

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5025695号  
(P5025695)

(45) 発行日 平成24年9月12日(2012.9.12)

(24) 登録日 平成24年6月29日(2012.6.29)

(51) Int.Cl. F1  
G02B 6/42 (2006.01) G02B 6/42

請求項の数 5 (全 22 頁)

(21) 出願番号	特願2009-184335 (P2009-184335)	(73) 特許権者	000208765
(22) 出願日	平成21年8月7日(2009.8.7)		株式会社エンプラス
(65) 公開番号	特開2011-39151 (P2011-39151A)		埼玉県川口市並木2丁目30番1号
(43) 公開日	平成23年2月24日(2011.2.24)	(74) 代理人	100081282
審査請求日	平成24年3月16日(2012.3.16)		弁理士 中尾 俊輔
早期審査対象出願		(74) 代理人	100085084
			弁理士 伊藤 高英
		(74) 代理人	100095326
			弁理士 畑中 芳実
		(74) 代理人	100115314
			弁理士 大倉 奈緒子
		(74) 代理人	100117190
			弁理士 玉利 房枝
		(74) 代理人	100120385
			弁理士 鈴木 健之

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光モジュール

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

光を発光する複数の発光素子が整列形成されるとともに前記複数の発光素子の少なくとも1つから発光された光をモニタするためのモニタ光を受光する少なくとも1つの受光素子が形成された光電変換装置と、

前記複数の発光素子に対応する複数の光ファイバと、

前記光電変換装置と前記複数の光ファイバとの間に配置され、前記複数の発光素子と前記複数の光ファイバの端面とを光学的に結合可能とされたレンズアレイと

を備えた光モジュールであって、

前記レンズアレイにおける前記光電変換装置に臨む第1の面に、前記複数の発光素子に対応する所定の整列方向に整列するように形成され、前記複数の発光素子ごとに発光された光がそれぞれ入射する前記発光素子と同数の複数の第1のレンズ面と、

前記レンズアレイに、前記複数の発光素子と前記複数の光ファイバの端面とを結ぶ第1の光路上に位置するように凹入形成された第1の凹部と、

この第1の凹部における一部の側面をなし、前記複数の第1のレンズ面に入射した光を所定の反射率で反射させるとともに所定の透過率で前記第1の光路側に屈折させつつ透過させ、その際に、前記複数の第1のレンズ面の少なくとも1つに入射した光を前記モニタ光として前記第1の光路から分岐して前記受光素子に向かう第2の光路側に反射させる反射/透過面と、

前記レンズアレイに、前記第2の光路上に位置するように凹入形成された第2の凹部と

10

20

この第2の凹部における一部の側面をなし、前記反射/透過面側から入射した前記モニタ光を前記第2の凹部によって形成される空間内に射出する射出面と、

前記第2の凹部における他の一部の側面に形成され、前記射出面から射出された前記モニタ光を前記受光素子に向けて全反射させる第1の全反射面と

を備え、

前記反射/透過面によって前記第1の光路側に透過された後の前記複数の第1のレンズ面に入射した光が、前記レンズアレイにおける前記光ファイバの端面に臨む第2の面から、前記複数の光ファイバの端面に向けてそれぞれ射出されるように形成され、

前記複数の第1のレンズ面の面形状が、前記複数の発光素子からそれぞれ入射した光を収束させるような面形状に形成され、

前記射出面が平坦面に形成され、

前記複数の第1のレンズ面の面形状と、前記反射/透過面以後の前記第1の光路の光路長が、前記第2の光路の光路長よりも大きく形成されていることと、このような前記第2の光路の光路長に対する前記反射/透過面以後の前記第1の光路の光路長の大小関係に応じて、前記第2の面が、前記複数の第1のレンズ面に入射した光を前記複数の光ファイバの端面に向けてそれぞれ収束させつつ射出させる複数の第2のレンズ面を有しない平坦面に形成されていることに基づいて、前記複数の光ファイバの端面にそれぞれ結合される前記複数の発光素子ごとに発光された光のスポット径が、前記受光素子に結合される前記モニタ光のスポット径よりも小さくなるように形成されていること

を特徴とする光モジュール。

【請求項2】

光を発光する複数の発光素子が整列形成されるとともに前記複数の発光素子の少なくとも1つから発光された光をモニタするためのモニタ光を受光する少なくとも1つの受光素子が形成された光電変換装置と、

前記複数の発光素子に対応する複数の光ファイバと、

前記光電変換装置と前記複数の光ファイバとの間に配置され、前記複数の発光素子と前記複数の光ファイバの端面とを光学的に結合可能とされたレンズアレイと

を備えた光モジュールであって、

前記レンズアレイにおける前記光電変換装置に臨む第1の面に、前記複数の発光素子に対応する所定の整列方向に整列するように形成され、前記複数の発光素子ごとに発光された光がそれぞれ入射する前記発光素子と同数の複数の第1のレンズ面と、

前記レンズアレイに、前記複数の発光素子と前記複数の光ファイバの端面とを結ぶ第1の光路上に位置するように凹入形成された第1の凹部と、

この第1の凹部における一部の側面をなし、前記複数の第1のレンズ面に入射した光を所定の反射率で反射させるとともに所定の透過率で前記第1の光路側に屈折させつつ透過させ、その際に、前記複数の第1のレンズ面の少なくとも1つに入射した光を前記モニタ光として前記第1の光路から分岐して前記受光素子に向かう第2の光路側に反射させる反射/透過面と、

前記レンズアレイに、前記第2の光路上に位置するように凹入形成された第2の凹部と

この第2の凹部における一部の側面をなし、前記反射/透過面側から入射した前記モニタ光を前記第2の凹部によって形成される空間内に射出する射出面と、

前記第2の凹部における他の一部の側面に形成され、前記射出面から射出された前記モニタ光を前記受光素子に向けて全反射させる第1の全反射面と

を備え、

前記反射/透過面によって前記第1の光路側に透過された後の前記複数の第1のレンズ面に入射した光が、前記レンズアレイにおける前記光ファイバの端面に臨む第2の面から、前記複数の光ファイバの端面に向けてそれぞれ射出されるように形成され、

前記複数の第1のレンズ面の面形状が、前記複数の発光素子からそれぞれ入射した光を

10

20

30

40

50

収束させるような面形状に形成され、

前記出射面が平坦面に形成され、

前記複数の第1のレンズ面の面形状と、前記反射/透過面以後の前記第1の光路の光路長が、前記第2の光路の光路長よりも小さく形成されているとともに、前記反射/透過面以後の前記第1の光路の光路長に対する前記第2の光路の光路長の割合が前記第2の光路の末端を前記モニタ光が最も縮径される位置よりも遠い位置に存在させることを規定するための所定値以上の割合に形成されていることと、このような前記第2の光路の光路長に対する前記反射/透過面以後の前記第1の光路の光路長の大小関係に応じて、前記第2の面が、前記複数の第1のレンズ面に入射した光を前記複数の光ファイバの端面に向けてそれぞれ収束させつつ出射させる複数の第2のレンズ面を有しない平坦面に形成されていることに基づいて、前記複数の光ファイバの端面にそれぞれ結合される前記複数の発光素子ごとに発光された光のスポット径が、前記受光素子に結合される前記モニタ光のスポット径よりも小さくなるように形成されていること

を特徴とする光モジュール。

【請求項3】

光を発光する複数の発光素子が整列形成されるとともに前記複数の発光素子の少なくとも1つから発光された光をモニタするためのモニタ光を受光する少なくとも1つの受光素子が形成された光電変換装置と、

前記複数の発光素子に対応する複数の光ファイバと、

前記光電変換装置と前記複数の光ファイバとの間に配置され、前記複数の発光素子と前記複数の光ファイバの端面とを光学的に結合可能とされたレンズアレイと

を備えた光モジュールであって、

前記レンズアレイにおける前記光電変換装置に臨む第1の面に、前記複数の発光素子に対応する所定の整列方向に整列するように形成され、前記複数の発光素子ごとに発光された光がそれぞれ入射する前記発光素子と同数の複数の第1のレンズ面と、

前記レンズアレイに、前記複数の発光素子と前記複数の光ファイバの端面とを結ぶ第1の光路上に位置するように凹入形成された第1の凹部と、

この第1の凹部における一部の側面をなし、前記複数の第1のレンズ面に入射した光を所定の反射率で反射させるとともに所定の透過率で前記第1の光路側に屈折させつつ透過させ、その際に、前記複数の第1のレンズ面の少なくとも1つに入射した光を前記モニタ光として前記第1の光路から分岐して前記受光素子に向かう第2の光路側に反射させる反射/透過面と、

前記レンズアレイに、前記第2の光路上に位置するように凹入形成された第2の凹部と、

この第2の凹部における一部の側面をなし、前記反射/透過面側から入射した前記モニタ光を前記第2の凹部によって形成される空間内に出射する出射面と、

前記第2の凹部における他の一部の側面に形成され、前記出射面から出射された前記モニタ光を前記受光素子に向けて全反射させる第1の全反射面と

を備え、

前記反射/透過面によって前記第1の光路側に透過された後の前記複数の第1のレンズ面に入射した光が、前記レンズアレイにおける前記光ファイバの端面に臨む第2の面から、前記複数の光ファイバの端面に向けてそれぞれ出射されるように形成され、

