

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5157964号
(P5157964)

(45) 発行日 平成25年3月6日(2013.3.6)

(24) 登録日 平成24年12月21日(2012.12.21)

(51) Int.Cl.

G02B 6/42 (2006.01)

F I

G02B 6/42

請求項の数 9 (全 24 頁)

(21) 出願番号	特願2009-47194 (P2009-47194)	(73) 特許権者	000002945 オムロン株式会社 京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町 801番地
(22) 出願日	平成21年2月27日(2009.2.27)	(74) 代理人	100127030 弁理士 増井 義久
(65) 公開番号	特開2010-204209 (P2010-204209A)	(74) 代理人	100125944 弁理士 比村 潤相
(43) 公開日	平成22年9月16日(2010.9.16)	(72) 発明者	田中 純一 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不 動堂町801番地 オムロン株式会社内
審査請求日	平成23年2月16日(2011.2.16)	(72) 発明者	鮫島 裕 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不 動堂町801番地 オムロン株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光伝送モジュール、電子機器、及び光伝送モジュールの製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

光を伝送する光伝送路と、
光伝送路により伝送された光信号を受光または発光する発受光面を有し、該発受光面上に、光電変換の機能を有する発受光点、及び電極パッドが形成された光素子と、
上記光素子、及び電気配線が搭載された基板と、
上記電極パッドと上記電気配線とを電気接続するボンディング配線と、
上記光素子を封止する封止部とを備えた光伝送モジュールであって、
上記電気配線と上記電極パッドとは、上記ボンディング配線により逆ワイヤボンディングされており、
上記封止部は、液状封止樹脂材料が光素子の側壁との表面張力により光素子の側壁に沿って光素子上面まで固化した傾斜部と、液状封止樹脂材料が発受光面に沿って平行に広がって固化した膜状の平坦部とを有し、傾斜部と平坦部とが連結しているとともに
上記受発光面上に設けられた封止部と上記光伝送路との間に空隙が設けられていることを特徴とする光伝送モジュール。

【請求項2】

上記ボンディング配線は、その屈曲部が上記電気配線側に配されたループ形状になっており、
上記封止部は、上記ボンディング配線における、上記電気配線及び上記電極パッドそれぞれとの接点を被覆する一方、上記ループ形状の部分を露出するように形成されているこ

とを特徴とする請求項 1 に記載の光伝送モジュール。

【請求項 3】

上記光伝送路は、少なくとも一方の端面が斜めに加工されたフィルム光導波路であって、

平面視において、上記ボンディング配線は、上記光伝送路を避けて配されており、

上記光伝送路における光伝送方向の先端部が、上記ボンディング配線における電極パッドとの接点と上記発受光点との間に配されていることを特徴とする請求項 1 に記載の光伝送モジュール。

【請求項 4】

請求項 1 に記載の光伝送モジュールを備えた電子機器において、

光伝送路により伝送された光信号について、発光する位置及び受光する位置にそれぞれ、発光素子としての上記光素子、及び受光素子としての上記光素子が配置されており、

上記光伝送モジュールは、上記電気配線と電氣的に接続され、外部の配線と電氣的に接続するための電気接続手段をさらに備えたことを特徴とする電子機器。

10

【請求項 5】

上記光伝送路における両端の電気接続手段が、上記電子機器内部における機器基板にそれぞれ接続されていることを特徴とする請求項 4 に記載の電子機器。

【請求項 6】

上記光伝送モジュールにおける、上記光素子と上記光伝送路の端面とが、上記電子機器の筐体部に設けられていることを特徴とする請求項 4 に記載の電子機器。

20

【請求項 7】

ヒンジ部を備えた電子機器において、

上記光伝送モジュールは、上記ヒンジ部に設けられていることを特徴とする請求項 4 に記載の電子機器。

【請求項 8】

光を伝送する光伝送路と、

光伝送路により伝送された光信号を受光または発光する発受光面を有し、該発受光面上に、光電変換の機能を有する発受光点、及び電極パッドが形成された光素子と、

上記光素子、及び電気配線が搭載された基板と、

上記電極パッドと上記電気配線とを電気接続するボンディング配線と、

30

上記光素子を封止する封止部とを備えた光伝送モジュールの製造方法であって、

上記電気配線と上記電極パッドとを、上記ボンディング配線により逆ワイヤボンディングするボンディング工程と、

上記光素子の発受光面に第 1 の液状封止樹脂材料を滴下する第 1 の滴下工程と、

上記基板の表面に第 2 の液状封止樹脂材料を滴下する第 2 の滴下工程とを含み、

上記第 1 及び第 2 の滴下工程の少なくとも 1 つの工程において、発受光面との表面張力により広がった第 1 の液状封止樹脂材料と、上記光素子の側壁との表面張力により該側壁に沿ってはい上がった第 2 の液状封止樹脂材料とが接触するまで、滴下を行うことを特徴とする光伝送モジュールの製造方法。

【請求項 9】

40

上記第 1 の滴下工程にて、発受光面側から見て、第 1 の液状封止樹脂材料が光素子の縁部に到達した時点で滴下を停止し、

上記第 2 の滴下工程にて、光素子の側壁に沿ってはい上がる第 2 の液状封止樹脂材料が上記第 1 の液状封止樹脂材料に接触した時点で滴下を停止することを特徴とする請求項 8 に記載の光伝送モジュールの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光伝送モジュール、電子機器、及び光伝送モジュールの製造方法に関する。

50

【背景技術】

【0002】

近年、高速で大容量のデータ通信が可能な光通信網が拡大している。今後、この光通信網は民生機器への搭載が予想されている。そして、データ転送の高速大容量化、ノイズ対策、機器内の基板間をデータ伝送する用途として、現在の電気ケーブルと変わりなく使用することができる電気入出力の光データ伝送ケーブル（光ケーブル）が求められている。この光ケーブルとしては、フレキシブル性を考慮すると、フィルム光導波路を用いることが望ましい。

【0003】

光導波路とは、屈折率の大きいコアと、該コアの周囲に接して設けられる屈折率の小さいクラッドとにより形成され、コアに入射した光信号を該コアとクラッドとの境界で全反射を繰り返しながら伝搬するものである。また、フィルム光導波路は、コアおよびクラッドが柔軟な高分子材料からなるため柔軟性を有している。

10

【0004】

この柔軟性を有するフィルム光導波路を光ケーブルとして用いた光伝送モジュールは、一般的に、以下の部材を備えている。すなわち、光伝送モジュールは、光導波路と光学結合する光電変換素子（発受光素子）と、該光電変換素子に接続される電気配線を有する基板と、電気配線と光電変換素子とを電気接続する電気接続手段とを備えている。なお、発受光素子とは、電気信号を光信号に変換して発信し、光信号を受信して電気信号に変換する機能を有する素子である。

20

【0005】

一般的に、半導体素子と電気配線との電気接続には、ワイヤボンディングが用いられる。例えば特許文献1には、指紋センサダイを外部回路にワイヤボンディングする方法が開示されている。また、特許文献2には、一般的なワイヤボンディング方法が記載されている。

【0006】

図17は、電気配線と光電変換素子とを電気接続する電気接続手段として、ワイヤボンディングを用いた、従来の光伝送モジュールの概略構成を示す断面図である。

【0007】

同図に示されるように、基板16上には、フィルム光導波路2と光学結合する発受光点13aを備えた、発受光素子13が実装されている。発受光素子13の上面には、基板16に形成された基板配線15と電氣的に接続するための電極パッド13bが形成されている。そして、電極パッド13aと基板配線15とは、ボンディング配線17によるワイヤボンディングにより電気接続している。そして、従来の光伝送モジュールでは、発受光素子3及びボンディング配線17を封止し保護するため、封止樹脂部18が形成されている。この封止樹脂部18は、透光性樹脂から構成されており、発受光素子13及びボンディング配線17を完全に覆い、かつ、フィルム光導波路2との対向面が平坦になるように形成されている。

30

【0008】

また、光伝送モジュールの構成の他の一例としては、例えば特許文献3に開示された光伝送モジュールが挙げられる。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0009】

【特許文献1】特開2004-6689号公報（平成16（2004）年1月8日公開）

【特許文献2】特開2005-101249号公報（平成17（2005）年4月14日公開）

【特許文献3】特開2003-66282号公報（平成15（2003）年3月5日公開）

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

50

例えば小型・薄型の機器内において光伝送路を用いる場合、光伝送モジュールの低消費電力化・モジュール低背化が要求されると考えられる。そして、この要求に応えるため、光伝送路と発受光素子との光学結合損失の低減が求められている。しかしながら、上述のような従来の光伝送モジュールでは、発受光素子と光伝送路とを近づけるのに限界があり、発受光点と光伝送路との距離が長くなるという問題がある。その結果、従来の光伝送モジュールでは、発受光素子から光伝送路へ入射する光のスポット径が大きくなり、光学結合損失が大きくなる。以下、従来の光伝送モジュールの問題点について、詳述する。

【 0 0 1 1 】

図 1 7 に示されるように、ワイヤボンディングにより基板配線 1 5 と電極パッド 1 3 b とを電気接続する場合、電極パッド 1 3 b の形成面と基板配線 1 5 の形成面とに高低差があるため、ボンディング配線 1 7 はループ構造になる。そして、ワイヤボンディングするに際し、まず、キャピラリに保持されたボンディング配線 1 7 の端部を、例えば高電圧の放電によりボール状構造体にした後、加圧することで電極パッド 1 3 b にボンディングする。そして、ボンディング配線 1 7 を、基板配線 1 5 の方向へ引き出し、ボンディング配線 1 7 の一部と基板配線 1 5 とをボンディングする。このため、ボンディング配線 1 7 は、その屈曲部が電極パッド側に配されたループ形状になる。封止樹脂部 1 8 は、ボンディング配線 1 7 及び発受光素子 1 3 を完全に覆うように形成される。

10

【 0 0 1 2 】

それゆえ、フィルム光導波路 2 との間で間隙ができるように封止樹脂部 1 8 を形成するためには、発受光素子 1 3 を被覆する封止樹脂部 1 8 の厚さをボンディング配線のループ高さとの合計以上の厚さにする必要がある。このため、フィルム光導波路 1 2 と発受光素子 1 3 との光学結合距離 L は、ボンディング配線のループ高さ H よりも大きい距離に設定され、フィルム光導波路と発受光素子とを近づけることが困難である。そして、発受光素子 1 3 とフィルム光導波路 2 との光学結合距離 L が長くなると、発受光点 1 3 a からのビームがフィルム光導波路 2 に照射するスポット径が広がり、光学的損失が大きくなるという問題がある。

20

【 0 0 1 3 】

また、フィルム光導波路 2 と発受光素子 3 との光学結合距離を小さくするために、図 1 8 に示される構成が考えられる。すなわち、ボンディング配線 1 7 のループ形状を少なくとも被覆するように封止樹脂部 1 8 を構成し、発受光素子 1 3 を被覆する封止樹脂部 1 8 の厚さを小さくすることが考えられる。しかしながら、図 1 8 に示される構成では、発受光点 1 8 を覆う封止樹脂部 1 8 の封止界面が、平坦な面になっておらず、傾斜した面になっている。このため、封止界面での光の屈折の影響で、発受光素子 1 3 とフィルム光導波路 2 とを伝送する光の光路長が増加し、光学的損失が増大してしまう。

