

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5627644号
(P5627644)

(45) 発行日 平成26年11月19日(2014.11.19)

(24) 登録日 平成26年10月10日(2014.10.10)

(51) Int.Cl. F I
GO 1 N 21/64 (2006.01) GO 1 N 21/64 Z

請求項の数 7 (全 11 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2012-137986 (P2012-137986) (22) 出願日 平成24年6月19日 (2012. 6. 19) (65) 公開番号 特開2014-2062 (P2014-2062A) (43) 公開日 平成26年1月9日 (2014. 1. 9) 審査請求日 平成26年6月25日 (2014. 6. 25)</p> <p>早期審査対象出願</p>	<p>(73) 特許権者 390000011 J F Eアドバンテック株式会社 兵庫県西宮市高畑町3番48号 (74) 代理人 100084146 弁理士 山崎 宏 (74) 代理人 100081422 弁理士 田中 光雄 (74) 代理人 100100170 弁理士 前田 厚司 (74) 代理人 100111039 弁理士 前堀 義之 (72) 発明者 吉田 光男 兵庫県西宮市高畑町3番48号 J F Eア ドバンテック株式会社内</p> <p style="text-align: right;">最終頁に続く</p>
--	--

(54) 【発明の名称】 蛍光検出器

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

外部から光が入射される受光窓と、
 前記受光窓から入射された入射光を検出する受光素子と、
 前記受光窓と前記受光素子との間に配設され、前記受光窓から入射された入射光の所定波長の光をカットする干渉フィルタと、
 前記受光窓と前記受光素子との間に配設され、前記受光素子の受光軸に対して平行に入射された入射光を前記受光素子の素子面に集光させる集光レンズと、
 前記受光素子と前記集光レンズとの間に配設され、前記集光レンズによる集光領域以外へ至る入射光が前記受光素子側へ通過することを防ぐ絞り部材と、
 軸線が前記受光素子の受光軸に沿うように延びる筒部材であり、一端側に前記集光レンズが収容されるとともに、他端側に前記受光素子と前記絞り部材が収容され、外部からの電磁ノイズを遮断するシールド部材と、
 前記シールド部材の内部に配設され、前記集光レンズと前記絞り部材とを所定間隔をもって位置決めするスペーサと

を備えることを特徴とする蛍光検出器。

【請求項 2】

前記絞り部材を、前記受光素子の前記素子面と所定間隔をあけて配設したことを特徴とする請求項 1 に記載の蛍光検出器。

【請求項 3】

前記干渉フィルタを前記受光窓と前記集光レンズとの間に配置したことを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載の蛍光検出器。

【請求項 4】

前記干渉フィルタを前記受光素子と前記絞り部材との間に配置したことを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載の蛍光検出器。

【請求項 5】

前記干渉フィルタを、前記受光窓と前記集光レンズとの間、および、前記受光素子と前記絞り部材との間に配置したことを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載の蛍光検出器。

【請求項 6】

前記受光素子の前記受光窓側に、透光性を有するシールドシートからなるシールド部材を更に配設したことを特徴とする請求項 1 乃至請求項 5 のいずれか 1 項に記載の蛍光検出器。

【請求項 7】

前記受光素子の受光軸を中心として、同一波長または波長が異なる励起光を照射する複数の発光素子を周方向に配設したことを特徴とする請求項 1 乃至請求項 6 のいずれか 1 項に記載の蛍光検出器。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、励起光を照射することにより発生した蛍光を測定する蛍光検出器に関するものである。

【背景技術】

【0002】

海洋、河川、湖沼、ダム等では、人為起源の富栄養化によって植物プランクトンが増加し、赤潮が発生する。この場合、植物プランクトンが生成する毒素によって漁業被害が生じるだけでなく、上下水道管理のコスト増加や、自然生態系破壊が顕在化する。そのため、特に人間が活動する地域に近接する水圏においては、植物プランクトンの観測が普遍的に実施されている。

【0003】

特許文献 1 には、植物プランクトンが有する色素組成に依存した蛍光を測定する蛍光検出器が記載されている。この蛍光検出器は、検出器本体に対して周方向に所定間隔をもって複数の送光窓が設けられ、その内部に発光素子がそれぞれ配設されている。また、これら送光窓で囲まれた中央には受光窓が設けられ、その内部に受光素子が配設されている。そして、発光素子から照射した励起光により植物プランクトン体内の蛍光物質が発光し、その蛍光を受光素子により検出する。この検出値をデータ処理装置へ出力し、データ処理装置によって植物プランクトンの現存量を解析する。

