

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第3987940号  
(P3987940)

(45) 発行日 平成19年10月10日(2007.10.10)

(24) 登録日 平成19年7月27日(2007.7.27)

(51) Int. Cl.

G O 1 N 21/63 (2006.01)

F I

G O 1 N 21/63

A

請求項の数 18 (全 11 頁)

(21) 出願番号	特願2005-35857 (P2005-35857)	(73) 特許権者	504145283
(22) 出願日	平成17年2月14日 (2005.2.14)		国立大学法人 和歌山大学
(65) 公開番号	特開2006-220596 (P2006-220596A)		和歌山県和歌山市栄谷930番地
(43) 公開日	平成18年8月24日 (2006.8.24)	(74) 代理人	100147485
審査請求日	平成17年2月23日 (2005.2.23)		弁理士 杉村 憲司
		(74) 代理人	100072051
			弁理士 杉村 興作
		(74) 代理人	100101096
			弁理士 徳永 博
		(74) 代理人	100114292
			弁理士 来間 清志
		(74) 代理人	100107227
			弁理士 藤谷 史朗
		(74) 代理人	100119530
			弁理士 富田 和幸

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 元素分析方法、及び元素分析用試料

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

元素分析を行うべき試料に対してレーザ光を照射し、前記試料の、前記レーザ光の照射面において発光柱を形成する工程と、

前記発光柱の発光スペクトルを得、この発光スペクトル内の、前記試料を構成する元素に起因した発光ピークより、前記試料を構成する元素の分析を行う工程とを具備、

前記試料のレーザ光出力エンハンスメント効果として前記レーザ光の吸収能を利用するに際し、前記試料の表面にレーザ光吸収物質を付着させ、前記試料を構成する前記元素の分析時間を短縮化することを特徴とする、元素分析方法。

【請求項2】

前記レーザ光吸収物質は炭素粒子であることを特徴とする、請求項1に記載の元素分析方法。

【請求項3】

前記試料のレーザ光出力エンハンスメント効果として前記試料の表面プラズモン効果を調節することにより、前記試料を構成する前記元素の分析時間を制御することを特徴とする、請求項1に記載の元素分析方法。

【請求項4】

前記表面プラズモン効果を増大させることにより、前記試料を構成する前記元素の分析時間を短縮化することを特徴とする、請求項3に記載の元素分析方法。

【請求項5】

10

20

前記表面プラズモン効果の増大は、前記試料の表面に対して金属粒子を付着させることによって実施することを特徴とする、請求項4に記載の元素分析方法。

【請求項6】

前記炭素粒子又は前記金属粒子の粒径は、前記レーザー光の波長よりも小さいことを特徴とする、請求項2又は5に記載の元素分析方法。

【請求項7】

前記試料の分析に供すべき前記元素は、金属元素であることを特徴とする、請求項1～6のいずれか一に記載の元素分析方法。

【請求項8】

前記試料は水分を含有することを特徴とする、請求項1～7のいずれか一に記載の元素分析方法。 10

【請求項9】

前記試料は植物であることを特徴とする、請求項8に記載の元素分析方法。

【請求項10】

前記レーザー光の強度を調節して、前記試料を構成する前記元素の分析時間を制御することを特徴とする、請求項1～9のいずれか一に記載の元素分析方法。

【請求項11】

前記レーザー光の強度を増大させて、前記試料を構成する前記元素の分析時間を短縮化することを特徴とする、請求項10に記載の元素分析方法。

【請求項12】

前記試料に対する前記レーザー光の照射以前に、前記試料に対して加熱処理を施すことを特徴とする、請求項1～11のいずれか一に記載の元素分析方法。 20

【請求項13】

レーザー照射によるアブレーションに起因する発光柱の発光スペクトル分析に基づく試料の元素分析において、前記試料のレーザー光出力エンハンスメント効果として前記レーザー光の吸収能を利用するに際し、前記試料の表面にレーザー光吸収物質を付着させ、前記試料を構成する前記元素の分析時間を短縮化することを特徴とする、元素分析用試料。

【請求項14】

前記レーザー光吸収物質は炭素粒子であることを特徴とする、請求項13に記載の元素分析用試料。 30

【請求項15】

前記試料のレーザー光出力エンハンスメント効果として前記試料の表面プラズモン効果を調節することにより、前記試料を構成する前記元素の分析時間を制御することを特徴とする、請求項13に記載の元素分析用試料。

