

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2013 年 12 月 27 日(27.12.2013)



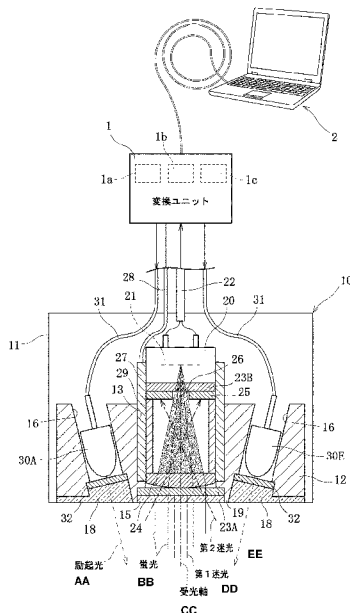
(10) 国際公開番号
WO 2013/191135 A1

- (51) 国際特許分類:
G01N 21/64 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2013/066602 (74) 代理人: 鮫島 睦, 外(SAMEJIMA, Mutsumi et al.);
〒5300017 大阪府大阪市北区角田町 8 番 1 号梅
田阪急ビルオフィスタワー青山特許事務所
Osaka (JP).
- (22) 国際出願日: 2013 年 6 月 17 日(17.06.2013)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語 (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保
護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA,
BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN,
CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES,
FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN,
IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT,
LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY,
MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,
QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST,
SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ,
VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (30) 優先権データ:
特願 2012-137986 2012 年 6 月 19 日(19.06.2012) JP
- (71) 出願人: J F E アドバンテック株式会社(JFE AD-
VANTECH CO., LTD.) [JP/JP]; 〒6638202 兵庫県西
宮市高畑町 3 番 4 8 号 Hyogo (JP).
- (72) 発明者: 吉田 光男(YOSHIDA, Mitsuo); 〒6638202
兵庫県西宮市高畑町 3 番 4 8 号 J F E アドバ
ンテック株式会社内 Hyogo (JP). 長澤 泰宏(NA-
GASAWA, Yasuhiro); 〒6638202 兵庫県西宮市高畑
町 3 番 4 8 号 J F E アドバンテック株式会
社内 Hyogo (JP). 堀内 智啓(HORIUCHI, Tomohiro);

[続葉有]

(54) Title: FLUORESCENCE DETECTOR

(54) 発明の名称: 蛍光検出器



1 Conversion unit
AA Excitation light
BB Fluorescence
CC Light-receiving axis
DD First stray light
EE Second stray light

(57) Abstract: A fluorescence detector (10) is provided with: a light-receiving window (15) on which light from the exterior is incident; a light-receiving element (20) for detecting incident light that is incident from the light-receiving window (15); interference filters (23A, 23B) arranged between the light-receiving window (15) and the light-receiving element (20) and used for cutting light having a predetermined wavelength in the incident light; a condensing lens (24) arranged between the light-receiving window (15) and the light-receiving element (20) and used for condensing incident light that is incident in parallel to the light-receiving axis of the light-receiving element (20) onto the light-receiving surface (21) of the light receiving element (20); and an aperture member (25) arranged between the light-receiving element (20) and the condenser lens (24) and used for preventing incident light that arrives at areas other than the condensing area of the condensing lens (24) from passing through to the light-receiving element (20) side. Stray light is thereby blocked and the detection precision and detection sensitivity of fluorescence is enhanced.

