

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B1)

(11) 特許番号

特許第6200552号
(P6200552)

(45) 発行日 平成29年9月20日(2017.9.20)

(24) 登録日 平成29年9月1日(2017.9.1)

(51) Int.Cl.

F 1

| | | |
|------|---------|-----------|
| GO2B | 6/42 | (2006.01) |
| HO1L | 31/0232 | (2014.01) |
| HO1S | 5/022 | (2006.01) |
| HO5K | 1/14 | (2006.01) |

| | |
|------|-------|
| GO2B | 6/42 |
| HO1L | 31/02 |
| HO1S | 5/022 |
| HO5K | 1/14 |

C C

請求項の数 17 (全 33 頁)

| | |
|-----------|------------------------------|
| (21) 出願番号 | 特願2016-113220 (P2016-113220) |
| (22) 出願日 | 平成28年6月7日(2016.6.7) |
| 審査請求日 | 平成29年3月6日(2017.3.6) |

早期審査対象出願

| | |
|-----------|---|
| (73) 特許権者 | 000005186 株式会社フジクラ 東京都江東区木場1丁目5番1号 |
| (74) 代理人 | 110000176 一色国際特許業務法人 |
| (72) 発明者 | 阿部 真也 千葉県佐倉市六崎1440番地 株式会社 フジクラ 佐倉事業所内 |
| (72) 発明者 | 上田 豊 千葉県佐倉市六崎1440番地 株式会社 フジクラ 佐倉事業所内 |
| (72) 発明者 | 大竹 守 千葉県佐倉市六崎1440番地 株式会社 フジクラ 佐倉事業所内 |

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】コネクタ付きケーブル

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

光ファイバを有するケーブルと、前記ケーブルの端部に設けられたコネクタとを備えたコネクタ付きケーブルであって、

前記コネクタは、

光ファイバの端面と対向する光素子を実装し、前記光ファイバの光軸に対して垂直な第1基板と、フレキシブル基板とを備えた光電変換ユニットと、

前記光軸に平行に配置され、前記フレキシブル基板によって前記第1基板と電気的に接続される第2基板と、

前記光電変換ユニットと前記第2基板とを収容するハウジングと
を備え、

前記ハウジングは、前記光ファイバの光軸に対して垂直に前記第1基板を保持する保持部を有し、

前記第1基板の熱が前記保持部を介して前記ハウジングに伝導され、

前記保持部は、幅方向に対向して配置された一対の保持部材を有し、

前記保持部材の外面と前記ハウジングの側壁面との間に隙間が形成されることによって、一対の挿通部が前記第1基板及び前記保持部を挟むように前記幅方向に離れて配置されており、

少なくとも2本の電源線は、互いに異なる前記挿通部に配線されている
ことを特徴とするコネクタ付きケーブル。

10

20

【請求項 2】

請求項 1 に記載のコネクタ付きケーブルであって、
 前記第 1 基板は、基板側ファイバ穴を有し、
 前記光ファイバの端部は、先細状に形成され、
 前記基板側ファイバ穴に挿入された前記光ファイバの端面が、前記光素子と対向することを特徴とするコネクタ付きケーブル。

【請求項 3】

請求項 1 又は 2 に記載のコネクタ付きケーブルであって、
 前記一対の保持部材の内側の面において、前記第 1 基板の前記幅方向における両縁が保持されており、
 前記一対の保持部材に保持された前記第 1 基板の前記両縁の間ににおいて、前記第 1 基板が前記フレキシブル基板に接続されていることを特徴とするコネクタ付きケーブル。

10

【請求項 4】
請求項 1 ~ 3 のいずれかに記載のコネクタ付きケーブルであって、
 前記ケーブルの口出し部において、少なくとも 2 本の前記電源線の間に前記光ファイバが配置されていることを特徴とするコネクタ付きケーブル。

【請求項 5】

請求項 1 ~ 4 のいずれかに記載のコネクタ付きケーブルであって、
 前記第 1 基板には、前記光素子を制御する制御回路が設けられており、
 前記第 1 基板は、前記第 2 基板よりも高い熱伝導率を有することを特徴とするコネクタ付きケーブル。

20

【請求項 6】

請求項 5 に記載のコネクタ付きケーブルであって、
 前記第 2 基板には、電圧を昇圧するための昇圧回路及び電圧を降圧するための降圧回路の少なくとも一方が設けられていることを特徴とするコネクタ付きケーブル。

【請求項 7】

請求項 1 ~ 6 のいずれかに記載のコネクタ付きケーブルであって、
 前記一対の保持部材の内側の面には、前記第 1 基板の縁を挿入する溝部が形成されており、
 前記溝部の端部において、前記溝部に挿入された前記第 1 基板の縁が係止されていることを特徴とするコネクタ付きケーブル。

30

【請求項 8】

請求項 1 ~ 7 のいずれかに記載のコネクタ付きケーブルであって、
 前記フレキシブル基板の一方の端部は前記第 1 基板に電気的に接続されており、
 前記フレキシブル基板の他方の端部の両面には、前記第 2 基板に接続するための接続端子が形成されており、
 前記接続端子は、前記フレキシブル基板の前記他方の端部のどちらか一方の面を前記第 2 基板に対向させて、前記第 2 基板に対して電気的に接続されていることを特徴とするコネクタ付きケーブル。

40

【請求項 9】

請求項 1 ~ 8 のいずれかに記載のコネクタ付きケーブルであって、
 前記第 1 基板には、フェルールが固定されており、
 前記フェルールは、フェルール側ファイバ穴を有し、
 前記第 1 基板は、基板側ファイバ穴を有し、
 前記光ファイバの端部は、フェルール側ファイバ穴及び基板側ファイバ穴に挿入されていることを特徴とするコネクタ付きケーブル。

50

【請求項 10】

請求項 9 に記載のコネクタ付きケーブルであって、

前記第 1 基板及び前記フェルールは、位置決めピンを挿入するための位置決め穴をそれぞれ有することを特徴とするコネクタ付きケーブル。

【請求項 11】

請求項 9 又は 10 に記載のコネクタ付きケーブルであって、

前記フェルールは、前記第 1 基板に接触する接触端面と、前記接触端面から凹んだ凹部とを有しており、

前記接触端面を前記第 1 基板に接触させたとき、前記凹部において前記フェルールと前記第 1 基板との間に隙間が形成されていることを特徴とするコネクタ付きケーブル。 10

【請求項 12】

請求項 1 ~ 11 のいずれかに記載のコネクタ付きケーブルであって、

前記第 1 基板は、基板側ファイバ穴を有し、

前記第 1 基板と前記光素子との間には、バンプによる隙間が形成されており、

前記光ファイバの前記端面は、前記基板側ファイバ穴の開口から突出した状態で、前記光素子と対向している

ことを特徴とするコネクタ付きケーブル。

【請求項 13】

請求項 1 ~ 12 に記載のコネクタ付きケーブルであって、

前記光素子は、複数の発光部又は複数の受光部を有し、

前記光ファイバの端面は、いずれかの前記発光部又は前記受光部と対向することを特徴とするコネクタ付きケーブル。 20

【請求項 14】

請求項 13 に記載のコネクタ付きケーブルであって、

前記光ファイバの端面と対向していない前記発光部又は前記受光部があることを特徴とするコネクタ付きケーブル。

【請求項 15】

請求項 1 に記載のコネクタ付きケーブルであって、

前記コネクタは、前記ケーブルの一端側に設けられた第 1 コネクタと、前記ケーブルの他端側に設けられた第 2 コネクタとを備え、

前記第 1 コネクタ及び前記第 2 コネクタは、それぞれ、

光ファイバの端面と対向する光素子を実装し、前記光ファイバの光軸に対して垂直な第 1 基板と、フレキシブル基板とを備えた光電変換ユニットと、

前記光軸に平行に配置され、前記フレキシブル基板によって前記第 1 基板と電気的に接続される第 2 基板と、

を備え、

前記フレキシブル基板の一方の端部は前記第 1 基板に電気的に接続されており、

前記フレキシブル基板の他方の端部の両面には、前記第 2 基板に接続するための接続端子が形成されており、

前記接続端子は、前記フレキシブル基板の前記他方の端部のどちらの面を前記第 2 基板に対向させても、前記第 2 基板に対して電気的に接続可能に構成されており、

前記第 1 コネクタにおける前記接続端子が前記第 2 基板に対向する面と、前記第 2 コネクタにおける前記接続端子が前記第 2 基板に対向する面とが異なることを特徴とするコネクタ付きケーブル。 40

【請求項 16】

光ファイバを有するケーブルと、前記ケーブルの一端側に設けられた第 1 コネクタと、前記ケーブルの他端側に設けられた第 2 コネクタとを備えたコネクタ付きケーブルであつて、

前記第 1 コネクタ及び前記第 2 コネクタは、それぞれ、

光ファイバの端面と対向する光素子を実装し、前記光ファイバの光軸に対して垂

50

直な第1基板と、フレキシブル基板とを備えた光電変換ユニットと、

前記光軸に平行に配置され、前記フレキシブル基板によって前記第1基板と電気的に接続される第2基板と、

前記光電変換ユニットと前記第2基板とを収容するハウジングと
を備え、

前記ハウジングは、前記光ファイバの光軸に対して垂直に前記第1基板を保持する保持部を有し、

前記第1基板の熱が前記保持部を介して前記ハウジングに伝導され、

前記フレキシブル基板の一方の端部は前記第1基板に電気的に接続されており、

前記フレキシブル基板の他方の端部の両面には、前記第2基板に接続するための接続端子が形成されており、

前記接続端子は、前記フレキシブル基板の前記他方の端部のどちらの面を前記第2基板に對向させても、前記第2基板に對して電気的に接続可能に構成されており、

前記第1コネクタにおける前記接続端子が前記第2基板に對向する面と、前記第2コネクタにおける前記接続端子が前記第2基板に對向する面とが異なることを特徴とするコネクタ付きケーブル。

【請求項17】

請求項15又は16に記載のコネクタ付きケーブルであって、

前記第1コネクタ及び前記第2コネクタは、それぞれ、ハウジングを備えており、

前記第1コネクタの前記ハウジング内での前記第2基板の位置と、前記第2コネクタの前記ハウジング内での前記第2基板の位置とが異なることを特徴とするコネクタ付きケーブル。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、コネクタ付きケーブルに関する。

【背景技術】

【0002】

特許文献1～3には、基板に光素子を実装し、光ファイバの端面を光素子に對向させて光ファイバと光素子とを光接続させる構造が記載されている。また、非特許文献1、2には、コネクタの形状等の規格が行われている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2014-137584号公報

【特許文献2】国際公開番号2008/096716

【特許文献3】特開2009-98343号公報

【非特許文献】

【0004】

【非特許文献1】Universal Serial Bus 3.1 Specification (Revision1.0 July 26, 2013)

【非特許文献2】USB3 Vision version 1.0 (Jan. 2013)

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

特許文献1の図17には、受発光素子(2)を搭載した第1基板(1)が、光ファイバの光軸に対して垂直に配置されている様子が記載されている。また、特許文献2においても、光半導体素子(16)を備えた第1の基板(10)は、光ファイバの光軸に対して垂直に配置されている。また、特許文献3においても、受発光素子(16)を備えた回路体(30)は、光ファイバの光軸に対して垂直に配置されている。このように、光ファイバ

10

20

30

40

50

の端面と対向する光素子を実装した第1基板は、光ファイバの光軸に対して垂直に配置されることになる。

【0006】

上記の特許文献1～3に記載された光ファイバと光素子とを光接続させる構造では、第1基板に搭載された受発光素子は、熱を回避させる必要がある。したがって、第1基板は、光ファイバの光軸に対して垂直に配置させるとともに、ハウジングから放熱させやすい構造とする必要がある。

【0007】

本発明は、光素子を実装した第1基板をハウジングから放熱させやすくすることを目的とする。

10

【課題を解決するための手段】

【0008】

上記目的を達成するための主たる第1の発明は、光ファイバを有するケーブルと、前記ケーブルの端部に設けられたコネクタとを備えたコネクタ付きケーブルであって、前記コネクタは、光ファイバの端面と対向する光素子を実装し、前記光ファイバの光軸に対して垂直な第1基板と、フレキシブル基板とを備えた光電変換ユニットと、前記光軸に平行に配置され、前記フレキシブル基板によって前記第1基板と電気的に接続される第2基板と、前記光電変換ユニットと前記第2基板とを収容するハウジングとを備え、前記ハウジングは、前記光ファイバの光軸に対して垂直に前記第1基板を保持する保持部を有し、前記第1基板の熱が前記保持部を介して前記ハウジングに伝導され、前記保持部は、幅方向に20
対向して配置された一対の保持部材を有し、前記保持部材の外面と前記ハウジングの側壁面との間に隙間が形成されることによって、一対の挿通部が前記第1基板及び前記保持部を挟むように前記幅方向に離れて配置されており、少なくとも2本の電源線は、互いに異なる前記挿通部に配線されていることを特徴とするコネクタ付きケーブルである。

また、上記目的を達成するための主たる第2の発明は、光ファイバを有するケーブルと、前記ケーブルの一端側に設けられた第1コネクタと、前記ケーブルの他端側に設けられた第2コネクタとを備えたコネクタ付きケーブルであって、前記第1コネクタ及び前記第2コネクタは、それぞれ、光ファイバの端面と対向する光素子を実装し、前記光ファイバの光軸に対して垂直な第1基板と、フレキシブル基板とを備えた光電変換ユニットと、前記光軸に平行に配置され、前記フレキシブル基板によって前記第1基板と電気的に接続される第2基板と、前記光電変換ユニットと前記第2基板とを収容するハウジングとを備え、前記ハウジングは、前記光ファイバの光軸に対して垂直に前記第1基板を保持する保持部を有し、前記第1基板の熱が前記保持部を介して前記ハウジングに伝導され、前記フレキシブル基板の一方の端部は前記第1基板に電気的に接続されており、前記フレキシブル基板の他方の端部の両面には、前記第2基板に接続するための接続端子が形成されており、前記接続端子は、前記フレキシブル基板の前記他方の端部のどちらの面を前記第2基板に対向させても、前記第2基板に対して電気的に接続可能に構成されており、前記第1コネクタにおける前記接続端子が前記第2基板に対向する面と、前記第2コネクタにおける前記接続端子が前記第2基板に対向する面とが異なることを特徴とするコネクタ付きケーブルである。

30

【0009】

本発明の他の特徴については、後述する明細書及び図面の記載により明らかにする。

【発明の効果】

【0010】

本発明によれば、光素子を実装した第1基板をハウジングから放熱させやすくすることができる。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】図1は、本実施形態のコネクタ付きケーブル1の平面図である。