30

【 0 0 1 4 】

また、図 1 8 に示される構成において、封止樹脂部 8 の封止界面を平坦にするために、図 1 9 に示される構成が考えられる。すなわち、発受光点 1 3 a と電極パッド 1 3 b との距離 b を大きくなるように発受光素子 1 3 を設計することが考えられる。図 1 9 に示される構成では、発受光点 1 8 を覆う封止樹脂部 1 8 の封止界面を平坦し、かつ、フィルム光導波路 2 と発受光素子 3 との光学結合距離を小さくすることが可能である。しかしながら、発受光素子 1 3 のサイズが大きくなり設計する必要があり、コストアップを避けられない。また、光伝送モジュール全体の占有面積が増大してしまう。

40

【 0 0 1 5 】

本発明は、上記の問題点に鑑みてなされたものであり、その目的は、光導波路と発受光素子との距離を小さく設計でき、かつ光導波路と発受光素子との間での光結合における光学的損失を抑制できる光伝送モジュール、電子機器、及び光伝送モジュールの製造方法を実現することにある。

【 課題を解決するための手段 】**【 0 0 1 6 】**

本発明の光伝送モジュールは、上記の課題を解決するために、光を伝送する光伝送路と

50

、光伝送路により伝送された光信号を受光または発光する発受光面を有し、該発受光面上に、光電変換の機能を有する発受光点、及び電極パッドが形成された光素子と、上記光素子、及び電気配線が搭載された基板と、上記電極パッドと上記電気配線とを電気接続するボンディング配線と、上記光素子を封止する封止部とを備えた光伝送モジュールであって、上記電気配線と上記電極パッドとは、上記ボンディング配線により逆ワイヤボンディングされており、上記封止部は、液状封止樹脂材料が表面張力により光素子の側壁に沿ってせり上って固化した傾斜部と、液状封止樹脂材料が上記発受光面に沿って平行に広がって固化した平坦部とを有し、上記傾斜部と上記平坦部とが連結していることを特徴としている。

【0017】

上記の構成によれば、上記電気配線と上記電極パッドとは、上記ボンディング配線により逆ワイヤボンディングされているので、上記光素子の高さとはボンディング配線のループ高さとが互いに相殺されている。すなわち、光伝送路と発受光点との距離の設定において、ボンディング配線のループ高さを考慮する必要がない。それゆえ、光伝送路と光素子とを近づけることができ、光伝送モジュールの低背化を実現することができる。

【0018】

また、上記の構成によれば、上記傾斜部は、液状封止樹脂材料が表面張力により光素子の側壁に沿ってせり上って固化した固化物から構成されている。また、上記平坦部は、液状封止樹脂材料が上記発受光面に沿って平行に広がって固化した固化物から構成されている。そして、上記傾斜部と上記平坦部とは連結している。このように、表面張力により光素子の側壁に沿ってせり上った液状封止樹脂材料と、上記発受光面に沿って平行に広がった液状封止樹脂材料とが接触したとき、上記発受光面に沿って平行に広がった液状封止樹脂材料は、光素子の側壁をつたって基板へ流入することになる。その結果、上記発受光面に沿って平行に広がった液状封止樹脂材料の液量を最小限にすることができ、該液状封止樹脂材料が固化した平坦部は、その厚さが薄くなる。それゆえ、光伝送路と光素子とを十分に近づけることが可能になる。

【0019】

さらに、上記の構成によれば、光伝送路と光素子との距離を近づけたとき、平坦部は、発受光面に平行であり、傾斜されていないので、発受光点から出射した光の封止界面での屈折による光路長の増大を回避することができる。その結果、上記の構成によれば、低背化を実現できるとともに、光伝送路と光素子との光学結合損失（光学的損失）が少ない光伝送モジュールを実現することができる。

【0020】

また、本発明の光伝送モジュールにおける封止部は、光素子を封止する構成であればよく、上記ボンディング配線については、少なくとも上記電気配線及び上記電極パッドそれぞれとの接点を被覆していればよい。

【0021】

すなわち、本発明の光伝送モジュールでは、上記ボンディング配線は、その屈曲部が上記電気配線側に配されたループ形状になっており、上記封止部は、上記ボンディング配線における、上記電気配線及び上記電極パッドそれぞれとの接点を被覆する一方、上記ループ形状の部分を露出するように形成されていることが好ましい。

【0022】

上記の構成によれば、上記ボンディング配線は、その屈曲部が上記電気配線側に配されたループ形状になっており、上記封止部は、上記ワイヤボンディング配線における、上記電気配線及び上記電極パッドそれぞれとの接点を被覆する一方、上記ループ形状の部分を露出するように形成されており、ボンディング配線と光伝送路との間に存在する封止部が削減された構成になっている。上記の構成によれば、このように封止部が削減された分、従来の光伝送モジュールと比較して、光伝送路とボンディング配線とを近づけることが可能になり、さらには、光伝送路と光素子との距離を小さくすることができる。

【0023】

また、本発明の光伝送モジュールでは、上記光伝送路は、少なくとも一方の端面が斜めに加工されたフィルム光導波路であって、平面視において、上記ボンディング配線は、上記光伝送路を避けて配されており、上記光伝送路における光伝送方向の先端部が、上記ボンディング配線における電極パッドとの接点と上記発受光点との間に配されていることが好ましい。

【0024】

上記の構成によれば、平面視において、上記ボンディング配線は、上記光伝送路を避けて配されており、上記光伝送路における光伝送方向の先端部が、上記ボンディング配線における電極パッドとの接点と上記発受光点との間に配されているので、ボンディング配線が光伝送路に干渉することを確実に防止することができる。

10

【0025】

また、本発明の電子機器は、上記の課題を解決するために、上述の光伝送モジュールを備えた電子機器において、光伝送路により伝送された光信号について、発光する位置及び受光する位置にそれぞれ、発光素子としての上記光素子、及び受光素子としての上記光素子が配置されており、上記光伝送モジュールは、上記電気配線と電氣的に接続され、外部の配線と電氣的に接続するための電気接続手段をさらに備えたことを特徴としている。

【0026】

また、本発明の電子機器では、上記光伝送路における両端の電気接続手段が、上記電子機器内部における機器基板にそれぞれ接続されていることが好ましい。

【0027】

これにより、光伝送モジュールを機器基板間に電気接続するだけで、電子機器内の機器基板間の光データ伝送を行うことができる。また、光伝送モジュールを実装してデータ伝送することができるため、電子機器の小型化を図ることができる。

20

【0028】

また、本発明の電子機器では、上記光伝送モジュールにおける、上記光素子と上記光伝送路の端面とが、上記電子機器の筐体部に設けられていることが好ましい。

【0029】

これにより、上記光素子と上記光伝送路の端面とを実装するための基板を筐体部に設ける必要がないため、電子機器をさらに小型化することができる。

【0030】

また、本発明の電子機器では、ヒンジ部を備えた電子機器において、上記光伝送モジュールは、上記ヒンジ部に設けられていることが好ましい。

30

【0031】

これにより、屈曲部で生じやすいノイズを低減することができるため、ヒンジ付き電子機器内部の機器基板間のデータ伝送を確実に効率良く行うことができる。また、光伝送モジュールは小型で柔軟性を有するため、ヒンジ付き電子機器にヒンジを組み込みんだ後に実装することができるため生産性の高い電子機器を実現することができる。

【0032】

また、本発明の光伝送モジュールの製造方法は、上記の課題を解決するために、光を伝送する光伝送路と、光伝送路により伝送された光信号を受光または発光する発受光面を有し、該発受光面上に、光電変換の機能を有する発受光点、及び電極パッドが形成された光素子と、上記光素子、及び電気配線が搭載された基板と、上記電極パッドと上記電気配線とを電気接続するボンディング配線と、上記光素子を封止する封止部とを備えた光伝送モジュールの製造方法であって、上記電気配線と上記電極パッドとを、上記ボンディング配線により逆ワイヤボンディングするボンディング工程と、上記光素子の発受光面に第1の液状封止樹脂材料を滴下する第1の滴下工程と、上記基板の表面に第2の液状封止樹脂材料を滴下する第2の滴下工程とを含み、上記第1及び第2の滴下工程の少なくとも1つの工程において、発受光面との表面張力により広がった第1の液状封止樹脂材料と、上記光素子の側壁との表面張力により該側壁に沿ってはい上がった第2の液状封止樹脂材料とが接触するまで、滴下を行うことを特徴としている。

40

50

【0033】

上記の構成によれば、ボンディング工程にて、上記ボンディング配線により逆ワイヤボンディングするので、光伝送路と光素子とを近づけることができ、低背化された光伝送モジュールを製造することができる。

【0034】

また、上記の構成によれば、上記第1及び第2の滴下工程の少なくとも1つの工程において、発受光面との表面張力により広がった第1の液状封止樹脂材料と、上記光素子の側壁との表面張力により該側壁に沿ってはい上がった第2の液状封止樹脂材料とが接触するまで、滴下を行うので、第1の液状封止樹脂材料は、発受光面に留まることなく、側壁をつたって、基板6表面へ流入するようになる。そして、第1の液状封止樹脂材料の基板表面への流入が停止したとき、第1の液状封止樹脂材料は、最小限の液量で、発受光面に平行に広がっている。このように発受光面に広がった第1の液状封止樹脂材料、及び基板上の第2の液状封止樹脂材料を固化することにより、発受光面を覆う封止部を、薄く、かつ平坦にすることができる。

10

【0035】

したがって、上記の構成によれば、光伝送路と光素子とを十分に近づけ、低背化を実現できるとともに、光伝送路と光素子との光学結合損失（光学的損失）が少ない光伝送モジュールの製造方法を実現することができる。

【0036】

また、光伝送モジュールの製造方法では、上記第1の滴下工程にて、発受光面側から見て、第1の液状封止樹脂材料が光素子の縁部に到達した時点で滴下を停止し、上記第2の滴下工程にて、光素子の側壁に沿ってはい上がる第2の液状封止樹脂材料が上記第1の液状封止樹脂材料に接触した時点で滴下を停止してもよい。

20

【発明の効果】

【0037】

本発明の光伝送モジュールは、以上のように、上記電気配線と上記電極パッドとは、上記ボンディング配線により逆ワイヤボンディングされており、上記封止部は、液状封止樹脂材料が表面張力により光素子の側壁に沿ってせり上って固化した傾斜部と、液状封止樹脂材料が上記発受光面に沿って平行に広がって固化した平坦部とを有し、上記傾斜部と上記平坦部とが連結している構成である。

