

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11)特許番号

特許第3453595号
(P3453595)

(45)発行日 平成15年10月6日(2003.10.6)

(24)登録日 平成15年7月25日(2003.7.25)

(51)Int.Cl.⁷

識別記号

F I

G 0 1 N 21/64

G 0 1 N 21/64

Z

G 0 1 J 3/443

G 0 1 J 3/443

請求項の数3(全 6 頁)

(21)出願番号 特願2000-243403(P2000-243403)

(22)出願日 平成12年7月7日(2000.7.7)

(65)公開番号 特開2002-22660(P2002-22660A)

(43)公開日 平成14年1月23日(2002.1.23)

審査請求日 平成12年9月21日(2000.9.21)

(73)特許権者 501204525
独立行政法人海上技術安全研究所
東京都三鷹市新川6丁目38番1号

(72)発明者 樋富 和夫
保谷市柳沢3-4-1-903

(72)発明者 山岸 進
川崎市麻生区黒川628-7

(72)発明者 山之内 博
三鷹市新川6-38-2-205

審査官 ▲高▼場 正光

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 多波長蛍光計測装置

1

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】 レーザ光源と出射光学系からなるレーザ光照射手段と、このレーザ光照射手段の周辺に同心状に配置されたそれぞれが異なる透過波長域をもつ複数のフィルター、複数の受光光学系、複数の光電子増倍管とからなる受光手段と、前記複数の光電子増倍管からの複数の受信信号から蛍光分光特性を形成させる信号処理装置とデータ出力装置を具備したことを特徴とする多波長蛍光計測装置。

【請求項2】 レーザ光源と出射光学系からなるレーザ光照射手段と、このレーザ光照射手段の周辺に同心状に配置されたそれぞれが異なる透過波長域をもつ複数のフィルター、複数の受光光学系、複数のイメージン

10 テンシファイアと複数のCCDカメラとからなる受光手段とを具備し、前記複数のCCDカメラからの受信

2

信号を信号処理装置と複数のまたは単一の画像表示装置に供給して蛍光分光特性を含む複数の背景画像を同時に表示させることを特徴とする多波長蛍光計測装置。

【請求項3】 レーザ光源と出射光学系からなるレーザ光照射手段と、このレーザ光照射手段の周辺に同心状に配置されたそれぞれが異なる透過波長域をもつ複数のフィルターを備えた複数の受光光学系とを設け、前記各受光光学系の出射光をそれぞれ折り返し鏡を介して単一のイメージンテンシファイアへ導いてCCDカメラにより撮像し、この受信信号を、信号処理装置と単一の画像表示装置に供給して複数の蛍光分光特性を含む複数の背景画像を同時に表示させることを特徴とする多波長蛍光計測装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、蛍光発光状態の計測装置に関し、特にレーザ励起により発光する海洋表面の浮遊物からの蛍光計測装置に関する。

【0002】

【従来の技術】海洋表面の流出油の位置情報あるいは成分情報をいわゆる蛍光ライダーにより計測しようとする試みが1970年代から継続されてきた(R. M. Measures, Laser Remote Sensing Fundamentals and Applications, John Wileys and Sons, p424)。これは例えば航空機から海洋表面にレーザを照射し浮遊している流出油を励起し、当該流出油固有の蛍光を発光させ、これを光電子増倍管で検出し蛍光分布を計測することにより流出油の漂流ルートやその速度などの位置情報を取得し、蛍光の波長を把握することにより油の成分情報を取得しようとするものである。

【0003】蛍光の波長特性の計測においては、蛍光を望遠鏡で受光し、光電子増倍管に導く光路に各種フィルターを順次挿入して検出電気信号、即ち、蛍光の寿命の変化を計測する。挿入したフィルターの透過波長域に対する検出信号の変化が蛍光の波長特性を示すことになる。これにより浮遊物の回収作業を有効に実施したり、また回収作業の完成度評価を行ったり、流出油の時間的変質を探ろうとするものである。