【請求項16】

前記表面プラズモン効果を増大させることにより、前記試料を構成する前記元素の分析時間を短縮化することを特徴とする、請求項15に記載の元素分析用試料。

【請求項17】

前記試料の表面に対して金属粒子を付着させることによって、前記表面プラズモン効果を増大させるように構成したことを特徴とする、請求項16に記載の元素分析用試料。 40

【請求項18】

前記炭素粒子又は前記金属粒子の粒径は、前記レーザー光の波長よりも小さいことを特徴とする、請求項14又は17に記載の元素分析用試料。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、元素分析方法、及び元素分析用試料に関する。

【背景技術】

【0002】

環境を保全するためには大気汚染、水質汚染、土壌汚染など環境問題を引き起こす物質 50

の高感度な検出と、それらの分析を現場（オンサイト）で迅速に計測することが必要となる。またバイオ関連分野においても、機能発現に金属イオンを必要とするタンパク質が数多くあることや、金属イオンは、細胞内信号伝達やイオンチャネルなど様々な細胞機能において重要な鍵を握ることから、その動態把握は細胞の機能の解明にとって必須であり、その極微量な定量的分析が望まれている。

【0003】

現在、元素検出には原子吸光分析装置が用いられている。しかしながらこの装置自体が大掛かりでありオンサイト（現場）で分析できない。また、試料の準備に関しても手順が煩雑であり、迅速な分析は不可能で適切な処理が遅れてしまうという大きな問題もある。また、前記原子吸光分析装置では数元素の同時計測が可能であるものの、装置が大きく分

10

【0004】

かかる観点より、今後ますます重要となる環境保全やバイオ関連分野において、試料中の極微量の金属元素をオンサイトで高感度に分析できる携帯可能なシステムの開発が望まれている。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

本発明は、試料中の極微量の元素をオンサイトで高感度に分析できる元素分析方法、及び元素分析用試料を提供することを目的とする。

20

【課題を解決するための手段】

【0006】

上記目的を達成すべく、本発明は、  
元素分析を行うべき試料に対してレーザー光を照射し、前記試料の、前記レーザー光の照射面において発光柱を形成する工程と、  
前記発光柱の発光スペクトルを得、この発光スペクトル内の、前記試料を構成する元素に起因した発光ピークより、前記試料を構成する元素の分析を行う工程と、  
を具えることを特徴とする、元素分析方法に関する。

【0007】

また、本発明は、  
レーザー照射によるアブレーションに起因する発光柱の発光スペクトル分析に基づく試料の元素分析において、前記試料のレーザー光出力エンハンスメント効果として前記レーザー光の吸収能を利用するに際し、前記試料の表面にレーザー光吸収物質を付着させ、前記試料を構成する前記元素の分析時間を短縮化することを特徴とする、元素分析用試料に関する。

30

【0008】

本発明者らは、上記目的を達成すべく鋭意検討を実施した。その結果、元素分析に供する試料の表面に対して、所定強度のレーザー光を照射すると、前記試料表面の原子間結合が断ち切れ、前記試料表面にブルームと呼ばれる発光柱が発生することを見出した。図1にその原理図を示す。図1(a)に示すように、試料の表面にレーザー光を照射すると、試料表面の、レーザー光の照射部分の原子間結合が断ち切れ（アブレーション）、図1(b)

40

【0009】

前記発光柱は、前記試料内に含まれる元素に起因して特有の発光を呈するとともに、前記試料と同一の元素成分組成を有する。したがって、分光器などを介してスペクトル化してCCDなどの撮像装置で検出すると、得られた発光スペクトル中には、所定の元素に起因した発光ピークが出現する。前述したように、前記発光柱の元素成分組成は前記試料の元素成分組成と同じであるので、前記発光柱の前記発光スペクトルにおける発光ピークから元素成分を（定性的及び/又は定量的に）特定することにより、前記試料の元素成分を間接的に（定性的及び/又は定量的に）特定できることになる。

【0010】

50

本発明によれば、分析に供すべき試料の元素成分を発光スペクトルにおける、元素固有の発光ピークから定性及び定量しているため、極めて高精度な元素分析を行うことができる。