(57) 要約: 蛍光検出器 10 は、外部から光が入射される受光窓 15 と、受光窓 15 から入射された入射光を検出する受光素子 20 と、受光窓 15 と受光素子 20 との間に配設され、入射光の所定波長の光をカットする干渉フィルタ 23A、23B と、受光窓 15 と受光素子 20 との間に配設され、受光素子 20 の受光軸に対して平行に入射された入射光を受光素子 20 の素子面 21 に集光させる集光レンズ 24 と、受光素子 20 と集光レンズ 24 との間に配設され、集光レンズ 24 による集光領域以外へ至る入射光が受光素子 20 側へ通過することを防ぐ絞り部材 25 とを備える。これにより、迷光を遮断して蛍光の検出精度および検出感度を向上する。

WO 2013/191135 A1



ア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ
(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR,
GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT,
NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI
(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML,
MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称： 蛍光検出器

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。

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。

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。

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前記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前記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、を備え、これらを前記受光素子の受光軸上に配置した構成としている。

[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 사용할 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。

[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される。

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される。

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される。

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。

[0011] この蛍光検出器では、前記受光窓と前記受光素子との間に、外部からの電磁ノイズを遮断するシールド部材を配設することが好ましい。

具体的には、前記シールド部材は、前記受光素子の外周部から前記受光窓に向けて延びる円筒部材である。

または、前記シールド部材は、前記受光素子の前記受光窓側に配設した透光性を有するシールドシートである。

または、前記シールド部材は、前記受光素子の外周部から前記受光窓に向けて延びる円筒部材と、前記受光素子の前記受光窓側に配設した透光性を有するシールドシートとである。

このようにした蛍光検出器は、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。

[0012] 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。

発明の効果

[0013] 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。

図面の簡単な説明

[0014] [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

[0015] 以下、本発明の実施の形態を図面に従って説明する。

[0016] (第1実施形態)

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。

[0017] 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。

[0018] 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 が設けられ、これら発光ユニット配設部 16 と送光窓 18 との間には送光用干渉フィルタ 32 が配設されている。

[0019] 受光窓 15 と送光窓 18 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 13, 16 が水密に閉塞される。また、受光窓 15 と送光窓 18 とは、受光ユニット配設部 13 を構成する隔壁の先端部からなる遮光壁部 19 により、光が透過不可能な状態に区画されている。

[0020] 受光ユニット配設部 13 内に配設する受光ユニットは、受光素子 20 と、受光用干渉フィルタ 23A, 23B と、集光レンズ 24 と、絞り部材 25 とを備える。そのうち、受光用干渉フィルタ 23A を除く各部品は、円筒状をなすシールド部材 27 の内部に配設される。また、集光レンズ 24 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。

[0021] 本実施形態の受光素子 2 0 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 n m 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 に出力するためのシールド電線 2 2 が接続されている。

[0022] 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、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 n m ~ 1 1 0 0 n m 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。

[0023] 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。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。

[0024] 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。

[0025] 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。

[0026] スペーサ 2 9 は、外径がシールド部材 2 7 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 2 9 は、受光素子 2 0 の素子面 2 1 と集光レンズ 2 4 の焦点とが一致するように、受光素子 2 0 と集光レンズ 2 4 とを所定間隔に位置決めする。本実施形態では、集光レンズ 2 4 と絞り部材 2 5 との間に配置されることにより、集光レンズ 2 4 を受光用干渉フィルタ 2 3 A の側に位置決めするとともに、絞り部材 2 5 および受光用干渉フィルタ 2 3 B を受光素子 2 0 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 1 6 内に配設する発光ユニットは、発光素子 3 0 A ～ 3 0 I と送光用干渉フィルタ 3 2 とを備える。

[0028] 発光素子 3 0 A ～ 3 0 I は、電力供給用電線 3 1 により変換ユニット 1 と接続され、送光窓 1 8 を通して下方中央向きの光軸で励起光を照射する。本実施形態では L E D（発光ダイオード）が適用され、発光ユニット配設部 1 6 毎にそれぞれ照射する励起光の波長が 6 1 0 n m 未満で異なる。本実施形態では、発光素子 3 0 A は中心波長 3 7 5 n m、発光素子 3 0 B は中心波長 4 0 0 n m、発光素子 3 0 C は中心波長 4 2 0 n m、発光素子 3 0 D は中心波長 4 3 5 n m、発光素子 3 0 E は中心波長 4 7 0 n m、発光素子 3 0 F は中心波長 5 0 5 n m、発光素子 3 0 G は中心波長 5 2 5 n m、発光素子 3 0 H は中心波長 5 7 0 n m、そして発光素子 3 0 I は中心波長 5 9 0 n m の励

