

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2016-133473

(P2016-133473A)

(43) 公開日 平成28年7月25日(2016.7.25)

(51) Int.Cl. F I テーマコード(参考)
GO 1 N 21/01 (2006.01) GO 1 N 21/01 Z 2 G 0 5 9

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願2015-10131 (P2015-10131)
 (22) 出願日 平成27年1月22日 (2015.1.22)

(71) 出願人 000220343
 株式会社トプコン
 東京都板橋区蓮沼町75番1号
 (74) 代理人 100096884
 弁理士 末成 幹生
 (72) 発明者 湯浅 太一
 東京都板橋区蓮沼町75番1号 株式会社
 トプコン内
 Fターム(参考) 2G059 AA05 BB08 EE02 EE11 FF08
 HH01 JJ03 JJ05 JJ06 JJ11
 JJ14 JJ17 JJ24 KK01 MM10

(54) 【発明の名称】 光学分析装置

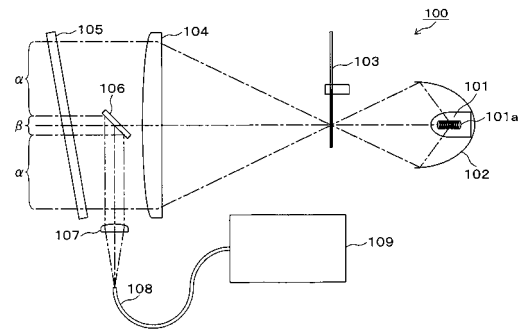
(57) 【要約】

【課題】

シンプルな光学系を用い、高い波長分解能が得られる分光分析装置を得る。

【解決手段】光源であるハロゲンランプ101、ハロゲンランプ101からの光を測定対象物に照射する照射光学系を構成する照射系レンズ104、照射系レンズ104と同軸な位置関係にあり、ハロゲンランプ101と測定対象物の間から検出光を分析部109に導く光学部材であるミラー106、ミラー106を介して受光する光に基づいて測定対象物を構成する材料を分析する分析部である分光器109を備え、ミラー106の位置において、ハロゲンランプ101から測定対象物に向かう光は照射系レンズ104の光軸上の周辺部を通り、分光器109で受光する光は照射系レンズ104の光軸上の中心部を通る。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

光源と、
 前記光源からの光を測定対象物に照射する照射光学系と、
 前記照射光学系と同軸であって、前記光源と前記測定対象物の間から受光部に光を導く光学部材と、
 前記光学部材を介して受光する受光部を有し、該受光部が受光した光に基づいて前記測定対象物を構成する材料を分析する分析部と
 を備え、
 前記光学部材の位置において、
 前記光源から前記測定対象物に向かう光は光軸上の周辺部を通り、
 前記受光する光は光軸上の中心部を通ることを特徴とする光学分析装置。

10

【請求項 2】

光源、前記光源からの光を集光して 2 次光源点を形成する楕円鏡および前記 2 次光源点からの光を測定対象物に照射するレンズ部材を備える照射光学系と、
 前記測定対象物からの光の少なくとも一部を受光し、該受光した光に基づいて前記測定対象物を構成する材料を分析する分析部と、
 前記照射光学系と同軸の位置に配置され、前記測定対象物からの光の少なくとも一部を前記分析部に導くための反射部材と
 を備え、
 前記反射部材で反射する前記測定対象物からの光の光束径が前記照射光学系から照射する照射光の光束径よりも小さいことを特徴とする光学分析装置。

20

【請求項 3】

光源、前記光源からの光を集光して 2 次光源点を形成する楕円鏡、前記 2 次光源点からの光を照射光としてビーム成形するレンズ部材および前記レンズ部材からの前記照射光を測定対象物に向けて反射する反射部材を備える照射光学系と、
 前記測定対象物からの光の少なくとも一部を受光し、該受光した光に基づいて前記測定対象物を構成する材料を分析する分析部と
 を備え、
 前記反射部材の中心部は、前記測定対象物からの光が通過する構造を有し、
 前記反射部材の中心部を通過した前記測定対象物からの光が前記分析部で受光されることを特徴とする光学分析装置。

