

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4902044号
(P4902044)

(45) 発行日 平成24年3月21日(2012.3.21)

(24) 登録日 平成24年1月13日(2012.1.13)

(51) Int.Cl.

F I

H O 1 S 5/022 (2006.01)

H O 1 S 5/022

H O 1 L 31/0232 (2006.01)

H O 1 L 31/02

D

H O 1 S 5/40 (2006.01)

H O 1 L 31/02

C

H O 4 B 10/02 (2006.01)

H O 1 S 5/40

H O 4 B 10/28 (2006.01)

H O 4 B 9/00

W

請求項の数 25 (全 33 頁)

(21) 出願番号 特願2000-284426 (P2000-284426)
 (22) 出願日 平成12年9月19日(2000.9.19)
 (65) 公開番号 特開2001-160647 (P2001-160647A)
 (43) 公開日 平成13年6月12日(2001.6.12)
 審査請求日 平成19年1月9日(2007.1.9)
 (31) 優先権主張番号 特願平11-271455
 (32) 優先日 平成11年9月24日(1999.9.24)
 (33) 優先権主張国 日本国(JP)

(73) 特許権者 000005049
 シャープ株式会社
 大阪府大阪市阿倍野区長池町2番2号
 (74) 代理人 100078282
 弁理士 山本 秀策
 (72) 発明者 河西 秀典
 大阪府大阪市阿倍野区長池町2番2号
 シャープ株式会社内
 (72) 発明者 猪岡 稔裕
 大阪府大阪市阿倍野区長池町2番2号
 シャープ株式会社内
 (72) 発明者 下中 淳
 大阪府大阪市阿倍野区長池町2番2号
 シャープ株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体レーザ装置、光伝送装置、光伝送システム、電子機器、制御装置、接続コネクタ、通信装置、ならびに光伝送方法、データ送受信方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

半導体レーザチップと、
 該半導体レーザチップを封止する封止部とを備え、
 該半導体レーザチップが複数の発光部を有し、
 該封止部は、該半導体レーザチップを封止する、該複数の発光部からの光を透過させる領域を有するキャップと、該半導体レーザチップを該キャップの上から封止する、該複数の発光部からの光を拡散させる光拡散機能を持つよう、屈折率が異なる樹脂材料を混入して構成されているモールド樹脂とを有する、半導体レーザ装置。

【請求項2】

半導体レーザチップと、
 該半導体レーザチップを封止する封止部とを備え、
 該半導体レーザチップが幅7μm以上の発光部を有し、
 該封止部は、該半導体レーザチップを封止する、該発光部からの光を透過させる領域を有するキャップと、該半導体レーザチップを該キャップの上から封止する、該発光部からの光を拡散させる光拡散機能を持つよう、屈折率が異なる樹脂材料を混入して構成されているモールド樹脂とを有する、半導体レーザ装置。

【請求項3】

複数の半導体レーザチップと、
 該複数の半導体レーザチップを封止する封止部とを備え、

10

20

該封止部は、該複数の半導体レーザチップを封止する、該複数の半導体レーザチップからの光を透過させる領域を有するキャップと、該複数の半導体レーザチップを該キャップの上から封止する、該複数の半導体レーザチップからの光を拡散させる光拡散機能を持つよう、屈折率が異なる樹脂材料を混入して構成されているモールド樹脂とを有する、半導体レーザ装置。