起光を照射する。

[0029] 送光用干渉フィルタ 32 は、発光素子 30A～30I の照射方向に対して直交方向に延びるように、発光素子 30A～30I 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 30A～30I が照射する励起光の波長以外の波長をカットする。

[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 30A～30I 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 23A 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 23A によってカットされるが、一部は干渉フィルタ 23A を透過してしまう。

[0033] 受光用干渉フィルタ 23A 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 23B 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 23A 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。

[0035] 絞り部材 25 および受光用干渉フィルタ 23 B 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 30 A ~ 30 I 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 570 nm ~ 590 nm 付近を中心波長に持つ発光素子 30 H, 30 I 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。

[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、広い用途で使うことができる。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。

[0038] さらに、発光素子 30 A ~ 30 I 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 23 A, 23 B 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 30 A ~ 30 I 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。

[0039] (第 2 実施形態)

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。

[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 23 B 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構成である。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 30 A ~ 30 I によって送光窓 18 から励起光を照射し、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] (実験例)

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。

[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。

[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。

[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] 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ず、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

～301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、強い励起光を照射できるため、より高感度の検出が可能となる。

[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と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。

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
30A～30I…発光素子
32…送光用干渉フィルタ
33…シールド部材

請求の範囲

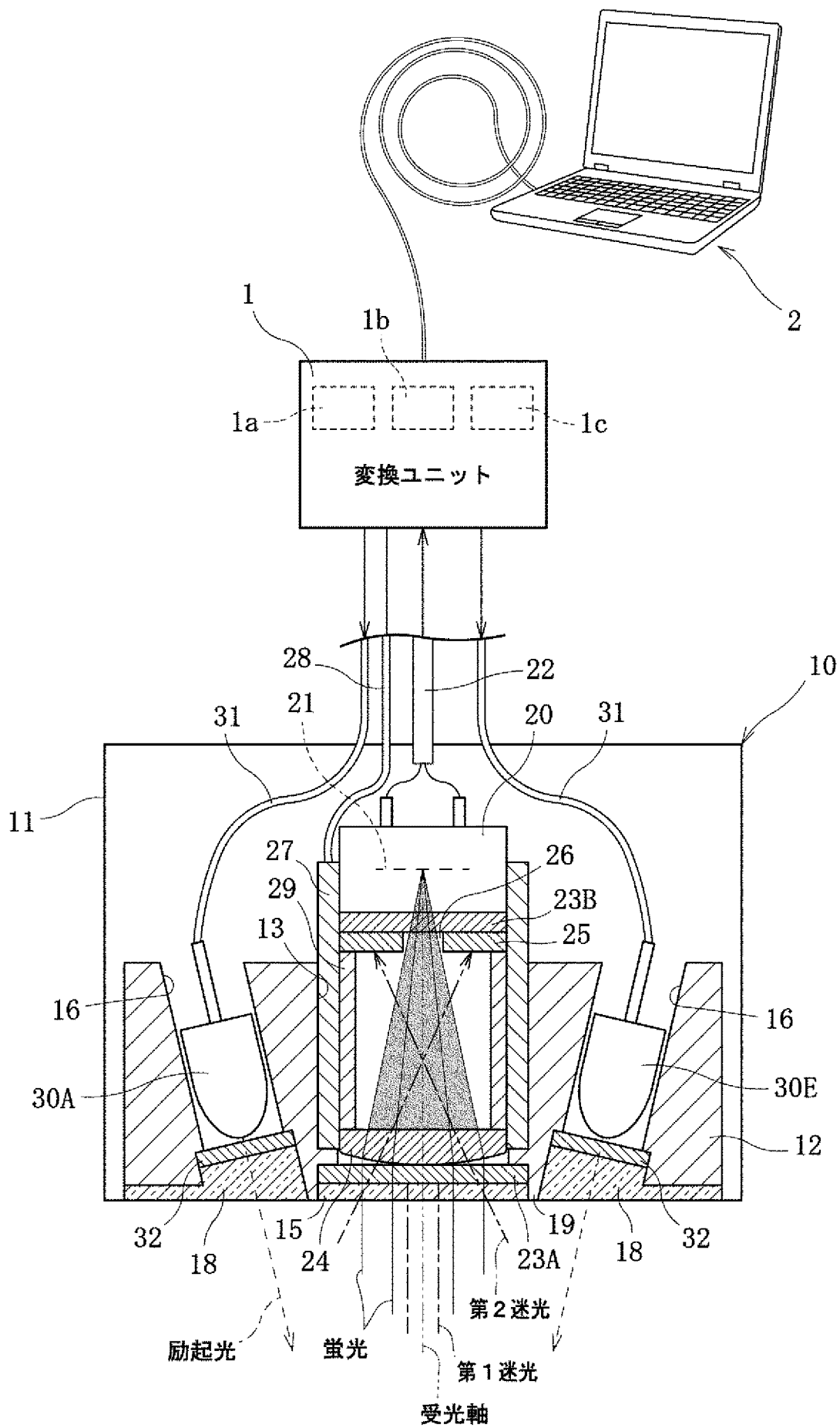
- [請求項1] 外部から光が入射される受光窓と、
前記受光窓から入射された入射光を検出する受光素子と、
前記受光窓と前記受光素子との間に配設され、前記入射光の所定波長の光をカットする干渉フィルタと、
前記受光窓と前記受光素子との間に配設され、前記受光素子の受光軸に対して平行に入射された前記入射光を前記受光素子の素子面に集光させる集光レンズと、
前記受光素子と前記集光レンズとの間に配設され、前記集光レンズによる集光領域以外へ至る前記入射光が前記受光素子側へ通過することを防ぐ絞り部材と、
を備え、これらを前記受光素子の受光軸上に配置したことを特徴とする蛍光検出器。
- [請求項2] 前記干渉フィ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に記載の蛍光検出器。
- [請求項5] 前記受光窓と前記受光素子との間に、外部からの電磁ノイズを遮断するシールド部材を配設したことを特徴とする請求項1乃至請求項4のいずれか1項に記載の蛍光検出器。
- [請求項6] 前記シールド部材は、前記受光素子の外周部から前記受光窓に向けて延びる円筒部材であることを特徴とする請求項5に記載の蛍光検出器。
- [請求項7] 前記シールド部材は、前記受光素子の前記受光窓側に配設した透光性を有するシールドシートであることを特徴とする請求項5に記載の