【0004】同様に蛍光ライダーを使い、海洋表面および海中のプランクトンの蛍光計測からその濃度および種類の特定制を行う試みも提案されている(特開平4-69546号公報)。地球上に放出された二酸化炭素を炭素同化作用により吸収する植物プランクトンは、地球の二酸化炭素の低減に大きな寄与をしているといわれ、その濃度分布の把握は地球温暖化対策として重要だからである。

【0005】しかしながら、これら蛍光ライダーはレーザ光を照射した海洋表面1点の蛍光を光電子増倍管で検出するわけだから当該1点の対象物の特性しか得られない。

【0006】したがって、海洋に広がった流出油などの浮遊物の2次元的分布を求めるには、レーザ光を2次元的にスキャンして計算機により2次元画像化することが必要である。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】上に掲げた用途、目的は、いずれも地球環境保護のため重要な課題であるが、いまだに実用の段階にいたらないのは、蛍光の波長特性を把握しようとする際、透過波長域の異なるフィルターの機械的交換作業を伴うことが一因となっている。

【0008】すなわち、蛍光を励起させるレーザはパルス幅数ナノ秒の短パルス高出力レーザで、この照射による流出油の蛍光持続時間は100ナノ秒未満であるか

ら、この間にフィルターの機械的交換を行って蛍光の波長特性を求めることは不可能であるからである。

【0009】したがって、 n 個フィルターを順次交換しながら受光路に挿入して蛍光波長特性を計測する場合、リアルタイムで波長ごとに分光された蛍光信号を検出することは不可能であり、少なくともある対象点の計測時間として、フィルター交換時間の n 倍の時間がかかる。この間レーザ光の試料上の照射位置は固定されていることが要求される。同一場所の蛍光を分光しなければ試料上の特性に分布がある場合真の計測をしたことにならないからである。

【0010】一方、航空機に蛍光ライダー装置を搭載して海洋表面に照射する場合、航空機と洋上の試料との位置関係を1個のフィルター交換時間の n 倍で済ませる計測時間にわたって一定に保つことはできない。このフィルターの交換の煩雑さを避けるため従来図4のように、受光しようとする入射蛍光4を受光光学系6で整形しビームスプリッタ12により複数個に分割し、分割後の各光路に透過波長域の異なるフィルター5a、5b、5c、5dをそれぞれ挿入した光検出器7で所望の分光蛍光特性を計測することも行われている。

【0011】しかし、この場合、信号光を分割すること、分割に用いるビームスプリッタでの損失による信号レベルの低下は致命的となる場合があり好ましい方法とは言えない。

【0012】したがって、本発明が解決しようとする課題は、リアルタイムで波長ごとの蛍光信号を信号レベルの低減なしに同時に取得し、真の分光波長特性を取得することが出来る多波長蛍光計測装置を提供することである。

【0013】

【課題を解決するための手段】本発明は上記の課題を解決するためになされたもので、レーザ光源とこれを海洋表面へ導く出射光学系とからなる1組のレーザ光照射手段と、海洋上の流出油などの浮遊物からの蛍光を受光するフィルターを含む受光光学系と光電子増倍管、CCDカメラなどの光検出器とからなる受光系を前記レーザ光照射手段の周辺に同心状に複数個配置するように構成したものである。

【0014】すなわち、複数個の受光系においてはそれぞれ透過波長領域の異なるフィルターを挿入した複数個の受光系をレーザ光照射手段の周辺に同心状に配置したので、測定地点の各波長域の蛍光出力を信号レベルの低減なしに計測しこれを総合することにより蛍光の波長特性をリアルタイムで把握することができる。

【0015】

【発明の実施の形態】図1は本発明の第1の実施例を示すもので、例えばNd:YAGレーザの第3高調波(波長355nm)のようなレーザ発振器1から短パルス出力2を出射光学系3を經由して海洋表面を照射する。こ

の照射により海洋表面の流出油などの浮遊物から発した蛍光 4 の一部はフィルター 5 a の透過波長域を透過するものだけが、受光光学系 6 a を経由して集光され光電子増倍管 7 a に到達し、その電気出力 7 a a は信号処理装置 8 により処理されて、例えばオシロスコープのようなデータ出力装置 3 4 の画面上に当該波長域の蛍光パルス時間波形 9 a を計測できる。