50

【図2】図2は、複合ケーブル3の断面図である。

【図3】図3は、本実施形態のコネクタ付きケーブル1の機能ブロック図である。

【図4】図4Aは、ホスト側コネクタ10Aの内部構造を示す斜視図である。図4Bは、デバイス側コネクタ10Bの内部構造を示す斜視図である。

【図5】図5Aは、ホスト側コネクタ10Aのハウジング11Aからメイン基板21A及び光電変換ユニット31を外した状態の説明図であり、ハウジング11Aの形状の説明図である。図5Bは、ホスト側コネクタ10Aの内部を上から見た図である。

【図6】図6Aは、ホスト側コネクタ10Aのメイン基板21A及び光電変換ユニット31の側面図である。図6Bは、デバイス側コネクタ10Bのメイン基板21B及び光電変換ユニット31の側面図である。

10

【図7】図7Aは、ホスト側コネクタ10Aのメイン基板21Aと光電変換ユニット31の接続部の斜視図である。図7Bは、デバイス側コネクタ10Bのメイン基板21Bと光電変換ユニット31の接続部の斜視図である。

【図8】図8Aは、光電変換ユニット付きケーブルの斜視図である。図8Bは、光電変換ユニット31の斜視図である。

【図9】図9A及び図9Bは、光素子用基板40の斜視図である。

【図10】図10A及び図10Bは、フェルール70の斜視図である。

【図11】図11は、光電変換ユニット付きケーブルの製造方法のフロー図である。

【図12】図12A～図12Eは、光電変換ユニット31及び光電変換ユニット付きケーブルの製造工程の説明図である。

20

【図13】図13は、コネクタ付きケーブル1の製造方法のフロー図である。

【図14】図14は、別の実施形態のコネクタ付きケーブル1に用いられる複合ケーブル3の断面図である。

【図15】図15は、別の実施形態のデバイス側コネクタ10Bの内部構造を示す斜視図である。

【図16】図16A及び図16Bは、図15の光電変換ユニット31に用いられている光素子用基板40の斜視図である。

【図17】図17A及び図17Bは、図15のフェルール70の斜視図である。

【図18】図18Aは、8本の光ファイバ5を有する光電変換ユニット付きケーブルの説明図である。図18Bは、4本の光ファイバ5を有する光電変換ユニット付きケーブルの説明図である。図18Cは、2本の光ファイバ5を有する光電変換ユニット付きケーブルの説明図である。

30

【図19】図19は、保持部13A（保持部材131A）の変形例の説明図である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

後述する明細書及び図面の記載から、少なくとも以下の事項が明らかとなる。

【0013】

光ファイバの端面と対向する光素子を実装し、前記光ファイバの光軸に対して垂直な第1基板と、

前記第1基板と、前記光軸に平行に配置される第2基板との間を電気的に接続するフレキシブル基板と

を備え、

前記フレキシブル基板の一方の端部は前記第1基板に電気的に接続されており、

前記フレキシブル基板の他方の端部の両面には、前記第2基板に接続するための接続端子が形成されており、

前記接続端子は、前記フレキシブル基板の前記他方の端部のどちらの面を前記第2基板に対向させても、前記第2基板に対して電気的に接続可能に構成されていることを特徴とする光電変換ユニットが明らかとなる。

このような光電変換ユニットによれば、異なる第2基板に対しても光電変換ユニットの構成を共通化できる。

40

50

【0014】

前記第2基板に接続される前記フレキシブル基板の前記端部の両面に形成されている前記接続端子の端部には、半割状のスルーホールが形成されていることが望ましい。これにより、フレキシブル基板と第2基板との電気的な接続性が向上する。

【0015】

前記第1基板と前記フレキシブル基板との境界部に保護用樹脂が形成されていることが望ましい。これにより、前記第1基板と前記フレキシブル基板との剥離を抑制できる。

【0016】

光ファイバを有するケーブルと、光電変換ユニットとを備えた光電変換ユニット付きケーブルであって、

前記光電変換ユニットは、

前記光ファイバの端面と対向する光素子を実装し、前記光ファイバの光軸に対して垂直な第1基板と、

前記第1基板と、前記光軸に平行に配置される第2基板との間を電気的に接続するフレキシブル基板と
を備え、

前記フレキシブル基板の一方の端部は前記第1基板に電気的に接続されており、

前記フレキシブル基板の他方の端部の両面には、前記第2基板に接続するための接続端子が形成されており、

前記接続端子は、前記フレキシブル基板の前記他方の端部のどちらの面を前記第2基板に對向させても、前記第2基板に対して電気的に接続可能に構成されていることを特徴とする光電変換ユニット付きケーブルが明らかとなる。

このような光電変換ユニット付きケーブルによれば、異なる第2基板に対しても光電変換ユニットの構成を共通化できる。

【0017】

前記第1基板には、フェルールが固定されており、前記フェルールは、フェルール側ファイバ穴を有し、前記第1基板は、基板側ファイバ穴を有し、前記光ファイバの端部は、フェルール側ファイバ穴及び基板側ファイバ穴に挿入されていることが望ましい。これにより、光素子と光ファイバとの調心が容易になる。

【0018】

前記第1基板及び前記フェルールは、位置決めピンを挿入するための位置決め穴をそれぞれ有することが望ましい。これにより、第1基板とフェルールとの位置決めを行うことができる。

【0019】

前記フェルールは、前記第1基板に接触する接触端面と、前記接触端面から凹んだ凹部とを有しており、前記接触端面を前記第1基板に接触させたとき、前記凹部において前記フェルールと前記第1基板との間に隙間が形成されていることが望ましい。これにより、位置決めピンや光ファイバの挿入状態を検出可能である。

【0020】

前記第1基板は、基板側ファイバ穴を有し、前記第1基板と前記光素子との間には、バンプによる隙間が形成されており、前記光ファイバの前記端面は、前記基板側ファイバ穴の開口から突出した状態で、前記光素子と対向していることが望ましい。これにより、光結合効率の低下を抑制できる。

【0021】

前記光素子は、複数の発光部又は複数の受光部を有し、前記光ファイバの端面は、いずれかの前記発光部又は前記受光部と対向することが望ましい。これにより、送信側や受信側を複数チャンネルにすることが可能になる。また、前記光ファイバの端面と対向していない前記発光部又は前記受光部があつてもよい。これにより、光電変換ユニットの構成を変えずに、送信側や受信側のチャンネル数を減らすことができる。

【0022】

10

20

30

40

50

光ファイバを有するケーブルと、前記ケーブルの端部に設けられたコネクタとを備えたコネクタ付きケーブルであって、

前記コネクタは、

光ファイバの端面と対向する光素子を実装し、前記光ファイバの光軸に対して垂直な第1基板と、フレキシブル基板とを備えた光電変換ユニットと、

前記光軸に平行に配置され、前記フレキシブル基板によって前記第1基板と電気的に接続される第2基板と、

を備え、

前記フレキシブル基板の一方の端部は前記第1基板に電気的に接続されており、

前記フレキシブル基板の他方の端部の両面には、前記第2基板に接続するための接続端子が形成されており、

前記接続端子は、前記フレキシブル基板の前記他方の端部のどちらか一方の面を前記第2基板に対向させて、前記第2基板に対して電気的に接続されていることを特徴とするコネクタ付きケーブルが明らかとなる。

このようなコネクタ付きケーブルによれば、共通化させた構成の光電変換ユニットを利用できる。

【0023】

前記コネクタは、前記光電変換ユニットと前記第2基板とを収容するハウジングを備え、

前記ハウジングは、前記光ファイバの光軸に対して垂直に前記第1基板を保持する保持部を有し、前記第1基板の熱が前記保持部を介して前記ハウジングに伝導されることが望ましい。これにより、ハウジングから放熱させやすい構成となる。

【0024】

前記保持部は、対向して配置された一対の保持部材を有し、前記一対の保持部材の内側の面には、前記第1基板の縁を挿入する溝部が形成されており、前記溝部の端部において、前記溝部に挿入された前記第1基板の縁が係止されていることが望ましい。これにより、ハウジングに対して第1基板を位置合わせできる。

【0025】

前記保持部は、幅方向に対向して配置された一対の保持部材を有し、前記保持部材の外側と前記ハウジングの側壁面との間に隙間が形成されることによって、一対の挿通部が前記第1基板及び前記保持部を挟むように前記幅方向に離れて配置されており、少なくとも2本の電源線は、互いに異なる前記挿通部に配線されていることが望ましい。これにより、電位差の大きい2本の電源線を離して配置させることができる。

【0026】

前記ケーブルの口出し部において、少なくとも2本の前記電源線の間に前記光ファイバが配置されていることが望ましい。これにより、光ファイバへの負荷を抑制できる。

【0027】

前記保持部は、幅方向に対向して配置された一対の保持部材を有し、前記一対の保持部材の内側の面において、前記第1基板の前記幅方向における両縁が保持されており、前記一対の保持部材に保持された前記第1基板の前記両縁の間ににおいて、前記第1基板が前記フレキシブル基板に接続されていることが望ましい。これにより、保持部と第1基板との接触面積を広くすることができるので、放熱に有利になる。

【0028】

前記第1基板には、前記光素子を制御する制御回路が設けられており、前記第1基板は、前記第2基板よりも高い熱伝導率を有することが望ましい。これにより、特に発熱する制御回路と、特に熱を回避したい光素子とが設けられた第1基板の熱を効率的に放熱できる。また、前記第2基板には、電圧を昇圧するための昇圧回路及び電圧を降圧するための降圧回路の少なくとも一方が設けられていることが望ましい。これにより、コネクタ内で次に発熱する部材（昇圧回路及び降圧回路）を光素子から離して配置でき、光素子への熱の回り込みを回避できる。

10

20

30

40

50

【0029】

光ファイバを有するケーブルと、
前記ケーブルの一端側に設けられた第1コネクタと、
前記ケーブルの他端側に設けられた第2コネクタと
を備えたコネクタ付きケーブルであって、

前記第1コネクタ及び前記第2コネクタは、それぞれ、

光ファイバの端面と対向する光素子を実装し、前記光ファイバの光軸に対して垂直な第1基板と、フレキシブル基板とを備えた光電変換ユニットと、

前記光軸に平行に配置され、前記フレキシブル基板によって前記第1基板と電気的に接続される第2基板と、
を備え、

前記フレキシブル基板の一方の端部は前記第1基板に電気的に接続されており、

前記フレキシブル基板の他方の端部の両面には、前記第2基板に接続するための接続端子が形成されており、

前記接続端子は、前記フレキシブル基板の前記他方の端部のどちらの面を前記第2基板に對向させても、前記第2基板に対して電気的に接続可能に構成されており、

前記第1コネクタにおける前記接続端子が前記第2基板に對向する面と、前記第2コネクタにおける前記接続端子が前記第2基板に對向する面とが異なる
ことを特徴とするコネクタ付きケーブルが明らかとなる。

このようなコネクタ付きケーブルによれば、共通化させた構成の光電変換ユニットを利用できる。

【0030】

前記第1コネクタ及び前記第2コネクタは、それぞれ、ハウジングを備えており、前記第1コネクタの前記ハウジング内での前記第2基板の位置と、前記第2コネクタの前記ハウジング内での前記第2基板の位置とが異なることが望ましい。これにより、異なる構造のハウジングにおいて、共通化させた構成の光電変換ユニットを利用できる。

【0031】

＝＝＝本実施形態＝＝＝

図1は、本実施形態のコネクタ付きケーブル1の平面図である。コネクタ付きケーブル1は、複合ケーブル3と、複合ケーブル3の両端に設けられた2つのコネクタとを有する。本実施形態のコネクタ付きケーブル1は、アクティブ光ケーブル(AOC)である。アクティブ光ケーブルとは、アクティブ素子である光素子を備え、電気信号を光信号に変換してデータを伝送するケーブルである。具体的には、本実施形態のコネクタ付きケーブル1は、USB3.0用アクティブ光ケーブルであり、一方のコネクタは、ホストとなるパーソナルコンピュータに接続されるホスト側コネクタ10Aであり、他方のコネクタは、周辺機器(例えばカメラ)に接続されるデバイス側コネクタ10B(例えばカメラ側コネクタ)である。

【0032】

以下の説明では、ホスト側コネクタ10Aの部材・部位には、符号に添え字「A」を付け、デバイス側コネクタ10Bの部材・部位には、符号に添え字「B」を付けている。また、ホスト側コネクタ10A及びデバイス側コネクタ10Bに共通の部材・部位を指すときには、添え字を付けないことがある。例えば、ホスト側コネクタ10A及びデバイス側コネクタ10Bの両方のことを指して単に「コネクタ10」と呼ぶことがある。

【0033】

2つのコネクタ間において電気信号によって信号伝送を行う場合には、信号劣化の問題があるため、伝送距離を長くすることが難しい。これに対し、本実施形態のコネクタ付きケーブル1は、光信号によって信号伝送を行うため、電気信号によって信号伝送を行う場合よりも伝送距離を長く(例えば50m程度)することが可能である。また、本実施形態では、光信号による信号伝送を実現するため、ホスト側コネクタ10A及びデバイス側コネクタ10Bにおいて、光信号と電気信号との変換処理が行われている。また、本実施形

10

20

30

40

50

態ではバスパワーの供給距離が長くなるため、ホスト側コネクタ 10 Aにおいて電源電圧を 5 V から 16 V に昇圧し、16 V の電源をホスト側コネクタ 10 A からデバイス側コネクタ 10 B に供給し、デバイス側コネクタ 10 B において電源電圧を 5 V に戻すことが行われている。なお、デバイス側コネクタ 10 B の電源電圧は、実際には電源線 7 での電圧降下のため 16 V よりも低い電圧になるが、図 3 や以下の説明では便宜上 16 V として記載している。

