

(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
2014 年 5 月 8 日(08.05.2014)



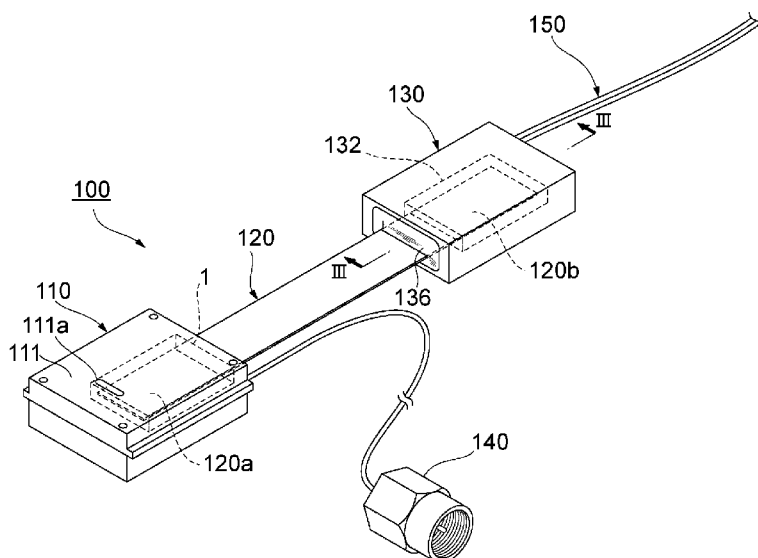
(10) 国際公開番号

WO 2014/069073 A1

- (51) 国際特許分類:
H01J 43/00 (2006.01) H01J 31/50 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2013/072102
- (22) 国際出願日: 2013 年 8 月 19 日(19.08.2013)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2012-238992 2012 年 10 月 30 日(30.10.2012) JP
- (71) 出願人: 浜松ホトニクス株式会社(HAMAMATSU PHOTONICS K.K.) [JP/JP]; 〒4358558 静岡県浜松市東区市野町 1 1 2 6 番地の 1 Shizuoka (JP).
- (72) 発明者: 久朗津 崇徳(KUROUZU Takanori); 〒4358558 静岡県浜松市東区市野町 1 1 2 6 番地の 1 浜松ホトニクス株式会社内 Shizuoka (JP).
- (74) 代理人: 長谷川 芳樹, 外(HASEGAWA Yoshiki et al.); 〒1000005 東京都千代田区丸の内二丁目 1 番 1 号丸の内 M Y P L A Z A (明治安田生命ビル) 9 階 創英国際特許法律事務所 Tokyo (JP).
- (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, SA, 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.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (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))

(54) Title: PHOTODETECTION UNIT AND METHOD FOR MANUFACTURING SAME

(54) 発明の名称: 光検出ユニットおよびその製造方法



(57) Abstract: In a photodetection unit (100) according to an embodiment, a photomultiplier tube (1) and a voltage divider substrate (132) electrically connect to each other via a flexible wiring board (120), and therefore the attitude of the photomultiplier tube (1) can be freely set to allow for a high degree of installation freedom for the photomultiplier tube (1). Moreover, covering the periphery of the voltage divider substrate (132) with an insulating resin (136) inside a resin case (134) improves the voltage resistance performance of the voltage divider substrate (132) in a voltage dividing unit (130). This will reduce the limitations on installation parameters of the voltage divider substrate (132), thereby improving overall installation flexibility of the photodetection unit (100) and allowing for a wider range of applications.

(57) 要約: 本発明の一形態に係る光検出ユニット(100)においては、光電子増倍管(1)と分圧基板(132)とが、フレキシブル配線基板(120)を介して電気的に接続されているため、光電子増倍管(1)の姿勢を自在に設定でき、光電子増倍管(1)における高い設置自由度を有する。その上、分圧部(130)において、

樹脂ケース(134)内の絶縁性樹脂(136)が分圧基板(132)の耐電圧能の向上が図られている。それにより、分圧基板(132)の設置条件に関する制約が軽減され、その結果、光検出ユニット(100)全体として設置自由度の向上が図られ、より広い用途への応用が可能となる。

WO 2014/069073 A1

明 細 書

発明の名称： 光検出ユニットおよびその製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、外部からの入射光を検出する平面型の光電子増倍管を含む光検出ユニットおよびその製造方法に関する。

背景技術

[0002] 従来から、微細加工技術を利用した小型の光電子増倍管の開発が進められている。例えば、透光性の絶縁基板上に光電面、ダイノード、及びアノードが配置された平面型の光電子増倍管が知られている（特許文献1参照）。このような構造によって、微弱光の検出が実現されるとともに、装置の小型化も図られている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：米国特許第5, 264, 693号

特許文献2：特開2004-31682号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 上述した従来の平面型の光電子増倍管では、高電圧が印加される分圧部とのワンチップ化を想定している。しかしながら、分圧部は発熱体であるため、その発熱の光電子増倍管への影響を避けるためには、分圧部を光電子増倍管から離間させることが好ましい。特に平面型の光電子増倍管の場合、光電面等の、高温による影響を受けやすい構成が平面部に近接するために、より発熱の影響を受けやすくなってしまう。

[0005] そこで、発明者らは、分圧部と光電子増倍管とを分離した上で、これらを電氣的に接続する光検出ユニットについて検討を重ねた。その結果、分圧部と光電子増倍管との間をフレキシブル配線基板で接続する技術に至った。

[0006] このような光検出ユニットによれば、フレキシブル配線基板の柔軟性によ

り、光電子増倍管の姿勢を自在に設定できるため、光電子増倍管における高い設置自由度を実現することができる。発明者らは、鋭意検討の末、光検出ユニットにおいてさらに設置自由度を向上させる技術を見出した。