蛍光検出器。

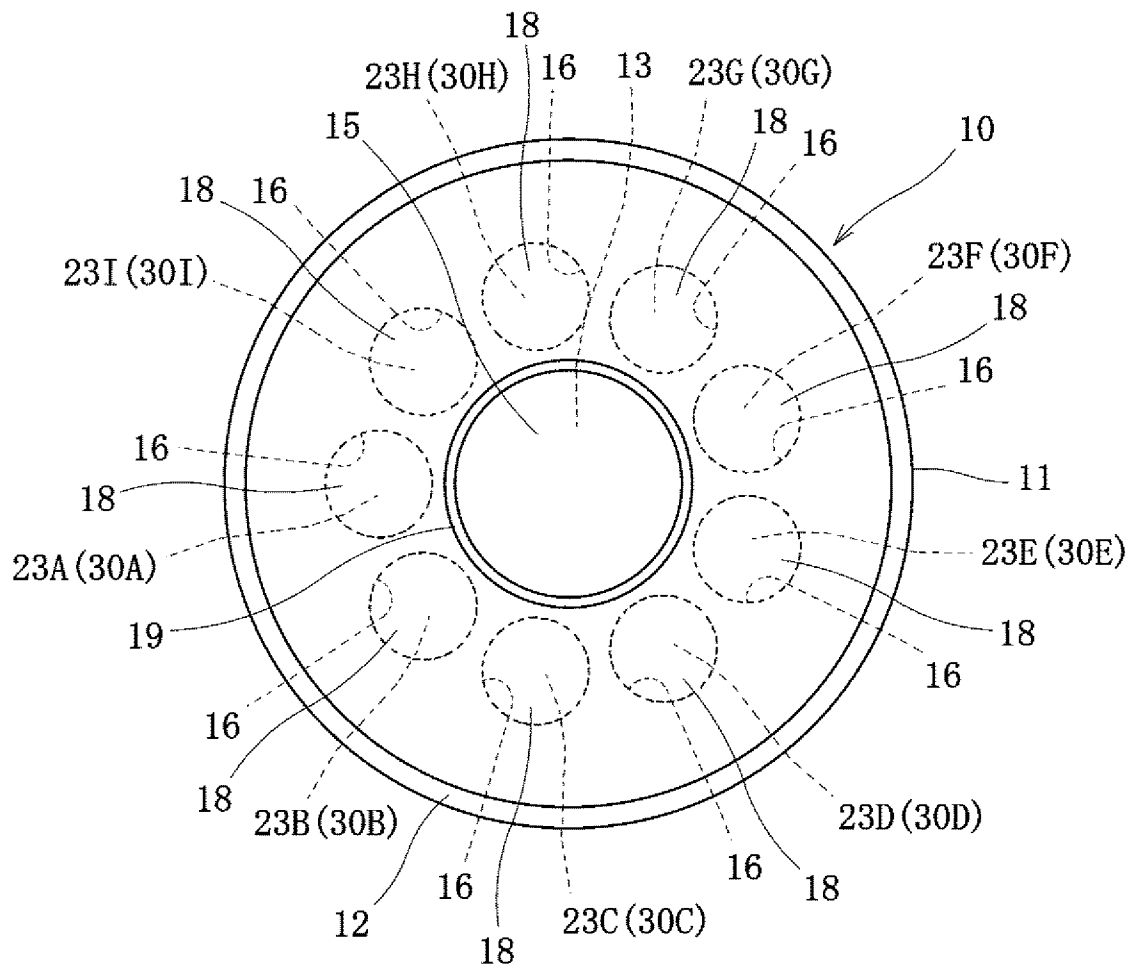
[請求項8] 前記シールド部材は、前記受光素子の外周部から前記受光窓に向けて延びる円筒部材と、前記受光素子の前記受光窓側に配設した透光性を有するシールドシートとであることを特徴とする請求項5に記載の蛍光検出器。