【0034】

図 2 は、複合ケーブル 3 の断面図である。複合ケーブル 3 は、2 本の光ファイバ 5 と、2 本の電源線 7 とを有する。2 本の光ファイバ 5 及び 2 本の電源線 7 は編組 4 A に包まれてあり、編組 4 A の周囲はシース 4 B によって被覆されている。光ファイバ 5 は、光信号を伝送するためのものである。ここでは、光ファイバ 5 として、グレーデッドインデックス (G I) 型光ファイバ (例えば、G I 50 / 125) が使用されており、通常のシングルモード光ファイバのコア径 (約 10 μm) と比べてコア径が大きいため (約 50 μm)、光素子との光結合が容易である。以下の説明では、光ファイバ素線、光ファイバ心線、光ファイバコード等も単に「光ファイバ」と呼ぶことがある。電源線 7 は、ホスト側コネクタ 10 A からデバイス側コネクタ 10 B に電力を供給するための線であり、メタル線から構成されている。ここでは、一方の電源線 7 の電位は 16 V であり、他方の電源線 7 の電位は GND である。なお、複合ケーブル 3 の光ファイバ 5 の本数は、2 本に限られるものではない。また、複合ケーブル 3 の電源線 7 の本数も、2 本に限られるものではない。また、複合ケーブル 3 が、光ファイバ 5 や電源線 7 とは異なる線 (例えばメタル線から構成される制御信号線など) を有していても良い。なお、デバイス側コネクタ 10 B が外部若しくはデバイスから給電される構成であれば、電源線 7 は無くても良い。

【0035】

図 3 は、本実施形態のコネクタ付きケーブル 1 の機能ブロック図である。図 4 A は、ホスト側コネクタ 10 A の内部構造を示す斜視図である。図 4 B は、デバイス側コネクタ 10 B の内部構造を示す斜視図である。図 4 A 及び図 4 B では、ハウジング 11 の上蓋が外された状態のコネクタ 10 が示されている。

【0036】

以下の説明では、図 4 A 及び図 4 B に示すように各方向を定義する。すなわち、複合ケーブル 3 の長手方向を「前後方向」とし、各コネクタにおいて端子部 22 の側を「前」とし、各コネクタから複合ケーブル 3 の伸びる側を「後」とする。また、メイン基板 21 の基板面に垂直な方向を「上下方向」とし、ハウジング 11 の本体から見てメイン基板 21 の側 (不図示の上蓋の側) を「上」とし、逆側を「下」とする。また、前後方向及び上下方向に垂直な方向を「左右方向」とし、後側から前側を見たときの右側を「右」とし、左側を「左」とする。左右方向のことを「幅方向」と呼ぶこともある。

【0037】

ホスト側コネクタ 10 A は、ハウジング 11 A と、メイン基板 21 A と、光電変換ユニット 31 とを有する。ハウジング 11 A は、メイン基板 21 A 及び光電変換ユニット 31 を収容する部材である。ハウジング 11 A の材質としては、例えば、金属や樹脂を選択可能であるが、耐ノイズ性、放熱性、加工性を考慮すると金属が好ましい。なお、本実施形態では、ハウジング 11 A の材質として、放熱性および加工性を考慮してアルミが採用されている。メイン基板 21 A の前端には、端子部 22 A が取り付けられている。端子部 22 A は、ホスト側に接続するための端子であり、ここでは U S B 3 . 1 Standard A プラグとして構成されている (非特許文献 1 参照)。端子部 22 A のピンは左右方向 (幅方向) に並んで配置されている。ハウジング 11 A の前端部には、端子部 22 A が保持されている。ハウジング 11 A の後端部には、複合ケーブル 3 の端部 (口出し部) をかじめたカシメ部材 9 が保持されている。

【0038】

図 5 A は、ホスト側コネクタ 10 A のハウジング 11 A からメイン基板 21 A 及び光電変換ユニット 31 を外した状態の説明図であり、ハウジング 11 A の形状の説明図である

10

20

30

40

50

。図5Bは、ホスト側コネクタ10Aの内部を上から見た図である。ハウジング11Aは、支持部12Aと、保持部13Aとを有する。支持部12Aは、メイン基板21Aを下側から支持する部位である。

【0039】

保持部13Aは、光電変換ユニット31の光素子用基板40を保持する部位である。保持部13Aは、ハウジング11Aの底面から上側に立設した一対の板部131A(保持部材)を有する。一対の板部131Aは、左右方向に対向して配置されている。一対の板部131Aの内側の面には、溝部132Aが形成されている。溝部132Aは、上下方向に沿って形成されており、光素子用基板40の左右の縁を挿入する部位である。上下方向に沿って形成された一対の溝部132Aに光素子用基板40の左右の縁が挿入されることによって、光素子用基板40が前後方向に垂直に保持される。溝部132Aの下端は、係止部133Aになっている。係止部133Aは、光素子用基板40の上下方向の位置を合わせるための部位である。光素子用基板40の下縁が係止部133Aに突き当たるまで、光素子用基板40の左右の縁を溝部132Aに挿入させている。

【0040】

保持部13Aは、光電変換ユニット31の光素子用基板40の熱をハウジング11Aに伝える機能も有する。保持部13Aと光素子用基板40との熱抵抗を低減させるため、保持部13Aと光素子用基板40との間に放熱シート(放熱部材)を介在させても良い。なお、光素子用基板40の熱をハウジング11Aに伝えるために、ハウジング11Aの上蓋(不図示)と光素子用基板40の上縁との間に放熱シートを挟み込んで良い。

【0041】

板部131Aの外面とハウジング11Aの側壁面との間には隙間が形成されており、この隙間が挿通部14Aとなっている。挿通部14Aに電源線7が挿通されることによって(図5B参照)、ハウジング11A内での電源線7の動きを規制することができる。挿通部14Aの幅(板部131Aの外面とハウジング11Aの側壁面との間隔)を電源線7の外径よりも若干小さく設定して、電源線7の被覆を左右から押圧させながら挿通部14Aに電源線7を挿通させれば、ケーブルの引っ張りや振動・衝撃等に対して、電源線7をより安定的に保持できる。

【0042】

挿通部14Aは、一対の板部131Aのそれぞれの外側に形成されている。このため、一対の挿通部14Aは、光素子用基板40や保持部13Aを挟むように、左右に互いに離れて配置されている。これにより、挿通部14Aに挿通された2本の電源線7(16VとGNDの電源線7)を左右に離して配線することができる。また、これにより、メイン基板21Aの一対の電源端子24(図4Aでは電源端子24Aは不図示)も、左右に離して配置できる。

【0043】

ところで、図2に示すように、複合ケーブル3は、2本の光ファイバ5と、2本の電源線7とを有しており、2本の光ファイバ5は、2本の電源線7の間に配置されている。そして、図4A及び図4Bに示すように、複合ケーブル3の口出し部における2本の光ファイバ5は、光素子用基板40の2つの光素子41(図8A参照)の並ぶ方向に合わせて幅方向に並んでいる。電流線7は光ファイバ5よりも剛性が高いため、光ファイバ5を囲むように電源線7を配置することにより、メイン基板21Aに電源線7が固定されていれば光ファイバ5に負荷がかかり難くなるので、コネクタ10の組立作業時の作業性が向上する。また、コネクタ10の組立後においても、光ファイバ5を囲むように電源線7を配置することにより、電源線7と光ファイバ5との干渉が最小限に抑制されるため、ケーブルの引っ張りや振動・衝撃等に対する光ファイバ5への負荷を抑制でき、光ファイバ5の断線を抑制することができる。このため、電源線7が2本の場合には、2本の電源線7の間に光ファイバ5を挟むようにして、光ファイバ5を囲むように2本の電源線7を配置することが望ましい。また、電源線7が2本以上の場合においても、光ファイバ5を囲むように複数本の電源線7を配置することが望ましい。なお、2本の電源線7は口出し部において

10

20

40

50

て上下方向に並ぶことになるため、電源線 7 は光ファイバ 5 と比べてハウジング 11 A 内で屈曲させて配線されることになるが、電源線 7 をハウジング 11 A 内で屈曲させて配線することは許容される。

【 0044 】

なお、本実施形態では、一对の板部 131 A の内側の面（詳しくは溝部 132 A）において、光素子用基板 40 の左右の両縁が保持されているとともに、光素子用基板 40 の下縁において、光素子用基板 40 がフレキシブル基板 50 と電気的に接続されている。このように、一对の板部 131 A に保持された光素子用基板 40 の両縁の間ににおいて、光素子用基板 40 がフレキシブル基板 50 と接続されているため、板部 131 A が保持できる光素子用基板 40 の縁を長くでき、板部 131 A と光素子用基板 40 との接触面積を広くすることができるので、光素子用基板 40 の熱をハウジング 11 A に伝え易くなり、放熱に有利になる。

10

【 0045 】

ホスト側コネクタ 10 A のメイン基板 21 A は、昇圧回路 211 A と、MCU213 A とを備えている（図 3 参照）。昇圧回路 211 A は、端子部 22 A からの 5 V の入力電圧を 16 V に昇圧する回路である。MCU213 A は、メイン基板 21 A の制御を司る制御回路である。MCU213 A は、例えば、ホスト側コネクタ 10 A から供給する電圧を検知し、検知結果に基づいて電源線 7 の電圧を制御する。また、MCU213 A は、光電変換ユニット 31 の制御も行う。メイン基板 21 A の実装面には、昇圧回路 211 A 及び MCU213 A が実装されている。ホスト側コネクタ 10 A のメイン基板 21 A の各種部材の実装面は、上側及び下側である（図 4 A 参照）。なお、後述のフレキシブル基板 50 と電気的に接続可能にするため、メイン基板 21 A の下側に接続端子 23 A が配置されている（図 6 A 参照）。

20

【 0046 】

デバイス側コネクタ 10 B は、ハウジング 11 B と、メイン基板 21 B と、光電変換ユニット 31 を有する（図 4 B 参照）。ハウジング 11 B は、メイン基板 21 B 及び光電変換ユニット 31 を収容する部材である。ハウジング 11 B の材質としては、例えば、金属や樹脂を選択可能であるが、耐ノイズ性、放熱性、加工性を考慮すると金属が好ましい。なお、本実施形態では、ハウジング 11 B の材質として、放熱性および加工性を考慮してアルミが採用されている。メイン基板 21 B の前端には、端子部 22 B が取り付けられている。端子部 22 B は、デバイス側に接続するための端子であり、ここでは USB3 Vision Micro B プラグとして構成されている（非特許文献 2 参照）。端子部 22 B のピンは左右方向（幅方向）に並んで配置されている。ハウジング 11 B の前端部には、端子部 22 B が保持される。ハウジング 11 B の後端部には、複合ケーブル 3 の端部（口出し部）をかしめたカシメ部材 9 が保持されている。ハウジング 11 B には、口ツクねじが設けられている。なお、デバイス側コネクタ 10 B のハウジング 11 B も、ホスト側コネクタ 10 A のハウジング 11 A と同様に、支持部 12 B と、保持部 13 B を有する。デバイス側コネクタ 10 B のハウジング 11 B の支持部 12 B 及び保持部 13 B については、説明を省略する。

30

【 0047 】

デバイス側コネクタ 10 B のメイン基板 21 B は、降圧回路 212 B と、MCU213 B とを備えている（図 3 参照）。降圧回路 212 B は、ホスト側コネクタ 10 A からの 16 V の供給電圧を 5 V に降圧する回路である。MCU213 B は、メイン基板 21 B の制御を司る制御回路である。MCU213 B は、例えばホスト側コネクタ 10 A から供給された電圧を検知し、検知結果に基づいて端子部 22 B から供給する出力電圧を制御する。また、MCU213 B は、光電変換ユニット 31 の制御も行う。メイン基板 21 B の実装面には、降圧回路 212 B 及び MCU213 B が実装されている。デバイス側コネクタ 10 B のメイン基板 21 B の各種部材の実装面は、上側である（図 4 B 参照）。なお、後述のフレキシブル基板 50 と電気的に接続可能にするため、メイン基板 21 B の上側に接続端子 23 B が配置されている（図 4 B 及び図 6 B 参照）。

40

50

【0048】

ホスト側コネクタ10A及びデバイス側コネクタ10Bは、それぞれ光電変換ユニット31を有する。光電変換ユニット31は、発光素子411と、受光素子412と、制御IC42とを備えている(図3参照)。発光素子411は、光信号を出力する光素子41(電気信号を光信号に変換する光電変換素子)である。発光素子411は、例えばレーザーダイオードである。本実施形態では、発光素子411として、基板に垂直な光を出射するVCSEL(垂直共振器面発光レーザー)が採用されている。受光素子412は、光信号を受信する光素子41(光信号を電気信号に変換する光電変換素子)である。受光素子412は、例えばフォトダイオードである。複合ケーブル3の光ファイバ5の一端側には発光素子411が光学的に接続されており、光ファイバ5の他端側には受光素子412が光学的に接続されている。制御IC42は、発光素子411や受光素子412を制御する回路である。具体的には、制御IC42は、発光素子411を駆動するためのレーザドライバや、受光素子412の光電流を電圧信号に変換するためのトランスインピーダンスアンプや、そのトランスインピーダンスアンプの後段にある差動アンプである。

【0049】

本実施形態では、ホスト側コネクタ10Aとデバイス側コネクタ10Bの光電変換ユニット31が共通の構成になっている。光電変換ユニット31を共通化させることによって、製造コストを低減させることができることになる。一方、コネクタの形状(例えば端子部22の形状)が異なる場合には、それぞれのコネクタのメイン基板21の構成が異なることになる。このため、光電変換ユニット31の構成を共通化させたとしても、異なる形状・構成のメイン基板21に接続することができるよう光電変換ユニット31を構成する必要がある。

【0050】

図6Aは、ホスト側コネクタ10Aのメイン基板21A及び光電変換ユニット31の側面図である。図6Bは、デバイス側コネクタ10Bのメイン基板21B及び光電変換ユニット31の側面図である。図7Aは、ホスト側コネクタ10Aのメイン基板21Aと光電変換ユニット31の接続部の斜視図である。図7Bは、デバイス側コネクタ10Bのメイン基板21Bと光電変換ユニット31の接続部の斜視図である。なお、図6A～図7Bでは、光電変換ユニット31の形状を示すために、電源線7は不図示としている(実際には、電源線7はメイン基板21の電源端子24(デバイス側コネクタ10Bの電源端子24Bは図7Bに図示)に接続されている)。

【0051】

発光素子411及び受光素子412などの光素子41を実装した光素子用基板40は、光ファイバ5の光軸に対して垂直に配置される。一方、メイン基板21は、光ファイバ5の光軸に対して平行に配置される。つまり、光素子用基板40とメイン基板21は、互いに直交して配置されることになる。本実施形態では、このように直交配置された光素子用基板40とメイン基板21とを電気的に接続するために、フレキシブル基板50を介在させている。