【0004】

しかしながら、蛍光検出器の受光窓には、蛍光以外に懸濁物質等による励起光の散乱光や反射光等の迷光が入射する。受光窓に入射する迷光は、光学フィルタを用いてカットする。光学フィルタは、迷光を確実にカットするため、波長選択性が優れている干渉フィルタが使用される。ここで、迷光はあらゆる方向から入射する。そのうち、受光軸と平行な方向から入射する迷光は、干渉フィルタによってカットされる。しかし、それ以外の方向から入射する迷光は、一部が干渉フィルタを通過してしまう。そのため、蛍光検出器の検出精度が悪くなっていた。これを防ぐためには、受光窓の開口を小さくしたり、受光窓と受光素子との間にコリメーターを配設することにより、遮断することが考えられる。しかし、これらの場合には、受光面積が小さくなったり、受光窓から受光素子までの光路長が長くなるため、受光信号が減少または減衰し、検出に必要な感度に達しない場合がある。特に、植物プランクトン群集が希薄な環境において、種組成を正確かつ高感度に測定するためには十分な感度が必要である。

10

20

30

40

50

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開平8 - 261934号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

本発明は、迷光を遮断して蛍光の検出精度および検出感度を向上できる蛍光検出器を提供することを課題とするものである。

【課題を解決するための手段】

【0007】

前記課題を解決するため、本発明の蛍光検出器は、外部から光が入射される受光窓と、前記受光窓から入射された入射光を検出する受光素子と、前記受光窓と前記受光素子との間に配設され、前記受光窓から入射された入射光の所定波長の光をカットする干渉フィルタと、前記受光窓と前記受光素子との間に配設され、前記受光素子の受光軸に対して平行に入射された入射光を前記受光素子の素子面に集光させる集光レンズと、前記受光素子と前記集光レンズとの間に配設され、前記集光レンズによる集光領域以外へ至る入射光が前記受光素子側へ通過することを防ぐ絞り部材と、軸線が前記受光素子の受光軸に沿うように延びる筒部材であり、一端側に前記集光レンズが収容されるとともに、他端側に前記受光素子と前記絞り部材が収容され、外部からの電磁ノイズを遮断するシールド部材と、前記シールド部材の内部に配設され、前記集光レンズと前記絞り部材とを所定間隔をもって位置決めするスペーサとを備える。

なお、前記絞り部材は、前記受光素子の前記素子面と所定間隔をあけて配設することが好ましい。

【0008】

この蛍光検出器では、植物プランクトンが励起されて発生した蛍光が受光窓を通して入射される。また、受光窓からの入射光には、蛍光の他に懸濁物質等による励起光の散乱光や反射光等の迷光が含まれている。そのうち、受光素子の受光軸に対して平行に入射された入射光は、所定波長以外の第1迷光が干渉フィルタによってカットされ、所定波長の蛍光だけが集光レンズにより集光され、絞り部材を通過して受光素子の素子面に至る。また、受光素子の受光軸に対して斜めに入射される第2迷光は、干渉フィルタによってカットされるが、一部は通過してしまう。そして、干渉フィルタを通過した第2迷光は、集光レンズを通過すると集光領域以外の領域に屈折することにより、絞り部材によって遮断される。

【0009】

このように、本発明の蛍光検出器は、受光窓からの入射光のうち、迷光を遮断し、検出対象の蛍光だけを受光素子によって検出することができる。よって、懸濁物質濃度が高い湖沼やダム、上下水道設備等での測定を可能とし、広い用途で使用することができる。また、受光窓の開口を小さくする必要はないうえ、受光窓から受光素子までの光路長が長くなることもないため、これらの方法と比較して高感度の測定を実現できる。また、蛍光検出器は、受光素子への外部からの電磁ノイズをシールド部材によって遮断できるため、受光素子による検出の感度を高めることができる。よって、正確かつ高感度な測定を実現できる。

【0010】

前記干渉フィルタは、前記受光窓と前記集光レンズとの間に配置することが好ましい。

または、前記干渉フィルタは、前記受光素子と前記絞り部材との間に配置することが好ましい。

または、前記干渉フィルタは、前記受光窓と前記集光レンズとの間、および、前記受光素子と前記絞り部材との間に配置することが好ましい。

このようにした蛍光検出器は、確実に目的の波長の蛍光を検出することができる。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 1 】

また、前記受光素子の前記受光窓側に、透光性を有するシールドシートからなるシールド部材を更に配設することが好ましい。このようにした蛍光検出器は、受光素子による検出の感度を高めることができるため、更に正確かつ高感度な測定を実現できる。

