第5507248号
(P5507248)
(45)発行日　平成26年5月28日(2014.5.28)　(24)登録日　平成26年3月28日(2014.3.28)

(51)Int.Cl.		F I		
G01N 21/27	(2006.01)	G01N	21/27	E
G02B 19/00	(2006.01)	G02B	19/00	

請求項の数 8　(全 11 頁)

(21)出願番号	特願2009-526877 (P2009-526877)
(86)(22)出願日	平成19年8月28日 (2007.8.28)
(65)公表番号	特表2010-502957 (P2010-502957A)
(43)公表日	平成22年1月28日 (2010.1.28)
(86)国際出願番号	PCT/US2007/077043
(87)国際公開番号	WO2008/027929
(87)国際公開日	平成20年3月6日 (2008.3.6)
審査請求日	平成22年8月25日 (2010.8.25)
(31)優先権主張番号	60/840,759
(32)優先日	平成18年8月28日 (2006.8.28)
(33)優先権主張国	米国(US)
(31)優先権主張番号	60/840,901
(32)優先日	平成18年8月28日 (2006.8.28)
(33)優先権主張国	米国(US)

(73)特許権者　509027021
サーモ　エレクトロン　サイエンティフィック　インストルメンツ　リミテッド　ライアビリティ　カンパニー
アメリカ合衆国　ウィスコンシン州　５３７１１　マディソン　ヴェローナ　ロード　５２２５
(74)代理人　100082005
弁理士　熊倉　禎男
(74)代理人　100088694
弁理士　弟子丸　健
(74)代理人　100103609
弁理士　井野　砂里
(74)代理人　100095898
弁理士　松下　満

最終頁に続く

(54)【発明の名称】口径食が減少された分光器

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

分光器であって、

ａ．出力光が放出される光源出力開口を有する光源であって、放出された出力光が平行出力光ビームによって形成される、前記光源と、

ｂ．シュワルツシルト型の対物鏡から形成された対物光源要素であって、

（１）光源から光を受ける凸面反射鏡であって、この凸面反射鏡が限界開口を有するような、前記凸面反射鏡と、

（２）前記凸面反射鏡から光を受ける凹面反射鏡と、

を有する前記対物光源要素と、

ｃ．前記凹面反射鏡から光を受ける標本ステージと、

ｄ．前記標本ステージから光を受ける検出器と、

ｅ．前記光源から前記対物光源要素へ光を通過させる１又は複数の中間光源光学要素とを備え、

前記中間光源光学要素は、前記光源の光源出力開口を、少なくとも実質的に、前記対物光源要素の前記凸面反射鏡の限界開口に臨界的に映し出すように適合させることを特徴とする分光器。

【請求項２】

前記光源からの光は、前記凸面反射鏡によって受け取られたとき、少なくとも実質的に、前記対物光源要素の前記凸面反射鏡の限界開口に合致する直径を有していることを特徴

とする請求項１に記載の分光器。
【請求項３】
ａ．前記標本ステージから光を受ける対物集光要素であって、この対物集光要素は対物集光限界開口を有しているような、前記上記対物集光要素と、
ｂ．前記対物集光要素から光を受けるカメラ要素であって、このカメラ要素はカメラ限界開口を有しているような、前記カメラ要素と、
を備え、
（１）前記検出器は、前記カメラ要素を介して、前記標本ステージから光を受け、
（２）前記対物集光限界開口は、少なくとも実質的に、前記カメラ限界開口に臨界的に映し出されることを特徴とする請求項１に記載の分光器。
【請求項４】
前記対物集光要素からの光は、前記カメラ要素で受け取られたとき、前記カメラ限界開口と少なくとも実質的に合致する直径を有していることを特徴とする請求項３に記載の分光器。
【請求項５】
前記光源からの光は、前記凸面反射鏡で受け取られたとき、少なくとも実質的に、前記対物光源要素の前記凸面反射鏡の限界開口に合致する直径を有していることを特徴とする請求項４に記載の分光器。
【請求項６】
ａ．前記対物集光要素からの光は、前記対物集光要素と前記カメラ要素との間にある焦点面に焦点を結び、
ｂ．前記焦点面に配置された開口アレイをさらに具備している、
ことを特徴とする請求項３に記載の分光器。
【請求項７】
前記標本ステージから光を受ける観察光学要素をさらに具備し、この観察光学要素によって受け取られる光は、少なくとも実質的に、可視スペクトルの範囲内にあることを特徴とする請求項１に記載の分光器。
【請求項８】
前記光源から前記対物光源要素へ光を通過させる１又は複数の中間光源光学要素をさらに具備し、この中間光源光学要素は、前記光源と前記対物光源要素との間に焦点面を提供することを特徴とする請求項１に記載の分光器。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本願に係る発明は、一般的に、分光器に関し、特に、分光器及び分光画像化顕微鏡であって、光学的な口径食効果を補償し、測定品質、及び／又は、測定の空間分解能を調整できる能力を向上させたものに関する。
【背景技術】
【０００２】
本願は、３５ＵＳＣ§１１９（ｅ）の下で、いずれも２００６年８月２８日に出願された、米国仮特許第６０／８４０，７５９号、及び第６０／８４０，９０１号を基礎とする優先権を主張し、これらの出願の全体をここで参照によって引用する。
【０００３】
分子分光計（分光器とも称される）は、多くは、固体、液体、又はガス状の標本を、赤外線スペクトル領域の光のような不可視の光で照明する機器である。標本からの光は、捕捉され分析されて、標本の特性に関する情報を明らかにする。例えば、所定の範囲の波長にわたって既知の強度をもった赤外線で標本を照明し、標本を透過した及び／又は反射した光を捕捉して照明光と比較する。捕捉されたスペクトルの観察（すなわち、光強度対波長データ）は、標本によって吸収された照明光の波長を示し、これは、標本中に存在する化学結合に関する情報、従って標本の組成及びその他の特性を与える。既知の組成をもっ