前記複数の第1のレンズ面の面形状が、前記複数の発光素子からそれぞれ入射した光を収束させるような面形状に形成され、

前記出射面が平坦面に形成され、

前記複数の第1のレンズ面の面形状と、前記反射/透過面以後の前記第1の光路の光路長が、前記第2の光路の光路長と等しい大きさに形成されていることと、このような前記第2の光路の光路長に対する前記反射/透過面以後の前記第1の光路の光路長の大小関係に応じて、前記第2の面に前記複数の第1のレンズ面に入射した光を前記複数の光ファイバの端面に向けてそれぞれ収束させつつ出射させる複数の第2のレンズ面が形成されてい

10

20

30

40

50

ることに基づいて、前記複数の光ファイバの端面にそれぞれ結合される前記複数の発光素子ごとに発光された光のスポット径が、前記受光素子に結合される前記モニタ光のスポット径よりも小さくなるように形成されていること

を特徴とする光モジュール。

【請求項 4】

光を発光する複数の発光素子が整列形成されるとともに前記複数の発光素子の少なくとも1つから発光された光をモニタするためのモニタ光を受光する少なくとも1つの受光素子が形成された光電変換装置と、

前記複数の発光素子に対応する複数の光ファイバと、

前記光電変換装置と前記複数の光ファイバとの間に配置され、前記複数の発光素子と前記複数の光ファイバの端面とを光学的に結合可能とされたレンズアレイと

を備えた光モジュールであって、

前記レンズアレイにおける前記光電変換装置に臨む第1の面に、前記複数の発光素子に対応する所定の整列方向に整列するように形成され、前記複数の発光素子ごとに発光された光がそれぞれ入射する前記発光素子と同数の複数の第1のレンズ面と、

前記レンズアレイに、前記複数の発光素子と前記複数の光ファイバの端面とを結ぶ第1の光路上に位置するように凹入形成された第1の凹部と、

この第1の凹部における一部の側面をなし、前記複数の第1のレンズ面に入射した光を所定の反射率で反射させるとともに所定の透過率で前記第1の光路側に屈折させつつ透過させ、その際に、前記複数の第1のレンズ面の少なくとも1つに入射した光を前記モニタ光として前記第1の光路から分岐して前記受光素子に向かう第2の光路側に反射させる反射/透過面と、

前記レンズアレイに、前記第2の光路上に位置するように凹入形成された第2の凹部と

この第2の凹部における一部の側面をなし、前記反射/透過面側から入射した前記モニタ光を前記第2の凹部によって形成される空間内に出射する出射面と、

前記第2の凹部における他の一部の側面に形成され、前記出射面から出射された前記モニタ光を前記受光素子に向けて全反射させる第1の全反射面と

を備え、

前記反射/透過面によって前記第1の光路側に透過された後の前記複数の第1のレンズ面に入射した光が、前記レンズアレイにおける前記光ファイバの端面に臨む第2の面から、前記複数の光ファイバの端面に向けてそれぞれ出射されるように形成され、

前記複数の第1のレンズ面の面形状が、前記複数の発光素子からそれぞれ入射した光を収束させるような面形状に形成され、

前記出射面が平坦面に形成され、

前記複数の第1のレンズ面の面形状と、前記反射/透過面以後の前記第1の光路の光路長が、前記第2の光路の光路長よりも小さく形成されていることと、このような前記第2の光路の光路長に対する前記反射/透過面以後の前記第1の光路の光路長の大小関係に応じて、前記第2の面に前記複数の第1のレンズ面に入射した光を前記複数の光ファイバの端面に向けてそれぞれ収束させつつ出射させる複数の第2のレンズ面が形成されていること

に基づいて、前記複数の光ファイバの端面にそれぞれ結合される前記複数の発光素子ごとに発光された光のスポット径が、前記受光素子に結合される前記モニタ光のスポット径よりも小さくなるように形成されていること

を特徴とする光モジュール。

【請求項 5】

前記受光素子が前記複数の発光素子よりも前記第1の凹部に近い位置に配置され、かつ、前記レンズアレイに、前記複数の第1のレンズ面に入射した光を前記第1の凹部に向けて全反射させる第2の全反射面が形成され、さらに、前記第2の凹部が、前記複数の第1のレンズ面および前記第2の全反射面よりも前記第1の凹部に近い位置であって、前記反射/透過面に至る前の前記第1の光路外の位置に配置されていること

10

20

30

40

50

/透過面に至る前の前記第1の光路が前記第2の光路に交差しないように形成されていること

を特徴とする請求項1～4のいずれか1項に記載の光モジュール。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光モジュールに係り、特に、複数の発光素子と複数の光ファイバの端面とを光学的に結合するのに好適な光モジュールに関する。

【背景技術】

【0002】

近年、システム装置内または装置間もしくは光モジュール間において信号を高速に伝送する技術として、いわゆる光インターコネクションの適用が広まっている。ここで、光インターコネクションとは、光部品をあたかも電気部品のように扱って、パソコン、車両または光トランシーバなどに用いられるマザーボードや回路基板等を実装する技術をいう。

【0003】

このような光インターコネクションに用いられる光モジュールには、例えば、メディアコンバータやスイッチングハブの内部接続、光トランシーバ、医療機器、テスト装置、ビデオシステム、高速コンピュータクラスタなどの装置内や装置間の部品接続等の様々な用途がある。

【0004】

この種の光モジュールにおいては、発光素子から出射された通信情報を含む光を、レンズを介して光ファイバの端面に結合させることによって、光ファイバを介した通信情報の送信を行うようになっていた。

【0005】

ここで、従来から、この種の光モジュールにおいては、温度等の影響によって発光素子の光の出力特性が変化することにより、通信情報の適切な送信に支障を来す虞があるといった問題が生じていた。

【0006】

そこで、これまでも、この種の光モジュールにおいては、発光素子の出力特性を安定させるべく発光素子から出射された光（特に、強度もしくは光量）をモニタ（監視）するための種々の技術が提案されていた。

【0007】

例えば、特許文献1には、レンズ面（透過面部）の周辺に発光素子から発光された光の一部をモニタ光として受光素子側に反射させるための反射面（反射面部）を備えた光学素子が開示されている。

【0008】

また、特許文献2には、レーザ源から出射された光の一部をマルチ境界面ビームスプリッタによってモニタ光として反射させ、反射させたモニタ光を検出器によって受光する光モジュールが開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0010】

【特許文献1】特開2008-151894号公報

【特許文献2】特表2006-520491号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0011】

しかしながら、特許文献1に記載の構成には、マルチチャンネルの光通信をコンパクトな構成で実現しようとする場合に有効に適用することが難しいといった問題点があった。すなわち、近年においては、マルチチャンネルの光通信を実現させる小型の光学部品とし

10

20

30

40

50

て、複数のレンズを所定の整列方向に整列させたレンズアレイの需要が益々高まりつつある。この種のレンズアレイでは、複数の発光素子が整列された発光装置を、各発光素子がレンズアレイの入射側の各レンズ面に対向するように配置するとともに、複数の光ファイバをレンズアレイの出射側の各レンズ面に対向するように配置して、各発光素子から出射された光をレンズアレイの各レンズによって各光ファイバの端面に光学的に結合させることにより、マルチチャンネルの光通信（送信）を行うようになっていた。そして、このようなレンズアレイにおいても、発光素子から出射された光をモニタすることは光通信の安定性を確保する観点から非常に重要であるところ、このようなレンズアレイは、各レンズの1つ1つが非常に小径に形成されているばかりでなく、互いに隣位する各レンズ同士が非常に狭ピッチに形成されているため、特許文献1に記載の構成をレンズアレイに適用してレンズの周辺にモニタ光を反射させるための反射面を形成することは困難であった。

10

【0012】

また、特許文献2に記載の構成は、レーザ源に臨むコリメートレンズ、ファイバに面するレンズおよび光検出器に臨む集束レンズをはじめとした多数のレンズを備えているため、製造が極めて困難であるといった問題点があった。さらに、これに関連して、特許文献2に記載の構成は、レーザ源に臨むレンズがコリメートレンズとされているため、光検出器および光ファイバにそれぞれ結合される光のスポット径が大きくなり過ぎないようにするためには、コリメートレンズから光検出器に至る光路の途中およびコリメートレンズから光ファイバに至る光路の途中で、必ずレーザ源から出射された光を収束させるレンズが必要となるため、レンズの枚数を削減することは困難であった。

20

【0013】

そこで、本発明は、このような問題点に鑑みなされたものであり、モニタ光を確実に得ることができるとともにレンズ面の数を削減して製造の容易化を実現することができる光モジュールを提供することを目的とするものである。