【 0 0 1 2 】

また、前記受光素子の受光軸を中心として、同一波長または波長が異なる励起光を照射する複数の発光素子を周方向に配設することが好ましい。同一波長の励起光を照射する発光素子を複数配設した場合には、励起光を強くすることができるため、より高感度の検出が可能となる。また、波長が異なる励起光を照射する発光素子を複数配設した場合には、異なる励起光による蛍光を受光素子によって確実に検出することができる。

10

【 発明の効果 】

【 0 0 1 3 】

本発明の蛍光検出器では、受光軸に対して平行に入射される所定波長以外の第1迷光を干渉フィルタによりカットするとともに、受光軸に対して斜めに入射され、干渉フィルタを通過した第2迷光を集光レンズと絞り部材により遮断できるため、蛍光の検出精度を向上できる。そして、この蛍光検出器は、受光窓の開口を小さくしたり、受光窓から受光素子までの光路長を長くしたりする方法と比較して高感度の測定を実現できる。しかも、受光素子への外部からの電磁ノイズをシールド部材によって遮断し、受光素子による検出の感度を高めることができるため、更に正確かつ高感度な測定を実現できる。

【 図面の簡単な説明 】

20

【 0 0 1 4 】

【 図 1 】 本発明の実施形態の蛍光検出器を示す断面図である。

【 図 2 】 蛍光検出器の底面図である。

【 図 3 】 第2実施形態の蛍光検出器を示す断面図である。

【 図 4 】 検出精度に関する効果を示すグラフである。

【 図 5 】 検出感度に関する効果を示すグラフである。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 1 5 】

以下、本発明の実施の形態を図面に従って説明する。

【 0 0 1 6 】

30

図1は、本発明の第1実施形態に係る蛍光検出器10を用いた蛍光測定装置を示す。この蛍光測定装置は、本発明の蛍光検出器10と、変換ユニット1と、データ処理装置2とで構成される。

【 0 0 1 7 】

変換ユニット1は、発光素子30A～30Iを動作させる駆動回路1aと、受光素子20からの入力を検出する検出回路1bと、データ処理装置2と通信可能に接続する通信回路1cとが内蔵されている。データ処理装置2は例えばパーソナルコンピュータが適用可能であり、変換ユニット1を介して蛍光検出器10から入力された検出値を数学的に解析することにより、植物プランクトンの現存量を測定する。また、波長が異なる複数の励起光により測定対象の蛍光励起スペクトルを得て、数学的に解析することにより植物プランクトンの種組成(珪藻、緑藻、藍藻等)を測定する。

40

【 0 0 1 8 】

蛍光検出器10は、カバー11の内部に水密に密閉されたハウジング12を備える。ハウジング12には、中心に受光ユニット配設部13が貫通して設けられ、この受光ユニット配設部13を中心として周方向に所定間隔をもって複数(9個)の発光ユニット配設部16が設けられている(図2参照)。受光ユニット配設部13の先端には、外部から光が入射される受光窓15が設けられ、これら受光ユニット配設部13と受光窓15との間には受光用干渉フィルタ23Aが配設されている。発光ユニット配設部16は、その軸線が受光ユニット配設部13の軸線に交差するように、所定角度で傾斜して設けられている。この発光ユニット配設部16の先端には、励起光を外部へ照射するための送光窓18が設

50

けられ、これら発光ユニット配設部 1 6 と送光窓 1 8 との間には送光用干渉フィルタ 3 2 が配設されている。

【 0 0 1 9 】

受光窓 1 5 と送光窓 1 8 とは、エポキシ樹脂等の透明な樹脂を充填することにより形成され、これにより各配設部 1 3 , 1 6 が水密に閉塞される。また、受光窓 1 5 と送光窓 1 8 とは、受光ユニット配設部 1 3 を構成する隔壁の先端部からなる遮光壁部 1 9 により、光が透過不可能な状態に区画されている。

【 0 0 2 0 】

受光ユニット配設部 1 3 内に配設する受光ユニットは、受光素子 2 0 と、受光用干渉フィルタ 2 3 A , 2 3 B と、集光レンズ 2 4 と、絞り部材 2 5 とを備える。そのうち、受光用干渉フィルタ 2 3 A を除く各部品は、円筒状をなすシールド部材 2 7 の内部に配設される。また、集光レンズ 2 4 と絞り部材 2 5 とは、スペーサ 2 9 によって所定間隔をもって位置決めされている。