30

【請求項 4】

前記光源がフィラメントを用いた発光を行うことを特徴とする請求項 1 ~ 3 の何れか一項に記載の光学分析装置。

【請求項 5】

前記光源が波長 $0.9 \mu\text{m} \sim 2.5 \mu\text{m}$ の光を発するハロゲンランプまたはハロゲンヒータであることを特徴とする請求項 1 ~ 4 のいずれか一項に記載の光学分析装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

40

【0001】

本発明は、分光計測を行う技術に関する。

【背景技術】

【0002】

コンクリートに近赤外光を照射し、その反射光を分析することで、当該コンクリートの劣化等を診断する技術が知られている（例えば、特許文献 1 を参照）。この技術は、例えばトンネル内壁、橋梁のコンクリート部分、コンクリート壁、その他コンクリート製の建築物や工作物等を対象に行われる。

【先行技術文献】

【特許文献】

50

【 0 0 0 3 】

【特許文献 1】特開 2 0 0 0 - 1 4 7 7 9 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 4 】

この技術では、以下の条件を満たす光源が必要となる。

- (1) 波長 $0.9 \mu\text{m} \sim 2.5 \mu\text{m}$ 程度の近赤外光を発光する。
- (2) 光源から被計測点までの距離が 10m 程度あっても診断が可能な光量が得られる。
- (3) 野外での使用が前提であるので、温度変化等に対して安定性がある。

上記の条件を満たす光源としては、ハロゲンランプまたはハロゲンヒータが挙げられる

10

【 0 0 0 5 】

また、野外での使用やコストを考えると、光学系が簡素な構造で、且つ、特別な部品を必要としないことが要求される。また、当該技術では、分光計測により診断を行うので、診断の精度を上げるために高い波長分解能を得る必要がある。

【 0 0 0 6 】

このような背景において、本発明は、シンプルな光学系を用い、高い波長分解能が得られる分光分析装置を得ることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 7 】

20

請求項 1 に記載の発明は、光源と、前記光源からの光を測定対象物に照射する照射光学系と、前記照射光学系と同軸であって、前記光源と前記測定対象物の間から受光部に光を導く光学部材と、前記光学部材を介して受光する受光部を有し、該受光部が受光した光に基づいて前記測定対象物を構成する材料を分析する分析部とを備え、前記光学部材の位置において、前記光源から前記測定対象物に向かう光は光軸上の周辺部を通り、前記受光する光は光軸上の中心部を通ることを特徴とする光学分析装置である。

【 0 0 0 8 】

請求項 2 に記載の発明は、光源、前記光源からの光を集光して 2 次光源点を形成する楕円鏡および前記 2 次光源点からの光を測定対象物に照射するレンズ部材を備える照射光学系と、前記測定対象物からの光の少なくとも一部を受光し、該受光した光に基づいて前記測定対象物を構成する材料を分析する分析部と、前記照射光学系と同軸の位置に配置され、前記測定対象物からの光の少なくとも一部を前記分析部に導くための反射部材とを備え、前記反射部材で反射する前記測定対象物からの光の光束径が前記照射光学系から照射する照射光の光束径よりも小さいことを特徴とする光学分析装置である。

30

【 0 0 0 9 】

請求項 3 に記載の発明は、光源、前記光源からの光を集光して 2 次光源点を形成する楕円鏡、前記 2 次光源点からの光を照射光としてビーム成形するレンズ部材および前記レンズ部材からの前記照射光を測定対象物に向けて反射する反射部材を備える照射光学系と、前記測定対象物からの光の少なくとも一部を受光し、該受光した光に基づいて前記測定対象物を構成する材料を分析する分析部とを備え、前記反射部材の中心部は、前記測定対象物からの光が通過する構造を有し、前記反射部材の中心部を通過した前記測定対象物からの光が前記分析部で受光されることを特徴とする光学分析装置である。

40

【 0 0 1 0 】

請求項 4 に記載の発明は、請求項 1 ~ 3 のいずれか一項に記載の発明において、前記光源がフィラメントを用いた発光を行うことを特徴とする。

【 0 0 1 1 】

請求項 5 に記載の発明は、請求項 1 ~ 4 のいずれか一項に記載の発明において、前記光源が波長 $0.9 \mu\text{m} \sim 2.5 \mu\text{m}$ の光を発するハロゲンランプまたはハロゲンヒータであることを特徴とする。