【課題を解決するための手段】

【0016】

前述した目的を達成するため、本発明の請求項1に係る光モジュールの特徴は、光を発光する複数の発光素子が整列形成されるとともに前記複数の発光素子の少なくとも1つから発光された光をモニタするためのモニタ光を受光する少なくとも1つの受光素子が形成された光電変換装置と、前記複数の発光素子に対応する複数の光ファイバと、前記光電変換装置と前記複数の光ファイバとの間に配置され、前記複数の発光素子と前記複数の光ファイバの端面とを光学的に結合可能とされたレンズアレイとを備えた光モジュールであって、前記レンズアレイにおける前記光電変換装置に臨む第1の面に、前記複数の発光素子に対応する所定の整列方向に整列するように形成され、前記複数の発光素子ごとに発光された光がそれぞれ入射する前記発光素子と同数の複数の第1のレンズ面と、前記レンズアレイに、前記複数の発光素子と前記複数の光ファイバの端面とを結ぶ第1の光路上に位置するように凹入形成された第1の凹部と、この第1の凹部における一部の側面をなし、前記複数の第1のレンズ面に入射した光を所定の反射率で反射させるとともに所定の透過率で前記第1の光路側に屈折させつつ透過させ、その際に、前記複数の第1のレンズ面の少なくとも1つに入射した光を前記モニタ光として前記第1の光路から分岐して前記受光素子に向かう第2の光路側に反射させる反射/透過面と、前記レンズアレイに、前記第2の光路上に位置するように凹入形成された第2の凹部と、この第2の凹部における一部の側面をなし、前記反射/透過面側から入射した前記モニタ光を前記第2の凹部によって形成される空間内に射出する射出面と、前記第2の凹部における他の一部の側面に形成され、前記射出面から射出された前記モニタ光を前記受光素子に向けて全反射させる第1の全反射面とを備え、前記反射/透過面によって前記第1の光路側に透過された後の前記複数の第1のレンズ面に入射した光が、前記レンズアレイにおける前記光ファイバの端面に臨む第2の面から、前記複数の光ファイバの端面に向けてそれぞれ射出されるように形成され、前記複数の第1のレンズ面の面形状が、前記複数の発光素子からそれぞれ入射した光を収束させるような面形状に形成され、前記射出面が平坦面に形成され、前記複数の第1

30

40

50

のレンズ面の面形状と、前記反射 / 透過面以後の前記第 1 の光路の光路長が、前記第 2 の光路の光路長よりも大きく形成されていることと、このような前記第 2 の光路の光路長に対する前記反射 / 透過面以後の前記第 1 の光路の光路長の大小関係に応じて、前記第 2 の面が、前記複数の第 1 のレンズ面に入射した光を前記複数の光ファイバの端面に向けてそれぞれ収束させつつ出射させる複数の第 2 のレンズ面を有しない平坦面に形成されていることに基づいて、前記複数の光ファイバの端面にそれぞれ結合される前記複数の発光素子ごとに発光された光のスポット径が、前記受光素子に結合される前記モニタ光のスポット径よりも小さくなるように形成されている点にある。

【 0 0 1 7 】

そして、この請求項 1 に係る発明によれば、各第 1 のレンズ面に入射した各発光素子からの光を第 1 の凹部の反射 / 透過面によって第 1 の光路側および第 2 の光路側に分光し、第 2 の光路側に分光されたモニタ光を、第 2 の凹部において出射面から出射させた上で第 1 の全反射面によって受光素子側に全反射させ、第 1 の光路側に分光された光を、第 2 の面から光ファイバの端面に向けて出射させるように構成し、また、各第 1 のレンズ面を各発光素子からの光を収束させる面形状に形成し、さらに、出射面を平坦面に形成し、さらにまた、各第 1 のレンズ面の面形状と、第 2 の光路の光路長に対して反射 / 透過面以後の第 1 の光路の光路長を大きく形成することと、このような大小関係に応じて第 2 の面に第 2 のレンズ面を形成しないことに基づいて、各光ファイバの端面に結合される各発光素子ごとの光のスポット径を受光素子に結合されるモニタ光のスポット径よりも小さくすることにより、モニタ光を確実に得ることができるとともに、レンズ面の数を削減して製造の容易化を実現することができる。すなわち、第 1 のレンズ面における収束作用によって、受光素子に結合されるモニタ光のスポット径を、第 2 の凹部の出射面にレンズ面を形成せずとも十分に小さくすることができるとともに、第 1 のレンズ面における収束作用および反射 / 透過面以後の第 1 の光路の光路長によって、各光ファイバの端面に結合される各発光素子ごとの光のスポット径を、第 2 の面にレンズ面を形成せずとも更に十分に小さくすることができるので、第 1 のレンズ面以外のレンズ面を要しなくなる。

【 0 0 1 8 】

さらに、請求項 2 に係る光モジュールの特徴は、光を発光する複数の発光素子が整列形成されるとともに前記複数の発光素子の少なくとも 1 つから発光された光をモニタするためのモニタ光を受光する少なくとも 1 つの受光素子が形成された光電変換装置と、前記複数の発光素子に対応する複数の光ファイバと、前記光電変換装置と前記複数の光ファイバとの間に配置され、前記複数の発光素子と前記複数の光ファイバの端面とを光学的に結合可能とされたレンズアレイとを備えた光モジュールであって、前記レンズアレイにおける前記光電変換装置に臨む第 1 の面に、前記複数の発光素子に対応する所定の整列方向に整列するように形成され、前記複数の発光素子ごとに発光された光がそれぞれ入射する前記発光素子と同数の複数の第 1 のレンズ面と、前記レンズアレイに、前記複数の発光素子と前記複数の光ファイバの端面とを結ぶ第 1 の光路上に位置するように凹入形成された第 1 の凹部と、この第 1 の凹部における一部の側面をなし、前記複数の第 1 のレンズ面に入射した光を所定の反射率で反射させるとともに所定の透過率で前記第 1 の光路側に屈折させつつ透過させ、その際に、前記複数の第 1 のレンズ面の少なくとも 1 つに入射した光を前記モニタ光として前記第 1 の光路から分岐して前記受光素子に向かう第 2 の光路側に反射させる反射 / 透過面と、前記レンズアレイに、前記第 2 の光路上に位置するように凹入形成された第 2 の凹部と、この第 2 の凹部における一部の側面をなし、前記反射 / 透過面側から入射した前記モニタ光を前記第 2 の凹部によって形成される空間内に出射する出射面と、前記第 2 の凹部における他の一部の側面に形成され、前記出射面から出射された前記モニタ光を前記受光素子に向けて全反射させる第 1 の全反射面とを備え、前記反射 / 透過面によって前記第 1 の光路側に透過された後の前記複数の第 1 のレンズ面に入射した光が、前記レンズアレイにおける前記光ファイバの端面に臨む第 2 の面から、前記複数の光ファイバの端面に向けてそれぞれ出射されるように形成され、前記複数の第 1 のレンズ面の面形状が、前記複数の発光素子からそれぞれ入射した光を収束させるような面形状に形成

10

20

30

40

50

され、前記出射面が平坦面に形成され、前記複数の第1のレンズ面の面形状と、前記反射/透過面以後の前記第1の光路の光路長が、前記第2の光路の光路長よりも小さく形成されているとともに、前記反射/透過面以後の前記第1の光路の光路長に対する前記第2の光路の光路長の割合が前記第2の光路の末端を前記モニタ光が最も縮径される位置よりも遠い位置に存在させることを規定するための所定値以上の割合に形成されていることと、このような前記第2の光路の光路長に対する前記反射/透過面以後の前記第1の光路の光路長の大小関係に応じて、前記第2の面が、前記複数の第1のレンズ面に入射した光を前記複数の光ファイバの端面に向けてそれぞれ収束させつつ出射させる複数の第2のレンズ面を有しない平坦面に形成されていることに基づいて、前記複数の光ファイバの端面にそれぞれ結合される前記複数の発光素子ごとに発光された光のスポット径が、前記受光素子に結合される前記モニタ光のスポット径よりも小さくなるように形成されている点にある。

10

#### 【0019】

そして、この請求項2に係る発明によれば、各第1のレンズ面の面形状と、第2の光路の光路長に対して反射/透過面以後の第1の光路の光路長を小さく形成するとともに、反射/透過面以後の第1の光路の光路長に対する第2の光路の光路長の割合を、第2の光路の末端をモニタ光が最も縮径される位置よりも遠い位置に存在させることを規定するための所定値以上の割合に形成することと、このような大小関係に応じて第2の面に第2のレンズ面を形成しないことに基づいて、各光ファイバの端面に結合される各発光素子ごとの光のスポット径を受光素子に結合されるモニタ光のスポット径よりも小さくすることにより、モニタ光を確実に得ることができるとともに、レンズ面の数を削減して製造の容易化を実現することができる。すなわち、第1のレンズ面における収束作用によって、受光素子に結合されるモニタ光のスポット径を、第2の凹部の出射面にレンズ面を形成せずとも十分に小さくすることができる。また、第1のレンズ面における収束作用と、第2の光路の光路長が十分に大きいこととともなってモニタ光がその第1の全反射面において全反射された後に最も縮径される位置よりも第1の全反射面から遠い位置においてファイバ側に比べて相対的に大きなスポット径を有した状態で受光されることとによって、各光ファイバの端面に結合される各発光素子ごとの光のスポット径を、第2の面にレンズ面を形成せずとも更に十分に小さくすることができる。これにより、第1のレンズ面以外のレンズ面を要しなくなる。