【0011】

また、上述した元素分析方法に基づき、その装置を、例えばレーザー光源、CCDタイプのマルチチャンネル分光器、並びにスペクトル表示及び解析などのためのPCなどからのみ構成することができる。したがって、装置全体の構成を極めて簡易化及び小型化することができ、携帯可能でオンサイトの元素分析が可能となる。

【0012】

なお、本発明の好ましい態様においては、元素分析に使用する前記レーザー光の強度を調節して前記試料の元素分析時間を制御する。具体的には、前記レーザー光の強度を増大させることによって、前記発光柱を短時間で生成できるようになり、前記レーザー光の強度を減少させることにより、前記発光柱の生成に長時間を要するようになる。したがって、短時間で元素分析を行うようにするには、前記レーザー光の強度を増大させることが好ましい。但し、前記レーザー光の強度の上限は、あくまで前記試料の表面の原子間結合を断ち切り、いわゆるアブレーションを生ぜしめる範囲内で設定する必要がある。

10

【0013】

また、本発明の他の好ましい態様においては、前記試料の、レーザー光出力エンハンスメント効果を調節することにより、前記試料を構成する前記元素の分析時間を制御する。例えば、前記試料の表面にレーザー光吸収物質を付着させたり、その付着割合を変化させたりすることによって、レーザー光の吸収能を調節し、前記試料を構成する前記元素の分析時間を制御するようにすることができる。したがって、前記レーザー光吸収物質の付着割合を増大させれば、前記試料のレーザー光吸収能が増大するので、分析時間を短縮化することができる。

20

【0014】

また、前記レーザー光出力エンハンスメント効果として、前記試料の表面プラズモン効果を利用することができる。前記表面プラズモン効果は、例えば微細な金属粒子に対してレーザー光などが照射されることにより、前記金属粒子の自由電子の振動により表面に生じる振動モードと、光の電磁場とが局所的にカップリングし、電磁場が増強される効果をいう。したがって、前記試料表面に前記金属粒子などを付着することにより、前記表面プラズモン効果に起因し、増強された電磁場と、前記レーザー光とが何らかの原因で相互作用する(と推定される)ことに起因して、前記発光柱を短時間のレーザー光照射で生成することができ、元素分析に供する時間を短縮化することができる。

30

【0015】

なお、前記試料が植物などの水分を含有すると、前記レーザー光の照射によって前記発光柱を生成するのに長時間を要するようになるため、上記レーザー光の強度増大による元素分析及び上記レーザー光出力エンハンスメント効果を利用した元素分析は特に前記試料が水分を含有する場合に有効である。

【0016】

また、前記試料が水分を含有する場合、上述したレーザー光出力エンハンスメント効果を利用するのみならず、前記レーザー光の照射以前に前記試料に対して加熱処理を施し、前記試料中の水分を予め蒸発させておくことによっても、元素分析に供する時間を短縮化することができる。

40

【発明の効果】

【0017】

以上説明したように、本発明によれば、試料中の極微量の元素をオンサイトで高密度に分析できる元素分析方法、及び元素分析用試料を提供することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0018】

以下、本発明の詳細、その他の特徴及び利点について、最良の形態に基づいて説明する

50

。

## 【 0 0 1 9 】

図 2 は、本発明の元素分析装置の一例における構成を概略的に示す構成図である。図 2 に示す元素分析装置 1 0 は、レーザ光源 1 1 と、元素分析に供する試料 S を支持するための試料台 1 2 と、集光用レンズ（又は光学系）1 3 と、光ファイバ型のマルチチャンネル分光器 1 4 と、P C 1 5 とを具えている。

## 【 0 0 2 0 】

レーザ光源 1 1 は任意のものを使用することができる。例えば、C W 発振 L D（レーザダイオード）励起型の Y A G レーザや Q C W 発振 L D 励起型の Y A G レーザなどを用いることができる。これらのレーザ光源は比較的安価であって、高出力のレーザ光を生成及び発振することができる。但し、本発明においては、公知かつ実用化されている任意のレーザ光源を使用することができる。また、必要に応じて、電気化学効果を利用したポッケルセル及び偏光ビームスプリッタで構成される Q スイッチシステムを組み込んで、パルスレーザ化することもできる。