【0052】

ハウジング11の内部におけるメイン基板21の位置(高さ)は、規格化されたコネクタ10の形状により定まることになる(非特許文献1、2参照)。ここでは、ホスト側コネクタ10Aのメイン基板21Aは、ハウジング11Aの内部において比較的上側に位置する(ハウジング11Aの高さ(厚さ)の中央近くに位置する)のに対し、デバイス側コネクタ10Bのメイン基板21Bは、ハウジング11Bの内部において比較的下側に位置している(ハウジング11Bの底面近くに位置する)。このように、ホスト側コネクタ10Aのメイン基板21Aと、デバイス側コネクタ10Bのメイン基板21Bとでは、ハウジング11Bの内部における配置が異なっている。なお、ホスト側コネクタ10Aのメイン基板21Aはハウジング11Aの内部において比較的上側に位置するため、メイン基板21Aの上下の面に各種部材(例えば昇圧回路211AやMCU213Aなど)を実装することが可能である。一方、デバイス側コネクタ10Bのメイン基板21Bはハウジング

10

20

30

40

50

11Bの底面に近接しているため、メイン基板21Bの上面のみに各種部材（例えば降圧回路212BやMCU213Bなど）を実装している。光電変換ユニット31を共通化させる場合には、このように異なったメイン基板21に接続可能に構成する必要がある。そこで、本実施形態では、フレキシブル基板50のメイン基板21側の接続端子51（くし歯状の接続端子51）が両面に形成されており、フレキシブル基板50の表裏のどちら側からでもメイン基板21に電気的に接続可能な構成になっている。

【0053】

以下、共通化させた光電変換ユニット31の構成について更に詳述する。

図8Aは、光電変換ユニット付きケーブルの斜視図である。図8Bは、光電変換ユニット31の斜視図である。図中には、ハウジング11内に配置されたときの光素子用基板40の向きに沿って各方向が示されている。光電変換ユニット31は、光素子用基板40と、フレキシブル基板50とを有する。また、光電変換ユニット付きケーブルは、複合ケーブル3の光ファイバ5の端部に設けられた光電変換ユニット31を有する。複合ケーブル3の光ファイバ5は、光素子用基板40に固定されたフェルール70を介して光電変換ユニット31に接続されている。

【0054】

図9A及び図9Bは、光素子用基板40の斜視図である。

光素子用基板40は、発光素子411及び受光素子412などの光素子41を実装する基板である。ここでは、光素子用基板40は、セラミック基板が採用されている。セラミック基板は精密加工が可能なため、高い位置精度及び寸法精度を必要とする光ファイバ5との光結合に有利となる。また、セラミック基板は、一般的なプリント基板の材質であるガラスエポキシと比べて熱伝導率が高いため、ハウジング11へ放熱しやすい。具体的には、セラミック基板（アルミナ）の熱伝導率は例えれば32W/m·kであるのに対し、ガラスエポキシ基板の熱伝導率は0.3~0.4W/m·kであり、フレキシブル基板（ポリイミド）の熱伝導率は約0.3W/m·kであるため、セラミック基板は、他の基板と比べて約100倍ほど熱伝導率が高く、放熱に有利である。

ところで、セラミック基板は、ガラスエポキシ基板やフレキシブル基板と比べてインピーダンス整合が難しく、高速信号の長距離伝送には向きである。このため、本実施形態では、セラミック基板である光素子用基板40に制御IC42と光素子41（発光素子411及び受光素子412）を近づけて配置して、光素子用基板40上の信号線を短くしている。また、他の基板（メイン基板21など）をセラミック基板とすることはインピーダンス整合が難しいことに加えて製造コストの観点からも好ましくないため、光素子用基板40だけをセラミック基板にするとともに、光素子用基板40の小型化を図っている。ここで、制御IC42は、コネクタ10内で特に発熱する部材であるのに対し、制御IC42に近接配置される光素子41（発光素子411及び受光素子412）は、特に熱を回避したい部材である。そのため、光素子用基板40に的を絞って熱を効率的に放熱することは、本実施形態では特に有効となる。なお、コネクタ10内で次に発熱する部材である昇圧回路211A（または降圧回路212B）は、発光素子411との位置が離れていることに加えて熱伝導率の比較的低いガラスエポキシ基板に実装されているため、光素子41への熱の回り込みを回避できる。

【0055】

光素子用基板40の前側の面は、光素子41及び制御IC42を実装する実装面になっている。発光素子411及び受光素子412は、フリップチップ実装により、バンプを介して光素子用基板40に電気的に接続されている。制御IC42は、ワイヤボンディングにより光素子用基板40に電気的に接続された上で、封止用樹脂42Aによって封止されて保護されている。発光素子411の発光面や受光素子412の受光面は、後側（光素子用基板40の側）を向いている。また、発光素子411の発光面や受光素子412の受光面は光ファイバ5の端面と対向することになり、これにより、光素子41と光ファイバ5とが光接続されることになる。なお、光結合効率の向上や異物混入防止を目的として、光素子41と光ファイバ5の端面との間に光透過性のアンダーフィル材が充填されることも

10

20

30

40

50

ある。2つの光素子41(発光素子411及び受光素子412)は、左右方向(幅方向)に並んで配置されている。

【0056】

光素子用基板40は、基板側ファイバ穴43と、位置決め穴44とを有する。基板側ファイバ穴43は、光ファイバ5を挿入するための穴であり、前後方向に光素子用基板40を貫通する貫通穴になっている。基板側ファイバ穴43は、光ファイバ5の端面の位置決めを行う機能も果たすため、光ファイバ5の径に適合した大きさになっている。具体的には、光ファイバ5(裸光ファイバ)が直径約125μmであるのに対し、基板側ファイバ穴43は直径約130μmである。基板側ファイバ穴43に挿入された光ファイバ5の端面と、光素子用基板40に実装された光素子41(発光素子411及び受光素子412)との間で光信号が入出力することになる。位置決め穴44は、位置決めピンを挿入するための穴であり、フェルール70との位置合わせに用いられる穴である(後述)。基板側ファイバ穴43と位置決め穴44とを兼用させることも可能である。

光素子用基板40には、フレキシブル基板50と接続するためのくし歯状の接続端子45が形成されている。光素子用基板40の接続端子45は、光素子用基板40の後側の面に形成されている。すなわち、光素子用基板40の接続端子45は、メイン基板21側とは反対側の面に形成されている。これにより、フレキシブル基板50の折り曲げ部(第1折れ部511)の角度を緩和させることができる。光素子用基板40は、実装面となる前側の面と接続端子45のある後側の面との間を配線するための貫通ビア46が形成されている。なお、光素子用基板40の接続端子45を光素子用基板40の前側の面に形成すれば、フレキシブル基板50の折り曲げ部(第1折れ部511)の角度が小さくなるが、光素子41(及び制御IC42)を実装する実装面と同一の面となるため、この貫通ビア46が不要となり、光素子用基板40の製造コストを下げることができる。

【0057】

ところで、コネクタ内において光ファイバ5はできる限り曲げずに配線することが好ましい。このため、光素子用基板40の発光素子411及び受光素子412や基板側ファイバ穴43の位置は、複合ケーブル3から口出しされた光ファイバ5をそのまま延長させた位置にあることが好ましい。一方、電気信号のノイズを抑制するためには、光素子用基板40の配線(特に受光素子412と制御IC42との配線)をできる限り短くすることが好ましい。これらの制約があるため、光素子用基板40の上側に発光素子411や受光素子412が配置されるとともに、光素子41と接続端子45(貫通ビア46)との間に制御IC42が配置され、光素子用基板40の下側に接続端子45が配置されている。

【0058】

フレキシブル基板50は、メイン基板21と光素子用基板40との間を電気的に接続する柔軟性のある基板である。フレキシブル基板50の一方の端部には接続端子(不図示)が形成されており、光素子用基板40の接続端子45と半田接続されている。フレキシブル基板50の他方の端部には、メイン基板21と接続するための接続端子51が形成されている。

【0059】

異なるメイン基板21に光電変換ユニット31を適合させるため、図8A及び図8Bに示すようにフレキシブル基板50は、当初は折り曲げられていない。言い換えると、フレキシブル基板50は、異なる形状・構成のメイン基板21に適合するように折り曲げされることになる。

【0060】

図6A及び図6Bに示すように、折り曲げ後のフレキシブル基板50は、第1折れ部511及び第2折れ部512を有する。また、折り曲げ後のフレキシブル基板50には、第1折れ部511及び第2折れ部512によって、基端側平面部52、接続側平面部53及び中間部54の領域が形成される。

【0061】

基端側平面部52は、光素子用基板40の側に位置する平面状の部位である。基端側平

10

20

30

40

50

面部 5 2 は、光素子用基板 4 0 と平行な基板面となるため、前後方向（光ファイバ 5 の光軸方向）に垂直な基板面となる。基端側平面部 5 2 は、光素子用基板 4 0 に接続するための接続端子（不図示）を有する。光素子用基板 4 0 の後側の面に接続端子 4 5 が形成されているため、基端側平面部 5 2 の前側の面が光素子用基板 4 0 の接続端子 4 5 に接合されている。

【 0 0 6 2 】

接続側平面部 5 3 は、メイン基板 2 1 に接続される平面状の部位である。接続側平面部 5 3 は、メイン基板 2 1 と平行な基板面となるため、上下方向に垂直な基板面（前後方向及び左右方向に平行な基板面）となる。接続側平面部 5 3 は、基端側平面部 5 2 に対して、垂直な面となる。接続側平面部 5 3 の端部の両面には、メイン基板 2 1 の接続端子 2 3 と接続するための接続端子 5 1 が形成されている。本実施形態では、接続側平面部 5 3 の端部の両面に接続端子 5 1 が形成されているため、接続側平面部 5 3 の表裏のどちら側からでもメイン基板 2 1 に電気的に接続可能な構成になっている（図 6 A 及び図 6 B 参照）。

【 0 0 6 3 】

中間部 5 4 は、基端側平面部 5 2 と接続側平面部 5 3 との間の部位である。基端側平面部 5 2 が前後方向に垂直な面であるのに対し、接続側平面部 5 3 が前後方向に平行な面であるため、基端側平面部 5 2 と接続側平面部 5 3 とを連結する中間部 5 4 は、前後方向に對して傾斜した面となる。また、中間部 5 4 は、メイン基板 2 1 や光素子用基板 4 0 などに拘束されないため、湾曲可能である。

【 0 0 6 4 】

第 1 折れ部 5 1 1 は、基端側平面部 5 2 及び中間部 5 4 を区画する折れ部である。第 1 折れ部 5 1 1 は、上側から見たとき、谷折り状に折り曲げられている。第 1 折れ部 5 1 1 は、基端側平面部 5 2 に対して中間部 5 4 を鋭角状に折り曲げる部位である。第 1 折れ部 5 1 1 によってフレキシブル基板 5 0 が鋭角状に折り曲げられることによって、接続側平面部 5 3 及び中間部 5 4 が光素子用基板 4 0 や基端側平面部 5 2 よりも前側に位置することになる。第 1 折れ部 5 1 1 の折り曲げ角（第 1 折れ部 5 1 1 における基端側平面部 5 2 の延長面に対する中間部 5 4 の角度）が大きくなるため、第 1 折れ部 5 1 1 の曲率半径を大きく設定することによって、フレキシブル基板 5 0 の損傷を抑制することが望ましい。但し、光素子用基板 4 0 の接続端子 4 5 が後側の面に形成されているため、接続端子 4 5 が前側の面に形成された場合と比べて、第 1 折れ部 5 1 1 の角度は緩和されている。

【 0 0 6 5 】

第 2 折れ部 5 1 2 は、接続側平面部 5 3 及び中間部 5 4 を区画する折れ部である。第 2 折れ部 5 1 2 は、上側から見たとき、山折り状に折り曲げられている。第 2 折れ部 5 1 2 は、中間部 5 4 に対して接続側平面部 5 3 を鈍角状に折り曲げる部位である。第 2 折れ部 5 1 2 の折り曲げ角（第 2 折れ部 5 1 2 における中間部 5 4 の延長面に対する接続側平面部 5 3 の角度）は、第 1 折れ部 5 1 1 の折り曲げ角よりも小さい。

【 0 0 6 6 】

なお、フレキシブル基板 5 0 が光素子用基板 4 0 から剥離することを防止するため、光素子用基板 4 0 の後下縁と基板側平面部の前面との境界部には、第 1 保護用樹脂 6 1 が形成されている（図 6 A 及び図 6 B 参照）。第 1 保護用樹脂 6 1 は、光素子用基板 4 0 の下縁と基板側平面部の前面との間の角状隙間に形成されているため、光素子用基板 4 0 の後下縁の角（かど）によるフレキシブル基板 5 0 の損傷を抑制する機能も有する。また、フレキシブル基板 5 0 がメイン基板 2 1 から剥離することを防止するため、メイン基板 2 1 の後縁と接続側平面部 5 3 との境界部には、第 2 保護用樹脂 6 2 が形成されることになる（図 6 A 及び図 6 B 参照）。

【 0 0 6 7 】

本実施形態では、ホスト側コネクタ 1 0 A の側のフレキシブル基板 5 0 の折り曲げ方（折れ部の角度）と、デバイス側コネクタ B のフレキシブル基板 5 0 の折り曲げ方が共通になっている。これにより、フレキシブル基板 5 0 を折り曲げる処理に用いられる治具や型

10

20

30

40

50

などを共通化させることができる。なお、本実施形態では、接続側平面部 53 の端部の両面に接続端子 51 が形成されているため、ホスト側コネクタ 10A の側のフレキシブル基板 50 の折り曲げ方と、デバイス側コネクタ B のフレキシブル基板 50 の折り曲げ方とを共通化させることができるのである。

【0068】

図 10A 及び図 10B は、フェルール 70 の斜視図である。図中には、ハウジング 11 内に配置されたときのフェルール 70 の向きに沿って各方向が示されている。フェルール 70 は、光素子用基板 40 に固定される部材であり、光ファイバ 5 の端部を保持する部材である。フェルール 70 は、フェルール側ファイバ穴 71 と、位置決め穴 72 と、接触端面 73 と、凹部 74 とを有する。

10

【0069】

フェルール側ファイバ穴 71 は、光ファイバ 5 を挿通するための穴であり、前後方向にフェルール 70 を貫通する貫通穴になっている。フェルール側ファイバ穴 71 は、光ファイバ 5 の位置決めを行う機能も果たすため、光ファイバ 5 の径に適合した大きさになっている。具体的には、光ファイバ 5 (光ファイバ素線) が直径 250 μm であるのに対し、フェルール側ファイバ穴 71 は直径約 260 μm である。フェルール 70 のフェルール側ファイバ穴 71 に挿通された光ファイバ 5 の端部が、光素子用基板 40 の基板側ファイバ穴 43 に挿入されることになる。フェルール側ファイバ穴 71 の後側の開口から光ファイバ 5 を挿入しやすくするため、フェルール側ファイバ穴 71 の開口が大きくなるように、フェルール側ファイバ穴 71 の後端部にテープ部 71A が設けられている。なお、フェルール側ファイバ穴 71 の後側の開口から光ファイバ 5 を挿入しやすくするために、光ファイバ 5 の先端部が先細状になるように、光ファイバ 5 の先端部に放電加工等を施すことによってテープ部 5A (図 12D の右図に図示) を形成してもよい。