【発明の効果】

50

【 0 0 1 2 】

本発明によれば、シンプルな光学系を用い、高い波長分解能が得られる分光計測装置が得られる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 1 3 】

【 図 1 】 実施形態の概念図である。

【 図 2 】 実施形態の概念図である。

【 図 3 】 実施形態の概念図である。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 1 4 】

図 1 には、分光計測装置 1 0 0 が示されている。分光計測装置 1 0 0 は、ハロゲンランプ 1 0 1、楕円鏡 1 0 2、光チョッパー 1 0 3、照射系レンズ 1 0 4、窓ガラス 1 0 5、ミラー 1 0 6、受光系レンズ 1 0 7、受光ファイバ 1 0 8 および分光器 1 0 9 を備えている。

10

【 0 0 1 5 】

ハロゲンランプ 1 0 1 は、フィラメント 1 0 1 a に通電することにより、波長 $0.9 \mu\text{m} \sim 2.5 \mu\text{m}$ 程度の近赤外光を含む帯域の光を発光する。ここでは、光源としてハロゲンランプを用いる例を示すが、光源としてハロゲンヒータを用いることもできる。ハロゲンヒータは、通電時のフィラメントから生じる輻射熱を用いる目的のものであるが、輻射熱の放射時に波長 $0.9 \mu\text{m} \sim 2.5 \mu\text{m}$ の近赤外光が得られるので、本発明の光源として用いることができる。

20

【 0 0 1 6 】

楕円鏡 1 0 2 は、ハロゲンランプ 1 0 1 からの光を光チョッパー 1 0 3 の位置（2次光源位置）に集光する。光チョッパー 1 0 3 は、被計測点に向けて照射されるハロゲンランプ 1 0 1 からの光を特定の周波数でチョッピングする。光チョッパー 1 0 3 を通すことで、被計測点に照射される照射光が特定の周波数の断続光となる。

【 0 0 1 7 】

この例において、光チョッパー 1 0 3 は、1次光源であるハロゲンランプ 1 0 1 に対する2次光源の位置にある。この2次光源である光チョッパー 1 0 3 の位置における光源サイズ（光束径）は、10 mm 程度のぼやけた点像となる。これは、以下の理由による。まず、フィラメント 1 0 1 a は立体的な形状を有しており、点光源でないため、その発光成分の中には平行光とならない成分も多い。このため、フィラメント 1 0 1 a からの発光を楕円鏡で集光しても一点に集光せず、2次光源位置でぼやけた点像（結果として10 mm 径程度の点像）となる。

30

【 0 0 1 8 】

照射系レンズ 1 0 4 は、光チョッパー 1 0 3 でチョッピングされた照射光を被計測点に向けての照射光にビーム成形する。照射系レンズ 1 0 4 の径は、例えば $\phi = 12.5 \text{ mm}$ 程度のものが採用される。照射系レンズ 1 0 4 は、受光系レンズ 1 0 7 に比較して相対的に長焦点距離の高 NA レンズ（相対的に大有効径）である。照射系レンズ 1 0 4 は、その焦点の位置が 2 ~ 10 m 先となるように設定されている。後述するように、分光計測装置 1 0 0 では、光源がフィラメント 1 0 1 a による発光であることに起因して、照射系光学系の焦点位置精度は厳密でなくてよい。よって、照射系光学系の焦点位置は、想定される最大計測距離に大凡合わせた値とすればよい。もちろん、被計測点との距離に応じて照射系レンズ 1 0 4 の位置を可変できる構造としてもよい。

40

【 0 0 1 9 】

窓ガラス 1 0 5 は、光学系を外部から保護する。窓ガラス 1 0 5 は、ハロゲンランプ 1 0 1 から発生する波長 $0.9 \mu\text{m} \sim 2.5 \mu\text{m}$ 程度の近赤外光に対する透過率が高い材質で構成されている。