10

## 【 0 0 2 1 】

なお、例示した 2 つの Y A G レーザの内、後者の方がより高出力のレーザ光を生成及び発振することができる。

## 【 0 0 2 2 】

また、集光用レンズについても市販のものを用いることができる。集光用レンズは小型であるので、本発明の光ファイバへの集光光学系として用いることにより、図 2 に示す装置全体の構成を小型化することができる。さらに、光ファイバ型のマルチチャンネル分光器 1 4 及び P C 1 5 も市販のものを用いることができる。以下に詳述するように、P C 1 5 は、得られた発光スペクトルを表示するとともに、予め蓄積されたデータに基づいて、前記発光スペクトルにおける発光ピークから、元素分析（定性及び定量）を自動的に行うものである。

20

## 【 0 0 2 3 】

図 2 に示す装置においては、集光用レンズ 1 3、分光器 1 4 及び P C 1 5 が分析手段を構成する。

## 【 0 0 2 4 】

図 2 に示す装置 1 0 を用いた元素分析は以下に示すようにして実施する。最初に、試料台 1 2 上に元素分析に供すべき試料 S を、例えば図示しない治具などを用いて固定する。次に、レーザ光源 1 1 より、所定強度のレーザ光 B を試料 S に向けて照射する。すると、試料 S の表面部分で原子間結合が断ち切れ（アブレーション）、ブルームと呼ばれる発光柱 E が発生する。発光柱 E は、集光用レンズ 1 3 によって集光され、集光された光は分光器 1 4 へと送られる。ここで、前記集光された光は分光処理を受けてスペクトル化され、発光柱 E の発光スペクトルが得られる。

30

## 【 0 0 2 5 】

前記発光スペクトルは電気信号として P C 1 5 へ送られ、前記発光スペクトルがその画面上に描写されるとともに、予め蓄積されたデータに基づいて、前記発光スペクトルにおける発光ピークから元素分析（定性及び定量）を自動的に行う。

40

## 【 0 0 2 6 】

前記発光スペクトルは発光柱 E に関するものであるが、発光柱 E の元素成分組成は試料 S の元素成分組成と同じであるので、発光柱 E の前記発光スペクトルにおける発光ピークから元素成分を（定性的及び / 又は定量的に）特定することにより、前記試料の元素成分を間接的に（定性的及び / 又は定量的に）特定できることになる。

## 【 0 0 2 7 】

なお、本発明の好ましい態様によれば、レーザ光 B の強度を調節して試料 S の元素分析時間を制御することができる。具体的には、レーザ光 B の強度を増大させることによって、発光柱 E を短時間で生成できるようになり、レーザ光 B の強度を減少させることにより、発光柱 E の生成に長時間を要するようになる。したがって、短時間で元素分析を行うよ

50

うにするには、レーザ光Bの強度を増大させることが好ましい。

【0028】

この場合、所望する強度のレーザ光Bが得られるように、レーザ光源11を適宜最適なものから構成する。上述した2つのYAGレーザでは、QCW発振LD励起型のYAGレーザからのレーザ光強度が、CW発振LD励起型のYAGレーザからのレーザ光強度よりも高いので、元素分析の時間を短縮化するためには、後者のYAGレーザを使用する。但し、前記レーザ光の強度の上限は、あくまで前記試料の表面の原子間結合を断ち切り、いわゆるアブレーションを生ぜしめる範囲内で設定する必要がある。

【0029】

また、本発明の他の好ましい態様においては、試料Sのレーザ光出力エンハンスメント効果を利用して、試料Sの元素分析を行う。前記レーザ光出力エンハンスメント効果としては、試料Sのレーザ光の吸収能及び表面プラズモン効果を利用することができる。

10

【0030】

前記レーザ光の吸収能は、試料Sの表面にレーザ光吸収物質を付着させたり、その付着割合を変化させたりすることによって調節することができる。したがって、前記レーザ光吸収物質の付着割合を増大させれば、前記試料のレーザ光吸収能が増大するので、短時間のレーザ照射で発光柱Eを生成することができ、試料Sの元素分析を短時間化することができる。