[請求項9] 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8のいずれか1項に記載の蛍光検出器。

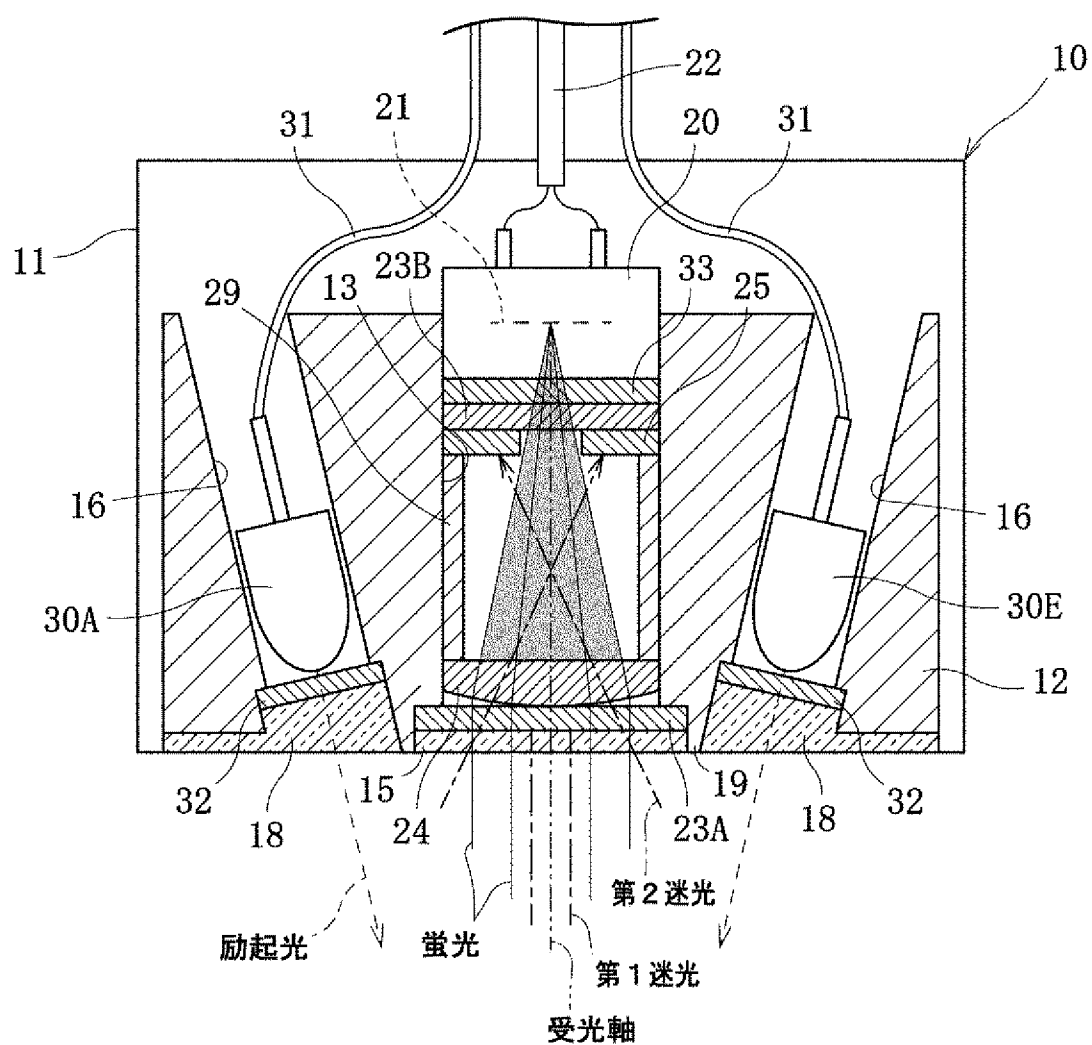
[図1]



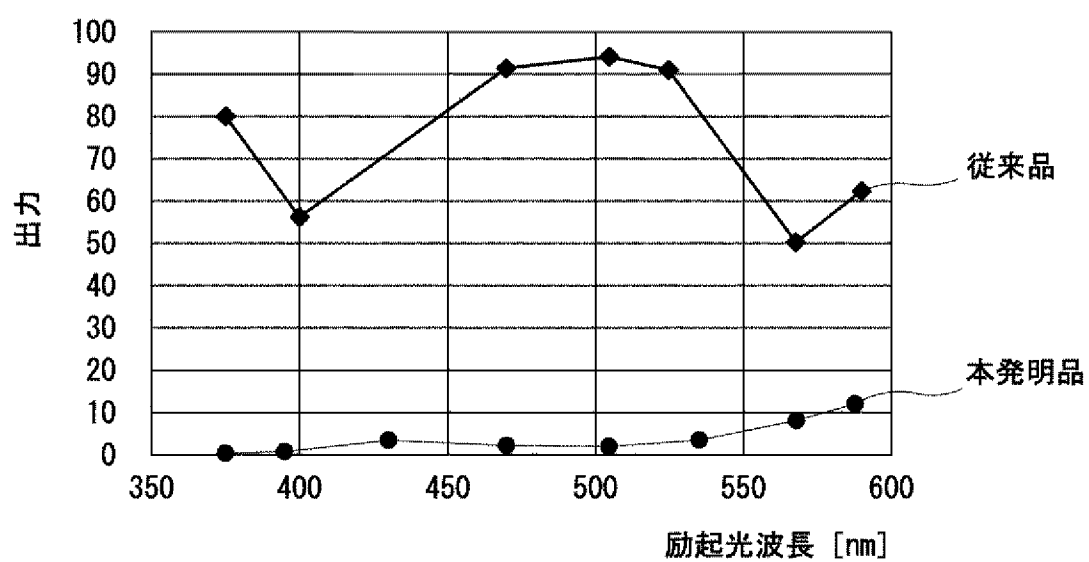
[図2]