【 0 0 2 0 】

ミラー 1 0 6 は、被計測点で反射された照射光（以下、検出光）を受光系レンズ 1 0 7

50

に向けて反射する平面鏡である。ミラー 106 は、被計測点からの検出光を照射系レンズ 104 の光軸に対して 90° 異なる方向に反射する。ミラー 106 は、照射系レンズ 104 の光軸中心の位置に配置されており、照射系レンズ 104 と同軸な位置関係を有している。ミラー 106 により、被計測点への照射光と同じ光軸上を戻ってきた検出光が当該光軸と 90° 異なる方向（受光系レンズ 107 の方向）に反射される。被計測点の方向から見たミラー 106 の見かけの面積は、照射系レンズ 104 の 1.5% 程度に設定されている。

【0021】

なお、ミラー 106 の光軸は、測定対象点とミラー 106 の中心を結ぶ第 1 の光軸と、受光系レンズ 107 の光軸と一致する第 2 の光軸とがある。上記の同軸構造というのは、ミラー 106 に係る上記の第 1 の光軸と照射系レンズ 104 の光軸とが同軸関係にあることをいっている。受光系レンズ 107 は、相対的に短焦点距離の小 NA（相対的に有効径小）のレンズであり、ミラー 106 で反射された検出光を受光ファイバ 108 に導く。受光系レンズ 107 の焦点の位置に受光ファイバ 108 の入射位置がくるように、受光系レンズ 107 と受光ファイバ 108 の位置関係が設定されている。

10

【0022】

受光ファイバ 108 は、光ファイバであり、そのファイバ径は、例えば 0.6 mm 程度以下のものが用いられている。分光器 109 は、受光ファイバ 108 を介して入力される検出光を分光解析し、被計測点の材質に係る情報を得る。分光器 109 としては、回折格子、プリズム、LVF（リニア・パリアブル・フィルタ）で検出光を分光する形式、光学フィルタで複数の波長帯域を得る形式等が利用できる。また、分光器 109 で用いる光検出素子として、APD（アパランシェ・フォトダイオード）やラインセンサ等の各種の検出素子を利用することができる。

20

【0023】

分光器 109 で行われる処理は、特開 2000-14779 号公報やその他公知技術として知られている方法を用いて行われる。以下、分光器 109 で行われる基本的な処理の原理について簡単に説明する。まず、事前に組成や材質の明確な基準試料を用いて特定スペクトルの近赤外光を照射した際の検出光のスペクトル情報を得る。このスペクトル情報はデジタルデータとして分光器 109 内のメモリに記憶される。計測に当たっては、検出光から得られたスペクトル情報と上記の事前に得たスペクトル情報とを照合し、被計測点の状態についての評価を行う。

30

【0024】

分光計測装置 100 では、照射系レンズ 104 に対して形状の小さいミラー 107 を用いているが、それは以下の理由による。まず、波長分解能を確保するためには、受光系レンズ 107 の NA は小さい程よい。これは、受光系レンズ 107 の NA が大きくなると受光レンズ 107 で生じる収差の影響が顕在化するからである。他方で受光レンズ 107 の焦点距離を長くすると、装置が大型化するので、受光レンズ 107 の焦点距離は短焦点であることが望まれる。また、受光レンズ 107 の NA が一定の場合、レンズ径を大きくしても受光光量はほとんど増えない。

【0025】

以上のことから、受光レンズ 107 は、小さく設計することができて、ミラー 106 の大きさは、受光レンズ 107 の径に対応するので、結果的にミラー 106 の面積を小さく設定することになる。

40

【0026】

他方で照射系レンズ 104 は、光源から取り込む光束を増やすため、高 NA の相対的に大径であり、また、遠距離での光束径を小さく絞った方が、受光光量が少なくなる遠距離での受光効率を上げることができるため、長焦点のものを採用している。この結果、照射系レンズ 104 に対してミラー 106 を小さくし、照射系レンズ 104 とミラー 106 を同軸配置とした構造が得られる。この構造では、照射光とミラー 106 で反射される検出光は光軸が共有され、照射光は照射系レンズ 104 の光軸の周辺部を通り、ミラー 106