【0016】図 1 には 4 個の受光系が示してあるが、同様にして光電子増倍管 7 b、7 c、7 d の各電気出力 7 b b、7 c c、7 d d からフィルター 5 b の透過波長域 10 に関わる蛍光パルス時間波形 9 b を、フィルター 5 c の透過波長域に関わる蛍光パルス時間波形 9 c を、フィルター 5 d の透過波長域に関わる蛍光パルス時間波形 9 d が得られる。そして、信号処理装置 8 の動作を制御するコントローラ 3 5 から指示を与えれば、これら 4 個の蛍光パルス時間波形を同時に描くことができる。

【0017】また、信号処理装置 8 に対してコントローラ 3 5 から指示することにより、各蛍光パルスの時間軸を与えれば、ある時間 t 1 における蛍光の波長特性 1 0 をオシロスコープやプリンタ等のデータ出力装置 3 4 に 20 描かせることもできる。

【0018】このように本発明によれば、フィルターの交換を行うことなく、リアルタイムで蛍光の波長特性を取得することができる。

【0019】上述の計測ではレーザ光を照射した海洋上の 1 点の蛍光情報が得られたただだから、2 次元的に広がる洋上浮遊物の動向を把握するにはレーザ光を海洋表面に対して、スキャンを行う必要がある。位置情報 1 1 と各蛍光パルス時間波形 9 を信号処理装置 8 で対応させると、それぞれの波長域に関する 2 次元蛍光画像を創出 30 することができる。

【0020】以上説明したように、本発明によれば、このようにして 1 点の蛍光情報をリアルタイムで取得し、レーザのスキャンにより 2 次元蛍光画像を創出できたわけである。

【0021】しかし、レーザ出力が大きく海洋面においてある程度レーザビームを拡大させても蛍光信号が得られるならば、光検出器として光電子増倍管ではなく、たとえばイメージンシファイアを付加して画像を増強した CCD カメラのような撮像装置を用いれば、いき 40 なり 2 次元蛍光分光画像を得ることができる。

【0022】図 2 はその実施例を示すもので、レーザ発振器 1 からの短パルス出力は出射光学系 2 3 を経由して海洋表面のある領域を照射する。この照射により海洋表面の浮遊物から発した広がりをもつ入射蛍光 2 4 の一部はフィルター 2 5 a の透過波長域を透過するものだけを、受光光学系 2 6 a を経由してイメージンシファイア 2 8 の光電面 2 9 に結像させ、画像増強させてその蛍光面 3 0 に映像化し CCD カメラ 3 1 に到達するよう 50 にしてある。これによりフィルター 2 5 a の透過波長

域に関わる 2 次元の広がりをもつ蛍光画像を CCD カメラ 3 1 a において計測できる。即ち、浮遊物の大きさ、広がり状態を観測把握できる。

【0023】図 2 には 4 個の受光系が示してあるが、同様にしてフィルター 2 5 b、2 5 c、2 5 d の透過波長域に関わる蛍光画像を CCD カメラ 3 1 b、3 1 c、3 1 d において計測することができる。

【0024】したがって、図 2 の実施例の場合、各 CCD カメラで捕らえた 4 つの映像 3 2 a、3 2 b、3 2 c、3 2 d は、4 個の画像表示装置 3 3 a、3 3 b、3 3 c、3 3 d の上に表示されるわけであるが、浮遊物の放出する蛍光を 4 つの異なる波長域に応じてリアルタイムで分離して表示したものである。この場合、受光系はナノ秒レベルの高速応答性は無いから光電子増倍管によるような蛍光パルス波形は得られないが、パルス波形の積分値に比例した電気信号として CCD カメラの画像が形成されている。