30

【0038】

また、本発明の電子機器は、以上のように、上記光伝送モジュールを備えた電子機器において、光伝送路により伝送された光信号について、発光する位置及び受光する位置にそれぞれ、発光素子としての上記光素子、及び受光素子としての上記光素子が配置されており、上記光伝送モジュールは、上記電気配線と電氣的に接続され、外部の配線と電氣的に接続するための電気接続手段をさらに備えた構成である。

【0039】

また、本発明の光伝送モジュールの製造方法は、以上のように、上記電気配線と上記電極パッドとを、上記ボンディング配線により逆ワイヤボンディングするボンディング工程と、上記光素子の発受光面に第1の液状封止樹脂材料を滴下する第1の滴下工程と、上記基板の表面に第2の液状封止樹脂材料を滴下する第2の滴下工程とを含み、上記第1及び第2の滴下工程の少なくとも1つの工程において、発受光面との表面張力により広がった第1の液状封止樹脂材料と、上記光素子の側壁との表面張力により該側壁に沿ってはい上がった第2の液状封止樹脂材料とが接触するまで、滴下を行う構成である。

40

【0040】

それゆえ、光伝送路と光素子とを十分に近づけ、低背化を実現できるとともに、光伝送路と光素子との光学結合損失（光学的損失）が少ない光伝送モジュールを実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【0041】

50

【図 1】本発明の実施の一形態における光伝送モジュールの概略構成を示す側面図である。

【図 2】光学的損失の見積りの考え方を説明するための模式図である。

【図 3】従来の光伝送モジュールと本実施形態の光伝送モジュールとについて、図 2 に示す見積りの考え方に基づいて、光学的損失を見積り、該見積りを比較した結果を示す表である。

【図 4】(a) ~ (f) は、本実施形態の光伝送モジュールの製造手順を示す断面図である。

【図 5】変形例 1 としての光伝送モジュールの概略構成を示す断面図である。

【図 6】変形例 2 としての光伝送モジュールの概略構成を示す断面図である。

10

【図 7】光伝送路として光ファイバを備えた光伝送モジュールの概略構成を示す断面図である。

【図 8】光伝送路としてレンズを備えた光伝送モジュールの概略構成を示す断面図である。

【図 9】フィルム光導波路としての光配線と電気配線基板とを用いた光伝送モジュール全体を示し、(a) は上面図であり、(b) は側断面図である。

【図 10】基板間配線を実現する光伝送モジュールの別の例を示し、(a) は上面図であり、(b) は側断面図である。

【図 11】基板間配線を実現する光伝送モジュールのさらに別の例を示し、(a) は上面図であり、(b) は側断面図である。

20

【図 12】(a) は、電気接続部が、基板の面に平行な方向に突き出した形状で設けられた光伝送モジュールの概略構成を示す平面図であり、(b) は、その側面断面図である。

【図 13】(a) は、電気コネクタとしての電気接続部が、基板における発受光素子と反対側の面に設けられた光伝送モジュールの概略構成を示す平面図であり、(b) は、その側面断面図である。

【図 14】(a) は、本実施形態に係る光伝送モジュールを備えた折り畳み式携帯電話の外観を示す斜視図であり、(b) は、(a) に示した折り畳み式携帯電話における、上記光伝送路が適用されている部分のブロック図であり、(c) は、(a) に示した折り畳み式携帯電話における、ヒンジ部の透視平面図である。

【図 15】(a) は、本実施形態に係る光伝送モジュールを備えた印刷装置の外観を示す斜視図であり、(b) は、(a) に示した印刷装置の主要部を示すブロック図であり、(c) および (d) は、印刷装置においてプリンタヘッドが移動 (駆動) した場合の、光伝送路の湾曲状態を示す斜視図である。

30

【図 16】本実施形態に係る光伝送モジュールを備えたハードディスク記録再生装置の外観を示す斜視図である。

【図 17】電気配線と光電変換素子とを電気接続する電気接続手段として、ワイヤボンディングを用いた、従来の光伝送モジュールの概略構成を示す断面図である。

【図 18】図 17 の光伝送モジュールにおいて、フィルム光導波路と発受光素子との光学結合距離を小さくするために改変した構成を示す断面図である。

【図 19】図 18 の光伝送モジュールにおいて、封止樹脂部の封止界面を平坦にするために改変した構成を示す断面図である。

40

【発明を実施するための形態】

【 0 0 4 2 】

本発明の一実施形態について、図面を用いて以下に説明する。

【 0 0 4 3 】

図 1 は、本実施形態における光伝送モジュール 1 の概略構成を示す側面図である。なお、以下、光伝送路がフィルム光導波路である場合について説明するが、本発明に適用可能な光伝送路は、光を伝送する機能を有する部材であればよく、例えば、光ファイバ、光学フィルタ、レンズ、カバーガラス等の部材であってもよい。

【 0 0 4 4 】

50

光伝送モジュール 1 は、フィルム光導波路（光伝送路） 2 と、発受光素子（光素子） 3 と、高さ部材補償部材（台座部材） 4 と、基板配線（電気配線） 5 と、基板 6 と、ボンディング配線 7 と、封止樹脂部（封止部） 8 とを備えている。

【 0 0 4 5 】

フィルム光導波路 2 は、屈折率の大きいコア部 2 a と、該コア部 2 a の周囲に接して設けられる屈折率の小さいクラッド部 2 b とにより形成され、コア部 2 a に入射した光信号を該コア部 2 a とクラッド部 2 b との境界で全反射を繰り返しながら伝搬するものである。コア部 2 a およびクラッド部 2 b は、柔軟性を有する高分子材料からなるものであるため、フィルム光導波路 2 は柔軟性を有している。フィルム光導波路 2 の両端部は、45度の傾斜面を有し、この傾斜面において光信号を反射する光路変換ミラー部 2 c になっている。

10

【 0 0 4 6 】

これにより、フィルム光導波路 2 における光の出射側では、コア部 2 a を伝達されてきた信号光は、光路変換ミラー部 2 c にて反射され、その進行方向を変えて光路変換ミラー部 2 c の出射面から受光素子としての発受光素子 3 に向けて出射される。また、フィルム光導波路 2 における光の入射側では、発光素子としての発受光素子 3 から出射された信号が光路変換ミラー部 2 c の入射面から入射された後、光路変換ミラー部 2 c にて反射され、その進行方向を変えてコア部 2 a を伝達される。ここで、フィルム光導波路 2 における光の出射面（または入射面）は、光路変換ミラー部 2 c が設けられていることによってクラッド部 2 b の外表面において存在し、発受光素子 3 の受光面（または発光面）は、フィルム光導波路 2 における光の出射面（または入射面）と対向するように配置される。

20

【 0 0 4 7 】

なお、光路変換ミラー部 2 c の傾斜面の角度は、該光路変換ミラー部 2 c と発受光素子 3 との位置合わせが容易となるように、通常は 45° に設定されている。しかしながら、光伝送モジュール 1 において、光路変換ミラー部 2 c の傾斜面の角度は、45度に限定されるものではなく、入射される光信号をフィルム光導波路 2 内部へ反射させることができればよく、適宜変更可能である。具体的には、光路変換ミラー部 2 c の傾斜面の角度は、35° ~ 50° の範囲に設定されていることが好ましい。なお、光路変換ミラー部 2 c は、フィルム光導波路 2 の端部に対してミラー部を外付けするものであってもよい。

【 0 0 4 8 】

ここで、図 1 においては、フィルム光導波路 2 の端部付近において、光導波路 2 の長手方向（光軸方向）を X 軸方向、コア部 2 a、およびクラッド部 2 b の積層方向を Y 軸方向とする。また、この Y 軸方向は、基板 6 におけるフィルム光導波路 2 の搭載面の法線方向とも一致する。そして、図 1 においては、X 軸方向及び Y 軸方向に対し垂直な方向を Z 軸方向としている。

30

【 0 0 4 9 】

発受光素子 3 は、電気信号を光信号に変換する、あるいは光信号を電気信号に変換するものであり、例えば熱硬化型の銀（Ag）ペーストにより、基板 6 に搭載されている。また、発受光素子 3 は、フィルム光導波路 2 への光入射側端部ではレーザダイオード等の発光素子であり、フィルム光導波路 2 からの光出射側端部ではフォトダイオード等の受光素子である。また、発受光素子 3 は、面発受光型の素子であり、基板 6 に搭載される搭載面とは反対側の面に光信号を発信または受信する活性部としての発受光点 3 a が形成されている。そして、この発受光点 3 a が形成された面（発受光面）に、基板配線 5 に電気接続される電極パッド 3 b が形成されている。

40

【 0 0 5 0 】

高さ補償部材 4 は、フィルム光導波路 2 を搭載すると共に、フィルム光導波路 2 と発受光素子 3 との間の距離を一定に保つための保持部材である。なお、高さ補償部材 4 の高さは、フィルム光導波路 2 と発受光素子 3 との光結合効率が最適になるように予め設定されている。

【 0 0 5 1 】

50

基板配線 5 は、発受光素子 3 と駆動回路等の電子回路（不図示）とを接続して、電気信号の伝達を行うものである。具体的には、例えば、フレキシブルプリント基板（FPC）、同軸ケーブル、リードフレーム等が挙げられる。

【0052】

ボンディング配線 7 は、発受光素子 3 の電極パッド 3 b と基板配線 5 との間を接続する配線である。また、ボンディング配線 7 の端部 7 a 及び 7 b のうち、基板配線 5 側の端部 7 a は、ボール状構造体になっている。一方、電極パッド 3 b 側の端部 7 b は、ボール状構造体になっていない。すなわち、光伝送モジュール 1 においては、電極パッド 3 b と基板配線 5 とワイヤボンディング構造が、逆ワイヤボンディング（リバースワイヤボンディング）構造になっている。ここでいう「逆ワイヤボンディング構造」とは、ボンディング配線 7 におけるループ形状の屈曲部（屈曲、湾曲、屈折などボンディング配線 7 における他の領域に比べて傾きが大きく変化する部分）7 c が、ボンディング配線 7 の基板配線 5 側の端部 7 a の近傍に配された構造（屈曲部 7 c がボンディング配線 7 における端部 7 a の上側に配された構造）を意図している。このような逆ワイヤボンディング構造は、端部 7 a をボール状に形成し基板配線 5 にボンディングした後、端部 7 b を電極パッド 3 b にボンディングすることで製造することができる。この逆ワイヤボンディング構造の製造については、後述する。

10

【0053】

従来の光伝送モジュールでは、電極パッドと基板配線との接続構造は、電極パッドとの接点を形成した後、基板配線との接点を形成することで製造していた。すなわち、「逆ワイヤボンディング構造」に対し、「順ワイヤボンディング構造」になっていた。このため、フィルム光導波路と発受光素子（発受光点）との光学結合距離は、ボンディング配線のループ高さよりも大きい距離に設定され、フィルム光導波路と発受光素子とを近づけることが困難であった。