50

で反射される検出光は、当該光軸上の中心部を通る。

【0027】

以上述べたように、分光計測装置100は、光源であるハロゲンランプ101と、ハロゲンランプ101からの光を測定対象物に照射する照射光学系を構成する照射系レンズ104と、照射系レンズ104と同軸な位置関係にあり、ハロゲンランプ101と測定対象物の間から検出光を分析部109に導く光学部材であるミラー106と、ミラー106を介して受光する光に基づいて測定対象物を構成する材料を分析する分析部である分光器109とを備え、ミラー106の位置において、ハロゲンランプ101から測定対象物に向かう光は照射系レンズ104の光軸上の周辺部を通り、分光器109で受光する光は照射系レンズ104の光軸上の中心部を通る構成を有する。

10

【0028】

また、分光計測装置100は、光源であるハロゲンランプ101、光源からの光を集光して2次光源点を形成する楕円鏡102および前記2次光源点からの光を測定対象物に照射するレンズ部材である照射系レンズ104を備える照射光学系と、測定対象物からの光の少なくとも一部を受光し、該受光した光に基づいて前記測定対象物を構成する材料を分析する分析部である分光器109と、照射光学系と同軸の位置に配置され、測定対象物からの光の少なくとも一部を分光器109に導くための反射部材であるミラー106とを備え、ミラー106で反射する測定対象物からの光の光束径が照射系レンズ104を構成する照射光学系から照射する照射光の光束径よりも小さい。

【0029】

20

(動作)

ハロゲンランプ101からの光は、楕円鏡102で反射され、光チョッパー103の位置で集光する。この光は、光チョッパー103でチョッピングされ、照射系レンズ104で被計測点に集光する光束となり、被計測点に向けて照射される。被計測点からの反射光は、ミラー106で反射され、受光系レンズ107を介して検出光として受光ファイバ108に導かれる。受光ファイバ108に導かれた検出光は、分光器109に導かれ、分光器109では、検出光が分光解析され、被計測点の組成や材質の解析および評価が行われる。この解析および評価により、例えばコンクリート壁面の劣化の状態が診断される。

【0030】

例えば、コンクリートが組成の変質や脆くなる等の材質の変化で劣化した際、この変化を検出光のスペクトル情報を調べることで知ることができる。

30

【0031】

(優位性)

上述したように、フィラメント101aからの発光に起因して、照射系レンズ104の焦点の位置における照射光は、ある程度の大きさを有するぼやけた点像となる。この傾向は、照射系レンズ104の焦点の位置の前後においても見られる。すなわち、照射光の焦点は、照射系レンズ104の焦点の位置で明確な点像とならないが、光軸上の前後においても像の状態は大きく変化しない。言い換えると、照射光の焦点が明確でなく、光軸上のある程度の範囲において照射光のシャープでない結像が生じる。

【0032】

40

このため、照射系レンズ104の焦点位置の設定は、大凡で良く、被計測点までの距離が多少変化しても受光光量がほとんど変化しないため計測への影響は小さい。よって、固定焦点であっても実用上問題なく分光計測を行うことができる。この固定焦点で良いことは、光学系を簡素化できる優位性にもつながる。

【0033】

また、ミラー106を照射系レンズ104と同軸配置することで、光学系の構造の簡素化および小型化を実現しているが、照射系レンズ104を相対的に大口径とし、受光系レンズ107を相対的に小口径とすることで、ミラー107も小さくでき、ミラー107での照射光のケラレを抑えることができる。ここで、「ケラレ」というのは、照射系レンズ104から被計測点に向けて照射される光がミラー107で邪魔され、被計測点からの反

50

射光の検出に支障が出る現象のことという。

【0034】

上述したように、本実施形態では、フィラメント101aからの発光に平行光とならない成分が多く含まれるため、照射系レンズ104の側から見て、平行光においてミラー106の影となる部分からの反射光も得られ、被計測点までの距離が数10cmと近くても上記のケラレの影響が出難い。

【0035】

図1に示す光学系は、高い波長分解能が得られる上に、部品点数が少なく簡素が構成であり、更に小型化できる優位性がある。

【0036】





(他の例)