た基準用標本から得られたスペクトルのライブラリが利用可能であり、測定されたスペクトルをこれらの基準スペクトルとマッチングすることで、得られた測定スペクトルから標本の組成を決定することができる。

【０００４】

２つの一般的なタイプの分光器は、分散分光器とフーリエ変換（ＦＴ）分光器である。分散分光器では、ある範囲の波長の入力光が標本に供給され、標本からの出力光が１又は複数の検出器を有するモノクロメータ（出力光を波長の成分に分割する装置）によって受けられ、１又は複数の検出器がこれらの出力波長における光強度を測定して出力スペクトルを生成する。ＦＴ分光器では、干渉計を使用して、標本にインターフェログラム（いくつかの入力光の波長の時間変化の混合）を供給し、１又は複数の検出器が、標本からの（時間変化する）出力光を測定する。次に、出力光の様々な波長は、フーリエ変換などの数学的技術を用いて“元に戻され”、その成分波長での出力光の強度を得て、それにより出力スペクトルを発生させる。

【０００５】

次に、分光器顕微鏡は、分光器測定を行う能力が光学顕微鏡に有用に組み入れられている。従って、ユーザは、分光器顕微鏡を使用して、（通常は拡大して）標本における興味がある領域の画像を見て、また、興味がある領域の１又は複数の位置から分光データを得る。分光器の測定値は、興味がある領域における一次元の領域の列（すなわち、興味がある領域の直線に沿って間隔を隔てた領域）に沿った分光器データを捕捉することでしばしば得られ、次に隣接する一次元の列から分光器のデータを繰り返して捕捉する。言い換えれば、分光器的に抽出された領域の線形アレイは、興味がある領域にわたって側方へステップしていき、二次元アレイの領域の分光器データを最終的に捕捉する。その結果、ユーザは、興味がある領域の画像を見ることができ、また、興味がある領域にわたって、標本のスペクトル（及び、従って、組成）を観察することができる。

【０００６】

ユーザにとって重要な問題は、分光器顕微鏡の空間分解能、すなわちそれぞれの分光器測定が行われる領域のサイズである。領域からのそれぞれの分光器測定は、領域内に存在するすべての物質のスペクトル（又は、少なくとも入射光に応答する物質のスペクトル）を有効に提供するので、大きな領域にわたる分光器測定は“粗く”なる。すなわち、それは多数の物質の存在を反映するが、ユーザは、検出された物質のそれぞれを、顕微鏡を通して見える特定の領域に視覚的に割り当てることはできない。言い換えれば、ユーザは領域を見て、分光器的に所定の物質の存在を決定するけれども、ユーザは、それぞれの物質が明確にどの領域にあるのか知ることはない（そうした情報は特に役立つことがある）。対照的に、小さい領域にわたる分光器測定は、検出された物質の位置がより明確に位置決めされるので、所望の情報を提供する。しかしながら、小さい領域にわたって捕捉される分光器測定は、低いＳＮ比を有する傾向がある（すなわちノイズが高い）。これは主として、小さい領域からは実際上、少ない光が検出され、少ない検出光は低い信号レベルにつながるためである。ユーザは、低いＳＮ比を補償するために、露光時間（すなわち、領域が照明され光が検出される時間）を増加させ、及び／又は、領域に複数回の露光を行い、それらを組み合わせ（例えば平均化）、ノイズの影響を減衰させる。これらの手順は、より長い測定時間を必要とし、ユーザの立場からも好ましくない。