20

【0070】

位置決め穴 72 は、位置決めピンを挿入するための穴であり、光素子用基板 40 との位置合わせに用いられる穴である (後述)。位置決め穴 72 の後側の開口から位置決めピンを挿入しやすくするため、位置決め穴 72 の開口が大きくなるように、位置決め穴 72 の後端部にテープ部 72A が設けられている。フェルール側ファイバ穴 71 と位置決め穴 72 を兼用させることも可能である。

30

【0071】

接触端面 73 は、フェルール 70 の前側端面であり、光素子用基板 40 の後面と接触する面である。

【0072】

凹部 74 は、接触端面 73 から凹んだ部位である。フェルール側ファイバ穴 71 及び位置決め穴 72 は、凹部 74 で開口している。凹部 74 が形成されることによって、接触端面 73 を光素子用基板 40 に接触させたときに、凹部 74 においてフェルール 70 と光素子用基板 40 との間に隙間が形成される。この隙間は上下方向に開口しており、上下方向からカメラで隙間を撮影し、光ファイバ 5 や位置決めピン (図 12A 参照) の挿入状態を検出することが可能である。

40

【0073】

なお、本実施形態の光電変換ユニット 31 (及び光電変換ユニット付きケーブル) はフェルール 70 を有しているが、光素子用基板 40 に対して光ファイバ 5 の端部を固定できるのであれば、フェルール 70 が無くても良い。

【0074】

<光電変換ユニット付きケーブルの製造方法>

図 11 は、光電変換ユニット付きケーブルの製造方法のフロー図である。

【0075】

まず、光素子用基板 40 を準備し、光素子用基板 40 に光素子 41 (発光素子 411 及び受光素子 412) や制御 I C 42 など実装する処理が行われる (S001)。発光素子 411 及び受光素子 412 は、フリップチップ実装により、バンプを介して光素子用基板

50

40に実装される。このとき、バンプの厚みの分だけ、発光素子411の発光面や受光素子412の受光面が、光素子用基板40の実装面から離れて配置されている（後述）。制御IC42は、ワイヤボンディングにより光素子用基板40に実装された後、封止用樹脂42Aによって封止される。

【0076】

次に、フレキシブル基板50を準備し、フレキシブル基板50と光素子用基板40とを接続する処理が行われる（S002）。光素子用基板40の接続端子45と、フレキシブル基板50の接続端子とが半田付けによって接続される。半田付け後、フレキシブル基板50が光素子用基板40から剥離することを防止するため、光素子用基板40の後下縁と基板側平面部の前面との境界部に第1保護用樹脂61が形成される。

10

【0077】

なお、上記のS001及びS002の工程により、図8Bに示す光電変換ユニット31が製造される。本実施形態の光電変換ユニット31は、様々な形状のメイン基板21に適用できるように共通化させた構成であるため、この光電変換ユニット31を単体でコネクタの製造メーカーに出荷・納品することも可能である。

【0078】

次に、複合ケーブル3の口出しが行われる（S003）。作業者は、複合ケーブル3を準備し、複合ケーブル3の端部の被覆を除去し、光ファイバ5及び電源線7を口出し、カシメ部品によって複合ケーブル3の口出し部をかしめる。また、作業者は、光ファイバ5（光ファイバ心線）の端部の被覆を除去し、光ファイバ5（裸光ファイバ）の端面をカットする。

20

【0079】

次に、フェルール70を光素子用基板40に固定する処理が行われる（S004）。図12A及び図12Bは、フェルール70を光素子用基板40に固定する様子の説明図である。作業者は、フェルール70の位置決め穴72に位置決めピンを挿通させるとともに、フェルール70の前側から位置決めピンの先端部を突出させ、位置決めピンの先端部を光素子用基板40の位置決め穴44に挿入する。これにより、フェルール70が、光素子用基板40に対し、上下方向及び左右方向（位置決め穴に垂直な方向）に位置決めされる。また、このとき、作業者は、フェルール70の接触端面73を光素子用基板40の後側の面に接触させる。これにより、フェルール70が、光素子用基板40に対して前後方向に位置決めされる。その後、作業者は、位置決めピンを用いて光素子用基板40とフェルール70との位置決めを行った状態で、フェルール70の外縁に沿って光素子用基板40とフェルール70との境界部にフェルール固定用樹脂75（UV硬化樹脂）を塗布し、フェルール固定用樹脂75に紫外線を照射してフェルール70を光素子用基板40に固定する。フェルール70を光素子用基板40に固定した後、位置決めピンが抜去される。位置決めピンの抜去後の光素子用基板40の位置決め穴44やフェルール70の位置決め穴72は、光ファイバ5を挿入するファイバ穴として利用することも可能である。

30

【0080】

次に、光素子用基板40の基板側ファイバ穴43に光ファイバ5を挿入する処理が行われる（S005）。このとき、光ファイバ5は、まずフェルール70のフェルール側ファイバ穴71に挿通される。フェルール70は光素子用基板40に対して位置決めされた状態で固定されているため、フェルール70のフェルール側ファイバ穴71に光ファイバ5を挿通させると、光ファイバ5の端部が光素子用基板40の基板側ファイバ穴43に挿入される（図12C及び図12D参照）。また、光ファイバ5の端部が光素子用基板40の基板側ファイバ穴43に挿入されることによって、光素子用基板40に実装された光素子41と光ファイバ5との位置合わせが行われるため、光素子41と光ファイバ5との調心を行うことができる。S005の処理により、光ファイバ5の端面が、発光素子411の発光面や受光素子412の受光面と対向して配置されることになる。なお、光結合効率の向上や異物混入防止を目的として、光素子41と光ファイバ5の端面との間に光透過性のアンダーフィル材が充填されても良い。

40

50

【0081】

図12Dの右図に示すように、発光素子411の発光面や受光素子412の受光面は、バンプの厚みの分だけ、光素子用基板40の実装面から離れて配置されている。このため、発光素子411の発光面や受光素子412の受光面と、光素子用基板40の実装面との間に隙間が形成されている。この隙間は、およそ30μm程度である。本実施形態では、光素子用基板40の実装面に平行な方向からカメラで光素子用基板40の実装面との間に隙間を撮影し、光ファイバ5の端面が光素子用基板40の基板側ファイバ穴43の開口から突出することをカメラが検出するまで、光ファイバ5を光素子用基板40の基板側ファイバ穴43に挿入する。望ましくは、カメラからの画像データに基づいて、光ファイバ5の端面が光素子用基板40の基板側ファイバ穴43の開口から突出した突出量を検出し、所定の突出量になるまで、光ファイバ5を光素子用基板40の基板側ファイバ穴43に挿入する。これにより、本実施形態では、発光素子411の発光面や受光素子412の受光面に光ファイバ5の端面を近接させることができるために、光結合効率の低下を抑制することができる。なお、左右方向に並ぶ他方の光ファイバ5が撮影の邪魔にならないようにするため、また、光素子41が光素子用基板40の上側に配置されているため、カメラは、上から下に向かって光素子用基板40の実装面との間に隙間を撮影することが望ましい。10

【0082】

なお、前述のS004で位置決めピン（図12A参照）をフェルール70の位置決め穴72及び光素子用基板40の位置決め穴44に挿入する際に、上記の光ファイバ5の挿入時と同様に、カメラからの画像データに基づいて、位置決めピンの端面が光素子41に接触する直前まで、位置決めピンを挿入してもよい。これにより、位置決めピンをできるだけ深く挿入することができるため、フェルール70の位置決め精度を向上させることができる。20

【0083】

次に、光ファイバ5をフェルール70に固定する処理が行われる（S006）。図12Eに示すように、フェルール70の後端面から光ファイバ5（光ファイバ心線）の被覆までの範囲にファイバ固定用樹脂76を塗布して、光ファイバ5をフェルール70に固定する。なお、光ファイバ5の段差部分（光ファイバ心線と光ファイバ素線との境界部分）にファイバ固定用樹脂76を塗布することによって、段差部分における光ファイバ5の断線を抑制することができる。このとき、フェルール70の凹部74にも固定用樹脂を塗布して、凹部74においても光ファイバ5をフェルール70に固定しても良い。なお、本実施形態では光ファイバ5の段差部分（裸光ファイバと光ファイバ素線との境界部分）がフェルール70の内部に位置しており、フェルール70の凹部74にも固定用樹脂を塗布することによって、この段差部分における光ファイバ5の断線を抑制することができる。30

【0084】

上記の製造工程により、図8Aに示す光電変換ユニット付きケーブルが製造される。本実施形態の光電変換ユニット付きケーブルは、様々な形状のメイン基板21に適用できるように共通化させた構成であるため、この光電変換ユニット付きケーブルをコネクタの製造メーカーに出荷・納品することも可能である。40

【0085】

<コネクタ付きケーブル1の製造方法>

図13は、コネクタ付きケーブル1の製造方法のフロー図である。

【0086】

まず、光電変換ユニット31のフレキシブル基板50を折り曲げる処理が行われる（S101）。フレキシブル基板50は、プレス機に挟み込まれることによって、第1折れ部511及び第2折れ部512が形成される。折り曲げられたフレキシブル基板50の接続側平面部53は、光素子用基板40や基端側平面部52に対して垂直な面となる。折り曲げ後のフレキシブル基板50は、メイン基板21の形状や配置に適合した形状になっている。なお、本実施形態では、ホスト側コネクタ10Aの側のフレキシブル基板50の折り曲げ方と、デバイス側コネクタBのフレキシブル基板50の折り曲げ方が共通になっている。50

る。このため、フレキシブル基板 50 を折り曲げる処理に用いられる治具や型などを共通化させることができる。

【0087】

次に、光電変換ユニット 31 とメイン基板 21 とを電気的に接続する処理が行われる (S102)。具体的には、光電変換ユニット 31 のフレキシブル基板 50 の接続側平面部 53 の接続端子 51 とメイン基板 21 の接続端子 23 とが半田付けによって接続される。ホスト側コネクタ 10A のメイン基板 21A の接続端子 23A は下側に配置されており、フレキシブル基板 50 の接続側平面部 53 がメイン基板 21A の下側に配置されるように (図 6A 参照)、光電変換ユニット 31 のフレキシブル基板 50 の接続側平面部 53 の接続端子 51 とメイン基板 21A の接続端子 23A とが半田付けされる。デバイス側コネクタ 10B のメイン基板 21B の接続端子 23B は上側に配置されており、フレキシブル基板 50 の接続側平面部 53 はメイン基板 21B の上側に配置されるように (図 6B 参照)、光電変換ユニット 31 のフレキシブル基板 50 の接続側平面部 53 の接続端子 51 とメイン基板 21B の接続端子 23B とが半田付けされる。このように、本実施形態では、フレキシブル基板 50 のメイン基板 21 側の接続端子 51 が両面に形成されているため、フレキシブル基板 50 の表裏のどちら側からでもメイン基板 21 に電気的に接続可能である。半田付け後、フレキシブル基板 50 がメイン基板 21 から剥離することを防止するため、メイン基板 21 の後縁と接続側平面部 53 との境界部に第 2 保護用樹脂 62 が塗布される (図 6A 及び図 6B 参照)。

【0088】

次に、電源線 7 の端部をメイン基板 21 の電源端子 24 に接続する処理が行われる (S103)。メイン基板 21 の後縁には一対の電源端子 24 が形成されており、一方の電源端子 24 に 16V の電源線 7 を半田付けし、他方の電源端子 24 に GND の電源線 7 を半田付けする。本実施形態では、メイン基板 21 の左右の端部にそれぞれ電源端子 24 が設けられているため、電位差の大きい 2 本の電源線 7 を離してメイン基板 21 に接続することができる。なお、電位差の大きい 2 本の電源線 7 を離して接続することは、絶縁の観点から望ましい。

【0089】

次に、メイン基板 21 及び光電変換ユニット 31 をハウジング 11 に設置する処理が行われる (S104)。メイン基板 21 はハウジング 11 の支持部 12 に支持されるとともに、光電変換ユニット 31 の光素子用基板 40 はハウジング 11 の保持部 13 に保持される。このとき、作業者は、光素子用基板 40 の下縁が係止部 133 に突き当たるまで、光素子用基板 40 の左右の縁を溝部 132 に挿入する。これにより、光素子用基板 40 がハウジング 11 に対して所定の位置関係になる。また、このとき、作業者は、2 本の電源線 7 を別々の挿通部 14 にそれぞれ挿通させて配線する。これにより、ハウジング 11 内での電源線 7 の動きを規制することができる。なお、メイン基板 21 及び光電変換ユニット 31 をハウジング 11 に設置したときの様子は図 4A 及び図 4B に示す通りである。

【0090】

最後に、ハウジング 11 の上蓋を固定する処理が行われる (S105)。これにより、図 1 に示すコネクタ (又はコネクタ付きケーブル 1) が製造される。

【0091】

<別の実施形態>

前述の実施形態では、複合ケーブル 3 が 2 本の光ファイバ 5 を有し、送信用・受信用にそれぞれ 1 本の光ファイバが用いられていた。また、前述の実施形態では、複合ケーブル 3 は 2 本の電源線 7 を有していた。但し、次に説明するように、複合ケーブル 3 の構成は、これに限られるものではない。また、送信用や受信用の光ファイバの数を複数にしてもよい。

【0092】

図 14 は、別の実施形態のコネクタ付きケーブル 1 に用いられる複合ケーブル 3 の断面図である。本実施形態の複合ケーブル 3 は、8 本の光ファイバ 5 を有する 1 本の光ファイ

10

20

30

40

50

バコード 6 と、10 本の電源線 7 とを有する。本実施形態においても、複合ケーブル 3 の口出し部において、少なくとも 2 本の電源線 7 の間に光ファイバ 5 (光ファイバコード 6) が配置されており、光ファイバ 5 を囲むように電源線 7 が配置されている (図 15 参照)。これにより、メイン基板 21A に電源線 7 が固定されていれば光ファイバ 5 に負荷がかかり難くなるので、コネクタ 10 の組立作業時の作業性が向上する。また、コネクタ 10 の組立後においても、電源線 7 と光ファイバ 5 との干渉が最小限に抑制されるため、ケーブルの引っ張りや振動・衝撃等に対する光ファイバ 5 への負荷を抑制でき、光ファイバ 5 の断線を抑制することができる。なお、本実施形態では、3 本の電源線が結線されて GND 電位の電源線 7 としてメイン基板 21 に接続されている (図 15 参照)。同様に、3 本の電源線が結線されて高電位 (例えば 16V) の電源線 7 としてメイン基板 21 に接続されている (図 15 参照)。 10