[0007] すなわち、本発明は、設置自由度の向上が図られた、光電子増倍管を含む光検出ユニットおよびその製造方法を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0008] 本発明の一態様に係る光検出ユニットは、複数段の電子増倍部を有する平面型の光電子増倍管と、電子増倍部の各段へ給電する電圧を生成する分圧基板と、一端部において光電子増倍管と電氣的に接続されるとともに、他端部において分圧基板と電氣的に接続されるフレキシブル配線基板とを備える光検出ユニットであって、分圧基板を収容する樹脂ケースと、樹脂ケース内において分圧基板の周囲を覆う絶縁性樹脂とをさらに備える。

[0009] この光検出ユニットにおいては、平面型の光電子増倍管と分圧基板とが、フレキシブル配線基板を介して電氣的に接続されているため、光電子増倍管の姿勢を自在に設定でき、光電子増倍管における高い設置自由度を有する。加えて、分圧基板が樹脂ケースに収容されるとともに、その樹脂ケース内において絶縁性樹脂で周囲を覆われているため、分圧基板の耐電圧能の向上が図られている。それにより、分圧基板の設置条件に関する制約が軽減され、その結果、光検出ユニット全体としてさらなる設置自由度の向上が図られ、より広い用途への応用が可能となる。

[0010] また、樹脂ケース内において、樹脂ケースと分圧基板との間の空間が絶縁性樹脂で充たされている態様であってもよい。この場合、分圧基板が樹脂ケースに接触する事態が抑制されるため、より高い耐電圧能を実現することができる。

[0011] また、フレキシブル配線基板のうち、分圧基板に接する部分と接しない部分との境界部分が絶縁性樹脂で覆われている態様であってもよい。この場合、フレキシブル配線基板の境界部分における屈曲応力が絶縁性樹脂により緩和されるため、境界部分における断線が抑制される。

- [0012] また、樹脂ケースが、フレキシブル配線基板が通る開口を有し、樹脂ケース内の絶縁性樹脂が、開口におけるフレキシブル配線基板を覆う態様であってもよい。この場合、フレキシブル配線基板が樹脂ケースに接触する事態が抑制されるため、フレキシブル配線基板の樹脂ケースへの接触に伴う接触応力による断線が抑制される。
- [0013] また、分圧基板がコンデンサを含んでいる態様であってもよい。分圧基板の周囲を覆う絶縁性樹脂が振動吸収するため、振動により、分圧基板に含まれるコンデンサの機能が劣化する事態が抑制される。
- [0014] 本発明の一態様に係る光検出ユニットの製造方法は、複数段の電子増倍部を有する平面型の光電子増倍管と、電子増倍部の各段へ給電する電圧を生成する分圧基板とを備える光検出ユニットの製造方法において、フレキシブル配線基板の一端部に、光電子増倍管を電氣的に接続する工程と、フレキシブル配線基板の他端部に、分圧基板を電氣的に接続する工程と、フレキシブル配線基板と電氣的に接続された分圧基板を樹脂ケース内に収容し、樹脂ケース内において分圧基板を未硬化の絶縁性樹脂で覆う工程と、樹脂ケース内の未硬化の絶縁性樹脂を硬化する工程とを有する。
- [0015] この光検出ユニットの製造方法によれば、平面型の光電子増倍管と分圧基板とが、フレキシブル配線基板を介して電氣的に接続された光検出ユニットが作製される。このような光検出ユニットにおいては、光電子増倍管の姿勢を自在に設定でき、光電子増倍管における高い設置自由度を有する。加えて、分圧基板を樹脂ケース内において未硬化の絶縁性樹脂で覆う工程および樹脂ケース内の未硬化の絶縁性樹脂を硬化する工程により、分圧基板が樹脂ケース内において絶縁性樹脂で周囲を覆われるため、分圧基板の耐電圧能の向上が図られる。それにより、分圧基板の設置条件に関する制約が軽減され、その結果、光検出ユニット全体としてさらなる設置自由度の向上が図られ、より広い用途への応用が可能となる。

発明の効果

- [0016] 本発明によれば、設置自由度の向上が図られた、光電子増倍管を含む光検

出ユニットおよびその製造方法が提供される。

図面の簡単な説明

[0017] [図1]図 1 は、本発明の実施形態に係る光検出ユニットを示す概略斜視図である。

[図2]図 2 は、図 1 の光検出ユニットの光検出部に含まれる光電子増倍管を示す分解斜視図である。

[図3]図 3 は、図 1 の光検出ユニットの分圧部の | | | - | | | 線断面図である。

[図4]図 4 は、図 1 の光検出ユニットにおける配線を示した概略回路図である。

[図5]図 5 は、図 1 の光検出ユニットを作製する際の一工程を示した図である。

発明を実施するための形態

[0018] 以下、添付図面を参照して、本発明の好適な実施形態について詳細に説明する。なお、説明において、同一要素又は同一機能を有する要素には、同一符号を用いることとし、重複する説明は省略する。

[0019] 本発明の実施形態に係る光検出ユニット 100 について、図 1 を参照しつつ説明する。

[0020] 図 1 に示すように、光検出ユニット 100 は、後述する光電子増倍管 1 を含む光検出部 110 と、長尺平板状のフレキシブル配線基板 120 と、後述する分圧基板 132 を含む分圧部 130 とを備えている。

[0021] まず、光検出部 110 の光電子増倍管 1 について、図 2 を参照しつつ説明する。

[0022] 光電子増倍管 1 は、透過型の光電面を有する平面型の光電子増倍管であって、上側フレーム（第 2 の基板）2 と、側壁フレーム 3 と、上側フレーム 2 に対して側壁フレーム 3 を挟んで対向する下側フレーム（第 1 の基板）4 により構成された外囲器である筐体 5 を備える。この光電子増倍管 1 は、光電面への光の入射方向と、電子増倍部での電子の増倍方向が交差する電子管で