【請求項 4】

前記半導体レーザチップの複数の発光部は、全て同じ波長帯域で発振する請求項 1 に記載の半導体レーザ装置。

【請求項 5】

前記複数の半導体レーザチップは、全て同じ波長帯域で発振する請求項 3 に記載の半導体レーザ装置。

【請求項 6】

前記半導体レーザチップの複数の発光部のうちの少なくとも 2 つは、異なる波長帯域で発振する請求項 1 に記載の半導体レーザ装置。

【請求項 7】

前記複数の半導体レーザチップのうちの少なくとも 2 つは、異なる波長帯域で発振する請求項 3 に記載の半導体レーザ装置。

【請求項 8】

前記複数の半導体レーザチップが並列に接続される請求項 3 に記載の半導体レーザ装置。

【請求項 9】

請求項 1 ～ 3 のいずれかに記載の半導体レーザ装置を光源として用いる光伝送装置。

【請求項 10】

異なる複数の波長を独立して発振可能な発光素子と、複数の波長を選択的に受信可能な受光素子と、を備える光伝送装置であって、

該発光素子として請求項 1 ～ 3 のいずれかに記載の半導体レーザ装置を用いる、光伝送装置。

【請求項 11】

異なる複数の波長を独立して発振可能な発光素子と、複数の波長を選択的に受信可能な受光素子と、を備える光伝送装置であって、

該発光素子には、請求項 1 ～ 3 のいずれかに記載の半導体レーザ装置が用いられており、

該発光素子の発振と該受光素子の受信とが同時に動作する光伝送装置。

【請求項 12】

前記受光素子によって受信された波長を判別して、前記発光素子が該受信された波長以外の波長を発振する請求項 11 に記載の光伝送装置。

【請求項 13】

前記受光素子は少なくとも 2 つであり、

一方の受光素子は第 1 の樹脂によって、他方の受光素子は第 2 の樹脂によってそれぞれモールドされ、

該第 1 の樹脂を透過する波長の範囲は、該第 2 の樹脂を透過する波長の範囲と重ならない請求項 11 に記載の光伝送装置。

【請求項 14】

前記受光素子は少なくとも 2 つであり、

一方の受光素子上に第 1 の波長フィルタが設けられ、他方の受光素子上に第 2 の波長フィルタが設けられ、

該第 1 の波長フィルタを透過する波長の範囲は、該第 2 の波長フィルタを透過する波長の範囲と重ならない請求項 11 に記載の光伝送装置。

【請求項 15】

前記第 1 の波長フィルタを透過する波長の範囲は、特定の波長以上であり、前記第 2 の

10

20

30

40

50

波長フィルタを透過する波長の範囲は該特定の波長以下である請求項 1 4 に記載の光伝送装置。

【請求項 1 6】

前記発光素子の発振する複数の波長が、前記受光素子が受光可能な複数の波長と対応する請求項 1 1 に記載の光伝送装置。

【請求項 1 7】

前記受光素子は少なくとも 2 つであり、

一方の受光素子が有する受光感度の波長範囲と他方の受光素子が有する受光感度の波長範囲とが重ならない請求項 1 1 に記載の光伝送装置。

【請求項 1 8】

前記一方の受光素子が有する受光感度の波長範囲は特定の波長以上であり、前記他方の受光素子が有する受光感度の波長範囲が該特定の波長以下である請求項 1 7 に記載の光伝送装置。

【請求項 1 9】

請求項 1 0 に記載の光伝送装置を複数備えた光伝送システム。

【請求項 2 0】

請求項 1 1 に記載の光伝送装置を複数備えた光伝送システム。

【請求項 2 1】

請求項 1 ~ 3 のいずれかに記載の半導体レーザ装置を備えた電子機器。

【請求項 2 2】

受光素子の出力を受けて波長光の受信状態を検出する光検出部と、
該光検出部の出力に基づいて受信可能状態であるかどうかを判断する判別部と、
該判別部によって判別された波長の信号を復調させて受信データを得る復調部と、
該受光素子によって受信された波長とは異なる波長を自動的に選択し、発光素子部に出
力する選択部と、を備え、

該発光素子部には、請求項 1 ~ 3 のいずれかに記載の半導体レーザ装置が用いられてい
る制御装置。

【請求項 2 3】

異なる複数の波長を独立して発振可能な発光素子と、
各波長を選択的に受信可能な受光素子と、
請求項 2 2 に記載の制御装置とを備え、
半導体レーザチップと、
光拡散機能を有し、該半導体レーザチップをモールドする樹脂部と、
を備えた半導体レーザ装置を該発光素子として用いる通信装置。

【請求項 2 4】

前記判別部が、前記発光素子が送信する波長の光を前記受光素子が検出しないように制
御する受信検出選択回路を備える請求項 2 3 に記載の通信装置。

【請求項 2 5】

異なる複数の波長を独立して発振可能な発光素子と、各波長を選択的に受信可能な受光
素子とを備えた光伝送装置において、光を送受信する光伝送方法であって、

該受信可能な異なる複数の波長の中から該受光素子が受光した波長を自動判別する工程
と、

該発光素子が該受光素子が受光した波長以外の波長を選択して送信する工程と、を包含
し、

該発光素子として、請求項 1 ~ 3 のいずれかに記載の半導体レーザ装置を用いる光伝送
方法。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、無線通信やセンサー用光源等、空間にその光が放射されて人が直接光源を見る