【0093】

図 15 は、別の実施形態のデバイス側コネクタ 10B の内部構造を示す斜視図である。図 16A 及び図 16B は、図 15 の光電変換ユニット 31 に用いられている光素子用基板 40 の斜視図である。図 17A 及び図 17B は、図 15 のフェルール 70 の斜視図である。前述の実施形態と同じ部材・構成には同じ符号が付されており、これらの部材・構成についての説明を省略することがある。なお、図 15 では、光電変換ユニット 31 に 8 本の光ファイバ 5 が接続されているが、後述するように、光電変換ユニット 31 に接続する光ファイバ 5 の本数は、4 本や 2 本に変更可能である。 20

【0094】

本実施形態においても、デバイス側コネクタ 10B は、ハウジング 11B と、メイン基板 21B と、光電変換ユニット 31 とを有する。 20

【0095】

光素子用基板 40 には、左右方向に並ぶ 2 つの光素子 41 (発光素子 411 及び受光素子 412) が電気的に接続されている。発光素子 411 は、後側 (光素子用基板 40 の側) を向いた 4 つの発光部 (不図示) を有しており、4 つの発光部は左右方向に並んで配置されている。また、受光素子 412 は、後側を向いた 4 つの受光部 (不図示) を有しており、4 つの受光部は左右方向に並んで配置されている。発光素子 411 の 4 つの発光部は、光信号を出力可能に構成されているが、4 つの全ての発光部が全て使用されなくてもよく、例えば、2 つの発光部が使用され、残り 2 つの発光部が不使用であってもよい。受光素子 412 の 4 つの受光部も同様である。ここでは、1 つの発光素子 411 に 4 つの発光部が設けられているが、1 つの発光部を有する発光素子 411 が光素子用基板 40 に 4 つ設けられてもよい。また、1 つの受光素子 412 に 4 つの受光部が設けられているが、1 つの受光部を有する受光素子 412 が光素子用基板 40 に 4 つ設けられてもよい。 30

【0096】

光素子用基板 40 は、8 つの基板側ファイバ穴 43 を有する (図 16B 参照)。8 つの基板側ファイバ穴 43 のうちの 4 つの基板側ファイバ穴 43 は、発光素子 411 の 4 つの発光部 (不図示) に対応するように配置されており、残りの 4 つの基板側ファイバ穴 43 は、受光素子 412 の 4 つの受光部 (不図示) に対応するように配置されている。8 つの基板側ファイバ穴 43 のうちの両端部の基板側ファイバ穴 43 は、位置決め穴 44 としても機能する (後述)。基板側ファイバ穴 43 に挿入された光ファイバ 5 の端面は、発光素子 411 の発光部または受光素子 412 の受光部に対向する。 40

【0097】

なお、発光素子 411 を光素子用基板 40 に実装する際に、内側 (光素子用基板 40 の中央寄り) の発光部と外側の発光部の位置を基板側ファイバ穴 43 を介して光素子用基板 40 越しに計測することによって、光素子用基板 40 に対する発光素子 411 の位置 (主に回転方向の位置) を検出・確認することができる。同様に、受光素子 412 を光素子用基板 40 に実装する際に、基板側ファイバ穴 43 を介して光素子用基板 40 越しに内側の受光部と外側の受光部の位置を計測することによって、光素子用基板 40 に対する受光素子 412 の位置 (主に回転方向の位置) を検出・確認することができる。 50

【0098】

フェルール70は、8つのフェルール側ファイバ穴71と、接触端面73と、凹部74とを有する（図17A及び図17B参照）。8つのフェルール側ファイバ穴71のうちの両端部のフェルール側ファイバ穴71は、位置決め穴72としても機能する（後述）。

【0099】

図18Aは、8本の光ファイバ5を有する光電変換ユニット付きケーブルの説明図である。8本の光ファイバ5を光電変換ユニット31（詳しくは光素子用基板40の光素子41）に接続する場合においても、前述の実施形態と同様に、光電変換ユニット31が製造され（図11のS001、S002参照）、フェルール70が光素子用基板40に固定された後（S004）に、複合ケーブル3から口出された光ファイバ5が光素子用基板40の基板側ファイバ穴43に挿入され（S005）、その後、光ファイバ5がフェルール70に固定されることになる（S006）。フェルール70を光素子用基板40に固定するとき（S004）、光素子用基板40の両端部の基板側ファイバ穴43と、フェルール70の両端部のフェルール側ファイバ穴71に位置決めピンを挿入して、光素子用基板40とフェルール70との位置決めを行った状態でフェルール70を光素子用基板40に固定する。そして、フェルール70を光素子用基板40に固定した後、位置決めピンが抜去され、光素子用基板40の基板側ファイバ穴43やフェルール70のフェルール側ファイバ穴71に光ファイバ5が挿入されるとともに、位置決めピンの抜去後の光素子用基板40の位置決め穴44やフェルール70の位置決め穴72にも、光ファイバ5が挿入される。すなわち、位置決めピンの抜去後の光素子用基板40の位置決め穴44やフェルール70の位置決め穴72が、ファイバ穴として利用されることになる。8本の光ファイバ5のうちの4本の光ファイバ5の端面は、発光素子411の4つの発光部に対向し、残りの4本の光ファイバ5の端面は、受光素子412の4つの受光部に対向する。

【0100】

なお、図18Aに示すように、凹部74においてフェルール70と光素子用基板40との間に隙間が形成されているため、光ファイバ5（又は位置決めピン）を挿入する際に、その挿入状態を凹部74の開口から検出することが可能である。

【0101】

図18Bは、4本の光ファイバ5を有する光電変換ユニット付きケーブルの説明図である。なお、このときの複合ケーブル3は、例えば図14に示す光ファイバ5の本数を8本から4本に減らした断面構造である。4本の光ファイバ5を光電変換ユニット31（詳しくは光素子用基板40の光素子41）に接続する場合においても、フェルール70を光素子用基板40に固定した後、位置決めピンが抜去され、位置決めピンの抜去後の光素子用基板40の位置決め穴44やフェルール70の位置決め穴72に、光ファイバ5が挿入される。すなわち、位置決めピンの抜去後の光素子用基板40の位置決め穴44やフェルール70の位置決め穴72が、ファイバ穴として利用されることになる。但し、光ファイバ5が4本の場合、位置決めピンの抜去後の光素子用基板40の位置決め穴44やフェルール70の位置決め穴72をファイバ穴として利用するのではなく、別のファイバ穴に光ファイバ5を挿入してもよい。4本の光ファイバ5のうちの2本の光ファイバ5の端面は、発光素子411の2つの発光部に対向し、残りの2本の光ファイバ5の端面は、受光素子412の2つの受光部に対向する。これにより、送信を2チャンネル、受信を2チャンネルとしたコネクタ（例えば、USB3.1 Type C）を構成できる。なお、光ファイバ5が4本の場合には、光ファイバ5の端面と対向していない2つの発光部は非発光（無効）とし、光ファイバ5の端面と対向していない2つの受光部も光信号を受信せずに未使用（無効）とするとよい。これにより、光電変換ユニット31の消費電流が抑えられるため、コネクタ全体の発熱も抑えられる。

【0102】

図18Cは、2本の光ファイバ5を有する光電変換ユニット付きケーブルの説明図である。なお、このときの複合ケーブル3は、例えば図2に示す断面構造である。ここでは、説明のため、位置決めピンを抜去させずに図示している。光ファイバ5が2本の場合は、

10

20

30

40

50

前述の実施形態と同様に構成される。光ファイバ5が2本の場合には、光ファイバ5の端面と対向していない3つの発光部は非発光（無効）とし、光ファイバ5の端面と対向していない3つの受光部も光信号を受信せずに未使用（無効）とするとよい。これにより、光電変換ユニット31の消費電流が抑えられるため、コネクタ全体の発熱も抑えられる。

【0103】

なお、図18Bや図18Cに示すように、凹部74においてフェルール70と光素子用基板40との間に隙間が形成されているため、光ファイバ5（又は位置決めピン）を挿入する際に、その挿入状態を凹部74の開口から検出することが可能である。また、図18Bや図18Cに示すように、光ファイバ5が光素子用基板40の基板側ファイバ穴43やフェルール70のフェルール側ファイバ穴71（若しくは位置決め穴72）に挿入されたとき、光ファイバ5の段差部分（裸光ファイバと光ファイバ素線との境界部分）がフェルール70の凹部74に位置しており、フェルール70の凹部74に固定用樹脂を塗布することによって、この段差部分における光ファイバ5の断線を抑制することができる。

10

【0104】

図18A～図18Cに示すように、本実施形態の光電変換ユニット31によれば、光電変換ユニット31の構成を変えずに、光ファイバ5の本数を適宜変更可能であり、送信側や受信側のチャンネル数を適宜変更可能である。

【0105】

また、図18Bや図18Cに示すように、光ファイバ5が4本や2本の場合には、光ファイバ5の端面と対向していない発光部や受光部が存在する。この場合、光ファイバ5の端面と対向していない発光部は、発光せずに未使用（無効）とすることが望ましい。また、光ファイバ5の端面と対向していない受光部も光信号を受信せずに未使用（無効）とすることが望ましい。このため、制御IC42は、発光素子411のそれぞれの発光部を個別に無効設定可能であるとともに、受光素子412のそれぞれの受光部を個別に無効設定可能であることが望ましい。これにより、制御IC42の処理を軽減させることができ、光電変換ユニット31の消費電流が抑えられるため、コネクタ全体の発熱も抑えられる。

20

【0106】

また、図18Bや図18Cに示すように、光ファイバ5が4本や2本の場合には、図17に示すフェルール70の代わりに、図10に示したフェルール70を用いても良い。この場合、光ファイバ5の段差部分（裸光ファイバと光ファイバ素線との境界部分）をファイバ固定用樹脂76で保護することが望ましい。

30

【0107】

図19は、保持部13A（保持部材131A）の変形例の説明図である。保持部13Aは、ハウジング11Aの側面から内側に突出した一对の保持部材131Aが光素子用基板40の左右の縁を保持している。このように、光素子用基板40の左右の縁を保持する保持部材131Aは、図5Bに示すような一对の板状の部材（板部131A）に限られるものではなく、他の形状であっても良い。また、図19に示すように、電源線の無い構成であれば、挿通部14A（図5B参照、板部131Aの外面とハウジング11Aの側壁面との間の隙間）が形成されていなくても良い。

【0108】

40

<小括>

本実施形態の光電変換ユニット31は、図8Bに示すように、光素子用基板40（第1基板）とフレキシブル基板50とを備えている。光素子用基板40は、光ファイバ5の端面と対向する光素子41を実装し、光ファイバ5の光軸に対して垂直な基板である。フレキシブル基板50は、光素子用基板40と、光ファイバ5の光軸に平行に配置されるメイン基板21（第2基板）との間を電気的に接続する柔軟な基板であり、一方の端部が光素子用基板40に電気的に接続されている。本実施形態では、フレキシブル基板50のメイン基板21側の端部の両面には、接続端子51が形成されており、フレキシブル基板50の表裏のどちらの面をメイン基板21に対向させても、メイン基板21に対して電気的に接続可能に構成されている。本実施形態の光電変換ユニット31によれば、異なるメイン

50

基板 2 1 に対して共通化させやすい構造にすることができる。なお、上記の実施形態では、複合ケーブル 3 の両端に設けられる 2 つのコネクタ（ホスト側コネクタ 10 A とデバイス側コネクタ 10 B）において光電変換ユニット 3 1 を共通化させているが、本実施形態の光電変換ユニット 3 1 は他のコネクタに用いることも可能であり、この場合においても、光電変換ユニット 3 1 は、様々なメイン基板 2 1 に適合させやすい構造になっている。

【0109】

また、本実施形態の光電変換ユニット 3 1 では、メイン基板 2 1 側の端部の両面に形成された接続端子 5 1 は、スルーホール 5 1 1 によって電気的に導通している。これにより、フレキシブル基板 5 0 の表裏のどちらの面をメイン基板 2 1 に対向させても、メイン基板 2 1 に対して電気的に接続可能に構成できる。但し、スルーホール 5 1 1 とは異なる構造によって、両面に形成された接続端子 5 1 を導通させても良い。

10

【0110】

なお、両面に形成される接続端子 5 1 の端部に、半割状のスルーホールを形成しても良い。これにより、フレキシブル基板 5 0 の接続端子 5 1 をメイン基板 2 1 に半田付けする際に、半割状のスルーホールに半田が流れ込み、フレキシブル基板 5 0 とメイン基板 2 1 との電気的な接続性が向上する。半割状のスルーホールは、通常のスルーホールの形成後に当該スルーホールにおいてフレキシブル基板 5 0 をカットすることによって、接続端子 5 1 の端部に形成できる。

【0111】

また、本実施形態の光電変換ユニット 3 1 は、図 8 B に示すように、光素子用基板 4 0 とフレキシブル基板 5 0 との間に第 1 保護用樹脂 6 1（保護用樹脂）が形成されている。これにより、フレキシブル基板 5 0 が光素子用基板 4 0 から剥離することを抑制できる。特に、本実施形態ではフレキシブル基板 5 0 を折り曲げることになるため、折り曲げ加工時に第 1 保護用樹脂 6 1 によってフレキシブル基板 5 0 と光素子用基板 4 0 との剥離を抑制できることは特に有効である。

20

【0112】

本実施形態の光電変換ユニット付きケーブルは、図 8 A に示すように、光ファイバ 5 を有する複合ケーブル 3（ケーブル）と、光電変換ユニット 3 1 とを備えており、光電変換ユニット 3 1 は、図 8 B に示すように、光素子用基板 4 0（第 1 基板）とフレキシブル基板 5 0 とを備えている。本実施形態の光電変換ユニット付きケーブルでは、フレキシブル基板 5 0 のメイン基板 2 1 側の端部の両面には、接続端子 5 1 が形成されており、フレキシブル基板 5 0 の表裏のどちらの面をメイン基板 2 1 に対向させても、メイン基板 2 1 に対して電気的に接続可能に構成されている。本実施形態の光電変換ユニット付きケーブルによれば、異なるメイン基板 2 1 に対して共通化させやすい構造にすることができる。