20

30

#### 【0020】

さらにまた、請求項3に係る光モジュールの特徴は、光を発光する複数の発光素子が整列形成されるとともに前記複数の発光素子の少なくとも1つから発光された光をモニタするためのモニタ光を受光する少なくとも1つの受光素子が形成された光電変換装置と、前記複数の発光素子に対応する複数の光ファイバと、前記光電変換装置と前記複数の光ファイバとの間に配置され、前記複数の発光素子と前記複数の光ファイバの端面とを光学的に結合可能とされたレンズアレイとを備えた光モジュールであって、前記レンズアレイにおける前記光電変換装置に臨む第1の面に、前記複数の発光素子に対応する所定の整列方向に整列するように形成され、前記複数の発光素子ごとに発光された光がそれぞれ入射する前記発光素子と同数の複数の第1のレンズ面と、前記レンズアレイに、前記複数の発光素子と前記複数の光ファイバの端面とを結ぶ第1の光路上に位置するように凹入形成された第1の凹部と、この第1の凹部における一部の側面をなし、前記複数の第1のレンズ面に入射した光を所定の反射率で反射させるとともに所定の透過率で前記第1の光路側に屈折させつつ透過させ、その際に、前記複数の第1のレンズ面の少なくとも1つに入射した光を前記モニタ光として前記第1の光路から分岐して前記受光素子に向かう第2の光路側に反射させる反射/透過面と、前記レンズアレイに、前記第2の光路上に位置するように凹入形成された第2の凹部と、この第2の凹部における一部の側面をなし、前記反射/透過面側から入射した前記モニタ光を前記第2の凹部によって形成される空間内に出射する出射面と、前記第2の凹部における他の一部の側面に形成され、前記出射面から出射された前記モニタ光を前記受光素子に向けて全反射させる第1の全反射面とを備え、前記反射/

40

50

透過面によって前記第1の光路側に透過された後の前記複数の第1のレンズ面に入射した光が、前記レンズアレイにおける前記光ファイバの端面に臨む第2の面から、前記複数の光ファイバの端面に向けてそれぞれ出射されるように形成され、前記複数の第1のレンズ面の面形状が、前記複数の発光素子からそれぞれ入射した光を収束させるような面形状に形成され、前記出射面が平坦面に形成され、前記複数の第1のレンズ面の面形状と、前記反射/透過面以後の前記第1の光路の光路長が、前記第2の光路の光路長と等しい大きさに形成されていることと、このような前記第2の光路の光路長に対する前記反射/透過面以後の前記第1の光路の光路長の大小関係に応じて、前記第2の面に前記複数の第1のレンズ面に入射した光を前記複数の光ファイバの端面に向けてそれぞれ収束させつつ出射させる複数の第2のレンズ面が形成されていることに基づいて、前記複数の光ファイバの端面にそれぞれ結合される前記複数の発光素子ごとに発光された光のスポット径が、前記受光素子に結合される前記モニタ光のスポット径よりも小さくなるように形成されている点にある。

10

## 【0021】

そして、この請求項3に係る発明によれば、各第1のレンズ面の面形状と、第2の光路の光路長に対して反射/透過面以後の第1の光路の光路長を等しい大きさに形成することと、このような大小関係に応じて第2の面に第2のレンズ面を形成することに基づいて、各光ファイバの端面に結合される各発光素子ごとの光のスポット径を受光素子に結合されるモニタ光のスポット径よりも小さくすることにより、モニタ光を確実に得ることができるとともに、レンズ面の数を削減して製造の容易化を実現することができる。すなわち、第1のレンズ面における収束作用によって、受光素子に結合されるモニタ光のスポット径を、第2の凹部の出射面にレンズ面を形成せずとも十分に小さくすることができるとともに、第1のレンズ面および第2のレンズ面における収束作用によって、各光ファイバの端面に結合される各発光素子ごとの光のスポット径を更に十分に小さくすることができるので、第1のレンズ面および第2のレンズ面以外のレンズ面を要しなくなる。

20

## 【0022】

また、請求項4に係る光モジュールの特徴は、光を発光する複数の発光素子が整列形成されるとともに前記複数の発光素子の少なくとも1つから発光された光をモニタするためのモニタ光を受光する少なくとも1つの受光素子が形成された光電変換装置と、前記複数の発光素子に対応する複数の光ファイバと、前記光電変換装置と前記複数の光ファイバとの間に配置され、前記複数の発光素子と前記複数の光ファイバの端面とを光学的に結合可能とされたレンズアレイとを備えた光モジュールであって、前記レンズアレイにおける前記光電変換装置に臨む第1の面に、前記複数の発光素子に対応する所定の整列方向に整列するように形成され、前記複数の発光素子ごとに発光された光がそれぞれ入射する前記発光素子と同数の複数の第1のレンズ面と、前記レンズアレイに、前記複数の発光素子と前記複数の光ファイバの端面とを結ぶ第1の光路上に位置するように凹入形成された第1の凹部と、この第1の凹部における一部の側面をなし、前記複数の第1のレンズ面に入射した光を所定の反射率で反射させるとともに所定の透過率で前記第1の光路側に屈折させつつ透過させ、その際に、前記複数の第1のレンズ面の少なくとも1つに入射した光を前記モニタ光として前記第1の光路から分岐して前記受光素子に向かう第2の光路側に反射させる反射/透過面と、前記レンズアレイに、前記第2の光路上に位置するように凹入形成された第2の凹部と、この第2の凹部における一部の側面をなし、前記反射/透過面側から入射した前記モニタ光を前記第2の凹部によって形成される空間内に出射する出射面と、前記第2の凹部における他の一部の側面に形成され、前記出射面から出射された前記モニタ光を前記受光素子に向けて全反射させる第1の全反射面とを備え、前記反射/透過面によって前記第1の光路側に透過された後の前記複数の第1のレンズ面に入射した光が、前記レンズアレイにおける前記光ファイバの端面に臨む第2の面から、前記複数の光ファイバの端面に向けてそれぞれ出射されるように形成され、前記複数の第1のレンズ面の面形状が、前記複数の発光素子からそれぞれ入射した光を収束させるような面形状に形成され、前記出射面が平坦面に形成され、前記複数の第1のレンズ面の面形状と、前記反射/

30

40

50

透過面以後の前記第 1 の光路の光路長が、前記第 2 の光路の光路長よりも小さく形成されていることと、このような前記第 2 の光路の光路長に対する前記反射 / 透過面以後の前記第 1 の光路の光路長の大小関係に応じて、前記第 2 の面に前記複数の第 1 のレンズ面に入射した光を前記複数の光ファイバの端面に向けてそれぞれ収束させつつ出射させる複数の第 2 のレンズ面が形成されていることに基づいて、前記複数の光ファイバの端面にそれぞれ結合される前記複数の発光素子ごとに発光された光のスポット径が、前記受光素子に結合される前記モニタ光のスポット径よりも小さくなるように形成されている点にある。

【 0 0 2 3 】

そして、この請求項 4 に係る発明によれば、各第 1 のレンズ面の面形状と、第 2 の光路の光路長に対して反射 / 透過面以後の第 1 の光路の光路長を小さく形成することと、このように大小関係に応じて第 2 の面に第 2 のレンズ面を形成することに基づいて、各光ファイバの端面に結合される各発光素子ごとの光のスポット径を受光素子に結合されるモニタ光のスポット径よりも小さくすることにより、モニタ光を確実に得ることができるとともに、レンズ面の数を削減して製造の容易化を実現することができる。すなわち、第 1 のレンズ面における収束作用によって、受光素子に結合されるモニタ光のスポット径を、第 2 の凹部の出射面にレンズ面を形成せずとも十分に小さくすることができるとともに、第 1 のレンズ面および第 2 のレンズ面における収束作用によって、各光ファイバの端面に結合される各発光素子ごとの光のスポット径を更に十分に小さくすることができるので、第 1 のレンズ面および第 2 のレンズ面以外のレンズ面を要しなくなる。

【 0 0 2 4 】

さらに、請求項 5 に係る光モジュールの特徴は、請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項において、更に、前記受光素子が前記複数の発光素子よりも前記第 1 の凹部に近い位置に配置され、かつ、前記レンズアレイに、前記複数の第 1 のレンズ面に入射した光を前記第 1 の凹部に向けて全反射させる第 2 の全反射面が形成され、さらに、前記第 2 の凹部が、前記複数の第 1 のレンズ面および前記第 2 の全反射面よりも前記第 1 の凹部に近い位置であって、前記反射 / 透過面に至る前の前記第 1 の光路外の位置に配置されていることによつて、前記反射 / 透過面に至る前の前記第 1 の光路が前記第 2 の光路に交差しないうように形成されている点にある。

【 0 0 2 5 】

そして、この請求項 5 に係る発明によれば、各光ファイバの端面に結合させる光とモニタ光との干渉を回避することができる。

【発明の効果】

【 0 0 2 6 】

本発明によれば、モニタ光を確実に得ることができるとともにレンズ面の数を削減して製造の容易化を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 2 7 】

【図 1】本発明に係る光モジュールの第 1 実施形態をレンズアレイの縦断面とともに示す概略構成図

【図 2】本発明に係る光モジュールの第 1 実施形態において、レンズアレイを示す平面図

【図 3】図 2 の右側面図

【図 4】図 2 の左側面図

【図 5】図 2 の下面図

【図 6】本発明に係る光モジュールの第 2 実施形態を示す概略構成図

【発明を実施するための形態】

【 0 0 2 8 】

(第 1 実施形態)