【0025】CCD カメラの信号からは蛍光画像 3 2 a、3 2 b、3 2 c、3 2 d を取り出すことができるほかに、データコントローラ 3 5 から指示を与え信号処理装置 8 において処理することにより、ある時刻の蛍光画像のある指定したポイントの波長別信号レベルから蛍光の波長特性 1 0 を取り出し、データ出力装置 3 4 に表示することもできる。一般に油の種類に固有の蛍光特性が知られており、これを参照することにより流出油の成分を推定できる。

【0026】さて、図 2 においては画像化のためのデバイスとして、イメージンシファイアならびに CCD カメラをそれぞれ 4 個用いていた実施例を示した。装置のローコスト化および各チャンネルの素子のレベル調整を簡略化するためにはイメージンシファイアならびに CCD カメラをそれぞれ 1 個だけ用いることが可能である。

【0027】図 3 はその実施例を示すもので、レーザ発振器 1 からの短パルス出力 2 2 は出射光学系 2 3 を経由して海洋表面のある領域を照射する。この照射により海洋表面の浮遊物から発した広がりをもつ入射蛍光 2 4 の一部は、フィルター 2 6 a の透過波長域を透過するものだけが、受光光学系 2 6 a を経由して折り返しミラー 2 7 により位置を変えてイメージンシファイア 2 8 の光電面 2 9 の 1 部に結像させ画像増強させ、その蛍光面 3 0 に映像化し CCD カメラ 3 1 の有効領域の 1 部に到達するようにしてある。これによりフィルター 2 5 a の透過波長域に関わる 2 次元の広がりをもつ蛍光画像を CCD カメラ 3 1 の有効領域の 1 部で計測できる。

【0028】図 3 には 4 個の受光系が示してあるが、同様にしてフィルター 2 5 b、2 5 c、2 5 d に関わる蛍光画像を CCD カメラの残りの有効部分に計測することができる。

【0029】したがって、図 3 の実施例の場合、1 個の

CCDカメラで捕らえられた1画面上の4つの映像は、浮遊物の放出する蛍光を4つの異なる波長域にリアルタイムで分離表示したものである。この場合も図2の第2の実施例と同様に各波長域の蛍光量に比例したパルス波形の積分値を電気信号として画像が形成されている。

【0030】このようにして、CCDカメラの信号からは1個の画像表示装置33の上に4個の蛍光画像32a、32b、32c、32dを表示することが出来る。また、図2の実施例と同様に信号処理装置8において処理にあたり、データコントローラ35を介して指定することによって、ある時刻の蛍光画像のある指定したポイントの波長別信号レベルから蛍光の波長特性10をデータ出力装置34の上に取り出すこともでき、流出油の成分推定に有効である。

【0031】フィルターの透過波長を選択する場合、対象の蛍光特性を把握して計測系の規格化、校正に便利な透過波長域を選んでおくことも有効である。すなわち、蛍光発光のため励起光としてNd:YAGレーザの第3高調波の波長356nmが用いられた場合、水のラマン散乱光として407nmのスペクトルが受光されることがある。このスペクトルの受信信号のレベルを本装置において海水の諸条件と励起光のレベルによって検定しておけば、装置のレベル調整、チャンネル間のレベル調整、ゲートのタイミング調整などに有効である。

【0032】CCDカメラを用いた図2および図3の構成においては、背景としての海面、海岸、岩礁、建造物や、油等の浮遊物に浮かび上がる蛍光分光画像が得られるので、画像を解析、分析する上で即時性があり、緊急を要する流出油回収の指針として非常に有効である。

【0033】なお、説明に用いた図1、図2、図3各の実施例において、受光系を4個としたが、必要に応じてこれを増減できることは言うまでも無い。ある2つの波長域の蛍光強度を把握しておけばいい場合は、CCDカメラにより2つの映像を捕らえればよく、装置のローコスト化ができる。逆に波長分解能を高めたい場合はより多くの受光系を配置することになる。