10

【 0 0 2 1 】

受光素子 2 0 は本実施形態ではフォトダイオードであり、シールド部材 2 7 の端部に固定され、受光窓 1 5 と反対側に位置するように受光ユニット配設部 1 3 に配置される。この受光素子 2 0 は、受光帯域が 3 2 0 ~ 1 1 0 0 nm であり、その帯域の光が素子面 2 1 に入射されると、受光量に応じた電流を発生 (検出) する。受光素子 2 0 には、発生した電流を変換ユニット 1 1 に出力するためのシールド電線 2 2 が接続されている。

【 0 0 2 2 】

受光用干渉フィルタ 2 3 A , 2 3 B は、受光素子 2 0 の受光軸に対して直交方向に延びるように、受光素子 2 0 に対して受光窓 1 5 の側に位置するように配置されている。具体的には、第 1 の受光用干渉フィルタ 2 3 A は、集光レンズ 2 4 と受光窓 1 5 との間に位置するように配設され、受光窓 1 5 の形成により位置決め保持される。第 2 の受光用干渉フィルタ 2 3 B は、受光素子 2 0 と絞り部材 2 5 との間に挟み込むように配置されることにより、これらの間に位置決め保持される。これら受光用干渉フィルタ 2 3 A , 2 3 B は、6 4 0 nm ~ 1 1 0 0 nm の入射光を透過し、他の波長の入射光をカットするもので、入射角 0 の入射光のカットオフ精度が高い。

20

【 0 0 2 3 】

集光レンズ 2 4 は、受光素子 2 0 と反対側に位置するようにシールド部材 2 7 の先端側に配置されることにより、受光窓 1 5 と受光素子 2 0 との間に位置するように設けられる。この集光レンズ 2 4 は、受光窓 1 5 から受光素子 2 0 の受光軸に沿って平行に入射された入射光を、受光素子 2 0 の素子面 2 1 に集光させるものである。本実施形態では、受光窓 1 5 の側を素子面 2 1 が焦点となる曲率とした平凸レンズを用いている。但し、集光レンズ 2 4 は平凸レンズに限られず、フレネルレンズを用いてもよい。

30

【 0 0 2 4 】

絞り部材 2 5 は円環部材からなり、受光素子 2 0 と集光レンズ 2 4 との間に位置するようにシールド部材 2 7 内に配置される。この絞り部材 2 5 の中心は、光を透過可能な透過孔 2 6 であり、その直径は、薄墨を付して示す集光レンズ 2 4 による集光領域 (光束) の通過部分の直径より僅かに大きい。また、絞り部材 2 5 の透過孔 2 6 の外側は、光を透過不可能な遮光部であり、集光領域以外の遮断領域へ至る光、即ち、素子面 2 1 (焦点) に向けて集束しない光が受光素子 2 0 の側へ通過することを防ぐ。

40

【 0 0 2 5 】

シールド部材 2 7 は、金属製の円筒部材からなり、受光素子 2 0 の外周部から受光窓 1 5 に向けて、軸線が受光素子 2 0 の受光軸と一致するように延びる。このシールド部材 2 7 の内部には、受光窓 1 5 の側から順番に、集光レンズ 2 4 、スペーサ 2 9 、絞り部材 2 5 、第 2 の受光用干渉フィルタ 2 3 B および受光素子 2 0 が配設され、受光素子 2 0 に加わる外部からの電磁ノイズを遮断する。なお、シールド部材 2 7 には信号グランド接続用電線 2 8 が接続されている。

【 0 0 2 6 】

50

スペーサ 29 は、外径がシールド部材 27 の内径と略同一のアルミニウム製の円筒部材からなる。このスペーサ 29 は、受光素子 20 の素子面 21 と集光レンズ 24 の焦点とが一致するように、受光素子 20 と集光レンズ 24 とを所定間隔に位置決めするものである。本実施形態では、集光レンズ 24 と絞り部材 25 との間に配置されることにより、集光レンズ 24 を受光用干渉フィルタ 23 A の側に位置決めするとともに、絞り部材 25 および受光用干渉フィルタ 23 B を受光素子 20 の側に位置決めする。

【0027】

図 1 および図 2 に示すように、各発光ユニット配設部 16 内に配設する発光ユニットは、発光素子 30 A ~ 30 I と送光用干渉フィルタ 32 とを備える。

【0028】

発光素子 30 A ~ 30 I は、送光窓 18 を通して下方中央向きの光軸で励起光を照射するもので、電力供給用電線 31 により変換ユニット 1 と接続されている。本実施形態では LED (発光ダイオード) が適用され、発光ユニット配設部 16 毎にそれぞれ照射する励起光の波長が 610 nm 未満で異なるものを用いている。本実施形態では、発光素子 30 A は中心波長 375 nm、発光素子 30 B は中心波長 400 nm、発光素子 30 C は中心波長 420 nm、発光素子 30 D は中心波長 435 nm、発光素子 30 E は中心波長 470 nm、発光素子 30 F は中心波長 505 nm、発光素子 30 G は中心波長 525 nm、発光素子 30 H は中心波長 570 nm、そして発光素子 30 I は中心波長 590 nm の励起光を照射するものを用いている。