10

20

30

40

50

ような用途に用いられ、目に対する安全性を確保した半導体レーザ装置、光伝送装置、光伝送システム、パーソナルコンピュータ、携帯情報端末やデジタルカメラ等の空間光伝送システムを利用する電子機器、制御装置および通信装置並びに空間光伝送方法、データ送受信方法に関する。また、本発明は、発光スポットを拡大した半導体レーザ装置、同時送受信可能な光伝送装置、光伝送システム、多チャンネルCATV用やAV用等のファイバ系光伝送システムを利用する電子機器、ファイバ系光伝送システム、制御装置および通信装置並びにファイバ系光伝送方法、データ送受信方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

赤外線を用いた空間光伝送は、IrDA (Infrared Data Association: 国際赤外線データ通信協会) による標準化とその普及により、現在幅広く用いられている。例えば、図15は、パーソナルコンピュータ1500と携帯情報端末1502との間のデータ伝送に空間光伝送を用いた例であり、住所録やスケジュール表等のデータを赤外線1501によって1mの距離で伝送が可能である。

10

【0003】

近年、その伝送速度は、データ容量の増大と共に高速化の一途を辿っており、1Mbpsから4Mbps、さらには16Mbpsへと増大している。また、伝送距離に対する要求も強まっており、IrDA Control規格の標準化によって、8mまでの伝送が可能となっている。但し、この場合の伝送速度は75kbpsに制限されている。さらに、映像情報の伝送を無線化する動きも出てきており、更なる高速化および長距離化に対する要求が高まってきている。

20

【0004】

一方、光ファイバを伝送路としたファイバ系の光伝送技術についても進展が著しい。特に、プラスチックオプティカルファイバ(POF)は、低コストでかつ、ファイバ径が大きいため、発光素子との結合がシングルモードファイバと比較して容易であることから、急速に普及が進んでいる。このファイバ系の光伝送技術では、現在、半導体レーザを用いて100Mbps以上の伝送が実現されている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

現在、空間光伝送においては、その光源として発光ダイオード(LED)が用いられている。しかし、現状市販されているLEDを用いて更なる高速・長距離伝送を行うことを考えた場合、

30

(1) LEDの高速応答特性の限界により高速変調ができないこと、および

(2) 長距離伝送を行う場合に消費電力が膨大になること

という2つの問題がある。

【0006】

このうち、(1)の問題については、通常のLEDの限界変調周波数が約50MHzであり、それ以上の高速化は困難である。さらに、高速変調に対応した特殊なLEDの場合には、消費電力が非常に高くなるという問題がある。また、(2)の問題については、例えば40Mbpsで距離5mの伝送を考えた場合、LEDだけで1Wもの消費電力が必要となる。

40

【0007】

これに対して、光源として半導体レーザを用いた場合、高速変調可能であり、かつ、LEDと比較して同じ光出力を得るための消費電力が低いという優れた特徴を有する。しかし、半導体レーザをそのまま用いたのでは目に対する安全基準に適合せず、空間に直接放射することは不可能である。また、半導体レーザを高出力で動作させた場合、信頼性が低下するという問題がある。

【0008】

さらに、空間光伝送システムにおいては、全2重通信ができないという大きな問題がある。この問題について以下に説明する。

50

【0009】

図15に示したパーソナルコンピューター1500や携帯情報端末1502等の電子機器には、LEDを有する送信ユニットと受光素子を有する受信ユニットとを1組とした送受信ユニットが設けられ、通信相手である電子機器に備わった1組の送受信ユニットとの間で通信が行われる。送信ユニットと受信ユニットを1組のユニットに一体化した送受信ユニットの例を図16に示す。この送受信ユニット1600は、送信ユニット1601と受信ユニット1602とが一体化されており、これにより、IrDA部品の小型化および低価格化が図られている。各ユニットは樹脂によってモールドされているが、特に、受信ユニット1602には、背景光による雑音の影響を避けるために、可視光を透過しない樹脂材料が用いられている。通常、LEDとしては850nmから900nmの波長帯のものが用いられるため、上記方法で可視光をカットすることにより背景光の雑音を低減することが可能となる。