ある。つまり、光電子増倍管 1 は、下側フレーム 4 が構成する平面と交わる方向から光が入射されると、光電面から放出された光電子が電子増倍部に入射し、下側フレーム 4 が構成する平面の面方向に二次電子をカスケード増幅し、陽極部から信号を取り出す電子管である。

[0023] なお、以下の説明においては、電子増倍方向に沿って、電子増倍路（電子増倍チャンネル）の上流側（光電面側）を“一端側”とし、下流側（陽極部側）を“他端側”とする。引き続いて、光電子増倍管 1 の各構成要素について詳細に説明する。

[0024] 図 2 に示されたように、上側フレーム 2 は、矩形平板状の絶縁性のセラミックスを主材料とする配線基板 20 を基材として構成されている。このような配線基板としては、微細な配線設計が可能で、かつ表裏の配線パターンを自由に設計できる LTCC（Low Temperature Co-fired Ceramics：低温同時焼成セラミックス）等を用いた多層配線基板が用いられる。配線基板 20 には、その主面 20b 上に、側壁フレーム 3、後述する光電面 41、集束電極 31、壁状電極 32、電子増倍部 33、及び陽極部 34 と電氣的に接続されて外部からの給電や信号の取り出しを行う複数の導電性端子 201A～201D が設けられている。導電性端子 201A は側壁フレーム 3 の給電用として、導電性端子 201B は、光電面 41、集束電極 31、及び壁状電極 32 の給電用として、導電性端子 201C は、電子増倍部 33 の給電用として、導電性端子 201D は、陽極部 34 の給電及び信号取り出し用として、それぞれ設けられている。これらの導電性端子 201A～201D は、配線基板 20 の内部で主面 20b に対して対向する絶縁性の対向面 20a 上の導電膜や導電性端子と相互に接続され、これらの導電膜、導電性端子と側壁フレーム 3、光電面 41、集束電極 31、壁状電極 32、電子増倍部 33、及び陽極部 34 とが接続される。また、上側フレーム 2 は、導電性端子 201 を設けた多層配線基板に限らず、外部からの給電や信号の取り出しを行う導電性端子が貫通して設けられた、ガラス基板等の絶縁材料からなる板状部材でもよい。

- [0025] 側壁フレーム 3 は、矩形平板状のシリコン基板 30 を基材として構成されている。シリコン基板 30 の主面 30 a からそれに対向する面 30 b に向かって、枠状の側壁部 302 に囲まれた貫通部 301 が形成されている。この貫通部 301 はその開口が矩形であって、その外周はシリコン基板 30 の外周に沿うように形成されている。
- [0026] この貫通部 301 内には、一端側から他端側に向かって、壁状電極 32、集束電極 31、電子増倍部 33、及び陽極部 34 が配置されている。これらの壁状電極 32、集束電極 31、電子増倍部 33、及び陽極部 34 は、シリコン基板 30 を R I E (Reactive Ion Etching) 加工等によって加工することにより形成され、シリコンを主要材料としている。
- [0027] 壁状電極 32 は、後述するガラス基板 40 の対向面 40 a と正対する方向（対向面 40 a に対する略垂直方向）から見て、後述する光電面 41 を取り囲むように形成された枠状の電極である。また、集束電極 31 は、光電面 41 から放出された光電子を集束して電子増倍部 33 へと導くための電極であり、光電面 41 と電子増倍部 33 との間に設けられている。
- [0028] 電子増倍部 33 は、光電面 41 から陽極部 34 に向う電子増倍方向に沿って異なる電位に設定される N 段（N は 2 以上の整数）のダイノード（電子増倍部）から構成されており、各段を跨って電子増倍方向に伸びる、複数の電子増倍路（電子増倍チャネル）を有している。また、陽極部 34 は光電面 41 とともに電子増倍部 33 を挟む位置に配置される。
- [0029] これら壁状電極 32、集束電極 31、電子増倍部 33、及び陽極部 34 は、それぞれ、下側フレーム 4 に陽極接合、拡散接合、さらには低融点金属（例えばインジウム）等の封止材を用いた接合等によって固定されており、これにより該下側フレーム 4 上に二次元的に配置される。
- [0030] 下側フレーム 4 は、矩形平板状のガラス基板 40 を基材として構成されている。このガラス基板 40 は、絶縁材料であるガラスによって配線基板 20 の対向面 20 a に対向し、筐体 5 の内面である対向面 40 a を形成する。対向面 40 a 上における、側壁フレーム 3 の貫通部 301 に対向する部位（側

壁部 302 との接合領域以外の部位) であって、陽極部 34 側と反対側の端部には、透過型光電面である光電面 41 が形成されている。また、対向面 40a 上の電子増倍部 33 及び陽極部 34 が搭載される部位には、増倍電子の対向面 40a への入射を防止するための、複数の矩形状の窪み部 42 が形成されている。なお、電子増倍部 33 を構成する複数段のダイノード、及び陽極 34 は、複数の窪み部 42 の間の平面部である中間部 42a 上に配置される。

[0031] 以上で説明したように、光検出部 110 の光電子増倍管 1 は、複数段 (N 段) の電子増倍部 33 を有する平面型の光電子増倍管であり、図 1 に示すように、光電面 41 に対応する領域にスリット 111a が設けられた樹脂ケース 111 に収容されている。

[0032] また、光電子増倍管 1 は、フレキシブル配線基板 120 の一端部 120a に電氣的に接続されている。すなわち、フレキシブル配線基板 120 の配線が、光電子増倍管 1 の各導電性端子 201A~201D と電氣的に接続されている。なお、光電子増倍管 1 の陽極信号の取り出しには、フレキシブル配線基板 120 とは別体で設けられた信号線 140 を用いる。なお、光電子増倍管 1 の陽極信号の取り出し経路をフレキシブル配線基板 120 内に収めることで、信号線 140 を省略してもよい。