【0029】

送光用干渉フィルタ 32 は、発光素子 30 A ~ 30 I の照射方向に対して直交方向に延びるように、発光素子 30 A ~ 30 I と送光窓 18 との間に配設され、送光窓 18 の形成により位置決め保持される。これら送光用干渉フィルタ 32 は、それぞれ対応する発光素子 30 A ~ 30 I が照射する励起光の波長以外の波長をカットするものを用いている。

【0030】

このように構成した蛍光検出器 10 は、変換ユニット 1 を介してデータ処理装置 2 に接続され、このデータ処理装置 2 の指示に従って動作する。

【0031】

例えば、データ処理装置 2 の指示に従って所定の発光素子 30 A ~ 30 I が動作され、所定波長の励起光を送光用干渉フィルタ 32 および送光窓 18 を通してハウジング 12 から外部に照射する。これにより、水中の植物プランクトンが励起されて蛍光を発生し、この蛍光が受光窓 15 を通してハウジング 12 内に入射される。この際、送光窓 18 から照射した励起光は、遮光壁部 19 により遮断されるため受光窓 15 から直接入射されることはない。

【0032】

受光窓 15 を透過する入射光は、植物プランクトンによる蛍光と、励起光の散乱光や反射光等の迷光を含む。また、入射光は、図 1 に示すように、受光素子 20 の受光軸に対して平行な平行入射光と、受光軸に対して交差する方向の斜行入射光を含む。そのうち、平行入射光は、所定波長以外の第 1 迷光が干渉フィルタ 23 A によってカットされ、所定波長の蛍光だけが透過される。また、第 2 迷光である斜行入射光は、基本的には干渉フィルタ 23 A によってカットされるが、一部は干渉フィルタ 23 A を透過してしまう。

【0033】

受光用干渉フィルタ 23 A を透過した蛍光を含む平行入射光は、集光レンズ 24 によって受光素子 20 の素子面 21 に集束するように屈折される。これにより、集光レンズ 24 を透過すると、絞り部材 25 の透過孔 26 を通過した後、受光用干渉フィルタ 23 B によって検出対象外の波長の迷光がカットされて、受光素子 20 に入射される。

【0034】

一方、受光用干渉フィルタ 23 A を透過した第 2 迷光である斜行入射光は、集光レンズ 24 によって集光領域以外の遮断領域に至る光路で屈折される。これにより、集光レンズ 24 を透過すると、絞り部材 25 により遮断される。

10

20

30

40

50

【0035】

絞り部材25および受光用干渉フィルタ23Bを透過した蛍光は、受光素子20の素子面21に入射されると、受光素子20に電流を発生させる。そして、その電流を検出値として変換ユニット1を介してデータ処理装置2に出力し、データ処理装置2にて解析を行う。なお、データ処理装置2は、波長が異なる全ての発光素子30A~30Iで測定を行うことにより、その水圏での植物プランクトンの現存量や種組成を測定することが可能である。

【0036】

また、蛍光検出器10による検出時には、受光素子20の受光窓15の側は、シールド部材27にて受光素子20への外部からの電磁ノイズが遮断される。よって、受光素子20による検出の感度を高めることができるため、植物プランクトン群集が希薄な環境でも高感度な測定を実現できる。特に570nm~590nm付近を中心波長に持つ発光素子30H, 30Iは、一般的に暗いため、蛍光の検出感度が低くなる。そのため、電磁ノイズの影響により検出が困難であった。しかし、本実施形態では、この波長帯においても確実に検出することができる。

10

【0037】

しかも、本実施形態の蛍光検出器10は、受光窓15からの入射光のうち、迷光を遮断し、検出対象の蛍光だけを受光素子20によって検出することができる。よって、懸濁物質濃度が高い湖沼やダム、上下水道設備等での測定を可能とし、広い用途で使用することができる。また、受光窓15の開口を小さくする必要はないうえ、受光窓15から受光素子20までの光路長が長くなることもないため、これらの方法と比較して高感度の測定を実現できる。