10

【0010】

この送受信ユニット1600において、送信ユニット1601からの送信光1603は $\pm 15^\circ$ 程度の指向角を有して放射され、その強度が距離の2乗に反比例して減衰しながら通信相手側の受信ユニット（図示せず）に到達する。一方、送信光1603の一部は、送信ユニット1601に隣接している受信ユニット1602にも到達し、その内部の受光素子によって検出される。この受光素子によって検出される光量は少ないが、通信相手側からの信号光は減衰されて到達するため、両者の強度は同等レベルになることがあり、場合によっては通信相手側からの信号光の方が小さくなってしまう。この影響によって、2つの送受信ユニットを用いて双方向通信を行おうとした場合に、同時に全2重通信を行うことはできず、半2重通信とせざるを得ないため、実効的な伝送速度が大きく低下してしまう。

20

【0011】

次に、ファイバ系の光伝送システムの問題点について説明する。

【0012】

図17に、POFを用いたファイバ系光伝送システムの一端的送受信ユニットの一例を示す。この送受信ユニット1700では、パッケージに搭載された半導体レーザチップ1701と、別の通常のパッケージに搭載された受光素子1715とが、各々POF1716およびPOF1717にそれぞれ結合されている。POF1716とPOF1717は融着され、1本のファイバ1718として通信相手側に導かれている。この光伝送システムでは、通常、相手側の送受信ユニットでも、半導体レーザチップと受光素子は同一仕様のものが用いられており、一方の送受信ユニットが送信しているときには他方の送受信ユニットが受信のみを行う半2重通信によって光伝送を行っている。

30

【0013】

ここで、半導体レーザチップ1701は数 μm という非常に小さい発光スポットを有するので、POF1716が大きいことによりシングルモードファイバと比較して半導体レーザチップ1701とPOF1716との位置合わせが容易ではあるものの、LEDとPOFほど簡便な位置合わせは不可能である。また、全2重通信を行う場合には、POFを2本用いて双方を完全に分離して伝送することが必要であり、1本のファイバを用いて全2重通信を行うことはできない。

40

【0014】

本発明は、このような従来技術の課題を解決するためになされたものであり、高速変調可能で消費電力が小さく、目に対する安全性および信頼性が高く、空間光伝送に好適で全2重空間光伝送を実現することができる半導体レーザ装置、光伝送装置、電子機器、空間光伝送システム、その制御装置および通信装置並びに空間光伝送方法およびデータ送受信方法を提供することを目的とする。また、本発明は、高速変調可能で消費電力が小さく、ファイバとの位置合わせが容易であり、ファイバ系光伝送に好適で全2重ファイバ系光伝送を実現することができる半導体レーザ装置、光伝送装置、電子機器、ファイバ系光伝送システム、その制御装置および通信装置並びにファイバ系光伝送方法およびデータ送受信方

50

法を提供することを目的とする。

【 0 0 1 5 】

【課題を解決するための手段】

本発明の半導体レーザ装置は、半導体レーザチップと、光拡散機能を有し、該半導体レーザチップをモールドする樹脂部と、を備える。

【 0 0 1 6 】

前記半導体レーザチップが複数の発光部を有してもよい。

【 0 0 1 7 】

前記半導体レーザチップが幅 7 μ m 以上の発光部を有してもよい。

【 0 0 1 8 】

前記半導体レーザチップが複数であってもよい。

【 0 0 1 9 】

前記樹脂部には屈折率が異なる材料が混入されてもよい。

【 0 0 2 0 】

前記半導体レーザチップの複数の発光部は、全て同じ波長帯域で発振してもよい。

【 0 0 2 1 】

前記複数の半導体レーザチップは、全て同じ波長帯域で発振してもよい。

【 0 0 2 2 】

前記半導体レーザチップの複数の発光部のうちの少なくとも 2 つは、異なる波長帯域で発振してもよい。

【 0 0 2 3 】

前記複数の半導体レーザチップのうちの少なくとも 2 つは、異なる波長帯域で発振してもよい。

【 0 0 2 4 】

前記複数の半導体レーザチップが並列に接続されてもよい。

【 0 0 2 5 】

本発明の光伝送装置は、上記に記載の半導体レーザ装置を光源として用いる。

【 0 0 2 6 】

本発明の光伝送装置は、異なる複数の波長を独立して発振可能な発光素子と、複数の波長を選択的に受信可能な受光素子と、を備える光伝送装置であって、該発光素子として上記に記載の半導体レーザ装置を用いる。