【０００７】

空間分解能とＳＮ比との間の前述したトレードオフのために、ユーザにとって、分光器顕微鏡が可変分解能を有することは有利であり、これは、事実上、スペクトル測定値が広い領域から得られる粗い分解能と、スペクトル測定値が狭い領域から取られる細かい分解能との間でシフトできる能力である。そうした構成の例は、Houltらの米国特許公開公報第２００２／００３４０００号と、これに関連した、Houltらの米国特許公開公報第２００２／００３３４５２号とに開示されている。これらの参照文献においては、標本と分光器検出器との間の光学経路中に一組の拡大光学系を挿入することで、可変分解能を得ている。このアプローチの問題点は、別の不都合である“口径食”が導入されることであり、

この状態では、標本の分析される領域からの光が分光器検出器に不均一に供給される。検出器が有効に分析中のそれぞれの領域の投影された光学画像を受けると考える場合、口径食は通常、領域の投影された画像の中心部が明るいという問題点を伴い、画像の完全性は温存されるが、画像の縁部に向けて明るさは減少する。従って、口径食は、標本領域からの分光器の測定値が歪曲するという問題点につながり、受けた画像にわたる不均一な照明は、画像／領域の中心の付近では高い信号レベルを提供し、画像／領域の縁部の付近では弱い信号レベルを提供する。その結果、領域／画像の中心における物質からのスペクトルは、画像／領域の縁部の付近の物質のものと比べて、領域の分光器測定値により強く現れる。より一般的には、口径食は、画像／領域の縁部の付近の光の損失のために、最適な信号強度よりも低い信号強度につながる。口径食は、光学要素に“オフアングル”の構成を使用したときの副作用として起こる傾向があり、すなわち、レンズの光学軸線に対して斜めの光の反射又は屈折から、及び／又は、顕微鏡の光学系に使用される反射鏡から生じる（少なくともこれらのレンズ／反射鏡は、分光器測定機能を実行するために使用される）。軸線から大きく離れた軸外角を使用することは、強い口径食につながる傾向があり、続く光学要素の使用可能な領域（開口）から光が“漏れて”光が失われるために、画像の輝度と信号強度とを大きく低下させる。分光器顕微鏡においては、多くの場合、１つの分解能／拡大の設定において、口径食が最小限になるように、光学系を適合させることが可能であるが、設定を可能にするために追加的な光学系が導入されるので、これは別の設定において口径食を高める傾向がある。

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００８】

【特許文献１】米国公開特許公報第２００２／００３４０００号

【特許文献２】米国公開特許公報第２００２／００３３４５２号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００９】

従って、分光器及び分光器顕微鏡において、口径食の効果を減少させる手段を有し、減少した口径食効果で可変空間分解能の設定を可能にすることが有用である。

【課題を解決するための手段】

【００１０】

本発明は、分光器の装置及び方法に関し、少なくとも部分的に前述した問題点を解決することを意図し、分光器顕微鏡において有益に実現される。本発明のいくつかの有利な特徴について、基本的な理解を読者に与えるため、以下は、好ましいバージョンの装置及び方法の簡潔な要旨であり、添付図面を参照して、読者の理解を高めるものである。これは単なる要旨であるので、本発明の好ましいバージョンに関するその他の詳細は、本願の別の箇所にある詳細な説明中に見い出されることを理解されたい。本願における特許請求の範囲は、排他的権利が確保される、本発明の様々なバージョンを定義している。