【0031】

また、前記表面プラズモン効果は、例えば微細な金属粒子に対してレーザ光などが照射されることにより、前記金属粒子の自由電子の振動により表面に生じる振動モードと、光の電磁場とが局所的にカップリングし、電磁場が増強される効果をいう。したがって、試料S表面に前記金属粒子などを付着することにより、前記表面プラズモン効果に起因し、増強された電磁場と、前記レーザ光とが何らかの原因で相互作用する(と推定される)ことに起因して、短時間のレーザ照射で発光柱Eを生成することができ、試料Sの元素分析を短時間化することができる。

20

【0032】

レーザ光の吸収能の制御は、試料Sの表面にレーザ光吸収物質、例えば炭素粒子を付着させることによって行う。表面プラズモン効果の制御は、試料Sの表面に微細な金属粒子を付着させることによって行う。前記金属粒子としては、金粒子及び銀粒子が好ましく、特に銀粒子が好ましい。上述した炭素粒子又は金属粒子を試料Sの表面に付着させると、前記レーザ光の吸収能又は前記表面プラズモン効果は増大する。

30

【0033】

なお、前記レーザ光吸収能及び前記表面プラズモン効果を十分に得るためには、試料Sの表面に付着させる前記粒子の大きさを、レーザ光Bの波長よりも小さくする。

【0034】

本発明の元素分析に供すべき試料Sは、レーザ光照射によって発光柱が生成するようなものであれば特に限定されない。例えば、大気汚染、水質汚染、土壌汚染など環境問題を調査すべく植物や、バイオ関連分野における人間あるいは動物などの組織、さらには、一般の製品や部品とすることができる。このような試料の内、例えば植物などの試料においては水分を含有するために、前記レーザ光の照射によって前記発光柱を生成するのに長時間を要するようになる。したがって、上記レーザ光Bの強度増大による元素分析及び上記表面プラズモン効果を利用した元素分析は特に試料Sが水分を含有する場合に有効である。

40

【0035】

なお、試料Sが水分を含有する場合、上述した表面プラズモン効果を利用するのみならず、レーザ光Bの照射以前に試料Sに対して加熱処理を施し、試料S中の水分を予め蒸発させておくことによって、元素分析に供する時間を短縮化することができる。但し、加熱処理には長時間を要することが多いため、加熱処理を含めた全体の元素分析時間は長時間化する傾向がある。

50

## 【0036】

また、上述した装置及び方法によれば、試料S内の任意の元素を分析（定性及び定量）できるが、特に金属元素の分析については高精度に行うことができる。

## 【実施例】

## 【0037】

（実施例1）

本実施例では、図2に示す装置を用いて、ホルトノキ、ベニカナメモチ、ヤマモモ、及びミカンの4種類の植物に含有されている金属元素の分析を実施した。なお、本実施例では、レーザ光源11として、CW発振LD励起型のYAGレーザに対してQスイッチシステムを組み込み、パルスレーザ化したものを使用した。なお、このYAGレーザから出力されるレーザ光ピークの強度は2.4kWであり、パルス幅は70nsであった。なお、分析手順は上述した手順に従った。なお、レーザ光の照射以前に、各試料に対して100、30分の加熱処理を実施した。

10

## 【0038】

図3は、このようにして元素分析を実施した上記試料の発光スペクトルを示すグラフである。また、図4は、各試料に対して得られた発光スペクトルの、各金属元素に起因した発光ピークの大きさ（発光強度）と、公知の原子吸光分析法で得た、前記各試料中の前記各金属元素の含有量との関係を示すグラフである。図4に示すように、図3に示す、金属元素に起因した発光強度と、原子吸光分析法で得た前記金属元素の含有量とは高い相関を示し、本発明の装置及び方法によれば、高精度で金属元素の分析（定性及び定量）が可能であることが分かる。

20

## 【0039】

（実施例2）

本実施例では、実施例1で示すCW発振LD励起型のYAGレーザに代えて、QCW発振LD型のYAGレーザを用いた。なお、この場合においても、Qスイッチシステムを組み込み、パルスレーザ化した。レーザ光のピーク強度は12kWであり、パルス幅は24nsであった。

## 【0040】

図5は、上記レーザ光源を用いた場合のみかんの葉の発光スペクトルを示すグラフである。図5から明らかなように、レーザ光の強度を増大させることにより、レーザ光照射前の乾燥時間がわずか5分であっても、明瞭な発光スペクトルを得ることができ、元素分析が可能であることが判明した。