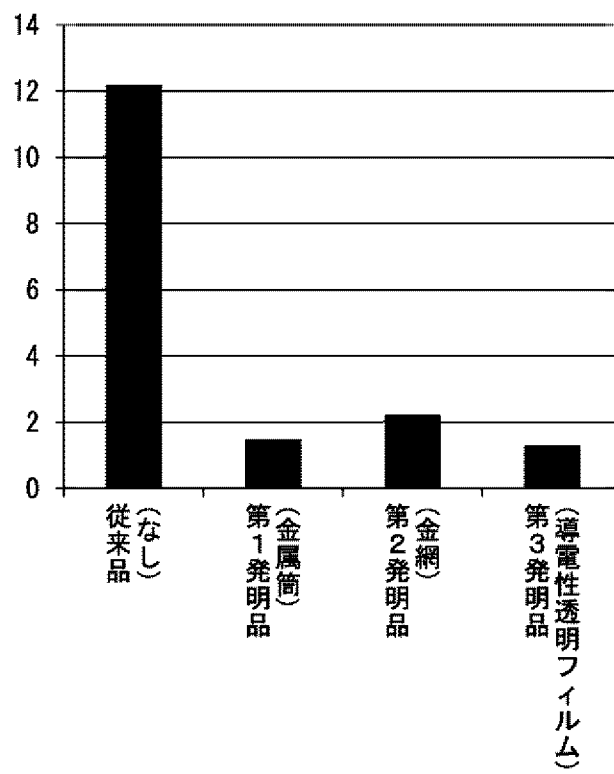
[図3]



[図4]



[図5]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/066602

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01N21/64(2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01N21/00-21/74, G01J1/00-1/60

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2013

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2013 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2013

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

JSTPlus/JST7580 (JDreamIII)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 2006/103932 A1 (Tokyo University of Marine Science and Technology), 05 October 2006 (05.10.2006), entire text; all drawings & JP 4904505 B	1-9
Y	JP 61-186835 A (Omron Tateisi Electronics Co.), 20 August 1986 (20.08.1986), page 3, lower right column, lines 5 to 13; fig. 1 (Family: none)	1-9
Y	JP 2009-178078 A (Hitachi Engineering & Services Co., Ltd.), 13 August 2009 (13.08.2009), paragraphs [0064] to [0065]; fig. 5 (Family: none)	1-9



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
02 September, 2013 (02.09.13)

Date of mailing of the international search report
10 September, 2013 (10.09.13)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/066602