以下、本発明に係る光モジュールの第 1 実施形態について、図 1 乃至図 5 を参照して説明する。

【 0 0 2 9 】

図 1 に示すように、本実施形態における光モジュール 1 は、大別して、光電変換素装置 2 と、光ファイバ 3 と、これら光電変換素装置 2 と光ファイバ 3 との間に配置されたレンズアレイ 4 とによって構成されている。なお、図 1 に示すように、光電変換素装置 2 は、レンズアレイ 4 に図 1 における下方から臨んでおり、また、光ファイバ 3 は、レンズアレイ 4 に図 1 における左方から臨んでいる。

#### 【 0 0 3 0 】

ここで、まず光電変換素装置 2 について詳述すると、図 1 に示すように、光電変換装置 2 は、半導体基板 5 におけるレンズアレイ 4 に臨む面に、この面に対して垂直方向（図 1 における上方向）にレーザ光 L を出射（発光）する複数（図示はしないが、8 個）の発光素子 7 を有しており、これらの発光素子 7 は、垂直共振器面発光レーザ（V C S E L : Vertical Cavity Surface Emitting Laser）を構成している。なお、図 1 において、各発光素子 7 は、図 1 における紙面垂直方向に沿って整列形成されている。また、半導体基板 5 におけるレンズアレイ 4 に臨む面であって、各発光素子 7 に対する図 1 の左側近傍位置には、各発光素子 7 からそれぞれ出射されたレーザ光 L の出力（例えば、強度や光量）をモニタするためのモニタ光 M を受光する発光素子 7 と同数の複数の受光素子 8 が形成されている。なお、受光素子 8 は、発光素子 7 と同方向に整列形成されており、互いに対応する素子 7 , 8 同士の間で、整列方向における位置が互いに一致している。すなわち、受光素子 8 は、発光素子 7 と同一ピッチで形成されている。この受光素子 8 は、フォトディテクタであってもよい。また、受光素子 8 は、必ずしも発光素子 7 と同数設ける必要はなく、少なくとも 1 つ設ければよい。さらに、図示はしないが、光電変換装置 2 には、受光素子 8 によって受光されたモニタ光 M に基づいて発光素子 7 から発光されるレーザ光 L の出力を制御する公知の制御回路が接続されている。このような光電変換装置 2 は、その半導体基板 5 におけるレンズアレイ 4 に臨む一部の部位（図示せず）をレンズアレイ 4 の図示しない当接面に当接させるようにしてレンズアレイ 4 に対して対向配置されている。そして、この光電変換装置 2 は、公知の固定手段によってレンズアレイ 4 に取り付けられている。

#### 【 0 0 3 1 】

次に、光ファイバ 3 について詳述すると、本実施形態における光ファイバ 3 は、発光素子 7 および受光素子 8 に対応して、これら発光素子 7 および受光素子 8 と同数配設されており、各光ファイバ 3 は、図 1 における紙面垂直方向に沿って整列形成されている。また、各光ファイバ 3 は、発光素子 7 と同一ピッチで整列されている。さらに、各光ファイバ 3 は、そのレンズアレイ 4 に臨む端面（以下、単に端面と称する）側の部位が多芯一括型のコネクタ 10 内に保持された状態で公知の固定手段によってレンズアレイ 4 に取り付けられている。

#### 【 0 0 3 2 】

そして、レンズアレイ 4 は、このような光電変換装置 2 と各光ファイバ 3 との間に配置された状態で、光電変換素装置 2 の各発光素子 7 と各光ファイバ 3 の端面とを光学的に結合させるようになっている。

#### 【 0 0 3 3 】

次に、レンズアレイ 4 について詳述すると、図 1 に示すように、レンズアレイ 4 は、その縦断面の外形がほぼ台形状に形成され、また、図 2 に示すように、その平面形状が長方形形状に形成され、さらに、図 3 および図 4 に示すように、その側面形状がほぼ等脚台形状に形成されている。このレンズアレイ 4 は、例えば、樹脂材料やガラス材料等の同一の透光性材料を用いて一体的に形成することができる。この場合、レンズアレイ 4 の材料として樹脂材料（例えば、ポリアーテルイミド等）を選択すれば、レンズアレイ 4 ひいては光モジュール 1 を低コストでかつ効率的に製造することができる。

#### 【 0 0 3 4 】

図 1、図 2 および図 5 に示すように、レンズアレイ 4 の図 1 の下端面 4 a における右端部近傍位置には、直方体形状のザグリ部 12 が凹設されており、このザグリ部 12 の底面 12 a は、レンズアレイ 4 の下端面 4 a に平行に形成されている。そして、図 1 に示すよ

10

20

30

40

50

うに、ザグリ部 1 2 の底面 1 2 a には、光電変換素装置 2 が図 1 における下方から臨んでいる。すなわち、本実施形態においては、ザグリ部 1 2 の底面 1 2 a が、レンズアレイ 4 における光電変換素装置 2 に臨む第 1 の面となる。そして、ザグリ部 1 2 の底面 1 2 a には、発光素子 7 と同数の複数 ( 8 個 ) の平面円形状の第 1 のレンズ面 ( 凸レンズ面 ) 1 4 が、発光素子 7 に対応する所定の整列方向すなわち発光素子 7 の整列方向と同方向 ( 図 1 における紙面垂直方向、図 2、5 における縦方向 ) に整列するように形成されている。これら複数の第 1 のレンズ面 1 4 は、発光素子 7 と同一ピッチで形成されるとともに、各第 1 のレンズ面 1 4 上の光軸 O A ( 1 ) が、互いに平行かつ対応する発光素子 7 から出射されるレーザ光 L の中心軸に一致している。また、各第 1 のレンズ面 1 4 の光軸 O A ( 1 ) は、ザグリ部 1 2 の底面 1 2 a の面法線に平行とされている。各第 1 のレンズ面 1 4 には、各第 1 のレンズ面 1 4 にそれぞれ対応する各発光素子 7 ごとに出射されたレーザ光 L が入射するようになっており、各第 1 のレンズ面 1 4 は、入射した各発光素子 7 ごとのレーザ光 L をそれぞれ透過させてレンズアレイ 4 の内部へと進行させるようになっている。

10

#### 【 0 0 3 5 】

そして、本実施形態において、各第 1 のレンズ面 1 4 は、その面形状が、各発光素子 7 側から入射した各発光素子 7 ごとのレーザ光 ( 光束 ) L をそれぞれ収束させるような面形状に形成されている。このような面形状は、例えば、第 1 のレンズ面 1 4 のパワーによって規定すればよい。したがって、本実施形態によれば、各発光素子 7 ごとのレーザ光 L を第 1 のレンズ面 1 4 において収束させた上で、レンズアレイ 4 の内部へと進行させることができる。

20

#### 【 0 0 3 6 】

また、図 1 および図 3 に示すように、レンズアレイ 4 における各第 1 のレンズ面 1 4 に対するレーザ光 L の透過側の位置すなわちレンズアレイ 4 の図 1 における右上端部には、レンズアレイ 4 の角部を削落したような第 2 の全反射面 4 c が形成されており、この第 2 の全反射面 4 c は、各第 1 のレンズ面 1 4 に図 1 における上方において対向している。図 1 に示すように、第 2 の全反射面 4 c は、図 1 における横方向を基準 ( 0 ° ) として図 1 における時計回りに 4 5 度の角度を有する傾斜面に形成されている。このように形成された第 2 の全反射面 4 c には、各第 1 のレンズ面 1 4 を透過した各発光素子 7 ごとのレーザ光 L が、図 1 における下方から臨界角以上の入射角で入射するようになっている。このとき、この第 2 の全反射面 4 c に入射する時点における各発光素子 7 ごとのレーザ光 L は、各第 1 のレンズ面 1 4 における収束作用によって、各第 1 のレンズ面 1 4 を透過した直後における各発光素子 7 ごとのレーザ光 L よりも縮径されている。そして、第 2 の全反射面 4 c は、入射した各発光素子 7 ごとのレーザ光 L を図 1 における左方向に向けて直角に全反射させるようになっている。このとき、この第 2 の全反射面 4 c における全反射直後の各発光素子 7 ごとのレーザ光 L は、各第 1 のレンズ面 1 4 における収束作用によって、第 2 の全反射面 4 c に入射する時点における各発光素子 7 ごとのレーザ光 L よりも縮径されている。

30

#### 【 0 0 3 7 】

さらに、図 1、図 2 および図 5 に示すように、レンズアレイ 4 における第 2 の全反射面 4 c に対するレーザ光 L の全反射側の位置すなわち第 2 の全反射面 4 c に対する図 1 における左方位置には、縦断面形状がほぼ等脚台形状を呈する第 1 の凹部 1 6 が配置されている。図 1 に示すように、第 1 の凹部 1 6 は、レンズアレイ 4 の図 1 における上端面 4 d に、各発光素子 7 と各光ファイバ 3 の端面とを結ぶ第 1 の光路上に位置するように凹入形成されている。

40

#### 【 0 0 3 8 】

図 1 に示すように、第 1 の凹部 1 6 には、この第 1 の凹部 1 6 における一部の側面 ( 図 1 における右側面 ) をなす平坦な反射 / 透過面 1 7 が形成されている。この反射 / 透過面 1 7 は、図 1 における上端辺および下端辺が第 1 のレンズ面 1 4 の整列方向に平行かつ上端辺が下端辺よりも第 2 の全反射面 4 c 側に位置するような傾斜面であって、その面法線