30

## 【0041】

（実施例3）

本実施例では、実施例1で示す装置及び方法において、みかんの葉の表面に炭素粉末（平均粒径：約1 $\mu$ m）を付着させ、表面プラズモン効果を増大させた状態で元素分析を実施した。

## 【0042】

図6は、前記みかんの葉の発光スペクトルを示すグラフである。図6から明らかなように、炭素粉末による表面プラズモン効果などによるレーザ吸収強度の増大に起因して、レーザ光照射前の乾燥時間がわずか10分であっても、明瞭な発光スペクトルを得ることができ、元素分析が可能であることが判明した。

40

## 【0043】

（実施例4）

本実施例では、実施例1で示す装置及び方法において、ヤマイモの葉の表面に銀粒子（平均粒径：400nm）を付着させ、表面プラズモン効果を増大させた状態で元素分析を実施した。

## 【0044】

図7は、前記ヤマイモの葉の発光スペクトルを示すグラフである。図7から明らかなように、銀粒子による表面プラズモン効果の増大に起因して、レーザ光照射前の乾燥時間が

50

わずか0秒であっても、明瞭な発光スペクトルを得ることができ、元素分析が可能であることが判明した。また、本例では十分高感度（高精度）に元素分析を行うことができ、前記ヤマイモの葉の枯れの有無はCaの欠乏に起因するものであることも確認された。

【0045】

以上、具体例を挙げながら発明の実施の形態に基づいて本発明を詳細に説明してきたが、本発明は上記内容に限定されるものではなく、本発明の範疇を逸脱しない限りにおいてあらゆる変形や変更が可能である。

【0046】

例えば、上記具体例では試料として植物のみを用いているが、本発明は、その他の製品、部品や生体組織などについても当然に適用することができる。また、表面プラズモン効果を増大させる粒子として、炭素粒子（粉末）及び銀粒子のみを示しているが、前記表面プラズモン効果を増大する作用を有するその他の粒子をも当然に使用することができる。

【図面の簡単な説明】

【0047】

【図1】本発明の元素分析方法の原理を説明するための図である。

【図2】本発明の元素分析装置の一例における構成を概略的に示す構成図である。

【図3】本発明の元素分析を実施した結果得た、試料の発光スペクトルを示すグラフである。

【図4】各試料に対して得られた発光スペクトルの、各金属元素に起因した発光ピークの大きさ（発光強度）と、公知の原子吸光分析法で得た、前記各試料中の前記各金属元素の含有量との関係を示すグラフである。