図2には、図1とは異なる光学系の構成を有する分光計測装置200が示されている。分光計測装置200は、ミラー106を照射系レンズ104の光源側に配置し、図1の窓ガラス105を省いた構成を有している。その他の構成は、図1の分光計測装置100と同じである。

【0037】

図3には、光源であるハロゲンランプ101、ハロゲンランプ101からの光を集光して2次光源点を形成する楕円鏡102、2次光源点からの光を照射光としてビーム成形するレンズ部材である照射系レンズ104および照射系レンズ104からの照射光を測定対象物に向けて反射する反射部材であるミラー301を備える照射光学系と、測定対象物からの光の少なくとも一部を受光し、該受光した光に基づいて前記測定対象物を構成する材料を分析する分析部である分光器109とを備え、ミラー301の中心部は、測定対象物からの光の全部または一部が通過する構造を有し、ミラー301の中心部を通過した測定対象物からの光が分光器109で受光される構造の分光計測装置300が示されている。

【0038】

分光計測装置300では、光源であるハロゲンランプ101からの照射光は、照射系レンズ104を通して、ミラー301で反射され、測定対象物に向かって照射される。ミラー301は、で示される中央の部分を検出光(検出対象となる近赤外光)が通過するように、で示される部分が近赤外光を透過する材質で構成された構造、あるいはで示される部分に孔が開いている構造を有している。測定対象物からの反射光は、で示される中央の部分を通り、受光系レンズ107に至る。

【0039】

照射系の光学系と受光系の光学系の同軸構造は、完全な同軸構造でなく、両者の軸が多少ずれていても構わない。利用する波長は、0.9μm以下や2.5μm以上であってもよい。また、光源に関しては、比較的大きな発光面積を有する光源であれば、フィラメントを用いた光源でなくても本発明で利用可能である。計測の対象は、コンクリートに限定されず、木材、植物、食品、セラミックス、金属、各種の建材等であってもよい。

【符号の説明】

【0040】

100...分光計測装置、101...ハロゲンランプ(またはハロゲンヒータ)、101a...フィラメント、102...楕円鏡、103...光チョッパー、104...照射系レンズ、105...窓ガラス、106...ミラー、107...受光系レンズ、108...光ファイバ、109...分光器、200...分光計測装置、300...分光計測装置、301...ミラー。

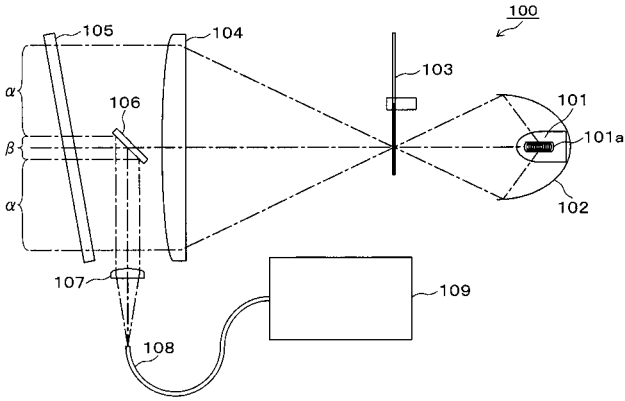
10

20

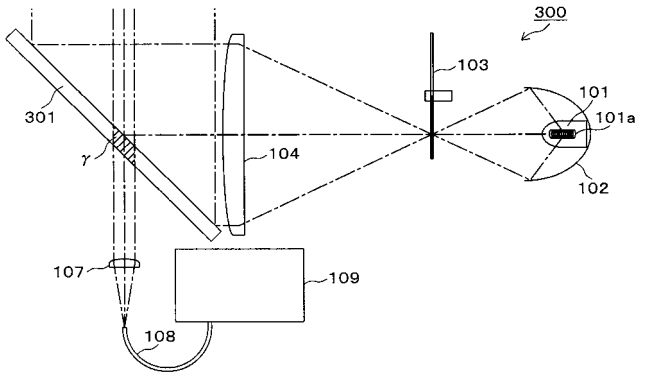
30

40

【 図 1 】



【 図 3 】



【 図 2 】