【 0 0 2 7 】

本発明の光伝送装置は、異なる複数の波長を独立して発振可能な発光素子と、複数の波長を選択的に受信可能な受光素子と、を備える光伝送装置であって、該発光素子の発振と該受光素子の受信とが同時に動作する。

【 0 0 2 8 】

前記受光素子によって受信された波長を判別して、前記発光素子が該受信された波長以外の波長を発振してもよい。

【 0 0 2 9 】

前記受光素子は少なくとも 2 つであり、一方の受光素子は第 1 の樹脂によって、他方の受光素子は第 2 の樹脂によってそれぞれモールドされ、該第 1 の樹脂を透過する波長の範囲は、該第 2 の樹脂を透過する波長の範囲と重ならなくてもよい。

【 0 0 3 0 】

前記受光素子は少なくとも 2 つであり、一方の受光素子上に第 1 の波長フィルタが設けられ、他方の受光素子上に第 2 の波長フィルタが設けられ、該第 1 の波長フィルタを透過する波長の範囲は、該第 2 の波長フィルタを透過する波長の範囲と重ならなくてもよい。

【 0 0 3 1 】

前記第 1 の波長フィルタを透過する波長の範囲は、特定の波長以上であり、前記第 2 の波長フィルタを透過する波長の範囲は該特定の波長以下であってもよい。

【 0 0 3 2 】

10

20

30

40

50

前記発光素子の発振する複数の波長が、前記受光素子が受光可能な複数の波長と対応してもよい。

【0033】

前記受光素子は少なくとも2つであり、一方の受光素子が有する受光感度の波長範囲と他方の受光素子が有する受光感度の波長範囲とが重ならなくてもよい。

【0034】

前記一方の受光素子が有する受光感度の波長範囲は特定の波長以上であり、前記他方の受光素子が有する受光感度の波長範囲が該特定の波長以下であってもよい。

【0035】

本発明の光伝送システムは、上記に記載の光伝送装置を複数備える。

10

【0036】

本発明の電子機器は、上記に記載の半導体レーザ装置を備える。

【0037】

本発明の制御装置は、受光素子の出力を受けて波長光の受信状態を検出する光検出部と、該光検出部の出力に基づいて受信可能状態であるかどうかを判断する判別部と、該判別部によって判別された波長の信号を復調させて受信データを得る復調部と、該受光素子によって受信された波長とは異なる波長を自動的に選択し、発光素子部に出力する選択部と、を備える。

【0038】

本発明の通信装置は、異なる複数の波長を独立して発振可能な発光素子と、各波長を選択的に受信可能な受光素子と、上記に記載の制御装置とを備え、半導体レーザチップと、光拡散機能を有し、該半導体レーザチップをモールドする樹脂部と、を備えた半導体レーザ装置を該発光素子として用いる。

20

【0039】

前記判別部が、前記発光素子が送信する波長の光を前記受光素子が検出しないように制御する受信検出選択回路を備えてもよい。

【0040】

本発明の接続コネクタは、両端を有する筒状を有し、該筒状の内部に複数の波長を選択する受光素子を備える。

【0041】

本発明の光伝送方法は、異なる複数の波長を独立して発振可能な発光素子と、各波長を選択的に受信可能な受光素子とを備えた光伝送装置において、光を送受信する光伝送方法であって、該受信可能な異なる複数の波長の中から該受光素子が受光した波長を自動判別する工程と、該発光素子が該受光素子が受光した波長以外の波長を選択して送信する工程と、を包含する。