【図5】本発明の好ましい元素分析を実施した結果得た、試料の発光スペクトルを示すグラフである。

【図6】同じく、本発明の好ましい元素分析を実施した結果得た、試料の発光スペクトルを示すグラフである。

【図7】同じく、本発明の好ましい元素分析を実施した結果得た、試料の発光スペクトルを示すグラフである。

【符号の説明】

【0048】

- 10 元素分析装置
- 11 レーザ光源
- 12 試料台
- 13 集光レンズ
- 14 （光ファイバ型の）マルチチャンネル分光器

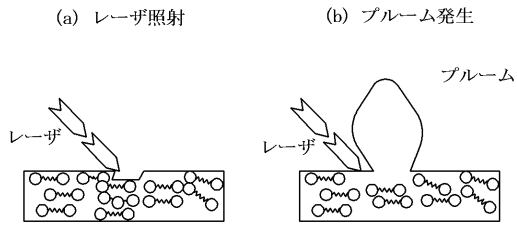
10

20

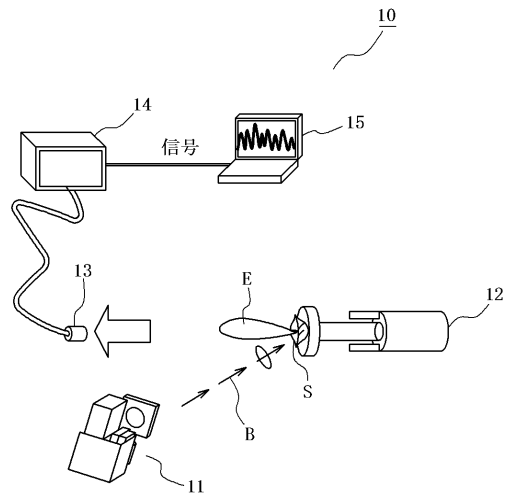
30



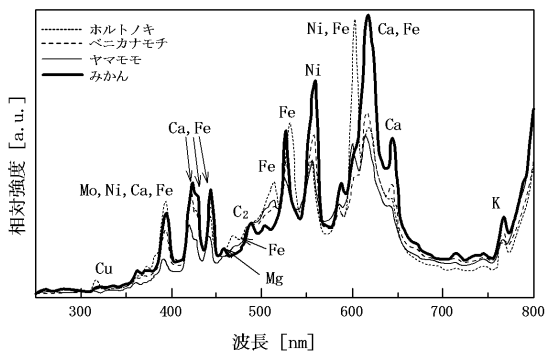
【 図 1 】



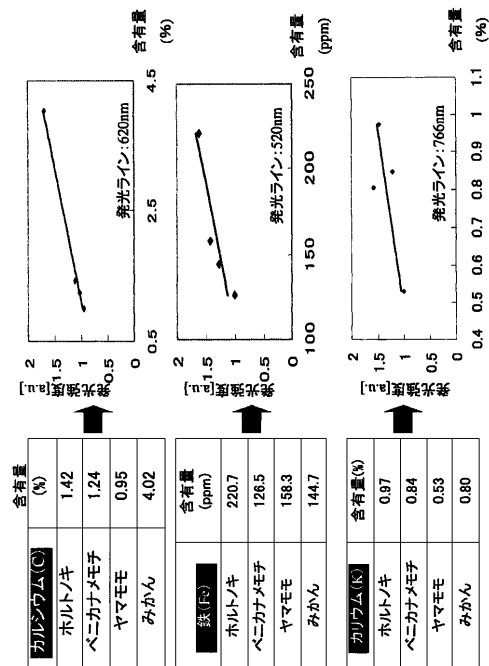
【 図 2 】



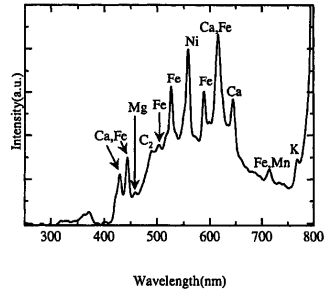
【 図 3 】



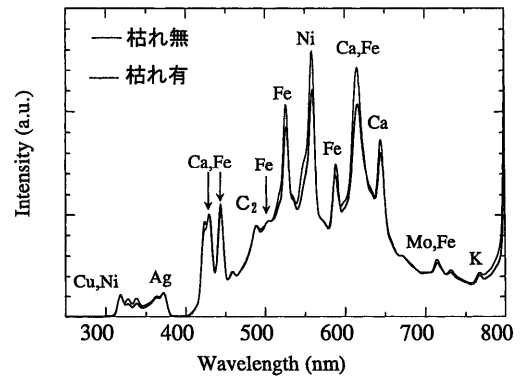
【 図 4 】



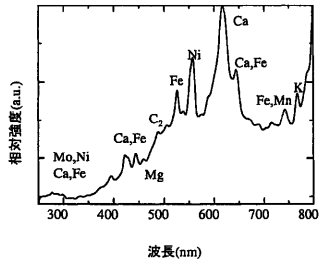
【 図 5 】



【 図 7 】



【 図 6 】



---

フロントページの続き

(74)代理人 100143568

弁理士 英 貢

(72)発明者 伊藤 昌文

大阪府泉南郡田尻町りんくうポート北5 - 17 - 2 - 096

(72)発明者 太田 貴之

和歌山県和歌山市栄谷451 - 1 グレイス2 - 103

審査官 横井 亜矢子

(56)参考文献 特開平11 - 271226 (JP, A)

特開2002 - 328091 (JP, A)

特開2000 - 310596 (JP, A)

特開2003 - 098085 (JP, A)

特開2001 - 337030 (JP, A)

服部剛明 他, 植物体内金属元素簡易計測用レーザアブレーション発光分析システムの開発, 第8回知能メカトロニクスワークショップ講演論文集, 日本, 社団法人精密工学会, 2003年8月21日, Page.246-251

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01N 21/62 - 21/74

G01N 33/00 - 33/46

JSTPlus (JDream2)