30

【0113】

本実施形態の光電変換ユニット付きケーブルでは、光素子用基板 4 0 にフェルール 7 0 が固定されており、フェルール 7 0 はフェルール側ファイバ穴 7 1 を有しており、光素子用基板 4 0 は基板側ファイバ穴 4 3 を有しており、光ファイバ 5 の端部は、フェルール側ファイバ穴 7 1 及び基板側ファイバ穴 4 3 に挿入されている。これにより、フェルール側ファイバ穴 7 1 及び基板側ファイバ穴 4 3 によって光ファイバ 5 を調心できる。

40

【0114】

本実施形態の光電変換ユニット付きケーブルでは、図 12 D の右図に示すように、光素子用基板 4 0 と光素子 4 1 との間にはバンプによる隙間が形成されており、光ファイバ 5 の端面は、基板側ファイバ穴 4 3 の開口から突出した状態で、光素子 4 1 と対向している。これにより、基板側ファイバ穴 4 3 の開口から突出した光ファイバ 5 の突出量を監視できるため、光素子 4 1 に光ファイバ 5 の端面を近接させることによって、光結合効率の低下を抑制することができる。

【0115】

本実施形態の光電変換ユニット付きケーブルでは、光素子用基板 4 0 及びフェルール 7 0 は、位置決め穴（4 4, 7 2）をそれぞれ有している。これにより、図 12 A 及び図 1

50

2 B に示すように、それぞれの位置決め穴に位置決めピンを挿入することによって、光素子用基板 4 0 とフェルール 7 0 との位置決めを行うことができる。

【 0 1 1 6 】

本実施形態の光電変換ユニット付きケーブルでは、フェルール 7 0 は、接触端面 7 3 と凹部 7 4 とを有しており（図 1 0 A 及び図 1 7 A 参照）、接触端面 7 3 を光素子用基板 4 0 に接触させたとき、凹部 7 4 においてフェルール 7 0 と光素子用基板 4 0 との間に隙間が形成されている（図 1 2 A 及び図 1 8 A 参照）。これにより、位置決めピンや光ファイバ 5 を挿入する際に、その挿入状態を凹部 7 4 の開口から検出することが可能である。

【 0 1 1 7 】

本実施形態の光電変換ユニット付きケーブルでは、光素子 4 1 の発光素子 4 1 1 は 4 つの発光部（不図示）を有しており、受光素子 4 1 2 は 4 つの受光部（不図示）を有している。これにより、送信側や受信側を複数チャンネルにすることが可能になる。また、図 1 8 B や図 1 8 C に示すように、光ファイバの端面と対向していない発光部や受光部があつてもよい。これにより、光電変換ユニットの構成を変えずに、送信側や受信側のチャンネル数を減らすことができる。

【 0 1 1 8 】

本実施形態のコネクタ付きケーブル 1 は、図 4 A（又は図 4 B）に示すように、光ファイバ 5 を有する複合ケーブル 3（ケーブル）と、ホスト側コネクタ 1 0 A（又はデバイス側コネクタ 1 0 B）とを備えており、ホスト側コネクタ 1 0 A は、光素子用基板 4 0（第 1 基板）及びフレキシブル基板 5 0 を備えた光電変換ユニット 3 1 と、メイン基板 2 1（第 2 基板）とを備えている。本実施形態のコネクタ付きケーブル 1 では、フレキシブル基板 5 0 のメイン基板 2 1 側の端部の両面には、接続端子 5 1 が形成されており、フレキシブル基板 5 0 の表裏のどちらの面をメイン基板 2 1 に対向させても、メイン基板 2 1 に対して電気的に接続可能に構成されている。本実施形態のコネクタ付きケーブル 1 によれば、共通化させた光電変換ユニット 3 1 を利用できる。

【 0 1 1 9 】

また、本実施形態のコネクタ付きケーブル 1 のコネクタは、光電変換ユニット 3 1 とメイン基板 2 1（第 2 基板）とを収容するハウジング 1 1 を備えており、ハウジング 1 1 は、光ファイバ 5 の光軸に対して垂直に光素子用基板 4 0 を保持する保持部 1 3 を有している。そして、本実施形態では、光素子用基板 4 0 の熱が、保持部 1 3 を介してハウジング 1 1 に伝導される。これにより、光素子用基板 4 0 の熱をハウジング 1 1 から放熱できる。なお、この場合、保持部 1 3 と光素子用基板 4 0 との間に放熱部材を配置させることによって、保持部 1 3 と光素子用基板 4 0 との熱抵抗を低減させることができる。

【 0 1 2 0 】

また、本実施形態のコネクタ付きケーブル 1 では、保持部 1 3 が一対の板部 1 3 1 を有しており、一対の板部 1 3 1 の内側の面には溝部 1 3 2 が形成されており、この溝部 1 3 2 の端部において、溝部 1 3 2 に挿入された光素子用基板 4 0 の縁が係止されている。これにより、ハウジング 1 1 に対して光素子用基板 4 0 を位置合わせできる。

【 0 1 2 1 】

また、本実施形態のコネクタ付きケーブル 1 では、板部 1 3 1 の外面とハウジング 1 1 の側壁面との間に隙間が形成されることによって、一対の挿通部 1 4 が光素子用基板 4 0 及び保持部 1 3 を挟むように幅方向に離れて配置されており、ケーブルの 2 本の電源線 7 が、互いに異なる挿通部 1 4 に配線されている。これにより、2 本の電源線 7 を幅方向に離して配線することができる。

【 0 1 2 2 】

また、本実施形態のコネクタ付きケーブル 1 では、光ケーブルの口出し部において、少なくとも 2 本の電源線 7 の間に光ファイバ 5 が配置されている（図 2、図 1 4 参照）。これにより、光ファイバ 5 を囲むように電源線 7 を配置することができるため、光ファイバ 5 にかかる負荷を抑制できる。

【 0 1 2 3 】

10

20

30

40

50

また、本実施形態のコネクタ付きケーブル1では、保持部13が一対の板部131を有しており、一対の板部131の内側の面（詳しくは溝部132A）において光素子用基板40の左右の両縁が保持されており、その左右の両縁の間ににおいて光素子用基板40がフレキシブル基板50に接続されている。このような構成により、板部131Aが保持できる光素子用基板40の縁を長くでき、板部131Aと光素子用基板40との接触面積を広くすることができるので、放熱に有利になる。

【0124】

また、本実施形態のコネクタ付きケーブル1では、光素子用基板40には制御IC42（制御回路）が設けられており、光素子用基板40は、メイン基板21よりも高い熱伝導率を有する。これにより、特に発熱する制御IC42と、特に熱を回避したい光素子41とが設けられた光素子用基板40の熱を効率的に放熱できる。更に、本実施形態では、メイン基板21には、昇圧回路211A及び降圧回路212Bの少なくとも一方が設けられている。昇圧回路211A及び降圧回路212Bは、コネクタ内において制御IC42の次に発熱する部材であるため、このような昇圧回路211A及び降圧回路212Bを光素子41から離して配置することによって、光素子41への熱の回り込みを回避できる。

【0125】

本実施形態のコネクタ付きケーブル1は、図4A及び図4Bに示すように、光ファイバ5を有する複合ケーブル3（ケーブル）と、ホスト側コネクタ10A（第1コネクタ）と、デバイス側コネクタ10B（第2コネクタ）とを備えており、ホスト側コネクタ10A及びデバイス側コネクタ10Bは、光素子用基板40（第1基板）及びフレキシブル基板50を備えた光電変換ユニット31と、メイン基板21（第2基板）とをそれぞれ備えている。本実施形態のコネクタ付きケーブル1では、フレキシブル基板50のメイン基板21側の端部の両面には、接続端子51が形成されており、フレキシブル基板50の表裏のどちらの面をメイン基板21に対向させても、メイン基板21に対して電気的に接続可能に構成されている。そして、本実施形態では、図6A及び図6Bに示すように、ホスト側コネクタ10Aのフレキシブル基板50の接続端子51がメイン基板21Aに対向する面（上面：図6A参照）と、デバイス側コネクタ10Bのフレキシブル基板50の接続端子51がメイン基板21Bに対向する面（下面：図6B参照）とが異なっている。これにより、ホスト側コネクタ10A及びデバイス側コネクタ10Bに共通の光電変換ユニット31を利用することができる。

【0126】

また、本実施形態のコネクタ付きケーブル1では、図6A及び図6Bに示すように、ホスト側コネクタ10Aのハウジング11A内のメイン基板21A（第2基板）の位置と、デバイス側コネクタ10Bのハウジング11B内のメイン基板21B（第2基板）の位置とが異なっている。但し、本実施形態では、このような状況下においても、図6A及び図6Bに示すように、ホスト側コネクタ10Aのフレキシブル基板50の接続端子51がメイン基板21Aに対向する面（上面：図6A参照）と、デバイス側コネクタ10Bのフレキシブル基板50の接続端子51がメイン基板21Bに対向する面（下面：図6B参照）とを異ならせることによって、ホスト側コネクタ10A及びデバイス側コネクタ10Bに共通の光電変換ユニット31を利用することができる。

【0127】

＝＝＝その他＝＝＝

上記の実施形態は、本発明の理解を容易にするためのものであり、本発明を限定して解釈するためのものではない。本発明は、その趣旨を逸脱することなく、変更・改良され得ると共に、本発明には、その等価物が含まれることは言うまでもない。

【符号の説明】

【0128】

- 1 コネクタ付きケーブル、3 複合ケーブル、
- 4A 編組、4B シース、
- 5 光ファイバ、6 光ファイバコード、

10

20

30

40

50

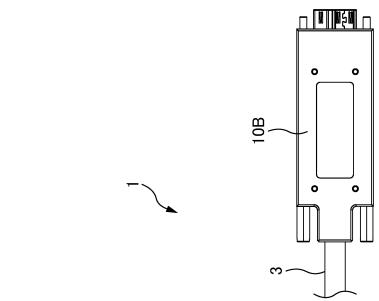
7 電源線、9 カシメ部材、
 10 コネクタ、(添字A:ホスト側、添字B:デバイス側)、
 10A ホスト側コネクタ、10B デバイス側コネクタ、
 11 ハウジング、12 支持部、13 保持部、131 板部(保持部材)、
 132 溝部、133 係止部、14 挿通部、
 21 メイン基板、22 端子部、
 23 接続端子、24 電源端子、
 211A 昇圧回路、221B 降圧回路、213 M C U、
 31 光電変換ユニット、40 光素子用基板、
 41 光素子、411 発光素子、412 受光素子、
 42 制御I C、42A 封止用樹脂、
 43 基板側ファイバ穴、44 位置決め穴、
 45 接続端子、46 貫通ビア、
 50 フレキシブル基板、51 接続端子、511 スルーホール、
 52 基端側平面部、53 接続側平面部、54 中間部、
 511 第1折れ部、512 第2折れ部、
 61 第1保護用樹脂、62 第2保護用樹脂、
 70 フェルール、71 フェルール側ファイバ穴、
 72 位置決め穴、73 接触端面、
 74 凹部、75 フェルール固定用樹脂、76 ファイバ固定用樹脂
 【要約】
 【課題】光電変換ユニットの構成を共通化させる。
 【解決手段】本開示の光電変換ユニットは、第1基板と、フレキシブル基板とを備える。第1基板は、光ファイバの端面と対向する光素子を実装し、前記光ファイバの光軸に対して垂直である。フレキシブル基板は、前記第1基板と、前記光軸に平行に配置される第2基板との間を電気的に接続する。
 前記フレキシブル基板の一方の端部は前記第1基板に電気的に接続されている。前記フレキシブル基板の他方の端部の両面には、前記第2基板に接続するための接続端子が形成されている。前記接続端子は、前記フレキシブル基板の前記他方の端部のどちらの面を前記第2基板に対向させても、前記第2基板に対して電気的に接続可能に構成されている。
 【選択図】図6

10

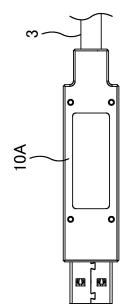
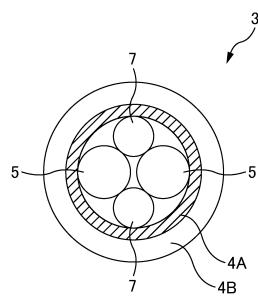
20

30

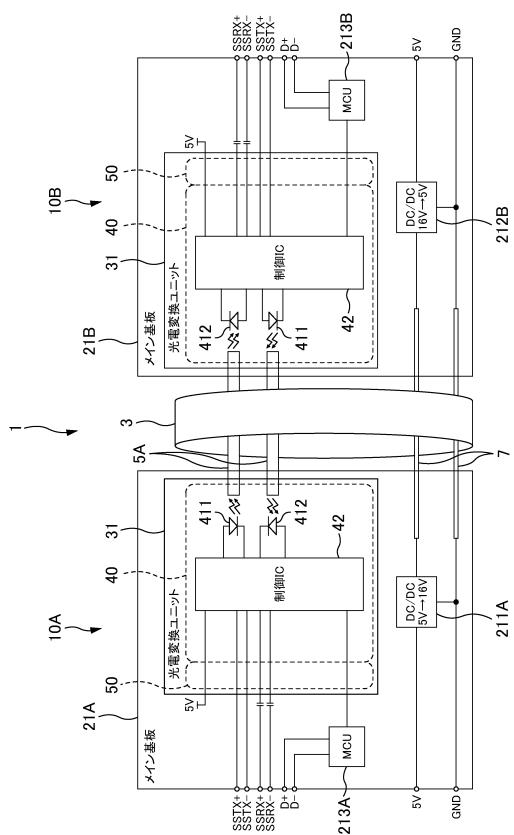
【図1】



【図2】



【図3】



【図4】

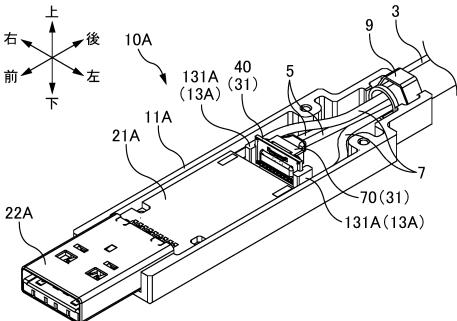


図4A(ホスト側コネクタ)

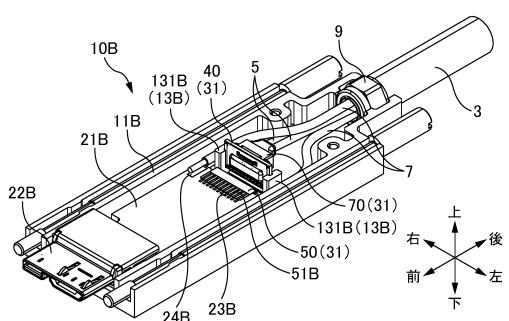


図4B(デバイス側コネクタ)