30

【0042】

本発明のデータ送受信方法は、第1の端末が第2の端末に対して送信要求信号として第1の波長を発振する、第1発振工程と、該第1の波長を受信した該第2の端末が、該送信要求信号を確認する、第1確認工程と、該第2の端末が該第1の端末に対して受信応答信号として第2の波長を発振する、第2発振工程と、該第2の波長を受信した該第1の端末が、該受信応答信号を確認する、第2確認工程と、該第2確認工程に基づき、該第1の端末が該第2の端末に対して該第1の波長で、かつ、該第2の端末が該第1の端末に対して該第2の波長でデータの送受信を同時に行う。

40

【0043】

以下、本発明の作用について説明する。

【0044】

本発明にあっては、半導体レーザチップと光拡散機能を有する樹脂部とが一体成形されているので、半導体レーザチップからの出射光が樹脂部で拡散されて空間に安全に放出される。よって、LEDに比べて高速変調および低消費電力化が可能な半導体レーザを用いた空間光伝送が実現可能となる。

50

【0045】

また、複数の発光部を有するマルチストライプ型半導体レーザ（いわゆる半導体レーザアレイ）を用いることにより、素子の抵抗値が減少して駆動電圧が低減し、さらに、半導体レーザチップの光出射端面における光密度が減少して素子の信頼性が向上する。また、幅 $7\mu\text{m}$ 以上の発光部を有する幅広ストライプ半導体レーザを用いても、素子の抵抗値が減少して駆動電圧が低減し、さらに、半導体レーザチップの光出射端面における光密度が減少して素子の信頼性が向上する。または、複数の半導体レーザチップを搭載することにより、素子の抵抗値が減少して駆動電圧が低減し、さらに、複数の半導体レーザチップで光出力を分担して素子の信頼性が向上する。

【0046】

このような複数の発光部を有する半導体レーザチップの発光部間隔、幅 $7\mu\text{m}$ 以上の発光部を有する半導体レーザチップの発光部幅、または複数搭載された半導体レーザチップのチップ間隔と、光が通過する樹脂部の大きさ、樹脂部の材料（光拡散性材料の量）または形状を調整することによって、所望の発光スポットサイズと放射角を得ることが可能となる。

【0047】

上記樹脂部には、屈折率が異なる材料を混入することにより光拡散機能を与えることができる。このとき、樹脂部を半導体レーザチップと接触しないように設ければ、樹脂モールドの際の歪みが半導体レーザチップにかからず、信頼性向上のためには好ましい。特に、半導体レーザチップを搭載する容器の熱抵抗を 150deg/W 以下、より好ましくは 100deg/W 以下とすれば、素子の信頼性が劣化するのを防いで安定した性能が得られる。

【0048】

半導体レーザチップの複数の発光部、または複数搭載された半導体レーザチップが、全て同じ波長帯域で発振するものであれば、上述したように半導体レーザ装置の信頼性を向上させることが可能となる。或いは、半導体レーザチップの複数の発光部または複数搭載された半導体レーザチップのうちの少なくとも2つが、異なる波長帯域で発振するものであれば、後述するように全2重通信が可能となる。

【0049】

特に、発振波長 760nm 以上 $1.5\mu\text{m}$ 以下の波長帯では、他の波長帯と比較して非常に高い信頼性を確保することが可能であり、約 900nm 、約 $1.1\mu\text{m}$ および約 $1.4\mu\text{m}$ 近傍の波長では最も雑音が少なく良好な状態で光伝送を実現することが可能である。

【0050】

本発明の半導体レーザ装置を光源として用いることにより、LEDに比べて低消費電力で高速に光を空間を介して伝送可能で、しかも樹脂部により光が拡散されて目に対する安全性が確保され、さらに、素子の信頼性も良好な、送信ユニットまたは送受信ユニット等の空間光伝送装置が実現される。また、本発明の半導体レーザ装置を光源として用いることにより、光ファイバを伝送路として、低消費電力で高速に光を伝送可能で、素子の信頼性も良好で、しかもスポット径を適切に拡大して光ファイバとの接続も容易な、ファイバ系光伝送装置が実現される。よって、本発明の半導体レーザ装置または本発明の光伝送装置をパーソナルコンピュータや携帯情報端末、デジタルカメラ等の電子機器に搭載することにより、低消費電力でデータ伝送を高速化することが可能となる。また、センサー用光源としても、スポット径および放射角を適切な範囲に設定することができ、信頼性が向上する。