【0034】また、図2、図3の実施例においてイメージンシファイアを用い受光対象となる蛍光のレベルを増強して電気信号に変換しているが、これは航空機に搭載し流出油からの微弱な蛍光を計測する場合を想定したためである。計測装置を船舶に搭載し流出油からの蛍光レベルが確保できる場合はイメージンシファイアを省略でき、CCDカメラだけで計測可能である。特に電子冷却された「冷却CCDカメラ」と呼ばれるものを用いれば、低雑音で大きなダイナミックレンジを有する画像を得ることができる。本発明の思想を実現する際、光検出器についてはほかにもいくつかのデバイスがあげられる。

【0035】すなわち、図1の光電子増倍管にあたる点

に関する固体光検出器としてフォトダイオードあるいはアバランシェダイオードなどがあり、図2、図3のCCDカメラに相当する2次元フォトダイオードアレイもある。また図2、図3で単にCCDカメラとして表現しているが、上述の冷却を施したCCDカメラの他にも背面照射型CCDカメラなどがあり対象とする蛍光の波長域、蛍光出力レベルを勘案して選択することとなる。

【0036】

【発明の効果】本発明により、従来フィルターの交換という作業により計測能率が悪く、正確さに乏しかった蛍光分光画像計測を、正確かつリアルタイムで実行できるようになる。これにより流出油の環境汚染対策を迅速に、効率よく、戦略的に実施できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施例を示すもので、(a)は要部構成を示すブロック図、(b)はA-A視図。

【図2】本発明の第2の実施例を示すもので、(a)は要部構成を示すブロック図、(b)はB-B視図。

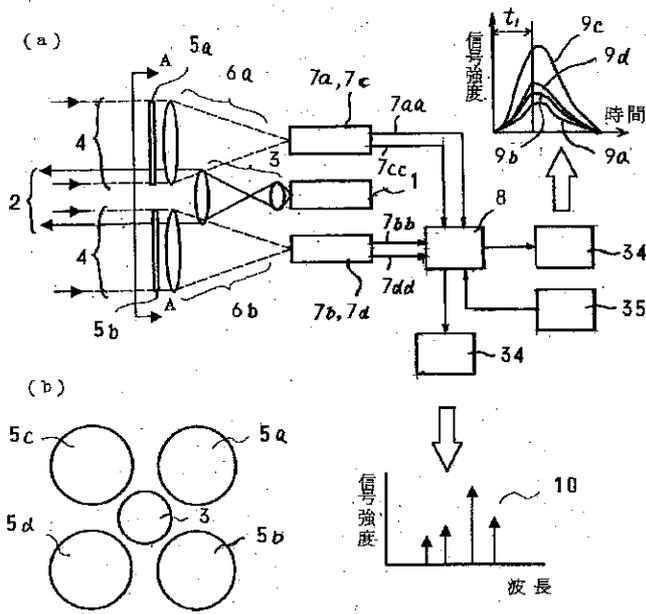
【図3】本発明の第3の実施例を示すもので、(a)は要部構成を示すブロック図、(b)はC-C視図。

【図4】従来の実施例のブロック図。

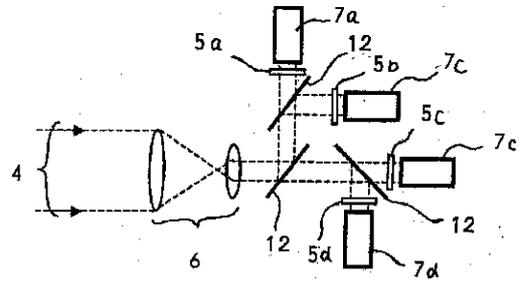
【符号の説明】

- 1 レーザ発振器
- 2 短パルス出力
- 3 出射光学系
- 4 浮遊物からの蛍光
- 5 a, 5 b, 5 c, 5 d フィルター
- 6 a, 6 b, 6 c, 6 d 受光光学系
- 7 a, 7 b, 7 c, 7 d 光電子増倍管
- 8 信号処理装置
- 9 a, 9 b, 9 c, 9 d 蛍光パルス時間波形
- 10 蛍光の波長特性
- 11 スキャン位置情報
- 12 ビームスプリッタ
- 22 短パルス出力
- 23 出射光学系
- 24 浮遊物からの蛍光
- 26 a, 26 b, 26 c, 26 d フィルター
- 26 受光光学系
- 27 折り返しミラー
- 28 イメージンシファイア
- 29 イメージンシファイアの光電面
- 30 イメージンシファイアの蛍光面
- 31 CCDカメラ
- 32 蛍光画像
- 33 画像表示装置
- 34 データ出力装置
- 35 データコントローラ