【００１１】

添付図面は、本発明の特徴が組み込まれた例示的な分光器の模式図を示しており、分光器の全体には参照符号１００を付している。分光器は、分析すべき標本を支えるのに適した標本ステージ１０と、標本を照明する照明要素（符号２００にて示す）と、照明された標本から分光器の測定値を集める集光要素（符号３００にて示す）とを有している。装置１００の照明側２００では、光源２０２（仮想線にて示す）、例えば変調された赤外線を放出する干渉計が、光を放出する光源出力開口２０４を有し、この放出される光は好ましくはコリメートされた平行出力光ビームである。１又は複数の中間光源光学要素（すなわち、反射鏡、レンズなど）は、ここでは、集束反射鏡（focusing reflector）２０６，２０８，２１０と、平坦な折り畳み式反射鏡２１２，２１４，２１６とであり、光源２０２からの光を対物光源光学要素２１８へと導く。対物光源要素２１８は、好ましくは、シュワルツシルト型の対物鏡であり、光源２０２からの光を受ける凸面反射鏡２１８ｘと、凸

面反射鏡２１８ｘから光を受けて、標本ステージ１０へ光を進める凹面反射鏡２１８ｃとを備えている。この構成においては、中間光源光学要素（より詳しくは、要素２０６，２０８，２１０）は、好ましくは、光源２０２の光源出力開口２０４を拡大して、対物光源要素２１８における限界開口と少なくとも実質的に合致させる（ここでの限界開口は、凸面反射鏡２１８ｘの反射動作範囲である）。照明側２００における光源出力開口２０４は、対物光源要素２１８の限界開口に映されるので、対物光源要素２１８の凸面反射鏡２１８ｘの周辺のまわりで（又は、中間光源光学要素２０６，２０８，２１０，２１２，２１４，２１６のいずれの周辺からも）、光が失われることがなく、光は光源２０２と標本ステージ１０との間にて高い効率（低い損失）で伝達される。対物光源要素２１８へ進むときに、光源出力開口２０４の倍率は光ビームのサイズを減少させるけれども、標本ステージ１０における全体的な照明領域は、依然として有効に増加する。

【００１２】

分光器１００の集光側３００において、対物集光光学要素３０２は、標本ステージ１０から光を受ける。また、対物集光要素３０２は、好ましくは、シュワルツシルト型の対物鏡であり、凹面反射鏡３０２ｃが光を受けて、この光を凸面反射鏡３０２ｘに導く（この反射鏡３０２ｘで対物集光要素３０２の限界開口を規定する）。対物集光要素３０２からの光は、中間集光光学要素、すなわち平坦な折り畳み式反射鏡３０４，３０６、及び集束反射鏡３０８、及び開口アレイ３１０（詳しくは後述する）に供給される。カメラ光学要素３１２は、光を受け、これは再び好ましくはシュワルツシルト型の対物鏡であり、凸面反射鏡３１２ｘが光を受けて、（及び、カメラの限界開口を規定し）、光を凹面反射鏡３１２ｃに導く。次に、光は、検出器３１４が整列された画像面に届けられる（検出器３１４は、好ましくは、多要素の検出器（すなわち、検出器アレイ）である）。照明側２００の構成と同様に、中間集光光学要素３０４，３０６，３０８（特に、集束反射鏡３０８）は、好ましくは、光を受け取ったときにカメラ限界開口（凸面反射鏡３１２ｘの動作範囲）と少なくとも実質的に合致する直径を有するように、対物集光要素３０２からの光を適合させる。従って、光の損失は集光側３００でも減少し、照明側２００における光源２０２から対物光源要素２１８への効率的な光の伝達は、対物集光要素３０２からカメラ要素３１２への集光側３００でも続く。その結果、標本１０への光のスループットは高く、また、標本１０から検出器３１４への光伝達も高く、口径食による光損失の効果を減少させ、検出器３１４に高い強度の収束をもたらす。

【００１３】

加えて、照明側２００の光学要素は、好ましくは、光源出力開口２０４が少なくとも実質的に対物光源要素２１８に（従って標本ステージ１０にある標本に）臨界的に画像化又は映し出されるように選択されており、言い換えれば、光源２０２の各点からの光線は、凸面反射鏡２１８ｘ上の対応する点に導かれ、それにより、凸面反射鏡２１８ｘ上に光源２０２の画像を保持する。同様に、集光側３００の光学要素は、好ましくは、標本１０が少なくとも実質的に検出器３１４に臨界的に映し出されるように選択される（すなわち、対物集光限界開口３０２ｘが、少なくとも実質的に、カメラ限界開口３１２ｘに臨界的に映し出される）。そうした臨界的な画像化は、光源２０２の選択された領域を、標本１０の対応する領域に直接的に画像化し（例えば、光源２０２内のグローフィラメント）、また、標本を検出器３１４に直接的に画像化する。これは、例えば、ユーザが標本１０の興味がある特定の領域を調べるのに関心がある場合に役に立ち、ユーザは、この部分を光源２０２のフィラメントと整列させ（これは、光源２０２の出力ビームの特に明るい領域である）、興味がある領域から高い輝度の光出力（従って、高いスペクトル信号強度）を発生させる。しかしながら、望むならば、拡散照明を代わりに使用してもよい。