【図5】

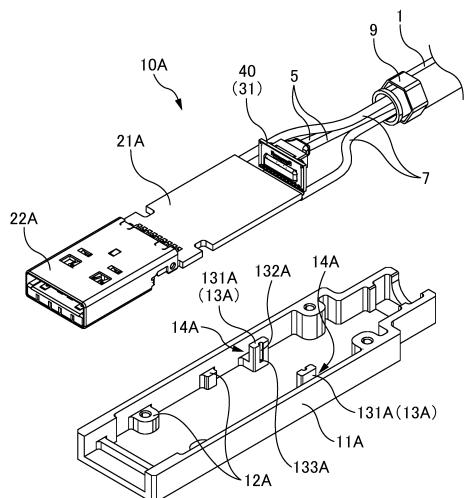


図5A(ホスト側コネクタ)

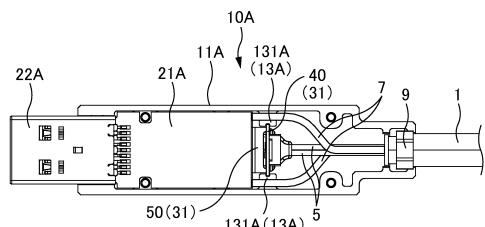


図5B

【図6】

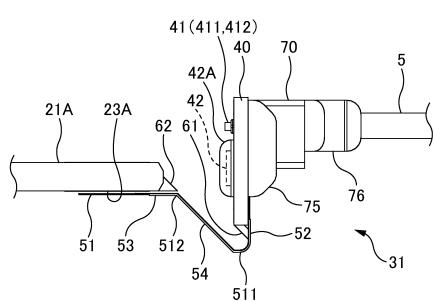


図6A(ホスト側コネクタ)

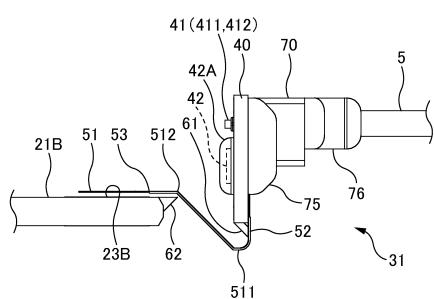


図6B(デバイス側コネクタ)

【図7】

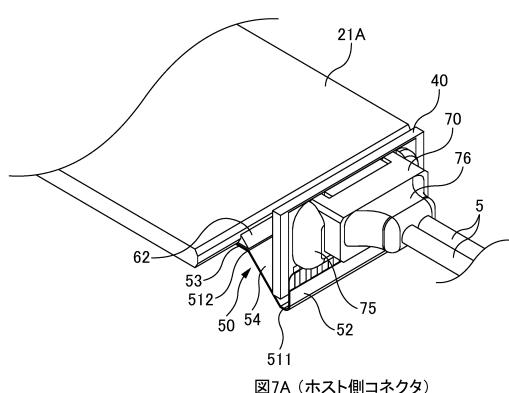


図7A(ホスト側コネクタ)

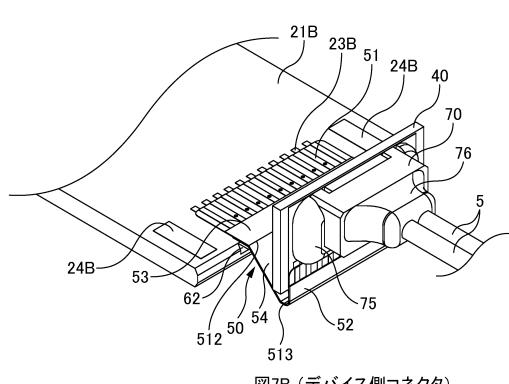
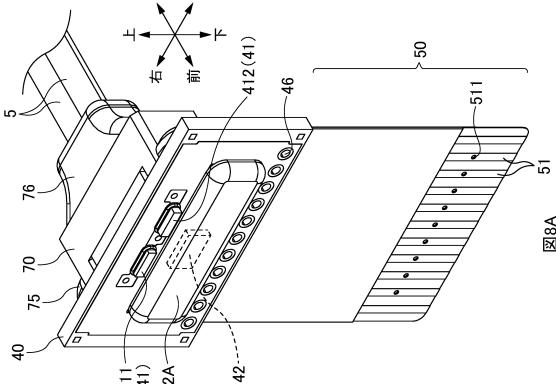
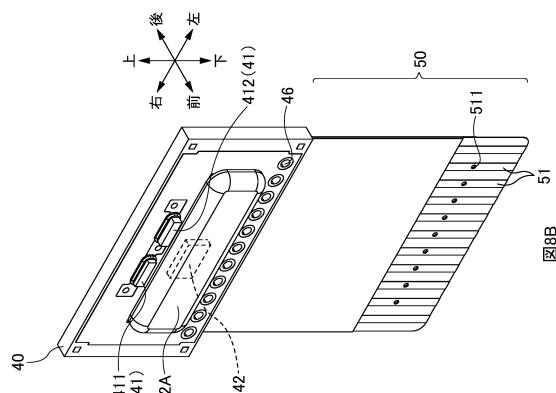


図7B(デバイス側コネクタ)

【図8】



【図9】

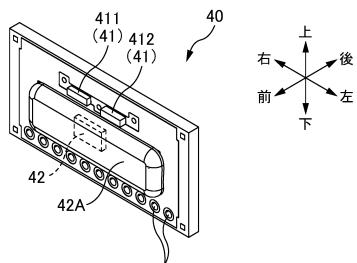


図9A

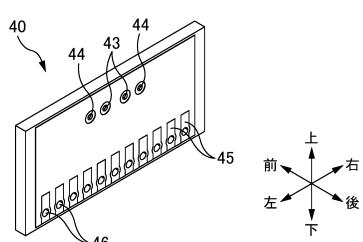


図9B

【図10】

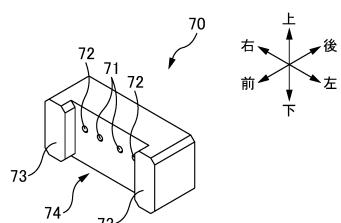


図10A

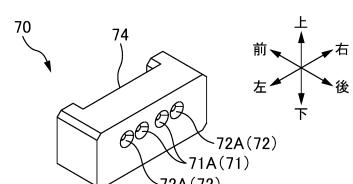
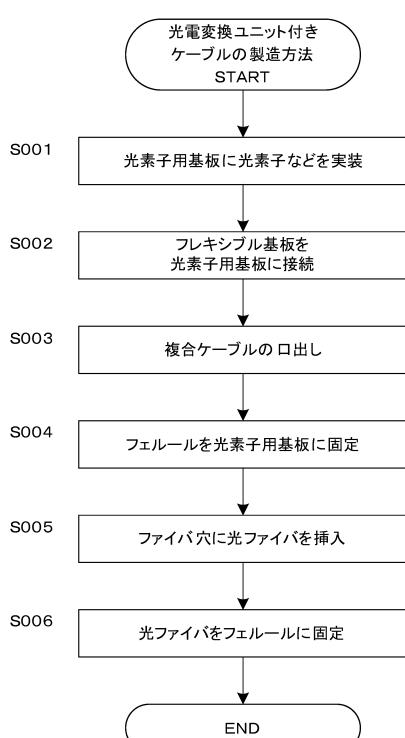
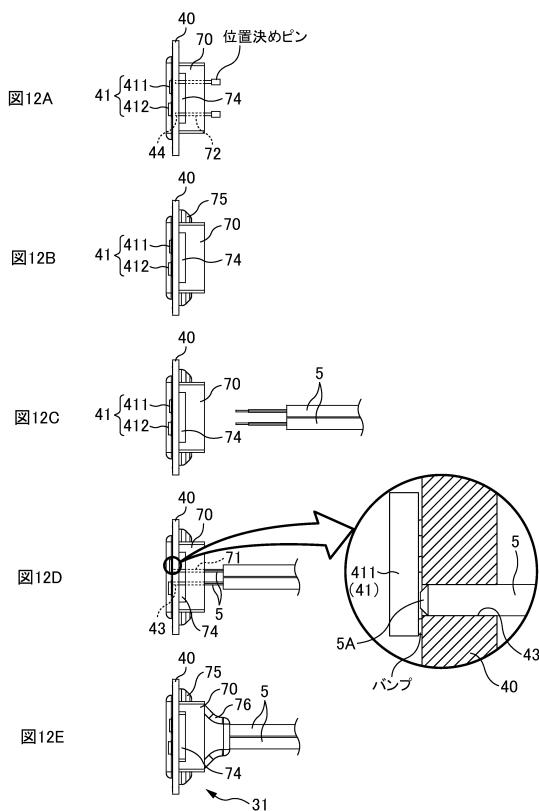


図10B

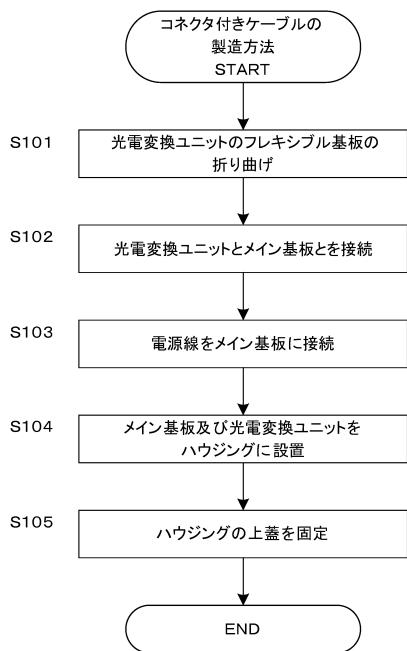
【図11】



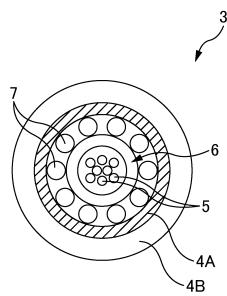
【図12】



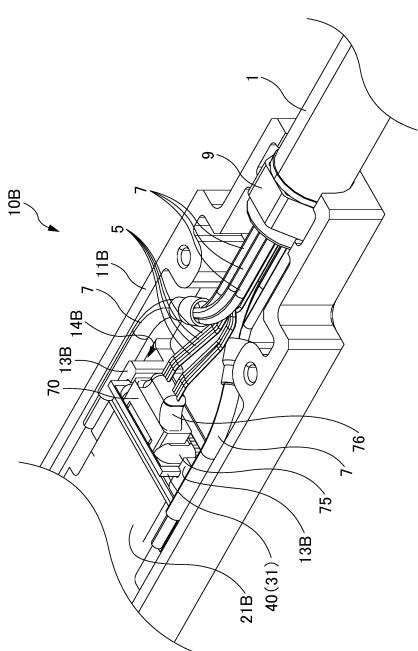
【図13】



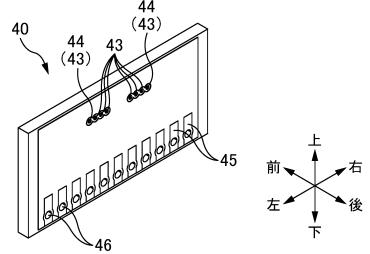
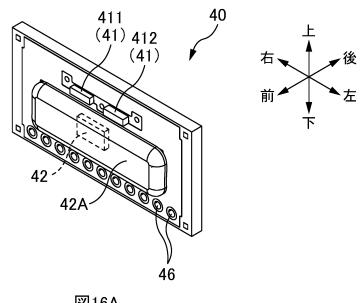
【図14】



【図15】



【図16】



【図17】

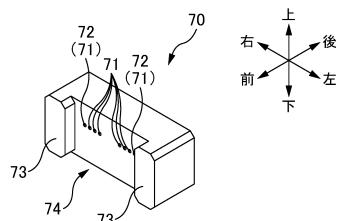


図17A

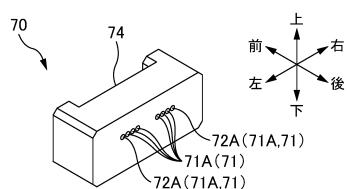
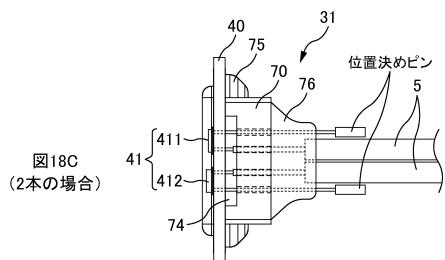
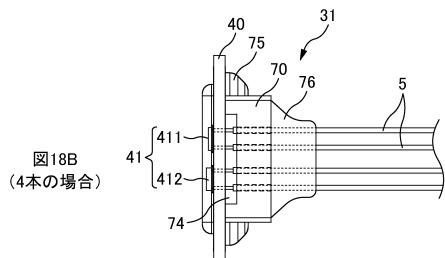
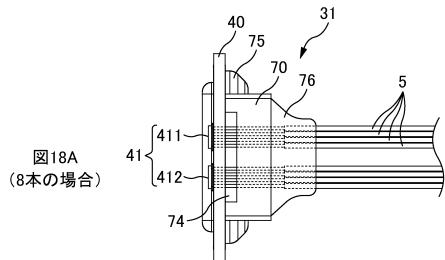
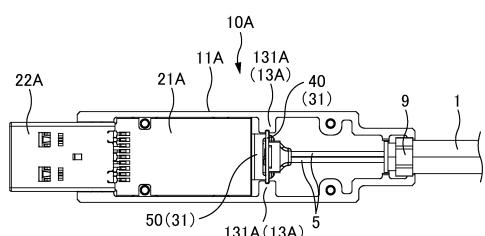


図17B

【図18】



【図19】



フロントページの続き

(72)発明者 岡部 進
千葉県佐倉市六崎1440番地 株式会社フジクラ 佐倉事業所内

審査官 下村 一石

(56)参考文献 特開2008-090232(JP, A)
特開2015-169721(JP, A)
特開2011-186036(JP, A)
国際公開第2008/096716(WO, A1)
特開2012-083551(JP, A)
特開2016-099508(JP, A)
特開2016-001237(JP, A)
特開2011-053717(JP, A)
特開平06-181394(JP, A)
特開2010-283259(JP, A)
特開平06-059168(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B6/26-6/27
G02B6/30-6/34
G02B6/42-6/43