20

【0054】

一方、光伝送モジュール 1 では、電極パッド 3 b と基板配線 5 とのワイヤボンディング構造が逆ワイヤボンディング構造になっており、発受光素子 3 の高さ H とループ高さ H とが互いに相殺されている。すなわち、フィルム光導波路 2 と発受光点 3 a との距離の設定において、ボンディング配線 7 のループ高さ H を考慮する必要がない。それゆえ、フィルム光導波路 2 と発受光素子 3 とを近づけることができ、光伝送モジュール 1 の低背化を実現することができる。

30

【0055】

なお、ボンディング配線 7 のループ高さ H は、フィルム光導波路 2 と発受光素子 3 との距離をなるべく小さくするため、 $60\ \mu\text{m}$ 程度であることが好ましい。また、ボンディング配線 7 の変形による断線を防ぐため、基板配線 5 に接続する端部 7 a の位置を、発受光素子 3 近傍の位置とし、ボンディング配線 7 の長さを短くすることが好ましい。例えば、発受光素子 3 の高さが $200\ \mu\text{m}$ である場合、基板配線 5 のワイヤ接続部と、発受光素子 3 のワイヤ接続部との、平面方向の距離は、 $150\ \mu\text{m}$ である。

【0056】

封止樹脂部 8 の役割の一つは、発受光素子 3 を封止することによって、発受光素子 3 を埃や湿気から守り、光ケーブルモジュール 1 の信頼性を高めることにある。それ以外に、封止樹脂部 8 は、フィルム光導波路 2 と発受光素子 3 との間で伝達される光信号の拡散を防止し、光信号の拡散による光学的損失を抑制する作用もある。封止樹脂部 8 を構成する材料（液状封止樹脂材料）として、高い屈折率を有するエポキシ系、アクリル系、シリコン系、ウレタン系等の透明樹脂が好適に使用できる。また、封止樹脂部 8 の屈折率は、その構成する材料が、空気よりも屈折率の大きければ効果がある。

40

【0057】

光伝送モジュール 1 において、封止樹脂部 8 は、傾斜部 8 a と平坦部 8 b とを有し、両部分が互いに連結した構成になっている。傾斜部 8 a は、封止樹脂材料が表面張力により発受光素子 3 の側壁 3 c に沿ってせり上がって固化した部分である。また、平坦部 8 b は

50

、封止樹脂材料が発受光面に沿って平行に広がって固化した部分である。

【 0 0 5 8 】

後述するように、傾斜部 8 a は、発受光素子 3 と高さ補償部材 4 との間に、封止樹脂材料をポッティングにより滴下し固化した結果生成された部分である。また、平坦部 8 b は、発受光素子 3 の発受光面に封止樹脂材料をポッティングにより滴下し固化した結果生成された部分である。発受光素子 3 と高さ補償部材 4 との間に封止樹脂材料を滴下すると、その表面張力により、封止樹脂材料は、発受光素子 3 の側壁 3 c に沿ってはい上がる。また、発受光素子の発受光面に液状の封止樹脂材料を滴下すると、その表面張力により、封止樹脂材料が発受光素子 3 の縁部にまで広がる。そして、発受光面に滴下された封止樹脂材料は、発受光素子 3 の側壁 3 c に沿ってはい上がる封止樹脂材料と接触することにより、発受光素子 3 と高さ補償部材 4 との間の空間へ流入することになる。その結果、発受光面に滴下された封止樹脂材料の固化物としての平坦部 8 b は、極めて薄い膜状になる。これにより、発受光素子 3 の発受光面を覆う封止樹脂部 8 は、その厚さが薄くなるので、フィルム光導波路 2 と発受光素子 3 とを十分に近づけることが可能になる。さらに、フィルム光導波路 2 と発受光素子 3 との距離を近づけたとき、平坦部 8 b は、発受光面に平行であり、傾斜されていないので、発受光点 3 a から出射した光の封止界面での屈折による光路長の増大を回避することができる。その結果、低背化を実現できるとともに、フィルム光導波路 2 と発受光素子 3 との光学結合損失（光学的損失）が少ない光伝送モジュール 1 を実現することができる。

【 0 0 5 9 】

ここで、平坦部 8 b は、発受光面に滴下された封止樹脂材料が発受光素子 3 の側壁 3 c に沿ってはい上がる封止樹脂材料と接触し、発受光素子 3 と高さ補償部材 4 との間の空間へ流入した結果生成された部分である。それゆえ、平坦部 8 b の厚さ（Y 方向の長さ）は、封止樹脂材料の種類、物性（粘度）あるいは封止樹脂材料の滴下量に応じて設定可能である。封止樹脂材料として、例えば粘度 3 0 ~ 8 . 0 P a · s の熱硬化型シリコーン樹脂を用いた場合、平坦部 8 b の厚さは、5 μ m ~ 2 0 μ m である。また、この場合、平坦部 8 b の平坦性を示す封止角度（平坦部 8 b におけるフィルム光導波路 2 との対向面の、発受光面に対する角度）は、0 ° ~ 1 ° である。

【 0 0 6 0 】

なお、図 1 の構成において、封止樹脂部 8 はフィルム光導波路 2 と発受光素子 3 との隙間全体を充填しているものではなく、封止樹脂部 8 とフィルム光導波路 2 との間に空隙が設けられている。すなわち、発受光素子 3 の受光面または発光面（発受光面）の上の封止樹脂部 8 の表面と、フィルム光導波路 2 における出射面または入射面との間には空隙が設けられている。これは、フィルム光導波路 2 が封止樹脂部 8 と接する構造である場合、封止樹脂部 8 の硬化収縮がフィルム光導波路 2 の位置決めが悪影響を与えるためである。

【 0 0 6 1 】

封止樹脂部 8 は、発受光素子 3 を封止する構成であればよく、ボンディング配線 7 については、少なくとも基板配線 5 及び電極パッド 3 b それぞれとの接点（端部 7 a ・ 7 b ）を被覆していればよい。

【 0 0 6 2 】

光伝送モジュール 1 においては、ボンディング配線 7 のループ形状が封止樹脂部 8 から露出した構成になっている。これにより、ボンディング配線 7 とフィルム光導波路 2 との間に存在する封止樹脂部 8 が削減された構成になる。従来の光伝送モジュールでは、ボンディング配線 7 とフィルム光導波路 2 との間に存在する封止樹脂部 8 の厚みが、少なくとも 5 ~ 2 0 μ m 必要になる。光伝送モジュール 1 においては、このように封止樹脂部 8 が削減された分、従来の光伝送モジュールと比較して、フィルム光導波路 2 とボンディング配線 7 とを近づけることが可能になり、さらには、フィルム光導波路 2 と発受光素子 3 との距離を小さくすることができる。

【 0 0 6 3 】

以上のように、光伝送モジュール 1 では、次の構成（ a ）（ b ）を備えている。（ a ）

基板配線 5 と電極パッド 3 b とは、ボンディング配線 7 により逆ワイヤボンディングされている。(b) 封止樹脂部 8 は、液状の封止樹脂材料が表面張力により発受光素子 3 の側壁 3 c に沿ってせり上って固化した傾斜部 8 a と、液状の封止樹脂材料が発受光面に沿って平行に広がって固化した平坦部 3 b とを有し、傾斜部 3 a と平坦部 3 b とが連結している。上記構成 (a) (b) を備えていることにより、低背化を実現できるとともに、フィルム光導波路 2 と発受光素子 3 との光学結合損失 (光学的損失) が少ない光伝送モジュール 1 を実現することができる。以下、従来の光伝送モジュールと光伝送モジュール 1 について、光学的損失の見積もりを比較した結果について、説明する。

【 0 0 6 4 】

図 2 は、光学的損失の見積もりの考え方を説明するための模式図である。同図に示されるように、発受光素子 3 の発受光点の径を k とし、発受光点から出射するビームの広がり角度を θ とする。なお、発受光点から出射したビームの強度分布は、ガウス分布であると仮定する。このとき、ビーム中心 O から光軸に対し垂直方向に b だけ離れた箇所におけるビーム強度は、下記式 (1) で表わすことができる。なお、式 (1) における「 a 」は、ガウス分布における最外端 (すなわち、ビーム強度 = 0 のときのビーム中心 O との離間距離) である。

【 0 0 6 5 】

【数 1】

$$\frac{1}{a} \text{EXP}(-b^2/2a^2) \quad \dots(1)$$

10

20

【 0 0 6 6 】

また、発受光点から光軸方向に離間した距離を X とする。ビーム形状は、円形であると考えられる。それゆえ、ビームの強度分布の積分を取ることで、距離 X におけるビーム中心 O から距離 b までのビーム内強度は、下記式 (2) で表わすことができる。

【 0 0 6 7 】

【数 2】

$$\int_0^b \{ (2\pi X \cdot \text{EXP}(-X^2/2a^2)) \} dX \quad \dots(2)$$

$$\Leftrightarrow 2\pi \{ 1 - \text{EXP}(-b^2/2a^2) \}$$

30

【 0 0 6 8 】

上記式 (2) より、封止樹脂部 8 の封止面 (平坦部 8 b におけるフィルム光導波路 2 との対向面) が、発受光面に対し傾斜している場合、 X が変化すると考えられる。そして、このように傾斜している場合、出射光は、封止面での屈折により光軸がずれてしまい、コア部への照射強度が減少すると考えられる。

【 0 0 6 9 】

図 3 は、従来の光伝送モジュールと光伝送モジュール 1 について、図 2 に示す見積もりの考え方に基づいて、光学的損失を見積もり、該見積もりを比較した結果を示す表である。比較した光伝送モジュールの見積もりモデルは、モデル (i) ~ (iii) である。モデル (i) は、図 1 7 に示される従来の光伝送モジュールであり、モデル (ii) は、図 1 8 に示される従来の光伝送モジュールであり、モデル (iii) は、本実施形態の光伝送モジュール 1 である。

40

【 0 0 7 0 】

なお、光学的損失見積もりに際し、モデル (i) ~ (iii) について、コア半径を $20 \mu\text{m}$ 、初受光素子とフィルム光導波路との距離を $200 \mu\text{m}$ 、ビーム広がり角度 θ を 15° 、発受光点の径を $10 \mu\text{m}$ としている。また、モデル (ii) について、封止面の傾斜角度を 20° とし、封止面長さ $100 \mu\text{m}$ に対し封止面高低差が $30 \mu\text{m}$ になる構成で見積もりを

50

行っている。また、モデル(iii)では、封止面の傾斜角度を 0° として、見積もりを行っている。

【0071】

図3に示されるように、モデル(i)の光学的損失の見積もりは、 -10.29 dBとなり、光学的損失が増大していることが分かる。また、モデル(ii)の光学的損失の見積もりは、 -0.31 dBとなり、モデル(i)ほど光学的損失が増大していないが、封止面の傾斜に起因する光学的損失があることがわかる。これらモデル(i),(ii)の光学的損失の見積もりに対して、モデル(iii)の光学的損失の見積もりは、 0 dBとなり、全く光学的損失がないことが分かる。この図3に示す光学的損失の見積もり結果から、従来の光伝送モジュールと比較して、光伝送モジュール1は、フィルム光導波路2と発受光素子3との光学結合損失(光学的損失)を低減させることができることが分かる。