[0033] フレキシブル配線基板 120 の他端部 120b は、分圧部 130 の分圧基板 132 に電氣的に接続されている。

[0034] 以下、分圧部 130 の構成について、図 3 を参照しつつ詳細に説明する。

[0035] 図 3 に示すように、分圧部 130 は、分圧基板 132 と、分圧基板 132 を収容する樹脂ケース 134 と、絶縁性樹脂 136 とを備えている。

[0036] 分圧基板 132 は、第 1 の基板 132A と第 2 の基板 132B とで構成されている。そして、これらの基板 132A、132B の間に、フレキシブル配線基板 120 の端部 120b が挟まれるようにして、分圧基板 132 とフレキシブル配線基板 120 とが互いに結合されている。

[0037] 分圧基板 132 には、図 4 に示すように、複数の分圧素子からなる分圧素

子列Dを有する分圧回路が形成されている。図4に示した分圧回路においては、分圧素子列Dは、直列に接続された複数の抵抗素子Rからなり、分圧回路に高圧ケーブル150を介して印加される高電圧を分圧して、光電子増倍管1の電子増倍部33の各段へ給電されるべき電圧を生成する。生成された電圧は、フレキシブル配線基板120を介して、光電子増倍管1に給電される。

[0038] なお、分圧基板132の分圧回路は、図4に示すように、分圧素子列Dの他に、分圧素子列Dと並列に接続されたコンデンサCを有している。分圧回路は、このコンデンサCがない場合でも機能するが、このように接続されたコンデンサCを有することで、高圧ケーブル150にノイズが加わってしまった際のノイズのリターンパスとして用いることができ、当該ノイズがフレキシブル配線基板120を介して光電子増倍管1へ影響してしまう事態を抑制することができる。なお、コンデンサCには、耐電圧能が高く、小型なセラミックコンデンサが採用され得る。また、分圧回路は、上述した分圧回路に限定されず、光電子増倍管1の光電面41から放出される光電子の収集効率や電子増倍部33における利得やパルスリニアリティ特性などを考慮して、適宜変更可能である。

[0039] 樹脂ケース134は、分圧基板132を全体的に覆う寸法を有する直方体状ケースであり、絶縁性を有する樹脂、たとえばABS樹脂で構成されている。樹脂ケース134は、その一端面が開放されることで、フレキシブル配線基板120を通すための開口134aが設けられている。

[0040] 絶縁性樹脂136は、樹脂ケース134内において、樹脂ケース134と分圧基板132との間の空間を充たすように形成されており、たとえばシリコーン樹脂で構成されている。すなわち、絶縁性樹脂136は、樹脂ケース134内において分圧基板132の周囲を完全に覆っている。なお、分圧基板132を覆う絶縁性樹脂136には、少なくとも耐電圧性（高い絶縁性）、難燃性（発熱に起因する発火抑制）、低吸水性（水分の浸入に起因する素子や樹脂の劣化抑制）が求められ、さらには、後述する作製手順において分

圧基板 132 の周囲を確実に覆うために未硬化時における高い流動性が求められる。絶縁性樹脂 136 は、これらの特性を備える樹脂であれば、シリコン樹脂に限らず、ウレタン樹脂やエポキシ樹脂等であってもよい。

[0041] 以上で説明した分圧部 130 は、以下の手順により作製することができる。

[0042] すなわち、まず、フレキシブル配線基板 120 の一端部 120a に光電子増倍管 1 を電氣的に接続するとともに、フレキシブル配線基板 120 の他端部 120b に、分圧基板 132 を電氣的に接続する。次に、図 5 に示すように、フレキシブル配線基板 120 が接続された分圧基板 132 (132A、132B) を下方に向けて、分圧基板 132 が樹脂ケース 134 の内壁に接触しないように樹脂ケース 134 内に完全に收容し、その後、絶縁性樹脂 136 となるべき未硬化の絶縁性樹脂を開口 134a から注入し、分圧基板 132 が完全に埋まるように充填する。その結果、樹脂ケース 134 内において分圧基板 132 の周囲が、未硬化の絶縁性樹脂によって完全に覆われる。その後、未硬化の絶縁性樹脂を所定の方法で硬化させることで、分圧基板 132 が硬化された絶縁性樹脂 136 によって完全に覆われることとなる。なお、未硬化の絶縁性樹脂の樹脂ケース 134 内への注入は、開口 134a からに限らず、開口 134a とは別の開口部から注入してもよい。

[0043] なお、予め絶縁性樹脂 136 となるべき未硬化の絶縁性樹脂を開口 134a から樹脂ケース 134 内に注入しておき、その後、分圧基板 132 を樹脂ケース 134 内に完全に收容することで、樹脂ケース 134 内において分圧基板 132 の周囲を、未硬化の絶縁性樹脂で完全に覆ってもよい。また、未硬化の絶縁性樹脂を注入してから、樹脂が硬化しないうちに分圧基板 132 を樹脂ケース 134 の内壁に接触しないような状態としてもよい。

[0044] 以上で説明した光検出ユニット 100 においては、光電子増倍管 1 と分圧基板 132 とが、フレキシブル配線基板 120 を介して電氣的に接続されている。そのため、フレキシブル配線基板 120 の柔軟性と長さの許容範囲内で、光電子増倍管 1 の姿勢や分圧基板 132 に対する相対位置を自在に設定

できる。具体的には、分圧基板 132 の配置状態等に制限されることなく、光電子増倍管 1 の光電面 41 を向ける方向（光検出方向）を所望の方向に配向させたり、光電子増倍管 1 の分圧基板 132 とは異なる平面上に配置したりすることができる。したがって、光電子増倍管 1 を含む光検出部 110 は高い設置自由度を有する。