【００１４】

本発明の別の有用な特徴は、空間分解能を変化できる開口アレイ３１０の使用に関する。対物集光要素３０２と中間光学要素３０８（すなわち集束反射鏡３０８）は、焦点距離（好ましくは等しい焦点距離）を有し、これらの要素３０２，３０８の間に配置された焦点面を形成する。開口アレイ３１０は、この焦点面に沿って配置されており、複数の開口

３１０ａを備え、これらのそれぞれは、好ましくは同じサイズ及び構成になっている。これらのそれぞれの開口３１０ａは、対物集光要素３０２からの光の一部を受け、すなわち標本１０の画像（好ましくは臨界的画像）の一部を受け、これをカメラ要素３１２及び多要素検出器３１４にわたす。検出器３１４は、その要素のそれぞれが開口アレイ３１０のそれぞれの開口３１０ａから標本ステージ１０の一部の画像を受け取るように整列されており、これにより、検出器要素は、開口アレイ３１０によって規定される視野内に“見える”ように、標本の特性に依存したスペクトルを発生する。それぞれ他の開口アレイの開口とは異なったサイズの開口を備える補足的な開口アレイ３１６，３１８などを設けることで、また、対物集光要素３０２と中間光学要素３０８との間の焦点面内に所望の開口アレイ３１０を配置することで、ユーザは、標本１０（これからスペクトルが捕捉される）の領域のサイズを変化させ、それにより、分光器１００の空間分解能を変化させることができる。好ましい構成においては、開口アレイ３１０，３１６，３１８などを（図示の如く）並進可能な列として設けることにより、すべての開口アレイ３１０，３１６，３１８などを、焦点面に沿って交換可能に位置決め可能に取り付け、ユーザがそれらを通して所望の分解能の設定にインデックス付けして割り当てることができる。スペクトル分解能は、分光器１００の光学的倍率を変えることなく（従って、口径食の変化なしに）変更することができるので、分光器１００が最小限の口径食で設計されている限り、すべての空間分解能の設定において最小限の口径食を有することになる。

【００１５】

前述したように、上述した分光器の構成は、分光器顕微鏡に有用に提供される。また、例示的な顕微鏡の構成は、図面に示され、対物光源要素２１８を介して標本ステージ１０及び標本に光を提供する光源４００（例えば、可視スペクトルを放出する光源）と、対物集光要素３０２を介して標本から得られる光を受け取る観察光学要素４０２とを備える。観察光学要素４０２は、ユーザがこれを通して標本を観察する接眼レンズの形態、及び／又は、ビデオカメラ又はその他の画像装置の入力レンズの形態を呈する。図面に示される例示的な顕微鏡システムにおいて、折り畳み式反射鏡２１６，３０４はダイクロイックであり、分光器によって利用される光（例えば赤外線）を反射し、顕微鏡の光学系４０２で利用される光を通過させるようにコーティングされ又は別の方法で処理されており、従って、折り畳み式反射鏡２１６，３０４は、顕微鏡光源４００及び観察要素４０２からは事実上見えないことを理解されたい。

【００１６】

本発明のさらに別の利点、特徴、及び目的は、添付図面に関連した、本願の残余の部分から明らかになる。

【図面の簡単な説明】

【００１７】

【図１】標本１０を照明する照明要素２００（光源２０２を含む）と、得られた信号／画像を集光する集光要素３００（検出器３１４を含む）とを備えた、例示的な分光器顕微鏡を示した斜視図である。

【発明を実施するための形態】

【００１８】

上述した説明と図１の例示的な分光器顕微鏡とを簡単に見直すと、光源２０２からの入力光は、対物光源要素２１８を介して標本１０に提供され、照明側２００の光のスループットを最大化するように、光源２０２の開口は、１又は複数の中間光学要素２０６，２０８，２１０，２１２，２１４，２１６を介して、対物光源要素２１８の開口に合致する。標本１０からの光は、対物集光要素３０２にて集められ、１又は複数の中間光学要素３０４，３０６，３０８を介して、カメラ要素３１２（及び検出器３１４）に届けられ、これらは同様に、集光側３００の光のスループットを最大化するように、カメラ要素３１２及び対物集光要素３０２の開口を合致させる。その結果、口径食効果による光損失は減少し、照明の強度及び均一性が改善し、それにより、スペクトル測定の感度及び精度が高まる。また、装置における限界開口の数を最小化することで、日常の保守と修理における装置