10

【0072】

(光伝送モジュールの製造方法)

次に、光伝送モジュール1の製造手順について、図4を参照して、以下に説明する。図4(a)~(f)は、本実施形態の光伝送モジュール1の製造手順を示す断面図である。

【0073】

図4(a)に示されるように、キャピラリ11を用いて、基板6の基板配線6にボンディング配線7を接続する。まず、基板配線6の上方(Y方向上方)にボンディング配線7を配置する。ボンディング配線7は、キャピラリ11の貫通穴内に保持されており、キャピラリ11の外側に端部7aが突き出した状態になっている。そして、ボンディング配線7の端部8aには、例えば高電圧の放電を行うことにより、ボール状構造体が形成される。次に、ボンディング配線7の端部7aを基板配線6に加圧することで、端部7aを基板配線6にボンディングする。端部7aを基板配線6に加圧する間に、超音波振動や熱などを加えてもよい。

20

【0074】

次に、図4(b)に示されるように、ボンディング配線7を、発受光素子3の電極パッド3bの方向へ引き出し、ボンディング配線7の一部と電極パッド3bとをボンディングする。この場合においても、ボンディング配線7を電極パッド3bに加圧する間に、超音波振動や熱などを加えてもよい。ボンディング後、キャピラリ11を電極パッド3bから離し、ボンディング配線7を切断する。こうして、電極パッド3bと基板配線6との電気接続するボンディング配線7を、「逆ワイヤボンディング構造」にする(ボンディング工程)。

30

【0075】

このようにして作製された光伝送モジュール1の逆ワイヤボンディング構造に対し、封止を行う。まず、図4(c)に示されるように、発受光素子3の発受光面に液状の封止樹脂材料(第1の液状封止樹脂材料)8cをポッティングにより滴下する(第1の滴下工程)。このとき、封止樹脂材料8cは、その表面張力により発受光面に沿って広がる。図4(c)に示す工程においては、封止樹脂材料8cが、電極パッド3bを覆い、発受光面側から見て発受光素子3の縁部に到達した時点で、滴下を停止する。図4(c)に示す工程では、封止樹脂材料8cは、発受光素子3の側壁をつたって、こぼれ落ちないようになっている。

40

【0076】

次に、図4(d)に示されるように、基板6の表面に、液状の封止樹脂材料(第2の液状封止樹脂材料)8dをポッティングにより滴下する(第2の滴下工程)。図4(d)に示す工程において、封止樹脂材料8dを滴下する領域は、発受光素子3搭載面を除く基板6表面である。このとき、封止樹脂材料8dは、その表面張力により、発受光素子3の側壁3c・3dに沿ってせり上がって広がる。図4(d)に示す工程においては、発受光素子3の側壁3c・3dに沿ってせり上がる封止樹脂材料8dが、発受光素子3の縁部に位置する封止樹脂材料3cと接触した時点で、滴下を停止する。

【0077】

50

こうして、発受光素子 3 の側壁 3 c ・ 3 d に沿ってせり上がる封止樹脂材料 8 d を封止樹脂材料 3 c に接触させることにより、封止樹脂材料 8 c は、発受光面に留まることなく、側壁をつたって、発受光素子 3 周囲の基板 6 表面へ流入するようになる。そして、封止樹脂材料 8 c の基板 6 表面への流入が停止したとき、封止樹脂材料 8 c は、最小限の液量で、発受光面に平行に広がっている。このように発受光面に広がった封止樹脂材料 8 c、及び基板 6 上の封止樹脂材料 8 d を固化することにより、発受光面を覆う封止樹脂部 8 (すなわち平坦部 8 b) を、薄く、かつ平坦にすることができる。図 4 (e) は、封止樹脂材料 8 c ・ 8 d を固化した後の光伝送モジュール 1 の構成を示す断面図である。同図に示された光伝送モジュール 1 における、平坦部 8 b は、最小限の液量で発受光面に平行に広がった封止樹脂材料 3 c の固化物から構成されている。ここで、基板 6 表面に存在する封止樹脂材料 8 d は、封止樹脂材料 8 c の基板 6 表面へ流入により液量が多くなる。傾斜部 8 a は、この液量が多くなった封止樹脂材料 8 d が、発受光素子 3 の側壁 3 c との表面張力によりせり上がり固化した部分である。平坦部 8 b の厚さは、封止樹脂材料 8 c の滴下量を減らしたり、粘度が低い樹脂 (1 0 P a ・ s 以下) を用いたりすることで制御可能である。

10

【 0 0 7 8 】

なお、封止樹脂材料 8 c ・ 8 d を固化する方法は、樹脂の固化方法 (硬化方法) として従来知られている方法であれば特に限定されない。例えば、オープン等を用いて封止樹脂材料を熱硬化し固化する方法、または紫外線照射による仮硬化後にオープン等を用いて封止樹脂材料を熱硬化し固化する方法が挙げられる。

20

【 0 0 7 9 】

また、図 4 (c) ~ 図 4 (e) に示す工程においては、ボンディング配線 7 を完全に覆うように、封止樹脂材料 8 c ・ 8 d を滴下する必要はない。ボンディング配線の端部 7 a ・ 7 b を覆うように、封止樹脂材料 8 c ・ 8 d を滴下すればよい。

【 0 0 8 0 】

次に、図 4 (f) に示すように、フィルム光導波路 2 をアライメントし、基板 6 に実装することにより、光伝送モジュール 1 が完成する。フィルム光導波路 2 を実装するに際し、発受光素子 3 の発受光面を覆う平坦部 3 b の厚さが極めて薄くなっているため、フィルム光導波路 2 と発受光素子 3 との距離を十分に小さくすることができる。

【 0 0 8 1 】

なお、図 4 (a) ~ (f) に示された製造手順では、発受光素子 3 の発受光面に液状の封止樹脂材料 8 c をポットングにより滴下する第 1 の滴下工程の後に、基板 6 の表面に、液状の封止樹脂材料 8 d をポットングにより滴下する第 2 の滴下工程を行うという順番であった。しかしながら、第 1 及び第 2 の滴下工程の順番は、この順番に限定されず、第 1 及び第 2 の滴下工程により、封止樹脂材料 8 c ・ 8 d を互いに接触させることが可能な順番であればよい。例えば、第 2 の滴下工程にて、封止樹脂材料 8 d が発受光素子 3 の側壁 3 c ・ 3 d に沿って発受光面まではい上がるまで滴下を行い、その後、第 1 の滴下工程にて、発受光面に平行に広がる封止樹脂材料 8 c が封止樹脂材料 8 d に接触した時点で滴下を停止してもよい。また、第 1 及び第 2 の滴下工程を並行して行い、封止樹脂材料 8 c ・ 8 d を互いに接触した時点で、両工程の滴下を停止してもよい。

30

40

【 0 0 8 2 】

(変形例 1)

本実施形態の光伝送モジュール 1 の構成において、図 1 に示す構成の変形例について説明する。図 5 は、この変形例 1 としての光伝送モジュールの概略構成を示す断面図である。なお、図 5 では、変形例 1 の構成を簡潔に示すため、フィルム光導波路 2 を省略している。

【 0 0 8 3 】

同図に示されるように、変形例 1 の光伝送モジュール 1 は、ダミーパッド 9 a 及び 9 b を備えた構成になっている。ダミーパッド 9 a 及び 9 b は、基板 6 における発受光素子 3 の搭載面と反対側の面に設けられている。ダミーパッド 9 a は、平面視において、基板配

50

線 5 におけるボンディング配線 7 との接続部と重なるように配されている。また、ダミーパッド 9 b は、平面視において、発受光素子 3 と重なるように配されている。

【 0 0 8 4 】

変形例 1 の光伝送モジュール 1 は、基板 6 として、フィルム状の絶縁体に基板配線 6 が積層された基板（すなわち、フレキシブルプリント配線（FPC）基板）を用いた場合、特に有効である。

【 0 0 8 5 】

上述のように、電極パッド 3 b と基板配線 6 とをボンディング配線によりワイヤボンディングするとき、電極パッド 3 b 及び基板配線 6 に超音波振動が印加される。基板 6 が FPC 基板である場合、超音波振動印加の際に、基板 6 が撓む。また、基板 6 自体の剛性が小さいため、超音波が電極パッド 3 b 及び基板配線 6 に伝わりにくくなる。その結果、ボンディング配線 7 を電極パッド 3 b 及び基板配線 6 に接続することができない、あるいは、接合強度が著しく低くなるといった問題がある。

【 0 0 8 6 】

変形例 1 の光伝送モジュール 1 では、ダミーパッド 9 a 及び 9 b が、基板 6 における、基板配線 6 形成面及び発受光素子 3 搭載面と反対側の面に設けられているので、超音波振動印加による基板 6 の撓みを抑制することができる。さらには、電極パッド 3 b 及び基板配線 6 のワイヤ接合部の剛性を確保し、良好な接合強度を実現することができる。

【 0 0 8 7 】

なお、ダミーパッド 9 a 及び 9 b の占有面積は、少なくとも電極パッド 3 b 及び基板配線 6 のワイヤ接合部の占有面積以上であればよい。なお、発受光素子 3 の搭載位置にばらつき生じるので、ダミーパッド 9 b の占有面積は、発受光素子 3 の搭載面積と同じであることが好ましい。例えば、20 μm 径のボンディング配線 7 を用いてワイヤボンディングする場合、基板配線 5 におけるボンディング配線 7 接続部の面積は、70 μm^2 になる。このとき、ダミーパッド 9 a の基板 6 の占有面積は、70 μm^2 以上になる。

【 0 0 8 8 】

また、ダミーパッド 9 a ・ 9 b を構成する材料は、基板 6 を構成する材料よりも剛性が高い材料である。また、ダミーパッド 9 a ・ 9 b には、電気伝導があってもよいし、なくてもよい。また、ダミーパッド 9 a ・ 9 b の厚さは、特に制約がないが、基板 6 の剛性を確保するために、基板 6 と同じ厚さであることが好ましい。

【 0 0 8 9 】

（変形例 2）

本実施形態の光伝送モジュール 1 の構成において、図 1 に示す構成の変形例について説明する。図 6 は、変形例 2 としての光伝送モジュールの概略構成を示す断面図である。

【 0 0 9 0 】

同図に示されるように、変形例 2 の光伝送モジュール 1 は、フィルム光導波路 2 における光伝送方向（X 方向）の先端部 2 d が、ボンディング配線 7 における電極パッド 3 b との接点（端部 7 b）と発受光点 3 a との間に配されている構成である。フィルム光導波路 2 は、高さ補償部材 4 に保持されるとともに、少なくとも一方の端面が斜めに加工された光路変換ミラー部 2 c を有する。それゆえ、先端部 2 d は、光路変換ミラー部 2 c の光伝送方向先端ともいえる。