[0045] その上、分圧部 130 において、樹脂ケース 134 内の絶縁性樹脂 136 が分圧基板 132 の周囲を覆うことで、分圧基板 132 の耐電圧能の向上が図られている。また、分圧基板 132 を覆う絶縁性樹脂 136 を、絶縁性の樹脂ケース 134 でさらに覆うことで、さらなる耐電圧能の向上が図られ、加えて、耐衝撃性や環境安定性、取扱いの容易性の向上も図られている。それにより、分圧基板 132 の設置条件に関する制約が軽減され、その結果、光検出ユニット 100 全体として設置自由度の向上が図られ、より広い用途への応用が可能となる。

[0046] 特に、上述した実施形態においては、樹脂ケース 134 内において、樹脂ケース 134 と分圧基板 132 との間の空間が絶縁性樹脂 136 で完全に充たされている。

[0047] ここで、樹脂ケース 134 を構成する ABS 樹脂と、絶縁性樹脂 136 を構成するシリコン樹脂とで、絶縁性（絶縁破壊電圧）を比較した場合、ABS 樹脂が約 14～20 kV、シリコン樹脂が約 27 kV であり、絶縁性樹脂 136 のシリコン樹脂のほうが高くなっている。

[0048] そのため、分圧基板 132 が樹脂ケース 134 に接触する態様よりも、分圧基板 132 が完全に周囲を絶縁性樹脂 136 で覆われるように樹脂ケース 134 と分圧基板 132 との間の空間が絶縁性樹脂 136 で充たされる態様のほうが、より高い耐電圧能を実現することができる。

[0049] また、樹脂ケース 134 を構成する ABS 樹脂と、絶縁性樹脂 136 を構成するシリコン樹脂とで、放熱性（熱伝導率）を比較した場合、ABS 樹脂が約 0.2～0.3 W/m・k、シリコン樹脂が約 0.5 W/m・k であり、絶縁性樹脂 136 のシリコン樹脂のほうが高くなっている。

- [0050] そのため、絶縁性樹脂 1 3 6 により分圧基板 1 3 2 の周囲が完全に覆われることで、分圧基板 1 3 2 に生じる熱を効率よく伝導することができ、熱が開口 1 3 4 a から速やかに樹脂ケース 1 3 4 外に放出される。
- [0051] さらに、図 3 に示すように、フレキシブル配線基板 1 2 0 のうち、分圧基板 1 3 2 に接する部分 1 2 1 と接しない部分 1 2 2 との境界部分 1 2 3 が絶縁性樹脂 1 3 6 で覆われている。そのため、フレキシブル配線基板 1 2 0 の境界部分 1 2 3 に、屈曲する向きの外力が加わった場合に、その屈曲応力が絶縁性樹脂 1 3 6 により緩和される。すなわち、絶縁性樹脂 1 3 6 により、フレキシブル配線基板 1 2 0 の境界部分 1 2 3 に、過剰な屈曲応力が加わりにくくなっている。したがって、フレキシブル配線基板 1 2 0 の境界部分 1 2 3 における断線が効果的に抑制されている。
- [0052] 加えて、樹脂ケース 1 3 4 内の絶縁性樹脂 1 3 6 が、開口 1 3 4 a 内においてフレキシブル配線基板 1 2 0 の全周を覆っている。開口 1 3 4 a における部分 1 2 4 のフレキシブル配線基板 1 2 0 の全周が絶縁性樹脂 1 3 6 で覆われていない場合には、開口 1 3 4 a の位置において、フレキシブル配線基板 1 2 0 が樹脂ケース 1 3 4 に接触する事態が生じ、場合によっては、その接触に伴う接触応力によりフレキシブル配線基板 1 2 0 の断線が生じうる。一方、上述した実施形態においては、開口 1 3 4 a 内においてフレキシブル配線基板 1 2 0 の全周を絶縁性樹脂 1 3 6 が覆っているため、フレキシブル配線基板 1 2 0 が樹脂ケース 1 3 4 に接触する事態が抑制されており、上記した断線は生じにくくなっている。
- [0053] また、開口 1 3 4 a 内においてフレキシブル配線基板 1 2 0 が絶縁性樹脂 1 3 6 から突出する境界部 1 2 4 においては、フレキシブル配線基板 1 2 0 に沿って絶縁性樹脂 1 3 6 が這い上がった状態で形成されている。這い上がり部がフレキシブル配線基板 1 2 0 の境界部 1 2 4 領域を支持することで、さらにフレキシブル配線基板 1 2 0 が樹脂ケース 1 3 4 に接触する事態が抑制されている。
- [0054] また、絶縁性樹脂 1 3 6 を構成するシリコン樹脂等は、ある程度弾性変

形するため、振動吸収の機能も備えている。そのため、光検出ユニット 100 を、分圧部 130 が振動する環境に設置した場合であっても、その振動が絶縁性樹脂 136 によって抑制され、分圧基板 132 まで振動が達しにくくなっている。特に、図 4 に示したように、分圧基板 132 の分圧回路がコンデンサ C を有する場合には、振動や衝撃により、コンデンサ C にマイクロクラックが生じて機能が劣化してしまう。上述した実施形態においては、絶縁性樹脂 136 が分圧基板 132 の周囲を覆うことで、分圧基板 132 の振動や衝撃に対する耐性が向上しており、コンデンサ C を含む分圧回路が分圧基板 132 に形成されている場合であっても、コンデンサ C にマイクロクラックにより機能が劣化する事態が抑制されている。

[0055] なお、本発明は上述した実施形態に限らず、様々な変形が可能である。たとえば、分圧基板として、2 枚の基板で構成された分圧基板を示したが、適宜、1 枚の基板で構成した態様や 3 枚以上の基板で構成した態様に変更可能である。また、光電子増倍管としては、図 2 に示した構成の光電子増倍管に限らず、平面型の様々な光電子増倍管を採用可能である。