50

が、第2の全反射面4cにおける各発光素子7ごとのレーザ光Lの全反射方向(図1における左方向)に直交する方向に対して傾きを有するような傾斜面に形成されている。この反射/透過面17には、第2の全反射面4cによって全反射された各発光素子7ごとのレーザ光Lが、図1における右方からそれぞれ入射するようになっている。このとき、反射/透過面17に入射する時点における各発光素子7ごとのレーザ光Lは、各第1のレンズ面14における収束作用によって、第2の全反射面4cにおける全反射直後の各発光素子7ごとのレーザ光Lよりも縮径されている。そして、反射/透過面17は、入射した各発光素子7ごとのレーザ光Lを、フレネル反射によって所定の反射率でそれぞれ反射させるとともに所定の透過率でそれぞれ第1の光路側に透過させるようになっている。その際に、反射/透過面17は、各発光素子7ごとのレーザ光Lのそれぞれのうちの一部分(反射率分の光)を、各発光素子7にそれぞれ対応する各発光素子7ごとのモニタ光Mとして、第2の光路側へと反射させるようになっている。ただし、第2の光路とは、第1の光路から分岐して受光素子8に向かう光路、換言すれば、反射/透過面17を始端とするとともに受光素子8を終端としたモニタ光Mの光路のことをいう。なお、レンズアレイ4をポリエーテルイミドのみによって形成する場合には、反射/透過面17は、第2の全反射面4c側から入射した各発光素子7ごとのレーザ光Lを5.88[%]の反射率(光量のロスとしては-12.3[dBm])で反射し、残余のレーザ光Lを透過させることになる。また、反射/透過面17によって透過される各発光素子7ごとのレーザ光Lは、スネルの法則によって屈折されるようになっている。

10

【0039】

20

また、図1に示すように、第1の凹部16には、反射/透過面17に対するレーザ光Lの透過側の位置に、第1の凹部16における他の一部の側面(図1における左側面)をなす平坦な第1の屈折面18が形成されている。この第1の屈折面18は、図1における上端辺および下端辺が第1のレンズ面14の整列方向に平行かつ上端辺が下端辺よりも光ファイバ3側に位置するような傾斜面であって、その面法線が、第2の全反射面4cにおける各発光素子7ごとのレーザ光Lの全反射方向に直交する方向に対して傾きを有するような傾斜面に形成されている。この第1の屈折面18には、反射/透過面17を透過して第1の凹部16がなす空間(空気)内を進行してきた各発光素子7ごとのレーザ光Lが入射するようになっている。そして、第1の屈折面18は、入射した各発光素子7ごとのレーザ光Lを、その進行方向が各光ファイバ3の端面における光軸OA(f)に一致するようにスネルの法則にしたがって屈折させて透過させるようになっている。なお、本実施形態において、第1の屈折面18における各発光素子7ごとのレーザ光Lの屈折方向は、第2の全反射面4cにおける各発光素子7ごとのレーザ光Lの全反射方向に平行となっている。

30

【0040】

さらに、本実施形態において、第1の屈折面18において屈折された各発光素子7ごとのレーザ光Lは、レンズアレイ4の内部を図1における左方向に向かって進行した後に、レンズアレイ4における第2の面としてのレンズアレイ4の図1における左端面4bにレンズアレイ4の内部から入射(到達)するようになっている。ここで、このレンズアレイ4の左端面4bの面法線は、各光ファイバ3の端面における光軸OA(f)に平行となっているため、レンズアレイ4の左端面4bには、第1の屈折面18において屈折された各発光素子7ごとのレーザ光Lがそれぞれ垂直入射するようになっている。このとき、このレンズアレイ4の左端面4bに入射する時点における各発光素子7ごとのレーザ光Lは、各第1のレンズ面14における収束作用によって、反射/透過面17に入射する時点における各発光素子7ごとのレーザ光Lよりも縮径されている。そして、レンズアレイ4の左端面4bに入射した各発光素子7ごとのレーザ光Lは、左端面4bを透過することによって左端面4bから各光ファイバ3の端面に向けてそれぞれ出射されるようになっている。このようにして、各発光素子7ごとのレーザ光Lが、各光ファイバ3の端面にそれぞれ結合されることになる。

40

【0041】

50

さらにまた、図1、図2および図5に示すように、レンズアレイ4における反射/透過面17に対する各発光素子7ごとのモニタ光Mの進行方向側の位置には、縦断面形状がほぼ台形状を呈する第2の凹部20が配置されている。図1に示すように、第2の凹部20は、レンズアレイ4の図1における下端面4aに、第2の光路上に位置するように凹入形成されている。また、第2の凹部20は、その図1における右端部を介して前述したザグリ部12に連通されており、これら第2の凹部20とザグリ部12とは、図5に示すように、第1のレンズ面14の整列方向の幅寸法が互いに同一とされた一体の凹形状を呈している。

#### 【0042】

図1に示すように、第2の凹部20には、この第2の凹部20における一部の側面(図1における左側面)をなす出射面としての第2の屈折面21が形成されており、この第2の屈折面21には、反射/透過面17において発生してレンズアレイ4の内部における第2の光路上を進行(直進)してきた各発光素子7ごとのモニタ光Mが、反射/透過面17側から入射するようになっている。この第2の屈折面21は、図1における上端辺および下端辺が第1のレンズ面14の整列方向に平行かつ下端辺が上端辺よりも第1の凹部16側に位置するような傾斜面であって、その面法線が、各発光素子7ごとのモニタ光Mの入射方向に対して傾きを有するような傾斜面に形成されている。この第2の屈折面21は、反射/透過面17側から入射した各発光素子7ごとのモニタ光Mを、スネルの法則にしたがって屈折させて透過させることによって、これら各発光素子7ごとのモニタ光Mを、第2の凹部20によって形成される空間内における第2の光路側に出射するようになっている。なお、このとき、第2の屈折面21に入射した各発光素子7ごとのモニタ光Mは、フレネル反射に相当する光のロス(レンズアレイ4をポリエーテルイミドのみによって形成する場合には、 $-0.26$  [dBm])が生じるが、大部分のモニタ光Mが第2の光路側に出射されるようになっている。

#### 【0043】

また、図1に示すように、第2の凹部20は、第2の屈折面21に対するモニタ光Mの出射側の位置に、第2の凹部20における他の一部の側面(図1における右側面)をなす第1の全反射面23を有している。図1に示すように、第1の全反射面23は、第2の屈折面21に図1における右方において対向しているとともに、光電変換素装置2の各受光素子8に図1における上方において対向している。この第1の全反射面23は、図1における横方向を基準( $0^\circ$ )とした図1における時計回りへの傾斜角が第2の全反射面4cの傾斜角よりも大きく形成されていてもよいし、または、同角度に形成されていてもよい。なお、この第1の全反射面23の傾斜角は、モニタ光Mの全反射方向が第1のレンズ面14の光軸OA(1)に平行となるような傾斜角であることがより好ましい。そのようにすれば、光電変換素装置2の取り付け精度を緩和することができ、光モジュール1の製造効率を向上させることができる。このように形成された第1の全反射面23には、第2の屈折面21から出射された各発光素子7ごとのモニタ光Mが、図1における左上方からそれぞれ臨界角以上の入射角で入射するようになっている。そして、第1の全反射面23は、入射した各発光素子7ごとのモニタ光Mを各モニタ光にそれぞれ対応する各受光素子8に向けて全反射させるようになっている。このようにして、各発光素子7ごとのモニタ光Mが、各受光素子8にそれぞれ結合されることになる。なお、一般に、フォトディテクタ等の受光素子8は、 $-20$  [dBm]程度の光は十分に検知することができるので、モニタ光Mの光量は、受光素子8による検知に問題がない十分な光量である。

#### 【0044】

さらに、本実施形態においては、図1に示すように、レンズアレイ4の左端面4bおよび第2の屈折面21の双方が、平坦面に形成されており、レンズ面を有しない面となっている。

#### 【0045】

さらにまた、本実施形態においては、第1~第3の特徴事項に基づいて(主要因として)、各光ファイバ3の端面にそれぞれ結合される各発光素子7ごとのレーザ光Lのスポッ

10

20

30

40

50

ト径（以下、ファイバ側スポット径と称する）が、各受光素子 8 にそれぞれ結合される各発光素子 7 ごとのモニタ光 M のスポット径（以下、モニタ側スポット径と称する）よりも小さくなるように形成されている。

【 0 0 4 6 】

ここで、第 1 の特徴事項とは、前述のように、各第 1 のレンズ面 1 4 の面形状が、各発光素子 7 ごとのレーザ光 L を収束することができる面形状に形成されていることである。

【 0 0 4 7 】

また、第 2 の特徴事項とは、第 2 の光路の光路長に対する反射 / 透過面 1 7 以後の第 1 の光路の光路長の大小関係である。

【 0 0 4 8 】

さらに、第 3 の特徴事項とは、レンズアレイ 4 の左端面 4 b に各発光素子 7 ごとのレーザ光 L を各光ファイバ 3 の端面に向けてそれぞれ収束させつつ出射させる各第 1 のレンズ面 1 4 と同数の第 2 のレンズ面が形成されていることの有無であり、この有無は、第 2 の特徴事項における大小関係に応じて左右される。