【 0 0 9 1 】

光伝送モジュール 1 において、フィルム光導波路 2 と発受光素子 3 との光学結合を実現するために、光路変換ミラー部 3 c におけるコア部 2 a と発受光点 3 a との相対位置が制御される。この制御においては、コア部 2 a と発受光点 3 a とが、発受光面に対し垂直な同一直線上に配置する必要がない。上記のように、先端部 2 d が、ボンディング配線 7 における電極パッド 3 b との接点と発受光点 3 a との間に位置するように、コア部 2 a と発受光点 3 a との相対位置を制御すれば、光学結合を実現することができる。

【 0 0 9 2 】

また、変形例 2 の光伝送モジュール 1 によれば、先端部 2 d が、ボンディング配線 7 に

おける電極パッド3 bとの接点(端部7 b)と発受光点3 aとの間に配されているので、ボンディング配線7がフィルム光導波路2に干渉することを確実に防止することができる。言い換えれば、ボンディング配線7の接続箇所を確実に避けて、フィルム光導波路2が配置された構成になる。それゆえ、ループ高さに加え、さらに電極パッド3 bにおけるワイヤ接続部の高さを考慮することなく、十分にフィルム光導波路2と発受光素子3との距離を小さくし、さらに低背化した光伝送モジュール1を実現することができる。

【0093】

なお、先端部2 dは、フィルム光導波路2の厚さや光路変換ミラー部2 cの傾斜角度を制御することで、位置調整可能である。

【0094】

(変形例3)

本実施形態の光伝送モジュール1の構成において、図1に示す構成の変形例について説明する。上述したように、本発明に適用可能な光伝送路は、フィルム光導波路に限定されず、光を伝送する機能を有する部材であればよい。変形例3の光伝送モジュール1は、光伝送路として、光ファイバ、またはレンズを備えた構成である。まず、図7は、光伝送路として光ファイバを備えた光伝送モジュール1の概略構成を示す断面図である。

【0095】

図7に示されるように、光ファイバ2 1は、屈折率の大きいコア部2 1 aと、該コア部2 1 aの周囲に接して設けられる屈折率の小さいクラッド部2 1 bとにより形成されている。光ファイバ2 1は、コア部2 1 aに入射した光信号を該コア部2 1 aとクラッド部2 1 bとの境界で全反射を繰り返しながら伝搬するものである。光ファイバ2 1の両端部は、光伝送方向に対し垂直にカットされた面になっており、この面から出射された光信号が発受光素子3と光学結合するようになっている。

【0096】

また、基板6 1には、光ファイバ2 1を搭載すると共に、光ファイバ2 1と発受光素子3との間の距離を一定に保つための高さ補償部材6 4が2つ設けられている。この2つの高さ補償部材6 4は、光ファイバ2 1の光伝送方向の両側端部を保持するようになっている。

【0097】

図7に示される構成であっても、例えば高さ補償部材6 4の高さを適宜設定することにより、光ファイバ2 1と発受光素子3との距離を十分に小さくすることができ、光伝送モジュール1の低背化を実現することができる。

【0098】

また、図8は、光伝送路としてレンズを備えた光伝送モジュール1の概略構成を示す断面図である。同図に示す光伝送モジュール1は、図7における光ファイバ2 1をレンズ2 2に換えた光伝送モジュール1の構成になっている。このような構成であっても、例えば高さ補償部材6 4の高さを適宜設定することにより、レンズ2 2と発受光素子3との距離を十分に小さくすることができ、光伝送モジュール1の低背化を実現することができる。

【0099】

次に、基板間配線を実現する光伝送モジュール1の具体例について説明する。図9はフィルム光導波路としての光配線と電気配線基板とを用いた光伝送モジュール全体を示し、図9(a)は上面図であり、図9(b)は側断面図である。図9(a)に示されるように、ボンディング配線7は、フィルム光導波路2の端部を避けて配されている。

【0100】

同図に示される構成では、1枚の基板6としての電気配線基板6'に、1本のフィルム光導波路2が設けられるとともに、このフィルム光導波路2の2つの端部それぞれに対応して、発受光素子3および高さ補償部材4が設けられている。フィルム光導波路2により伝送される光信号について、発光する位置及び受光する位置にそれぞれ、発光素子としての発受光素子3、及び受光素子としての発受光素子3が配置されている。フィルム光導波路2は、高さ補償部材4上に接着剤で固定されている。

10

20

30

40

50

【 0 1 0 1 】

発受光素子 3 は、発受光点 3 a と電極パッド 3 b とを同一面上に有している。また、フィルム光導波路 2 と発受光素子 3 における発受光点 3 a とは、光学的に結合している。

【 0 1 0 2 】

なお、図 1 に示された構成と同様に、発受光素子 3 の電極パッド 3 b と基板配線 5 とは、ボンディング配線 7 により逆ワイヤボンディングされている。封止樹脂部 8 の役割は、図 1 に示された構成と同様であるので、ここでは説明を省略する。電気配線基板 6 ' に載置されたフィルム光導波路 2、及び発受光素子 3 は、1 つの筐体 1 0 に収納されている。

【 0 1 0 3 】

図 9 に示される構成では、1 枚の基板 6 上に、高さ補償部材 4、および発受光素子 3 を備えるユニットが 2 つ設けられているが、光伝送モジュール 1 は、このユニットをそれぞれ別の基板 6 上に設けた構成としてもよい。図 1 0 は、基板間配線を実現する光伝送モジュール 1 の別の例を示し、図 1 0 (a) は上面図であり、図 1 0 (b) は側断面図である。

10

【 0 1 0 4 】

同図に示される構成では、基板 6 として、送信側基板 6 a 及び受信側基板 6 b が設けられている。そして、送信側基板 6 a と受信側基板 6 b との間を光伝送する媒体として、フィルム光導波路 2 が搭載されている。フィルム光導波路 2 の 2 つの端部それぞれに対応して、送信側基板 6 a 及び受信側基板 6 b の各基板に、発受光素子 3 および高さ補償部材 4 が設けられている。フィルム光導波路 2 は、これら高さ補償部材 4 上に接着剤で固定されている。また、送信側基板 6 a 及び受信側基板 6 b の各基板に載置された、フィルム光導波路 2、及び発受光素子 3 はそれぞれ、送信側筐体 1 0 a 及び受信側筐体 1 0 b に収納されている。

20

【 0 1 0 5 】

図 1 1 は、基板間配線を実現する光伝送モジュール 1 のさらに別の例を示し、図 1 1 (a) は上面図であり、図 1 1 (b) は側断面図である。

【 0 1 0 6 】

図 1 1 に示す光伝送モジュール 1 は、高さ補償部材 4、および発受光素子 3 を備えるユニットをそれぞれ別の基板 6 上に設けた構成になっている。そして、高さ補償部材 4 は、発受光素子 3 の周囲を取り囲み、該発受光素子 3 を収容する容器として設けられている。この構成の場合、外部配線基板 3 1 A と配線基板 3 1 B とを接続する部材はフィルム光導波路 2 のみとなる。よって、例えば配線基板 3 1 A と配線基板 3 1 B とが同一平面上にない場合などにも、フィルム光導波路 2 のフレキシビリティを利用することによって両者を接続する経路の自由度を高めることが可能となる。また、高さ補償部材 4 の外側側面に電気接続部 5 a ... が設けられている。また、外部の配線基板 3 1 A および 3 1 B は、それぞれ接続保持部材 3 2 A および 3 2 B、ならびに電気接続部 3 3 A および 3 3 B を備えている。これらの外部の配線基板 3 1 A および 3 1 B がそれぞれ光伝送モジュール 1 に接続されることによって、外部の配線基板 3 1 A と配線基板 3 1 B とを光伝送によって信号接続することが可能となる。

30

【 0 1 0 7 】

なお、図 1 1 に示す構成において、基板 6 をフレキシブル基板によって構成することによって、配線基板 3 1 A と配線基板 3 1 B との接続経路の自由度を高めることが可能である。ただし、基板 6 とフィルム光導波路 2 とが 2 つの配線基板 3 1 A と配線基板 3 1 B との間に設けられている場合、基板 6 とフィルム光導波路 2 とが物理的に干渉しあうことによって経路の自由度が制限されることが考えられるが、フィルム光導波路 2 のみで接続する場合には、このような干渉がないので、経路の自由度をより高めることが可能である。

40

【 0 1 0 8 】

また、電気接続部 5 a が、基板 7 の面に平行な方向に突き出した形状で設けられた構成としてもよい。この構成を図 1 2 (a) および図 1 2 (b) に示す。このような構成によれば、外部の配線基板 3 1 A および 3 1 B と光伝送モジュール 1 とを、互いの基板面に平

50

行な方向に両者を近づけることによって両者が電氣的に接続され、逆の方向に遠ざけることによって両者の接続を解除することが可能となる。

【 0 1 0 9 】

また、図 1 2 に示す構成において、電気接続部 5 a は、基板 6 における発受光素子 3 と反対側の面に設けられた電気コネクタであってもよい。この構成を図 1 3 (a) 及び図 1 3 (b) に示す。このような構成によれば、外部の配線基板 3 1 A および 3 1 B に対し、光伝送モジュール 1 を基板面に垂直な方向に両者を近づけることによって両者が電氣的に接続され、逆の方向に遠ざけることによって両者の接続を解除することが可能となる。また、図 1 3 (a) 及び図 1 3 (b) に示す構成において、高さ補償部材 4 が発受光素子 3 を取り囲む側壁を有していてもよい。この構成では、高さ補償部材 4 の側壁により形成される開口部内に、発受光素子 3 が配置されることになる。そして、高さ補償部材 4 の上記側壁により形成される開口部に封止樹脂が注入されていてもよい。

10

【 0 1 1 0 】

(応用例)

フィルム光導波路を備えた光伝送モジュール 1 は、例えば以下のような応用例に適用することが可能である。

【 0 1 1 1 】

まず、第一の応用例として、折り畳み式携帯電話、折り畳み式 P H S (Personal Handy phone System) , 折り畳み式 P D A (Personal Digital Assistant) , 折り畳み式ノートパソコン等の折り畳み式の電子機器におけるヒンジ部に用いることができる。

20

【 0 1 1 2 】

図 1 4 (a) ~ 図 1 4 (c) は、フィルム光導波路 2 0 4 を折り畳み式携帯電話 1 4 0 に適用した例を示している。すなわち、図 1 4 (a) はフィルム光導波路 2 0 4 を内蔵した折り畳み式携帯電話 1 4 0 の外観を示す斜視図である。

【 0 1 1 3 】

図 1 4 (b) は、図 1 4 (a) に示した折り畳み式携帯電話 1 4 0 における、光導波路 1 0 が適用されている部分のブロック図である。この図に示すように、折り畳み式携帯電話 4 0 における本体 1 4 0 a 側に設けられた制御部 1 4 1 と、本体の一端にヒンジ部を軸として回転可能に備えられる蓋 (駆動部) 1 4 0 b 側に設けられた外部メモリ 1 4 2 , カメラ部 (デジタルカメラ) 1 4 3 , 表示部 (液晶ディスプレイ表示) 1 4 4 とが、それぞれフィルム光導波路 2 0 4 によって接続されている。