符号の説明

- [0056] 1 光電子増倍管
33 電子増倍部
100 光検出ユニット
110 光検出部
120 フレキシブル配線基板
130 分圧部
132 分圧基板
134 樹脂ケース
136 絶縁性樹脂

請求の範囲

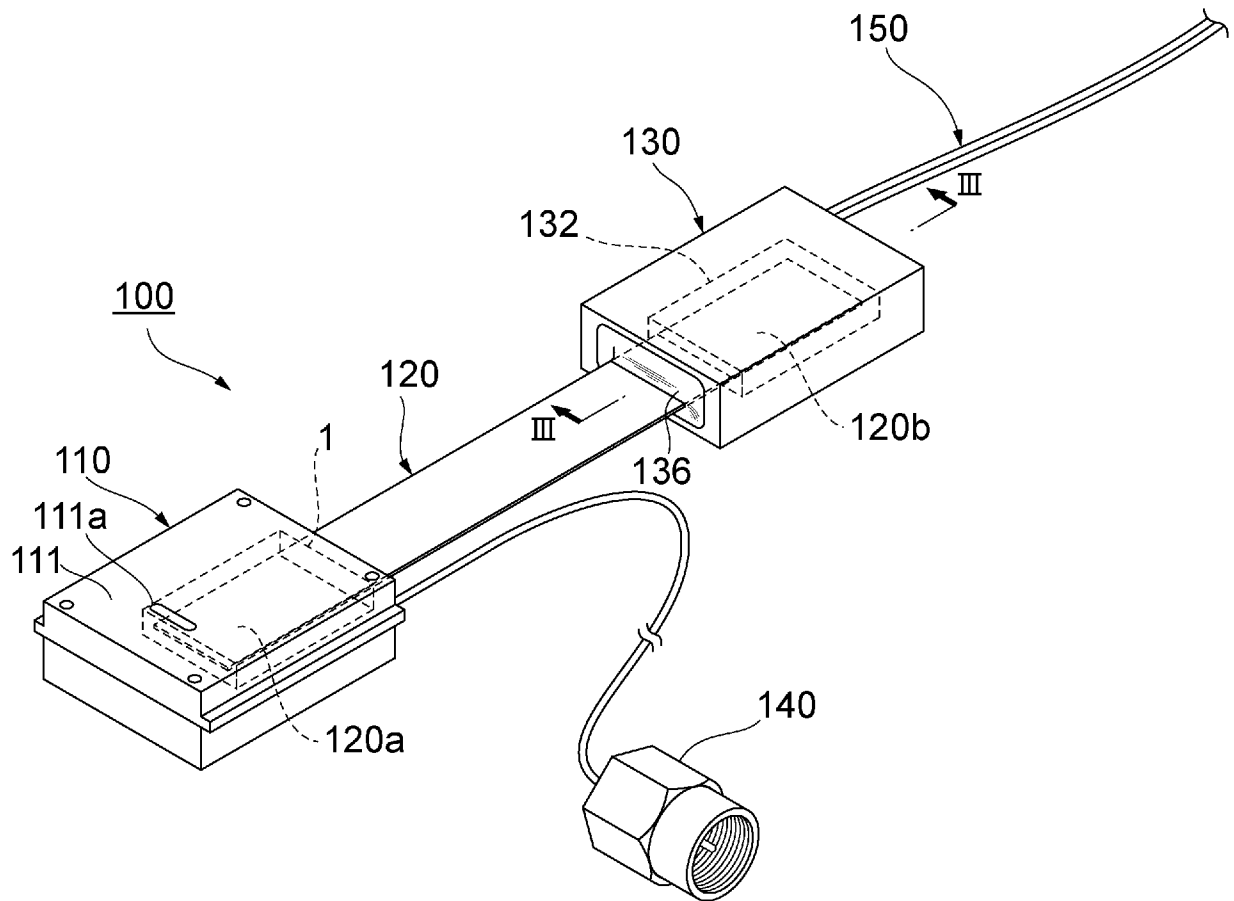
- [請求項1] 複数段の電子増倍部を有する平面型の光電子増倍管と、
前記電子増倍部の各段へ給電する電圧を生成する分圧基板と、
一端部において前記光電子増倍管と電氣的に接続されるとともに、
他端部において前記分圧基板と電氣的に接続されるフレキシブル配線
基板と
を備える光検出ユニットであって、
前記分圧基板を収容する樹脂ケースと、
前記樹脂ケース内において前記分圧基板の周囲を覆う絶縁性樹脂と
をさらに備える、光検出ユニット。
- [請求項2] 前記樹脂ケース内において、前記樹脂ケースと前記分圧基板との間
の空間が前記絶縁性樹脂で充たされている、請求項1に記載の光検出
ユニット。
- [請求項3] 前記フレキシブル配線基板のうち、前記分圧基板に接する部分と接
しない部分との境界部分が前記絶縁性樹脂で覆われている、請求項1
または2に記載の光検出ユニット。
- [請求項4] 前記樹脂ケースが、前記フレキシブル配線基板が通る開口を有し、
前記樹脂ケース内の絶縁性樹脂が、前記開口における前記フレキシ
ブル配線基板を覆う、請求項1～3のいずれか一項に記載の光検出ユ
ニット。
- [請求項5] 前記分圧基板がコンデンサを含んでいる、請求項1～4のいずれか
一項に記載の光検出ユニット。
- [請求項6] 複数段の電子増倍部を有する平面型の光電子増倍管と、前記電子増
倍部の各段へ給電する電圧を生成する分圧基板とを備える光検出ユ
ニットの製造方法において、
フレキシブル配線基板の一端部に、前記光電子増倍管を電氣的に接
続する工程と、
前記フレキシブル配線基板の他端部に、前記分圧基板を電氣的に接