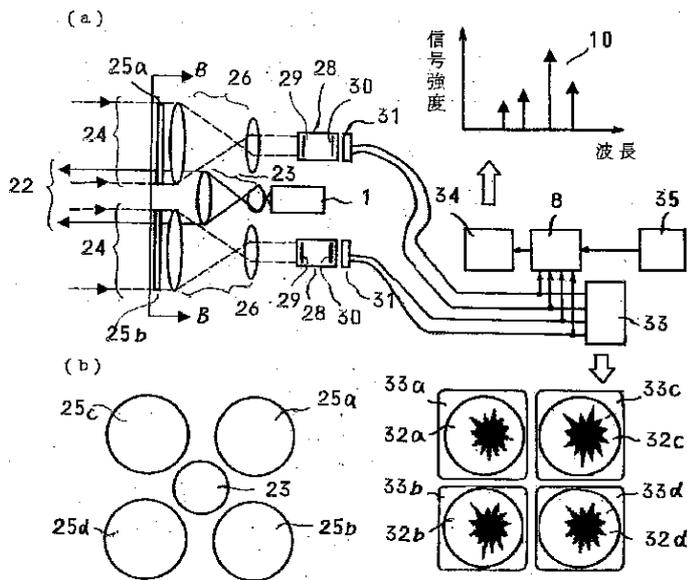
【図1】



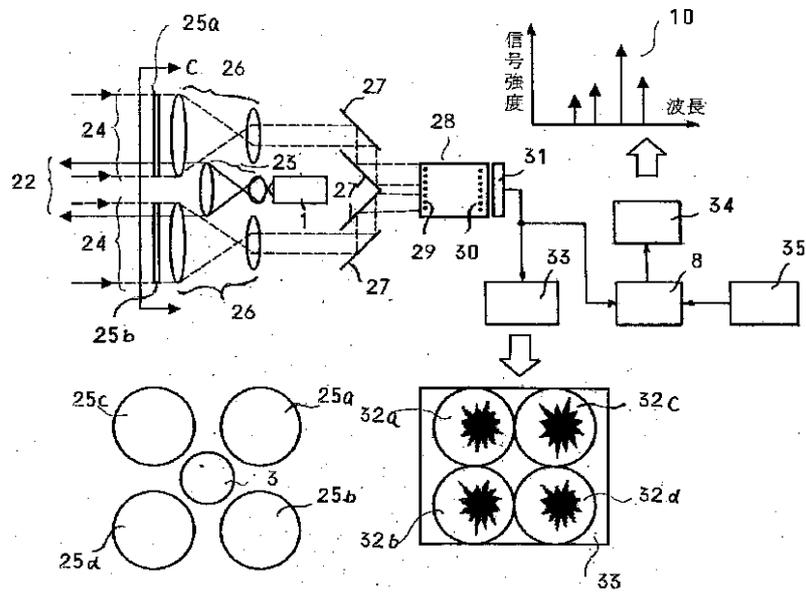
【図4】



【図2】



【図 3】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開 平 9 - 304701 (J P , A)
 特開 平 8 - 224240 (J P , A)
 特開 平 10 - 38806 (J P , A)
 特開 平 3 - 206944 (J P , A)
 特開 昭 47 - 41893 (J P , A)
 特公 昭 51 - 29036 (J P , B 1)
 山岸進 他, 蛍光ライダーによる海洋
 汚染の検知に関する研究, 船舶技術研究
 所報告 第 37 卷第 2 号 (平成 12 年), 日
 本, 2000 年 5 月 31 日, P A G E . 57 -
 64

(58)調査した分野(Int.Cl.⁷, D B 名)
 G01N 21/00 21/74
 J I C S T ファイル (J O I S)