の光学系の整列はかなり簡単になる。

【００１９】

さらに、開口アレイ３１０（及び異なるサイズの開口を有する補足的な開口アレイ３１６，３１８など）は、対物集光要素３０２とカメラ要素３１２との間に設けられた焦点に配置される。それぞれの開口３１０ａは、検出器３１４の要素に画像化され、検出器３１４の視野を標本１０の対応する領域に限定し、それにより、分光器１００の空間分解能を定める。代わりに、開口アレイ３１０／３１６／３１８が取り外されると、検出器３１４のそれぞれの要素／ピクセルの全領域が、視野（及び、従って空間分解能）を標本１０に規定する。この視野が、開口アレイ３１０が存在するときに達成される空間分解能に比べて大きいならば、分光器１００は、単一の開口アレイ３１０を使用することで、２つの別々の空間分解能の設定を有することになる。新たな光学要素を挿入し又は別の方法で倍率に影響を与える必要なしに、空間分解能が変更されるので、空間分解能の変化は口径食に影響を与えず、従って、最小限の口径食をもつように設計された分光器１００は、空間分解能を変化させるとき、この利益を維持する。さらに、空間分解能を変更するために新たな光学要素を必要としないので、分光器１００は、そうした要素のコストとかさばりを回避できる。

【００２０】

分光器１００の照明側２００を見ると、光源２０２と対物光源要素２１８との間に（より詳しくは、図１の折り畳み式反射鏡２１４と２１６との間に）、追加的な焦点２２０が通常は含まれる。これにより、有限の共役点（有限の焦点）を有する対物光源要素２１８が使用でき、従って、装置１００の照明側２００の要素間のよりコンパクトな配置を可能にする。さらに、望むならば、ここに限界開口を挿入して、標本１０上の照明領域を限定してもよい。

【００２１】

分光器１００における様々な光学要素は、ZEMAX optical design software（米国ワシントン州ベルヴューの ZEMAX Development Corporation）などの設計ツールを用いて、光学設計分野の当業者によって選択及び配置することができる。以下は、図１に示される分光器１００において使用される例示的な要素のセットである。

【００２２】

集束反射鏡２０６：焦点距離１５０㎜、軸外角度１０度、及び、次の表面までの距離が１５５㎜の凹球面鏡。

【００２３】

集束反射鏡２０８：焦点距離２０㎜、軸外角度１２度、及び、次の表面までの距離が１５０㎜の凹球面鏡。

【００２４】

集束反射鏡２１０：焦点距離１００㎜、軸外角度６度、及び、焦点面２２０（対物光源要素２１８の後方焦点距離と合致するように選択された位置）までの距離が２８１㎜の凹球面鏡。

【００２５】

折り畳み式反射鏡２１２，２１４，２１６：平面鏡。

【００２６】

対物光源要素２１８：サーモエレクトロンケンタウルス FT-IR 顕微鏡（米国ウィスコンシン州マディソンの Thermo Fisher Scientific Inc.）のシュワルツシルト型の対物鏡を用い、１５倍の倍率にて光学的性能が得られるように、反射鏡２１８ｘと反射鏡２１８ｃとの間の間隔を調整する。

【００２７】

前述した光学要素２０６，２０８，２１０，２１２，２１４，２１６，２１８は、干渉計２０２と併用され、干渉計は、３８㎜の光源出力開口（出口瞳）２０４を有し、集束反射鏡２０６から２５０㎜の間隔を隔てている。光学要素は、好ましくはたとえわずかに整列不良があったとしても、すべての入射光を捕捉するのに充分大きなサイズのクリアな開

口を有するように選択されるべきである。軸外球面反射鏡２０６，２０８，２１０は、いくらかの非点収差及び収差をもたらし、照明側２００及び集光側３００におけるすべての開口を限界開口に画像化する目標と、ある程度矛盾する。しかしながら、反射鏡２０６，２０８，２１０での入口ビームと出口ビームの間の挟角が、約３０度未満に選択されるとき、収差は最小限となる。