20

【0038】

さらに、発光素子30A~30Iの側に送光用干渉フィルタ32を配設し、受光素子20の側に一对の受光用干渉フィルタ23A, 23Bを配設しているため、確実に目的の波長の蛍光を検出することができる。しかも、複数の発光素子30A~30Iが照射する励起光の波長をそれぞれ異なるようにしている。これにより、植物プランクトンが有し、種組成の指標となる色素組成に依存した蛍光特性である蛍光励起スペクトルを色素抽出等の前処理を必要とせず、水中で連続して自動的に高感度で測定可能である。そして、測定した蛍光励起スペクトルをデータ処理装置2にて数学的に解析することにより、植物プランクトンの種組成や現存量を得ることが可能である。

30

【0039】

図3は第2実施形態の蛍光検出器10を示す。この第2実施形態では、受光素子20への外部からの電磁ノイズを遮断するために、円筒部材からなるシールド部材27の代わりに、シールドシートからなるシールド部材33を受光素子20の受光窓15の側の端面に配設した点で、第1実施形態と相違する。

【0040】

具体的には、ハウジング12は、受光ユニット配設部13の内径をスペーサ29の外径と略同一に形成し、集光レンズ24の焦点に受光素子20を配設できる寸法で形成されている。

40

【0041】

シールド部材33は、受光素子20と第2の受光用干渉フィルタ23Bとの間に挟み込むように配置することにより、受光素子20の受光窓15側の面に重畳配置される。このシールド部材33は、ワイヤメッシュ、エキスパンドメタル、パンチングメタル等の透光性を確保した金網部材を円板状としたものである。なお、シールド部材33は金網部材に限られず、透光性を有する導電性透明フィルムにより構成してもよい。

【0042】

このように構成した第2実施形態の蛍光検出器10は、第1実施形態と同様に変換ユニット1を介してデータ処理装置2に接続され、このデータ処理装置2の指示に従って動作される。そして、所定の発光素子30A~30Iによって送光窓18から励起光を照射し

50

、蛍光および迷光を含む入射光が受光窓 15 から入射されると、受光用干渉フィルタ 23 A、集光レンズ 24 および絞り部材 25 によって迷光を遮断し、蛍光だけを受光素子 20 によって検出することができる。また、シールド部材 33 により、受光素子 20 への外部からの電磁ノイズを遮断できるため、受光素子 20 による検出の感度を高めることができる。よって、第 1 実施形態と同様の作用および効果を得ることができる。

【0043】

本発明者らは、本発明の蛍光検出器 10 による検出精度と検出感度を確認するために 2 種類の実験を行った。

【0044】

第 1 の実験では、第 1 実施形態に示す本発明品と、集光レンズ 24 と絞り部材 25 と第 2 の受光用干渉フィルタ 23 B を配設していない従来品とを用いた。そして、本発明品と従来品をローダミン水溶液で検定し、ホルマジン液 (200 FTU) 中に本発明品と従来品とを入れてそれぞれの出力を測定した。その実験結果を図 4 に示す。

10

【0045】

図 4 のグラフは、横軸が励起光波長 nm であり、縦軸が本発明品と従来品の出力値である。ここで、この実験で蛍光物質を測定した場合、各励起光によって励起された対象の蛍光強度が縦軸に示される。しかし、本実験で測定するホルマジン液は蛍光物質ではないため、縦軸には何も示されないはずである。そのため、このグラフでは出力値が高い程、濁りの影響を受けて、励起光の散乱光や反射光等の迷光を検出したことを意味する。そして、図示のように、従来品は、最も影響が少なかった波長でも 50 であり、最も影響が多かった波長では 94 であった。これに対して、本発明品は、最も影響が少なかった波長では 0 であり、最も影響が多かった波長でも 12 であった。

20

【0046】

第 2 の実験では、シールド部材 27 を配設していない従来品 (なし) と、第 1 実施形態に示す第 1 発明品 (金属筒) と、第 2 実施形態に示す第 2 発明品 (金網) と、第 2 実施形態の変形例である第 3 発明品 (導電性透明フィルム) とを用いた。そして、同一対象を測定した時に、同等レベルの信号が得られるように調整した後、受光窓 15 を遮蔽して、無信号時ノイズの標準偏差を測定した。その実験結果を図 5 に示す。