【 0 0 4 9 】

ただし、本実施形態における第 2 の特徴事項の具体的な内容は、反射 / 透過面 1 7 以後の第 1 の光路の光路長すなわち反射 / 透過面 1 7 から各光ファイバ 3 の端面までの光路長（但し、空気換算長）が、第 2 の光路の光路長すなわち反射 / 透過面 1 7 から各受光素子 8 までの光路長（但し、空気換算長）よりも大きく形成されていることとされている。また、本実施形態における第 3 の特徴事項の具体的な内容は、図 1 に示すように、レンズアレイ 4 の左端面 4 b に第 2 のレンズ面が形成されていないこととされている。

【 0 0 5 0 】

そして、本実施形態においては、このような第 1 ~ 第 3 の特徴事項に基づいてファイバ側スポット径がモニタ側スポット径よりも小さくなるように形成されていることによって、光ファイバ 3 および受光素子 8 の設計の実情に見合った構成をとりつつレンズ面の数を制限することができるようになっている。その理由は以下の通りである。

【 0 0 5 1 】

すなわち、まず、一般的に、受光素子 8 の受光面は、光ファイバ 3 の端面よりも大きく設計されており、また、受光素子 8 に求められる光結合効率も、光ファイバ 3 に比べて大幅に緩和されたものとなっているため、モニタ側スポット径の許容最大径は、ファイバ側スポット径の許容最大径よりも大きく設計されている。このため、本実施形態のようなファイバ側スポット径とモニタ側スポット径との大小関係は、受光素子 8 へのモニタ光 M の結合および光ファイバ 3 の端面へのレーザ光 L の結合に悪影響を及ぼすものとはならない。寧ろ、モニタ側スポット径をある程度大きくすることが許されることにより、光電変換素装置 2 の取り付け精度を緩和することができるので、光モジュール 1 の製造の容易化の観点から好ましい構成であるといえる。したがって、ファイバ側スポット径がモニタ側スポット径よりも小さくなるように形成することは、ファイバ 3 および受光素子 8 の設計の実情に見合った構成であるといえる。

【 0 0 5 2 】

そして、このような構成を第 1 ~ 第 3 の特徴事項に基づいて実現することによって、レンズ面の数を制限することができる。すなわち、本実施形態においては、反射 / 透過面 1 7 以後の第 1 の光路上を進行するレーザ光 L を、第 1 のレンズ面 1 4 における収束作用（第 1 の特徴事項による作用）を受けた収束光にすることができるため、このレーザ光 L を、反射 / 透過面 1 7 以後の第 1 の光路上を進行する過程において次第に縮径させていくことができる。そこで、本実施形態における第 2 の特徴事項のように、反射 / 透過面 1 7 以後の第 1 の光路の光路長を第 2 の光路の光路長よりも大きくとれば、反射 / 透過面 1 7 以後の第 1 の光路内においてレーザ光 L が縮径される度合いを、第 2 の光路内においてモニタ光 M が縮径される度合いよりも大きくすることができる。したがって、このような第 2 の特徴事項に応じて、たとえ、レンズアレイ 4 の左端面 4 b に第 2 のレンズ面を形成しなくても（第 3 の特徴事項）、ファイバ側スポット径をモニタ側スポット径よりも小さくす

10

20

30

40

50

ることができる。また、本実施形態においては、反射/透過面17以後の第1の光路上を進行するレーザ光Lと、第2の光路上を進行するモニタ光Mとを、これらの元となる第1のレンズ面14を透過するレーザ光Lの段階において、この第1のレンズ面14によって十分に収束させることができる。このため、本実施形態のように、第2のレンズ面が形成されていないとともに第2の屈折面21上にモニタ光Mを収束させるためのレンズ面が形成されていない構成であっても、ファイバ側スポット径およびモニタ側スポット径をそれぞれの許容最大径（例えば、ファイバ側スポット径についてはコア径に相当する50 $\mu$ m、モニタ側スポット径については受光素子の受光面の大きさに相当する100 $\mu$ m）以内に抑えるような設計が可能となる。なお、ファイバ側スポット径およびモニタ側スポット径を許容最大径以内に抑えるためには、第1のレンズ面14の具体的なパワー、反射/透過面17以後の第1の光路の光路長の具体的な値、第2の光路長の具体的な値等を選定する設計が必要であるが、少なくとも第1～第3の特徴事項を前提とすれば、そのような設計を無理なく簡便に行うことができる。したがって、本実施形態によれば、レンズアレイ4の左端面4bに第2のレンズ面を形成しないとともに、第2の屈折面21にモニタ光Mを収束させるためのレンズ面を形成しなくても、光ファイバ3の端面へのレーザ光Lの結合および受光素子8へのモニタ光Mの結合に無理が生じることもない。

10

**【0053】**

このような理由から、本実施形態においては、第1～第3の特徴事項に基づいてファイバ側スポット径がモニタ側スポット径よりも小さくなるように形成されていることによって、光ファイバ3および受光素子8の設計の実情に見合った構成をとりつつレンズ面の数を制限することができるようになっている。

20

**【0054】**

上記構成に加えて、さらに、本実施形態においては、図1に示すように、各受光素子8が各発光素子7よりも第1の凹部16に近い位置に配置され、また、レンズアレイ4に第2の全反射面4cが形成され、さらに、第2の凹部20が、各第1のレンズ面14および各第2の全反射面4cよりも第1の凹部16に近い位置であって反射/透過面17に至る前の第1の光路外の位置に配置されている。そして、このことによって、反射/透過面17に至る前の第1の光路が第2の光路に交差しないように形成されている。このような構成によれば、各光ファイバ3の端面に結合させるレーザ光Lとモニタ光Mとの干渉を回避することができる。

30

**【0055】**

さらに、本実施形態において、第1の凹部16は、レンズアレイ4の上端面4dの面法線方向（図1における上方）から見た場合に、第1の凹部16における底面（図1における下端部）16aおよび全ての側面16b、16c、17、18が、第1の凹部16における開口部16dの外形によって示される範囲以内に収まるような形状に形成されている。また、本実施形態において、第2の凹部20は、レンズアレイ4の下端面4aの面法線方向（図1における下方）から見た場合に、第2の凹部20における底面（図1における上端面）20aおよび全ての側面20b、20c、21、23が、第2の凹部20における開口部20dの外形によって示される範囲以内に収まるような形状に形成されている。さらに、本実施形態において、ザグリ部12は、レンズアレイ4の下端面4aの面法線方向から見た場合に、底面12aおよび全ての側面12b、12c、12dが、開口部12eの外形によって示される範囲以内に収まるような形状に形成されている。このような構成によれば、第1の凹部16、第2の凹部20およびザグリ部12を、金型からの離型性を確保することができる形状に形成することができるので、金型を用いたレンズアレイ4の効率的な製造を実現することができる。

40

**【0056】**

以上述べたように、本実施形態によれば、第1のレンズ面14における収束作用によって、モニタ側スポット径を、第2の屈折面21にレンズ面を形成せずとも十分に小さくすることができるとともに、第1のレンズ面14における収束作用および反射/透過面17以後の第1の光路の光路長によって、ファイバ側スポット径を、レンズアレイ4の左端面

50

4 b にレンズ面を形成せずとも更に十分に小さくすることができるので、第 1 のレンズ面 1 4 以外のレンズ面を要しなくなる。これにより、モニタ光 M を確実に得ることができるとともに、レンズ面の数を削減して製造の容易化を実現することができる。さらに、本実施形態によれば、モニタ側スポット径をファイバ側スポット径よりも大きくとることができるので、光電変換素装置 2 の実装精度を緩和することができ、更なる製造の容易化を図ることができる。

【 0 0 5 7 】

( 変形例 )

次に、第 1 実施形態の変形例においては、第 1 の特徴事項、第 3 の特徴事項、レンズアレイ 4 の左端面 4 b の面形状 ( 平坦面 )、第 2 の屈折面 2 1 の面形状 ( 平坦面 ) およびファイバ側スポット径とモニタ側スポット径との大小関係については図 1 に示した構成と同様に、第 2 の特徴事項の具体的な内容のみを図 1 に示した構成と異ならせるようにする。

10

【 0 0 5 8 】

すなわち、本変形例における第 2 の特徴事項の具体的な内容は、反射 / 透過面 1 7 以後の第 1 の光路の光路長 ( 空気換算長 ) が、第 2 の光路の光路長 ( 空気換算長 ) よりも小さく形成されているとともに、反射 / 透過面 1 7 以後の第 1 の光路の光路長に対する第 2 の光路の光路長の割合が所定値以上の割合に形成されていることとする。

【 0 0 5 9 】

このように構成された本変形例においては、第 2 の光路の光路長に対する反射 / 透過面 1 7 以後の第 1 の光路の光路長の大小関係が、図 1 に示した構成とは逆になっている。

20

【 0 0 6 0 】

本変形例は、第 1 の全反射面 2 3 において全反射されたモニタ光 M が、全反射された後に最も縮径される位置 ( 換言すれば、第 1 のレンズ面 1 4 から第 1 の全反射面 2 3 までの光路を形成する光学系の像側の焦点 ) よりも第 1 の全反射面 2 3 から遠い位置において受光素子 8 に結合されるように構成することによって実現することができる。前述した反射 / 透過面 1 7 以後の第 1 の光路の光路長に対する第 2 の光路の光路長の割合の所定値は、本変形例における第 2 の光路の末端が、モニタ光 M が最も縮径される位置よりも遠い位置にあることを規定するための値となっている。