30

【 0 1 1 4 】

図 1 5 (c) は、図 1 5 (a) におけるヒンジ部 (破線で囲んだ部分) の透視平面図である。この図に示すように、フィルム光導波路 2 0 4 は、ヒンジ部における支持棒に巻きつけて屈曲させることによって、本体側に設けられた制御部と、蓋側に設けられた外部メモリ 1 4 2 , カメラ部 1 4 3 , 表示部 1 4 4 とをそれぞれ接続している。

【 0 1 1 5 】

フィルム光導波路 2 0 4 を、これらの折り畳み式電子機器に適用することにより、限られた空間で高速、大容量の通信を実現できる。したがって、例えば、折り畳み式液晶表示装置などの、高速、大容量のデータ通信が必要であって、小型化が求められる機器に特に好適である。

40

【 0 1 1 6 】

第 2 の応用例として、フィルム光導波路 2 は、印刷装置 (電子機器) におけるプリンタヘッドやハードディスク記録再生装置における読み取り部など、駆動部を有する装置に適用できる。

【 0 1 1 7 】

図 1 6 (a) ~ 図 1 6 (c) は、フィルム光導波路 2 を印刷装置 5 0 に適用した例を示している。図 1 6 (a) は、印刷装置 5 0 の外観を示す斜視図である。この図に示すように、印刷装置 5 0 は、用紙 5 2 の幅方向に移動しながら用紙 5 2 に対して印刷を行うプリンタヘッド 5 1 を備えており、このプリンタヘッド 5 1 にフィルム光導波路 2 の一端が接

50

続されている。

【0118】

図16(b)は、印刷装置50における、フィルム光導波路2が適用されている部分のブロック図である。この図に示すように、フィルム光導波路2の一端部はプリンタヘッド51に接続されており、他端部は印刷装置50における本体側基板に接続されている。なお、この本体側基板には、印刷装置50の各部の動作を制御する制御手段などが備えられる。

【0119】

図16(c)および図16(d)は、印刷装置50においてプリンタヘッド51が移動(駆動)した場合の、フィルム光導波路2の湾曲状態を示す斜視図である。この図に示すように、フィルム光導波路2をプリンタヘッド51のような駆動部に適用する場合、プリンタヘッド51の駆動によってフィルム光導波路2の湾曲状態が変化するとともに、フィルム光導波路2の各位置が繰り返し湾曲される。

10

【0120】

したがって、本実施形態にかかる光伝送モジュール1は、これらの駆動部に好適である。また、光伝送モジュール1をこれらの駆動部に適用することにより、駆動部を用いた高速、大容量通信を実現できる。

【0121】

図17は、フィルム光導波路304をハードディスク記録再生装置60に適用した例を示している。

20

【0122】

この図に示すように、ハードディスク記録再生装置160は、ディスク(ハードディスク)161、ヘッド(読み取り、書き込み用ヘッド)162、基板導入部163、駆動部(駆動モータ)164、フィルム光導波路304を備えている。

【0123】

駆動部164は、ヘッド162をディスク161の半径方向に沿って駆動させるものである。ヘッド162は、ディスク161上に記録された情報を読み取り、また、ディスク161上に情報を書き込むものである。なお、ヘッド162は、フィルム光導波路304を介して基板導入部163に接続されており、ディスク161から読み取った情報を光信号として基板導入部163に伝搬させ、また、基板導入部163から伝搬された、ディスク161に書き込む情報の光信号を受け取る。

30

【0124】

このように、フィルム光導波路304をハードディスク記録再生装置160におけるヘッド162のような駆動部に適用することにより、高速、大容量通信を実現できる。

【0125】

本発明は上述した各実施形態に限定されるものではなく、請求項に示した範囲で種々の変更が可能であり、異なる実施形態にそれぞれ開示された技術的手段を適宜組み合わせ得られる実施形態についても本発明の技術的範囲に含まれる。

【産業上の利用可能性】

【0126】

本発明に係る光伝送モジュールは、各種機器間の光通信路にも適用可能であるとともに、小型、薄型の民生機器内に搭載される機器内配線としてのフレキシブルな光配線にも適用可能である。

40

【符号の説明】

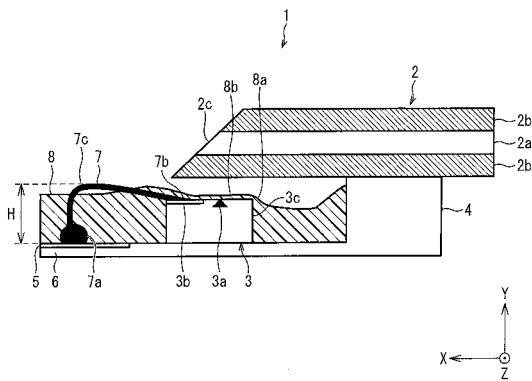
【0127】

- 1 光伝送モジュール
- 2 フィルム光導波路(光伝送路)
- 3 発受光素子(光素子)
- 3a 発受光点
- 3b 電極パッド

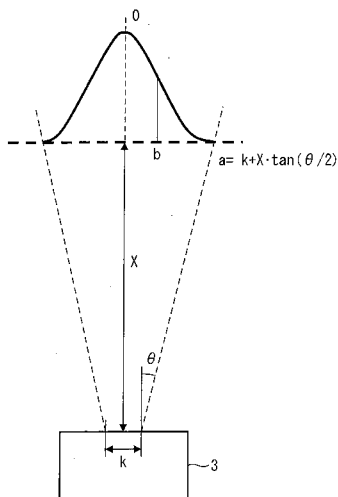
50

- 3 c 側壁
- 3 d 側壁
- 4 高さ補償部材
- 5 基板配線 (電気配線)
- 6 基板
- 7 ボンディング配線
- 7 a 端部 (接点)
- 7 b 端部 (接点)
- 7 c 屈曲部
- 8 封止樹脂部 (封止部)
- 8 a 傾斜部
- 8 b 平坦部
- 8 c 封止樹脂材料 (第 1 の液状封止樹脂材料)
- 8 d 封止樹脂材料 (第 2 の液状封止樹脂材料)
- 9 a ダミーパッド
- 9 b ダミーパッド
- 10 筐体