【0047】

図 5 のグラフは、数値が高い程、電磁ノイズの影響を受けて、感度が悪くなっていることを意味する。また、このグラフは、波長が異なる全ての発光素子 30 A ~ 30 I での検出を行い、全ての検出器が共通して最も数値が高い中心波長が 570 nm の発光素子 30 H についての検出のみを示している。そして、図示のように、従来品ではゼロ点ノイズの標準偏差が 12.2 であり、電磁ノイズが非常に大きいため、検出に影響が及ぶことが解る。この従来品と比較して本発明品 1 ~ 3 は、ゼロ点ノイズの標準偏差が 2.2 以下であり、電磁ノイズを大幅に遮断できるため、高感度の検出が可能であることが解る。特に本発明品 3 は、ゼロ点ノイズの標準偏差が 1.3 であり、従来品と比較すると電磁ノイズ約 1/10 にすることができる。因みに、ゼロ点ノイズの標準偏差が最も低い波長の数値は、従来品が 1.6、本発明品 1 が 0.3、本発明品 2 が 0.5、本発明品 3 が 0.4 であり、低影響の波長であっても、従来品と比較すると、本発明品 1 ~ 3 の方が優れている。

30

40

【0048】

これらの実験結果から本発明品は、従来品と比較して、懸濁物質の影響を大幅に少なくできるうえ、電磁ノイズを大幅に少なくでき、高精度かつ高感度の検出が可能であると言える。そのため、本発明品による蛍光測定装置は、地球科学や水産学等で必要とされる植物プランクトン種組成の広範囲なマッピングに寄与できる。そして、得られたデータは、水圏の炭素をはじめとした物質循環や水産管理の基礎データとなり、一般社会に還元できる。また、本実施形態の蛍光検出器 10 を用いた蛍光測定装置は、特異な植物プランクトン種の発生初期段階に現れる微弱な蛍光励起スペクトル変化も検知できる。そのため、本装置は現場で発生する種組成変化の監視、予測の効果および効率を高めることができる。

【0049】

50

なお、本発明の蛍光検出器 10 は、前記実施形態の構成に限定されるものではなく、種々の変更が可能である。

【0050】

例えば、前記実施形態では、一对の受光用干渉フィルタ 23A, 23B を配設するようにしたが、いずれか一方だけ配設する構成としてもよい。また、受光素子 20 と発光素子 30A ~ 30I とは、同一のハウジング 12 に配設する構成としたが、異なるハウジングに配設する構成としてもよい。さらに、発光素子 30A ~ 30I および受光素子 20 により照射および検出する波長と数は、希望に応じて変更が可能である。

【0051】

また、前記実施形態では、照射する励起光の波長が異なる発光素子 30A ~ 30I を搭載した多波長の蛍光検出器 10 とし、蛍光励起スペクトル変化を検出可能な多波長の蛍光測定装置を例に挙げて説明したが、単一の波長のみとした単波長の蛍光検出器 10 としてもよい。この場合、データ処理装置 2 は複雑な解析プログラムが不要である。また、単波長の蛍光検出器 10 とする場合、同一波長の励起光を照射する複数の発光素子を周方向に配設することが好ましい。このようにすれば、励起光を強くすることができるため、より高感度の検出が可能となる。

10

【0052】

さらに、第 1 実施形態では円筒状をなすシールド部材 27 を用い、第 2 実施形態では円板状をなすシールド部材 33 を用いて、受光素子 20 への外部からの電磁ノイズを遮断する構成としたが、円筒状をなすシールド部材 27 と円板状をなすシールド部材 33 の両方を用いる構成としてもよい。また、スペーサ 29 を金属製として、シールド部材の役割を兼ねる構成としてもよい。