【 0 0 6 1 】

30

このような本変形例の光モジュール 1 は、例えば、受光素子 8 を、図 1 に示した光モジュール 1 の受光素子 8 よりも第 1 の全反射面 2 3 に対してモニタ光の全反射方向側に更に離間した位置に配置することによって具現化するようにしてもよい。ただし、この場合には、第 1 の全反射面 2 3 におけるモニタ光の全反射方向が発光素子 7 からのレーザ光 L の出射方向と平行でなければ、発光素子 7 によって出射されるレーザ光 L を第 1 のレンズ面 1 4 に適正に入射させるために、例えば、発光素子 7 と受光素子 8 との距離を図 1 に示したものよりも大きくとる必要がある。

【 0 0 6 2 】

このように構成された本変形例の光モジュール 1 においても、ファイバ側スポット径をモニタ側スポット径よりも小さくすることができる。なお、第 1 のレンズ面 1 4 における収束作用を活用してモニタ側スポット径を許容限度以内に抑えるためには、前述した反射 / 透過面 1 7 以後の第 1 の光路の光路長に対する第 2 の光路の光路長の割合に所定の上限値を定めるようにすればよい。

40

【 0 0 6 3 】

また、本変形例の範疇には、レンズアレイ 4 の左端面 4 b を図 1 に示したものよりも右方に配置するとともに、光ファイバ 3 を図 1 に示したものよりも右方に配置することによって、反射 / 透過面 1 7 以後の第 1 の光路の光路長を短くする構成も含まれることになる。このような構成を採用する場合には、ファイバ側スポット径を許容限度以内に抑えるために、第 1 のレンズ面 1 4 のパワーを図 1 に示したものよりも強くして、第 1 のレンズ面 1 4 における収束作用を高めるようにすればよい。

50

## 【0064】

このように構成された本変形例によれば、第1のレンズ面14における収束作用によって、モニタ側スポット径を、第2の屈折面21にレンズ面を形成せずとも十分に小さくすることができる。また、第1のレンズ面14における収束作用と、第2の光路の光路長が十分に大きいこととともなってモニタ光Mが第1の全反射面23において全反射された後に最も縮径される位置よりも第1の全反射面23から遠い位置においてファイバ側スポット径に比べて相対的に大きなスポット径を有した状態で受光されることとによって、ファイバ側スポット径を、レンズアレイ4の左端面4bにレンズ面を形成せずとも十分に小さくすることができる。この結果、本変形例によれば、図1に示した構成と同様に、第1のレンズ面14以外のレンズ面を要しなくなる。

10

## 【0065】

(第2実施形態)

次に、本発明に係る光モジュールの第2実施形態について、第1実施形態との差異を中心として、図6を参照して説明する。

## 【0066】

なお、第1実施形態と基本的な構成が同一もしくはこれに類する箇所については、同様の符号を用いて説明する。

## 【0067】

図6に示すように、本実施形態における光モジュール27は、レンズアレイ4におけるレンズアレイ4の構成部として、レンズアレイ4の左端面4bに形成された第2のレンズ面28(凸レンズ面)を有している。なお、第2のレンズ面28は、第1のレンズ面14の整列方向と同方向に沿って、第1のレンズ面14と同数かつ同ピッチで整列配置されている。また、各第2のレンズ面28における光軸OA(2)は、各第2のレンズ面28にそれぞれ対応する各光ファイバ3の端面における光軸OA(f)にそれぞれ一致している。これら各第2のレンズ面28には、反射/透過面17によって第1の光路側に透過された後に第1の屈折面18によって屈折された各発光素子7ごとのレーザ光Lが、図6における右方からそれぞれ入射するようになっている。そして、各第2のレンズ面28は、入射した各発光素子7ごとのレーザ光Lを、対応する各光ファイバ3の端面に向けてそれぞれ収束させつつ出射させるようになっている。したがって、本実施形態においては、各発光素子7ごとのレーザ光Lが、各第2のレンズ面28を介して各光ファイバ3の端面に結合するようになっている。

20

30

## 【0068】

さらに、本実施形態においては、第2の特徴事項の具体的な内容および第3の特徴事項の具体的な内容が第1実施形態とは異なっている。すなわち、本実施形態における第2の特徴事項の具体的な内容は、反射/透過面17以後の第1の光路の光路長すなわち反射/透過面17から各光ファイバ3の端面までの光路長(但し、空気換算長)が、第2の光路の光路長すなわち反射/透過面17から各受光素子8までの光路長(但し、空気換算長)よりも小さく形成されていることとなっている。また、本実施形態における第3の特徴事項の具体的な内容は、前述のように、レンズアレイ4の左端面4bに第2のレンズ面28が形成されていることとなっている。

40

## 【0069】

ここで、本実施形態においては、第2の特徴事項に示したように、反射/透過面17以後の第1の光路の光路長が第2の光路長よりも短くなっているため、反射/透過面17以後の第1の光路においてレーザ光Lが縮径される度合いが、図1に示した構成よりも小さくなっている。しかしながら、本実施形態においては、このような第2の特徴事項に応じて、レンズアレイ4の左端面4bに第2のレンズ面28を形成したため(第3の特徴事項)、たとえば、反射/透過面17以後の第1の光路においてレーザ光Lを十分に縮径させることができなくても、第2のレンズ面28で独自にレーザ光Lを収束させることができる。これにより、本実施形態においても、ファイバ側スポット径をモニタ側スポット径よりも小さくすることができる。

50

## 【 0 0 7 0 】

その他の構成については、図 1 に示した光モジュール 1 と同様である。

## 【 0 0 7 1 】

したがって、本実施形態によれば、第 1 のレンズ面 1 4 における収束作用によって、モニタ側スポット径を、第 2 の屈折面 2 1 にレンズ面を形成せずとも十分に小さくすることができるとともに、第 1 のレンズ面 1 4 および第 2 のレンズ面 2 8 における収束作用によって、ファイバ側スポット径を更に十分に小さくすることができるので、第 1 のレンズ面 1 4 および第 2 のレンズ面 2 8 以外のレンズ面を要しなくなる。

## 【 0 0 7 2 】

(変形例)

次に、第 2 実施形態の変形例においては、第 1 の特徴事項、第 3 の特徴事項、第 2 の屈折面 2 1 の面形状 (平坦面) およびファイバ側スポット径とモニタ側スポット径との大小関係については図 6 に示した構成と同様にして、第 2 の特徴事項の具体的な内容のみを図 6 に示した構成と異ならせるようにする。

## 【 0 0 7 3 】

すなわち、本変形例における第 2 の特徴事項の具体的な内容は、反射 / 透過面 1 7 以後の第 1 の光路の光路長 (空気換算長) が、第 2 の光路の光路長 (空気換算長) と等しい大きさに形成されていることとする。

## 【 0 0 7 4 】

ここで、本変形例においては、反射 / 透過面 1 7 以後の第 1 の光路の光路長が図 6 に示したものよりも大きく形成されているものの、第 2 の光路長を上回ってはいないため、反射 / 透過面 1 7 以後の第 1 の光路においてレーザ光 L が縮径される度合いが、図 1 に示した構成よりも小さくなっている。しかしながら、本変形例においては、このような第 2 の特徴事項に応じて、レンズアレイ 4 の左端面 4 b に第 2 のレンズ面 2 8 を形成したため (第 3 の特徴事項)、たとえば、反射 / 透過面 1 7 以後の第 1 の光路においてレーザ光 L を十分に縮径させることができなくても、第 2 のレンズ面 2 8 で独自にレーザ光 L を収束させることができる。これにより、本実施形態においても、ファイバ側スポット径をモニタ側スポット径よりも小さくすることができる。

## 【 0 0 7 5 】

その他の構成については、図 6 に示した光モジュール 1 と同様である。

## 【 0 0 7 6 】

したがって、本変形例によれば、第 1 のレンズ面 1 4 における収束作用によって、モニタ側スポット径を、第 2 の屈折面 2 1 にレンズ面を形成せずとも十分に小さくすることができるとともに、第 1 のレンズ面 1 4 および第 2 のレンズ面 2 8 における収束作用によって、ファイバ側スポット径を更に十分に小さくすることができるので、第 1 のレンズ面 1 4 および第 2 のレンズ面 2 8 以外のレンズ面を要しなくなる。

## 【 0 0 7 7 】

なお、本発明は、前述した実施の形態に限定されるものではなく、必要に応じて種々変更することができる。

## 【符号の説明】

## 【 0 0 7 8 】

- 1 光モジュール
- 2 光電変換素装置
- 3 光ファイバ
- 4 レンズアレイ
- 5 光ファイバ
- 7 発光素子
- 8 受光素子
- 1 4 第 1 のレンズ面
- 1 6 第 1 の凹部

10

20

30

40

50





---

フロントページの続き

(74)代理人 100148068

弁理士 高橋 洋平

(72)発明者 森岡 心平

埼玉県川口市並木2丁目30番1号 株式会社エンプラス内

審査官 吉田 英一

(56)参考文献 特開2010-262222(JP,A)

特開2009-145656(JP,A)

特表2006-520491(JP,A)

米国特許出願公開第2004/0264881(US,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 6/42

H01S 5/022