【図 1】



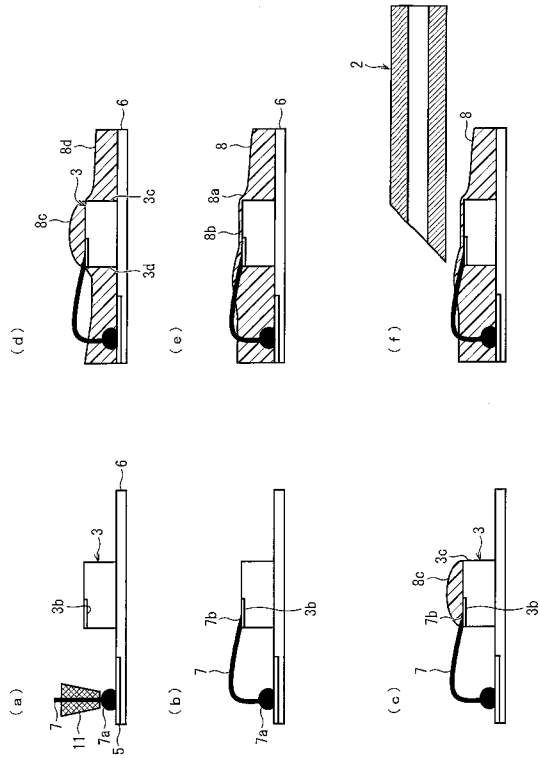
【図 2】



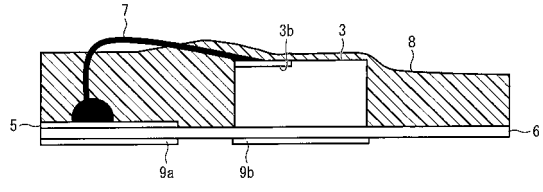
【図 3】

見積りモデル	損失 (dB)
(i)	-10.29
(ii)	-0.31
(iii)	0

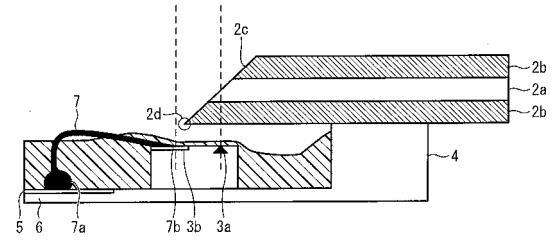
【図4】



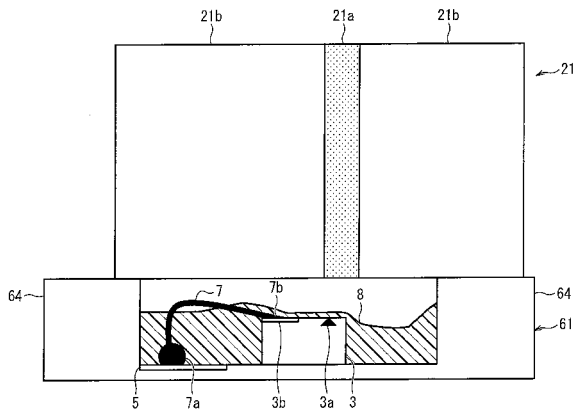
【図5】



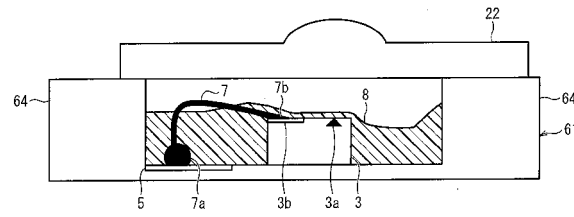
【図6】



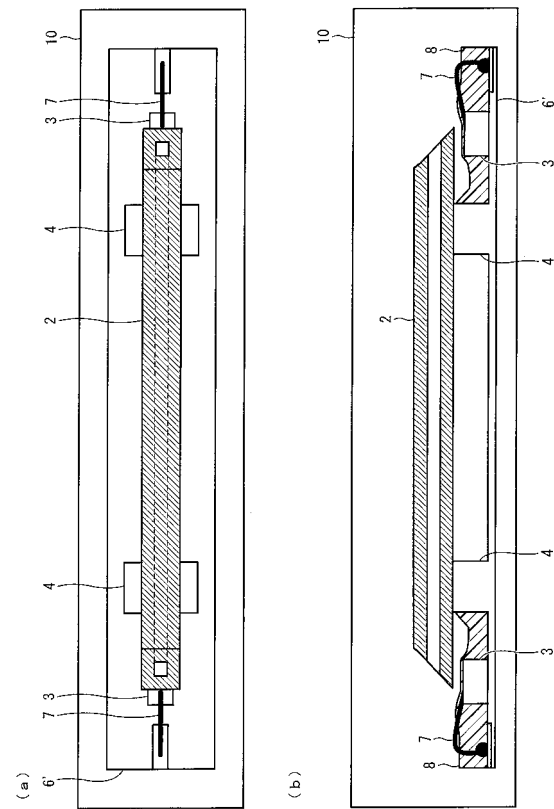
【図7】



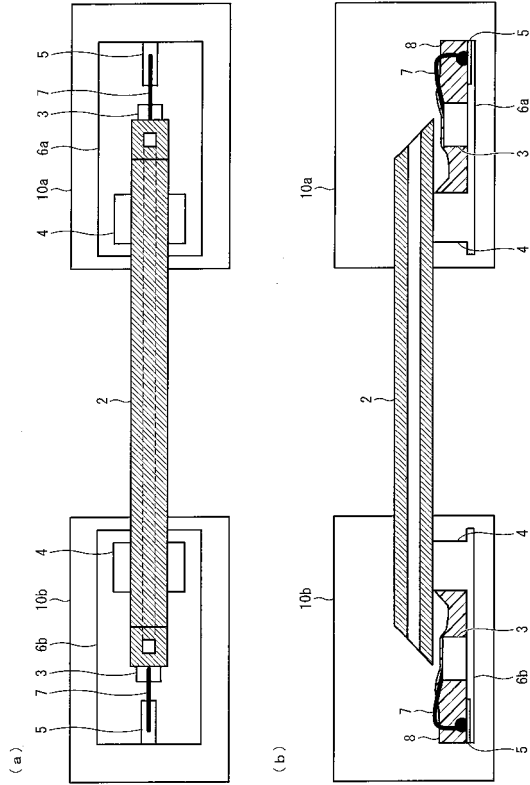
【図8】



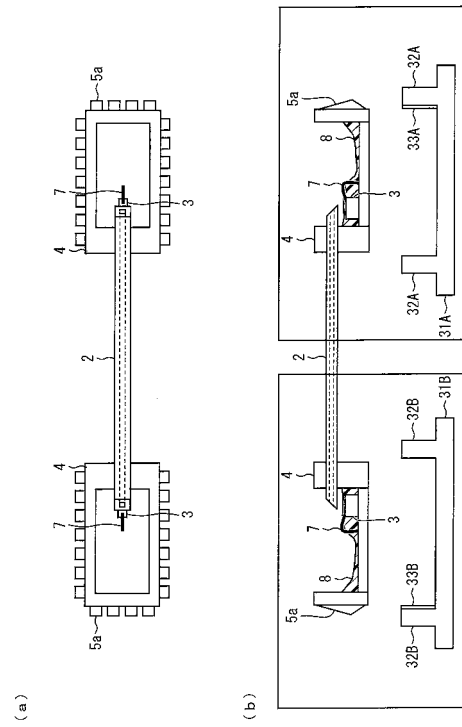
【図9】



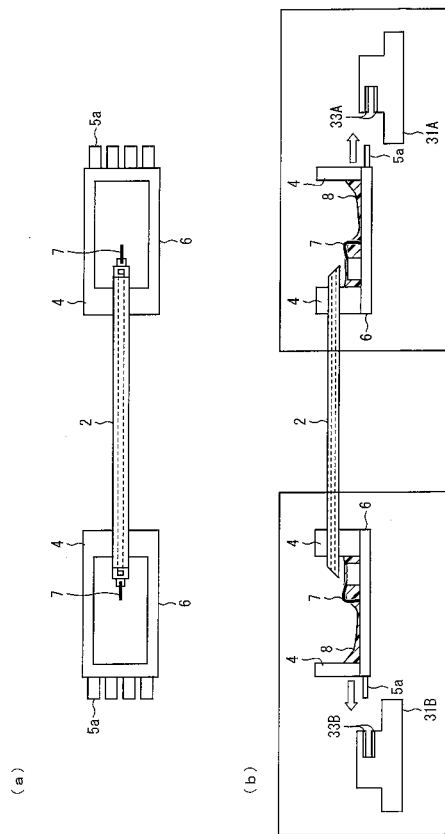
【図10】



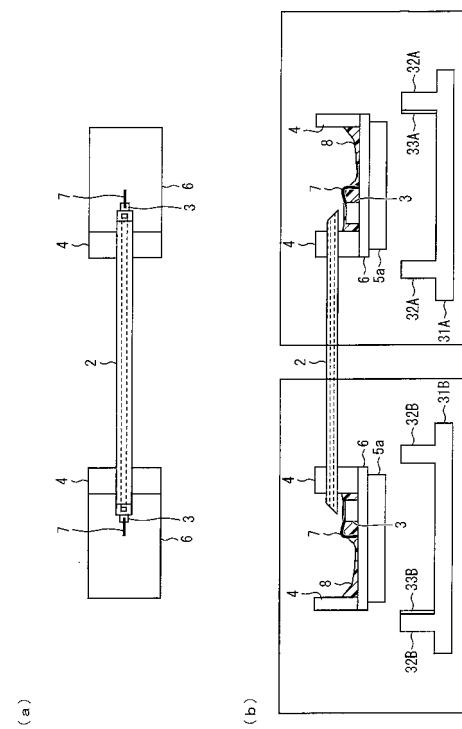
【図11】



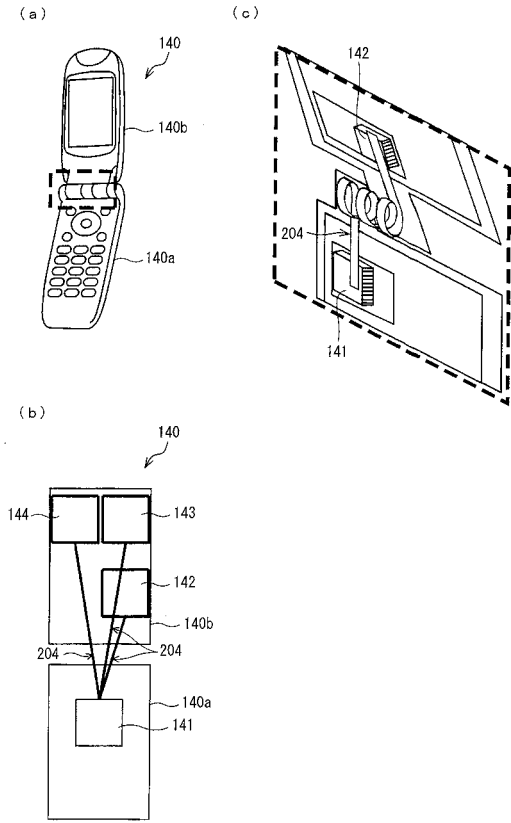
【図12】



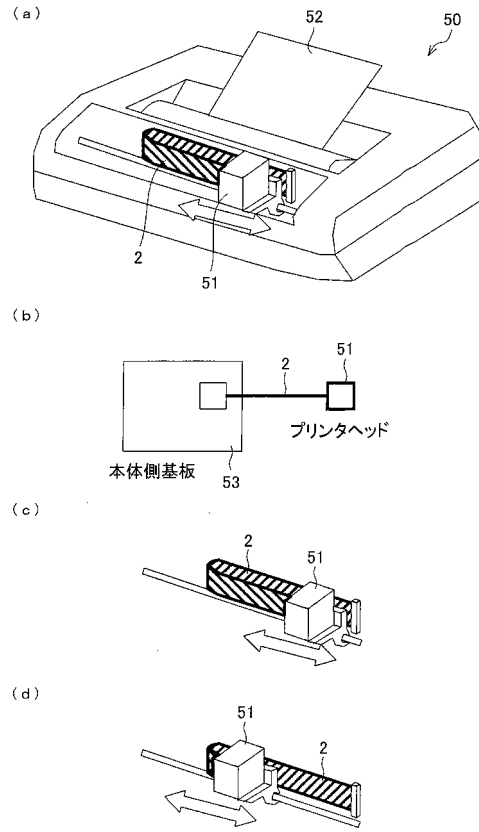
【図13】



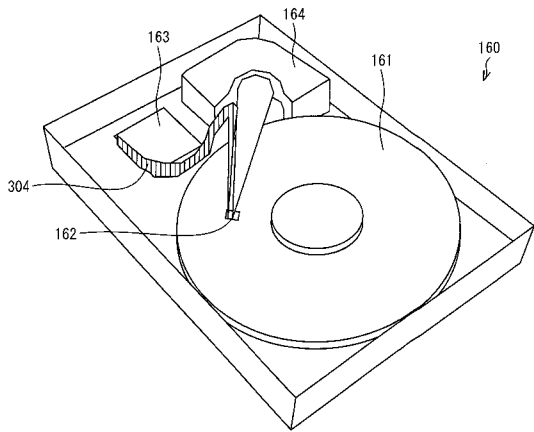
【図14】



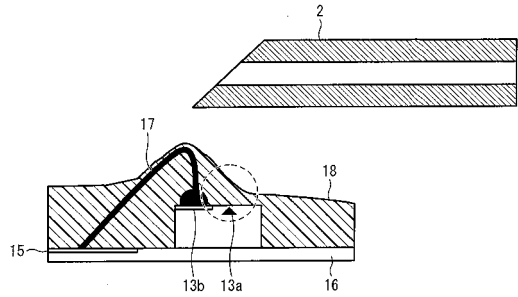
【図15】



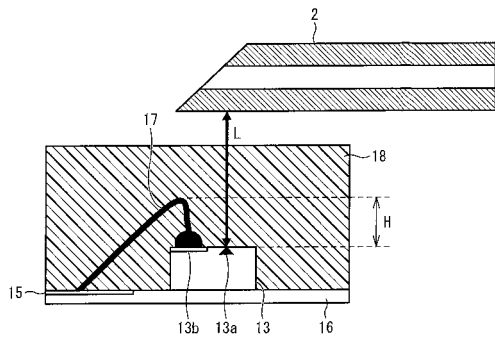
【図16】



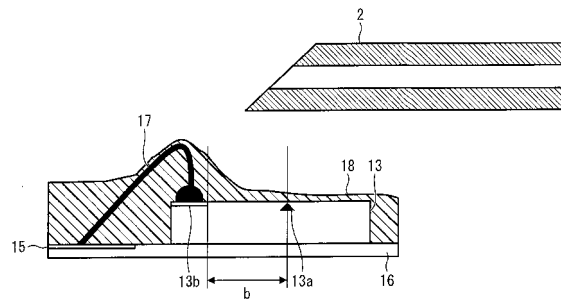
【図18】



【図17】



【図19】



フロントページの続き

- (72)発明者 安田 成留
京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町801番地 オムロン株式会社内
- (72)発明者 細川 速美
京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町801番地 オムロン株式会社内

審査官 吉田 英一

- (56)参考文献 国際公開第2007/116998(WO, A1)
国際公開第2008/114657(WO, A1)
特開2002-151745(JP, A)
特開2008-256870(JP, A)
特開2007-286289(JP, A)
特開2000-049384(JP, A)
特開平09-026515(JP, A)
特開平08-083869(JP, A)
特開2005-217295(JP, A)
特表2008-534252(JP, A)
特開平08-029637(JP, A)
特開2004-006689(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 6/26
G02B 6/30 - 6/34
G02B 6/42