20

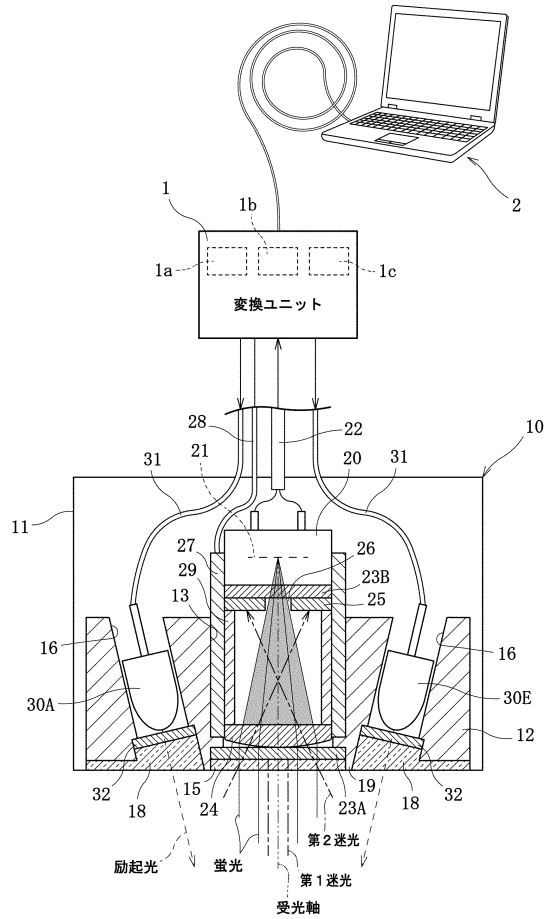
【符号の説明】

【0053】

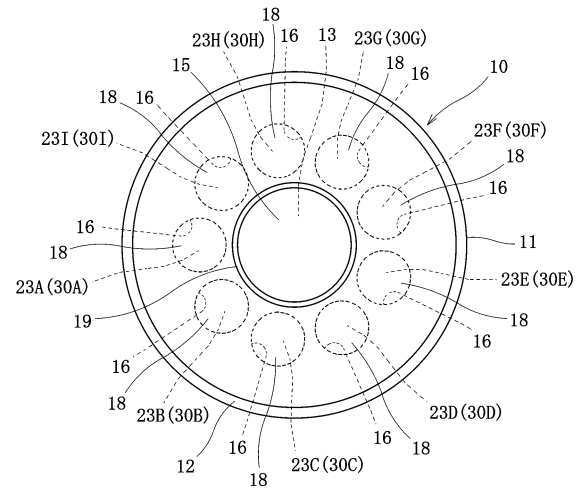
- 10 ... 蛍光検出器
- 15 ... 受光窓
- 18 ... 送光窓
- 20 ... 受光素子
- 21 ... 素子面
- 23A, 23B ... 受光用干渉フィルタ
- 24 ... 集光レンズ
- 25 ... 絞り部材
- 27 ... シールド部材
- 29 ... スペーサ
- 30A ~ 30I ... 発光素子
- 32 ... 送光用干渉フィルタ
- 33 ... シールド部材

30

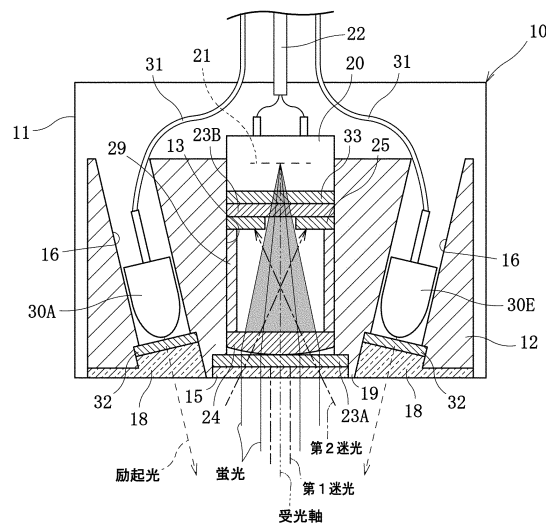
【図1】



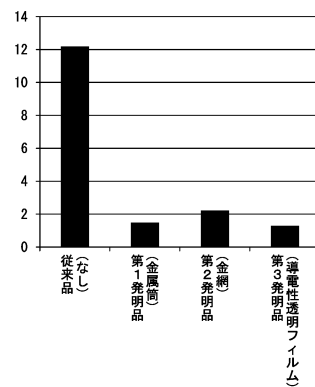
【図2】



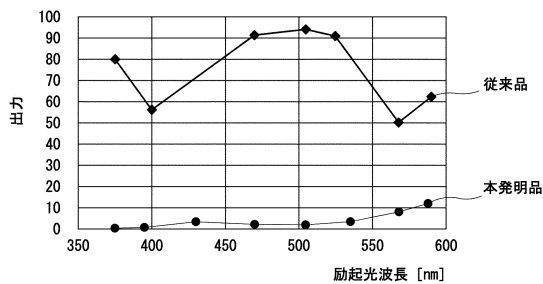
【図3】



【図5】



【図4】



フロントページの続き

- (72)発明者 長澤 泰宏
兵庫県西宮市高畑町3番48号 JFEアドバンテック株式会社内
- (72)発明者 堀内 智啓
兵庫県西宮市高畑町3番48号 JFEアドバンテック株式会社内

審査官 田中 洋介

- (56)参考文献 特許第4904505(JP, B2)
特開昭61-186835(JP, A)
特開2009-178078(JP, A)
特許第4724559(JP, B2)
特公平06-070582(JP, B2)
特表2003-507718(JP, A)
特開2001-087250(JP, A)
特開平08-261934(JP, A)
特開平11-064222(JP, A)
特表2008-522160(JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G01N 21/00 - 21/74
G01J 1/00 - 1/60
JSTPlus/JST7580(JDreamIII)