続する工程と、

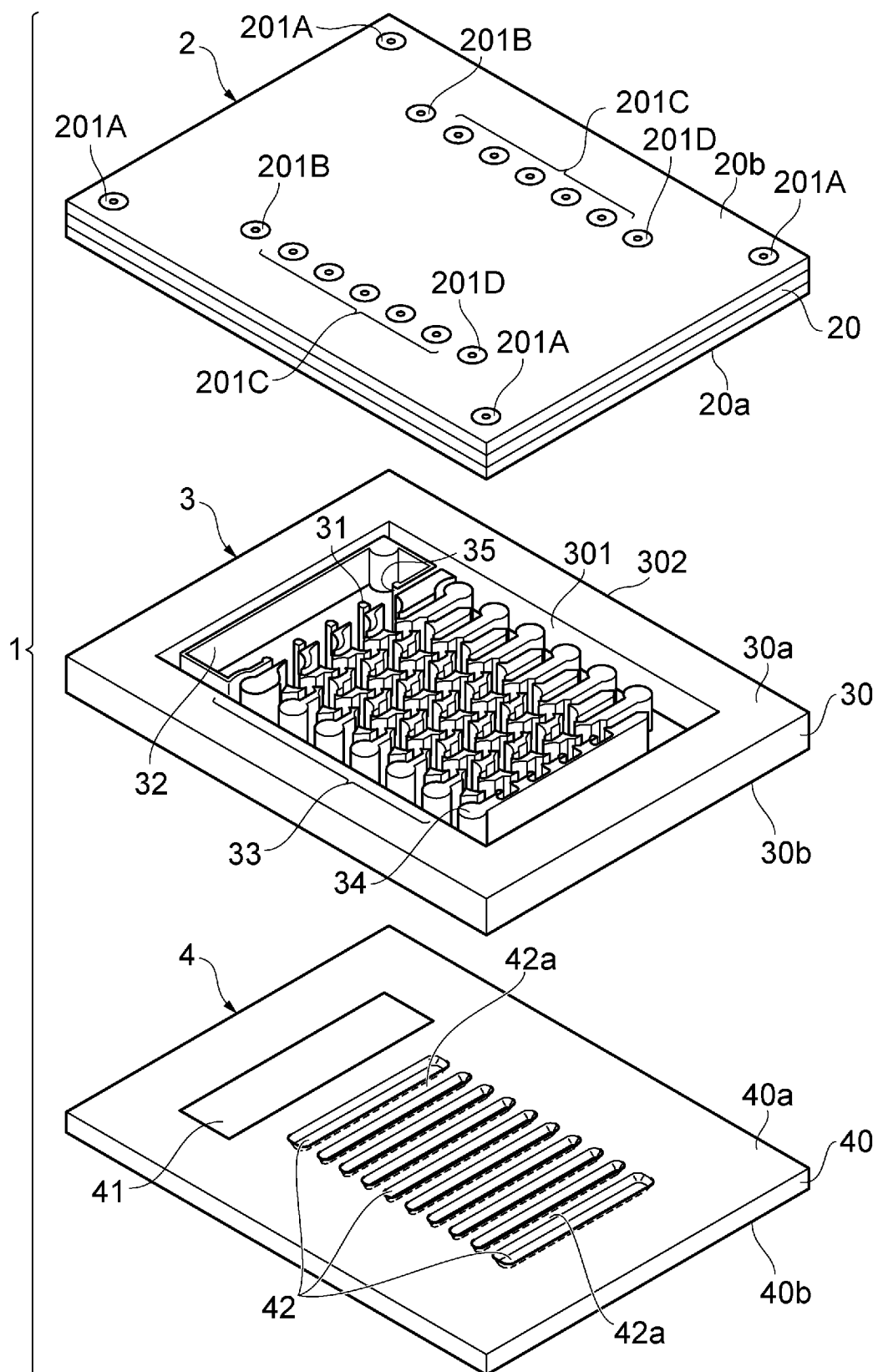
前記フレキシブル配線基板と電氣的に接続された前記分圧基板を樹脂ケース内に収容し、前記樹脂ケース内において前記分圧基板を未硬化の絶縁性樹脂で覆う工程と、

前記樹脂ケース内の前記未硬化の絶縁性樹脂を硬化する工程とを有する光検出ユニットの製造方法。

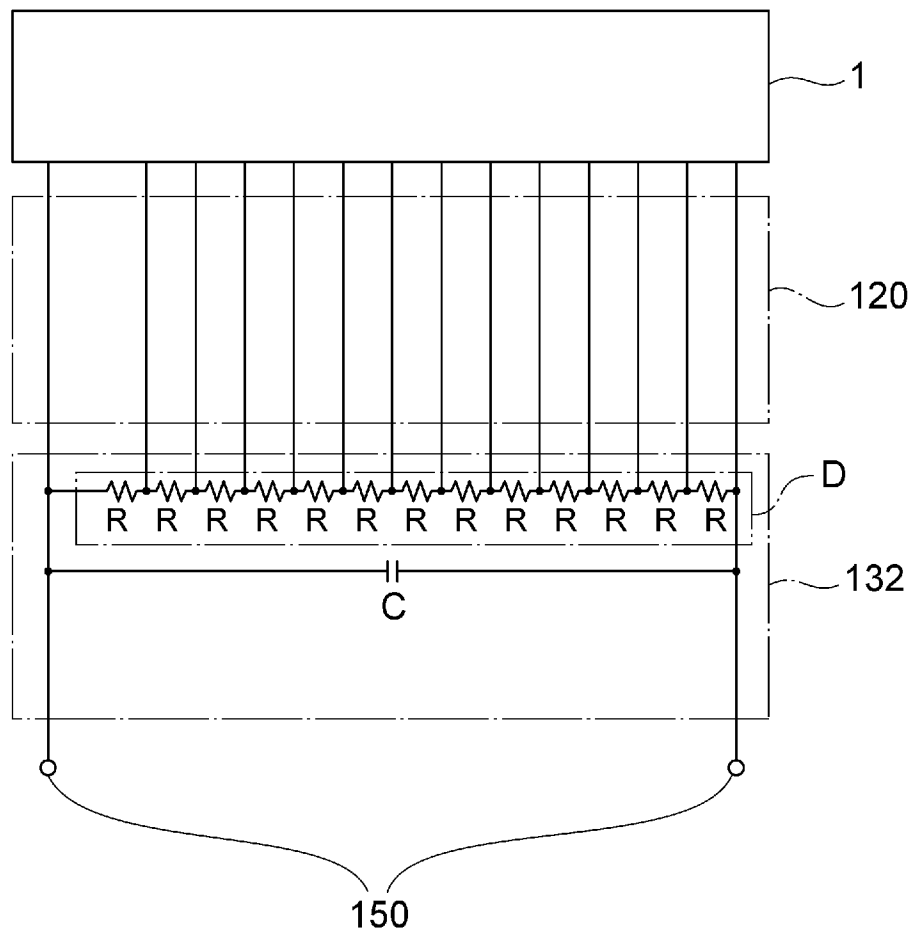
[図1]