【００２８】

次に、分光器１００の集光側３００を見ると、以下の例示的な要素が使用されている。

【００２９】

対物集光要素３０２：対物光源要素２１８と同一に選択される。

【００３０】

折り畳み式反射鏡３０４，３０６：平面鏡。

【００３１】

集束反射鏡３０８：８度の軸外線角度で動作するとき、およそ１８８㎜の焦点距離をもつ環状反射鏡。反射鏡３０８は、３１０にある焦点面から１つの焦点距離に配置され（この焦点面自体は、対物集光光学要素３０２の凸面反射鏡３０２ｘから１つの焦点距離に配置され）、また、カメラ光学要素３１２の反射鏡３１２ｘから２つの焦点距離に配置される。従って、反射鏡３０８は、反射鏡３０２ｘ，３１２ｘから等距離にあり（２つの焦点距離だけ離れた位置で）、３１０にある焦点面の後にビームをコリメートしつつ、単位倍率で反射鏡３０２ｘ，３１２ｘを互いに映し出すような位置に調整される。

【００３２】

カメラ光学要素３１２：シュワルツシルト型の対物鏡を用い、総合的な倍率が１．２になるように焦点距離が選ばれる（これは、設計の本質的特徴ではなく、単に選択されたアレイ検出器３１４について、標本にて与えられた空間分解能が得られるように選択される）。収束光学系における口径食を最小化するため、反射鏡３０８から反射鏡３０９への臨界的な画像化が好ましい。

【００３３】

顕微鏡の観察要素４０２及び光源４００の選択については、それらの設計は自明であり、顕微鏡の所望の構成に依存し、例えば、それは光源４００がスペクトルの可視範囲にわたる照明だけを提供するか、又は、代わりに他の波長にわたって照明するか（例えば、ＵＶ波長）であり、また、観察要素４０２が直接観察（単眼又は双眼）を提供するか、及び／又は、電子画像捕捉（例えば、ビデオキャプチャ）を介した観察を提供するか、である。

【００３４】

標本ステージ１０は、任意の適当な標本ステージの形態を呈する。好ましくは、標本ステージ１０は、焦点面のまわりで二次元に並進し、好ましくは対物光源要素２１８及び／又は対物集光光学要素３０２のビーム軸線まわりで回転できるようにモータで動かされる。

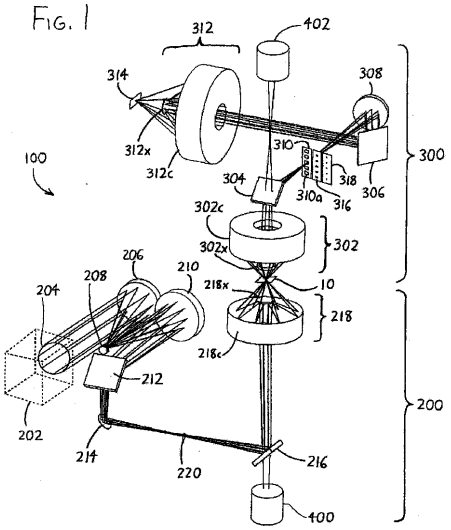
【００３５】

開口アレイ３１０，３１６，３１８などは、任意の適当な方法で、任意の適当な開口サイズ及び形状をもって形成できる。開口３１０ａの寸法は、対物集光要素３０２の倍率と所望の空間分解能とに従って定められ、例えば、対物集光要素３０２が１０倍の倍率で、６ミクロンの空間分解能が望ましいならば、開口３１０ａは６０ミクロンの直径にすべきである。このサイズの開口は、例えば、金属フィルムにエッチングし又はレーザ孔開けすることで形成することができる。開口アレイ３１０，３１６，３１８は、必要なときに、それぞれ手作業で据え付けられ、又は、より好ましい構成においては、モータで動かされるステージを備え、これはユーザが所望の分解能設定にインデックス付けして割り当てることを可能にする。ステージは、図１に示した形態と同様に、開口アレイ３１０，３１６，３１８などを支え、それにより、ステージは所望のアレイが所定位置に配置されるまで並進し、又は、開口アレイは回転可能なステージ上に放射方向に配置され、ユーザがステージを回転させて、所望の分解能設定を達成する。