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 4724559 B2 (Nippon Telegraph and Telephone Corp.), 13 July 2011 (13.07.2011), entire text; all drawings (Family: none)	5-8
Y	JP 6-70582 B2 (National Space Development Agency of Japan), 07 September 1994 (07.09.1994), fig. 1 & US 5049741 A	5-8
Y	JP 2003-507718 A (Masimo Corp.), 25 February 2003 (25.02.2003), paragraph [0035]; fig. 5 & WO 2001/013790 A1	5-8
Y	JP 2001-87250 A (Cas Medical Systems, Inc.), 03 April 2001 (03.04.2001), paragraph [0032] & US 2002/0016536 A1 & EP 1080683 A2	5-8
Y	JP 8-261934 A (Arekku Denshi Kabushiki Kaisha), 11 October 1996 (11.10.1996), entire text; all drawings (Family: none)	9
Y	JP 11-64222 A (NEC Corp.), 05 March 1999 (05.03.1999), entire text; all drawings (Family: none)	9
A	JP 2008-522160 A (IDEXX Laboratories, Inc.), 26 June 2008 (26.06.2008), entire text; all drawings & US 2006/0109475 A1 & EP 1828751 A & WO 2006/058161 A2	1-8
P,A	Mitsuo YOSHIDA et al., "In Situ Multi-Excitation Chlorophyll Fluorometer for Phytoplankton Measurements", Dai 24 Kai The Society of Environmental Instrumentation Control and Automation(EICA) Kenkyu Happyokai Koen Gaiyoshu, 15 October 2012 (15.10.2012), vol.17, no.2/3, pages 177 to 179	1-8

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C）） Int.Cl. G01N21/64(2006.01)i			
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C）） Int.Cl. G01N21/00-21/74, G01J1/00-1/60			
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1 9 2 2 - 1 9 9 6 年 日本国公開実用新案公報 1 9 7 1 - 2 0 1 3 年 日本国実用新案登録公報 1 9 9 6 - 2 0 1 3 年 日本国登録実用新案公報 1 9 9 4 - 2 0 1 3 年			
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語） JSTPlus/JST7580(JDreamIII)			
C. 関連すると認められる文献			
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号	
Y	WO 2006/103932 A1（国立大学法人東京海洋大学）2006.10.05, 全文、全図 & JP 4904505 B	1-9	
Y	JP 61-186835 A（立石電機株式会社）1986.08.20, 第3頁右下欄第5行ー第1 3行、第1図（ファミリーなし）	1-9	
Y	JP 2009-178078 A（株式会社日立エンジニアリング・アンド・サービス） 2009.08.13, 【0064】ー【0065】段落、図5（ファミリーなし）	1-9	
☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。 ☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。			
* 引用文献のカテゴリー 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願		の日の後に公表された文献 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」 同一パテントファミリー文献	
国際調査を完了した日 0 2 . 0 9 . 2 0 1 3		国際調査報告の発送日 1 0 . 0 9 . 2 0 1 3	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（I S A / J P） 郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		特許庁審査官（権限のある職員） 田中 洋介 電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 9 2	2 W 3 0 0 9

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 4724559 B2 (日本電信電話株式会社) 2011.07.13, 全文、全図 (ファミリーなし)	5-8
Y	JP 6-70582 B2 (宇宙開発事業団) 1994.09.07, 第1図 & US 5049741 A	5-8
Y	JP 2003-507718 A (マシモ・コーポレーション) 2003.02.25, 【0035】段 落、図5 & WO 2001/013790 A1	5-8
Y	JP 2001-87250 A (キャス メディカル システムズ, インコーポレイテッド) 2001.04.03, 【0032】段落 & US 2002/0016536 A1 & EP 1080683 A2	5-8
Y	JP 8-261934 A (アレック電子株式会社) 1996.10.11, 全文、全図 (ファミリーなし)	9
Y	JP 11-64222 A (日本電気株式会社) 1999.03.05, 全文、全図 (ファミリーなし)	9
A	JP 2008-522160 A (アイデックス ラボラトリーズ インコーポレイテッド) 2008.06.26, 全文、全図 & US 2006/0109475 A1 & EP 1828751 A & WO 2006/058161 A2	1-8
P, A	吉田光男 他, 多波長励起蛍光光度計の開発, 第24回環境システム計測制御 学会(EICA)研究発表会 講演概要集, 2012.10.15, Vol.17 No.2/3, pp.177-179	1-8