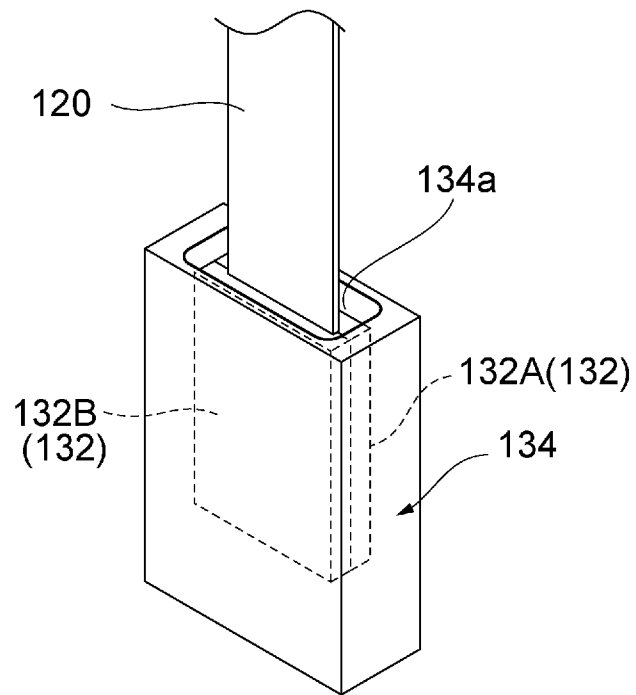
[図2]



[図4]



[図5]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/072102

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01J43/00(2006.01) i, H01J31/50(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)

H01J43/00, H01J31/50

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)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2012-204262 A (Spectratech Inc.), 22 October 2012 (22.10.2012), paragraphs [0005] to [0008], [0025] to [0032]; fig. 1 to 2 (Family: none)	1-6
Y	JP 2010-267414 A (Hamamatsu Photonics Kabushiki Kaisha), 25 November 2010 (25.11.2010), paragraphs [0005], [0014] to [0035]; fig. 1 to 7 (Family: none)	1-6
Y	JP 2004-031682 A (Sony Corp.), 29 January 2004 (29.01.2004), paragraphs [0002] to [0012]; fig. 13 to 16 (Family: none)	1-6

☒ 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
16 October, 2013 (16.10.13)

Date of mailing of the international search report
29 October, 2013 (29.10.13)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/072102

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 6-224314 A (Toshiba Corp.), 12 August 1994 (12.08.1994), paragraphs [0002] to [0003]; fig. 9 (Family: none)	1-6
A	JP 2011-187454 A (Hamamatsu Photonics Kabushiki Kaisha), 22 September 2011 (22.09.2011), entire text; all drawings & JP 4762719 B & JP 5000137 B & US 2007/0194713 A1 & US 2008/0018246 A1 & US 2011/0221336 A1 & US 2012/0274204 A1 & EP 1717842 A1 & EP 1717843 A1 & WO 2005/078759 A1 & WO 2005/078760 A1 & CN 1918686 A & CN 1922710 A	1-6

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H01J43/00(2006.01)i, H01J31/50(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. H01J43/00, H01J31/50

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）

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	JP 2012-204262 A（株式会社スペクトラテック）2012.10.22, 段落 0 0 0 5 - 0 0 0 8、0 0 2 5 - 0 0 3 2、図1-2（ファミリー なし）	1 - 6
Y	JP 2010-267414 A（浜松ホトニクス株式会社）2010.11.25, 段落0 0 0 5、0 0 1 4 - 0 0 3 5、図1-7（ファミリーなし）	1 - 6
Y	JP 2004-031682 A（ソニー株式会社）2004.01.29, 段落0 0 0 2 - 0 0 1 2、図1 3 - 1 6（ファミリーなし）	1 - 6

☒ 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

1 6 . 1 0 . 2 0 1 3

国際調査報告の発送日

2 9 . 1 0 . 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）

佐藤 仁美

2 G

4 0 7 3

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 2 6

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 6-224314 A (株式会社東芝) 1994. 08. 12, 段落 0 0 0 2 - 0 0 0 3、図 9 (ファミリーなし)	1 - 6
A	JP 2011-187454 A (浜松ホトニクス株式会社) 2011. 09. 22, 全文、全図 & JP 4762719 B & JP 5000137 B & US 2007/0194713 A1 & US 2008/0018246 A1 & US 2011/0221336 A1 & US 2012/0274204 A1 & EP 1717842 A1 & EP 1717843 A1 & WO 2005/078759 A1 & WO 2005/078760 A1 & CN 1918686 A & CN 1922710 A	1 - 6