【００３６】
検出器３１４は、任意の適当な検出器であって、サーモエレクトロンカンティナム XL FT-IR の顕微鏡（米国ウィスコンシン州マディソンにある、Thermo Fisher Scientific Inc.）に使用されているような、テルル化カドミウム水銀（ＭＣＴ）の光導電性の要素のアレイなどである。
【００３７】
広範囲の他の要素、配置距離、及び一般的配置が可能であり、従って、本発明は、図１に示した例示的なものとは異なる広範囲の形態を呈し得ることが強調される。これは、光学要素の省略又は結合の可能性を含み（例えば、配置の便宜上からのみ具備されている、１又は複数の折り畳み式反射鏡２１２，２１４，２１６，３０４，３０６を省略し、及び／又は、３つでなく２つの集束反射鏡２０６，２０８，２１０を用いる）、又は、（例えば、追加的な折り畳み式反射鏡など）光学要素を追加してもよい。さらに、異なるタイプの光学要素を、上述した要素に代えて使用してもよい。すなわち、反射鏡に代えてレンズを用い、異なるタイプのレンズ／反射鏡を使用してもよい（例えば、球面要素に代えて環状要素を使用する）。この点で、“シュワルツシルト型の対物鏡”という用語は、本願の全体にわたって、デュアルの凹面及び凸面の反射鏡のセットを称し、従って、厳密に定義されたときシュワルツシルト型の要素ではないという議論のある光学要素の種を包含することに留意されたい（例えば、カセグレン要素など）。
【００３８】
さらに、分光器１００は、伝達モードの動作を使用する（標本１０を通して伝達された光から発生するスペクトルを伴う）ものとして示されているけれども、同様に（又はこれに代えて）反射モードを用いてもよく、そのために、顕微鏡の観察要素４０２の位置に光源を設けるか、又は、集光側３００のビーム経路に沿ったどこかにダイクロイック反射鏡を挿入しこの反射鏡に光源の入力を設ける。
【００３９】
本発明における口径食減少の特徴は、可変空間分解能の特徴を使用しなくても、実現される。例えば、開口アレイ３１０（並びにカメラ光学要素３１２及び中間要素３０６，３０８）が省略され、対物集光要素３０２を、検出器３１４上に標本１０を画像化するためのカメラ要素として簡単に用いることができる（この場合には、検出器３１４は、図１の開口アレイ３１０の付近の位置に移動される）。同様に、本発明の可変空間分解能の特徴は、口径食減少の特徴なしに実現される。しかしながら、特に、分光器１００の集光側３００にわたって（より一般的には、照明側２００及び集光側３００の両方にわたって）、光学系の限界開口の画像化を保ちながら可変空間分解能が得られるので、本発明のこれらの２つの観点は、組み合わせられると特に有益である。言い換えれば、本発明は、可変空間分解能と抗口径食との間の両立性を可能とするが、これらの特徴は一般的に従来は両立しなかった。
【００４０】
前述した本発明のバージョンは単に例示的であり、本発明はこのバージョンに制限されることを意図していないことを理解されたい。むしろ、本発明の権利範囲は、特許請求の範囲によってのみ制限され、本発明は、特許請求の範囲の範囲内に文言的に又は均等的に含まれる、すべてのバージョンを包含する。
【符号の説明】
【００４１】
１０　標本ステージ
１００　分光器
２００　照明要素
２０２　光源
２０４　光源出力開口
２０６，２０８，２１０　集束反射鏡
２１２，２１４，２１６　反射鏡

２１８　対物光源光学要素
２１８ｃ　凹面反射鏡
２１８ｘ　凸面反射鏡
２２０　焦点
３００　集光要素
３０２　対物集光光学要素
３０２ｃ　凹面反射鏡
３０２ｘ　凸面反射鏡
３０４，３０６　反射鏡
３０８　集束反射鏡
３１０，３１６，３１８　開口アレイ
３１０ａ　開口
３１２　カメラ光学要素
３１２ｃ　凹面反射鏡
３１２ｘ　凸面反射鏡
３１４　検出器
４００　顕微鏡光源
４０２　観察光学要素

【図１】



フロントページの続き

(74)代理人 100098475
弁理士 倉澤 伊知郎
(74)代理人 100130937
弁理士 山本 泰史
(72)発明者 デック フランシス ジェイ
アメリカ合衆国 ウィスコンシン州 ５３７０５ マディソン リージェント ストリート ４８０５

審査官 高橋 亨

(56)参考文献 特表平１０－５１０３６５（ＪＰ，Ａ）
特開平１１－３１６３４４（ＪＰ，Ａ）
特開２００５－１９５６１０（ＪＰ，Ａ）
特開平０７－２８０７３２（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｇ０１Ｎ ２１／００－２１／９５８
Ｇ０２Ｂ １９／００