【0051】

発光素子として上記の半導体レーザ装置を用いることにより、異なる複数の波長を独立して発振可能とし、さらに、各波長を選択的に受信可能な受光素子を装備することにより、複数の送受信ユニット間で全2重通信を行うことができる光伝送システムを実現することができる。例えば、各送受信ユニットを対向させて空間を介して光を送受信することにより全2重空間光伝送が可能となり、または各送受信ユニット間で光ファイバを伝送路とし

10

20

30

40

50

て光を送受信することにより全2重ファイバ系光伝送が可能となる。また、用途によっては、発光素子として半導体レーザチップと光拡散機能を有する樹脂部とが一体成形され、1つの半導体レーザチップが搭載された半導体レーザ装置を複数用いてもよい。

【0052】

異なる複数の波長の中から、相手の送受信ユニットが送信してきている波長を自動判別し、その波長以外の波長を選択して送受信ユニットから送信することにより、従来では半2重であったI r D A等の光空間伝送を全2重空間光伝送とすることが可能となる。この場合、伝送に用いる光の波長を予め指定しておく必要が無く、親機と子機の区別が不要となつて対称的通信が可能となる。さらに、送受信ユニットから送信する際に、発光素子が送信している波長の光を自らの受光素子が検出しないように制御すれば、自らの発光素子の信号の影響を受けずに受信可能であるので、好ましい。また、本発明は、次世代マルチメディアインターフェースとして注目され、デジタルA V信号を高速に伝送可能なI E E E 1 3 9 4シリアルバスを直接ワイヤレス化するといった用途にも適用可能である。

10

【0053】

さらに、従来では2本のファイバを用いることが主流であったI E E E 1 3 9 4全2重化光通信方式を、1本のファイバを用いて実現可能となる。

【0054】

ファイバ系光伝送において、一方の端部に発光素子を配置し、他方の端部に光ファイバを配置し、接続コネクタの内部に受光素子を配置して固定するような筒状の接続コネクタを用いれば、素子とファイバとの接続が容易である。この接続コネクタの内壁面に受光素子を配置すれば、自らの発光素子からの光が受光素子に遮られないので、信号光の利用効率が向上する。

20

【0055】

本発明の制御装置にあっては、受光素子の出力を受けて各波長光の受信状態を検出する光検出部と、通信相手が送信してきている波長の光を検出したときに受信可能状態であるかどうかを判断する判別部と、判別部によって判別された波長の信号を復調させて受信データを得る復調部と、その通信に応答する送信要求を行うときに、検出した波長とは異なる波長を自動的に選択する選択部とによって、異なる複数の波長の中から、相手局が送信してきている波長を自動判別し、その波長以外の波長を選択して送信可能な光送信システムが実現可能となる。

30

【0056】

また、本発明の通信装置にあっては、その通信に応答する送信要求を行うときに、受光部で検出された通信相手の送信波長とは異なる波長を自動的に選択して送信するので、通信相手の端末が変わっても波長選択の設定をその都度行う必要がなく、従来複雑であった通信プロトコルの簡略化を図ることが可能となる。また、通信相手が送信してきている波長の光を検出したときに、それとは異なる波長の光を送信し、互いに送信光および受信光の波長が異なることを確認した上でコネクションを確立するプロトコルを有することにより、確実に波長を分けて、データの送受信を全2重双方向で行うことが可能となる。さらに、各送受信ユニットでランダムな待ち時間を設定するプロトコルを有することにより、同時送信状態が発生したときでもコネクション確立の衝突を回避することができ、どのような状況においても最終的にはコネクション確立されるので好ましい。

40

【0057】

【発明の実施の形態】

以下に、本発明の実施形態について、図面を参照しながら説明する。

【0058】

(実施形態1)

図1は実施形態1の半導体レーザ装置100を示す斜視図であり、図2Aはその断面図である。この半導体レーザ装置100は、2つの半導体レーザチップ1、2が通常の半導体レーザ用パッケージに実装され、パッケージ全体が樹脂3によってモールドされている。半導体レーザチップ1、2はパッケージの金属製ステム5と一体成形されたヒートシンク

50

4に固着されており、良好な放熱特性を有している。本実施形態では、このパッケージの熱抵抗を 90 deg/W とした。半導体レーザチップ1、2のヒートシンク4に固着されていない面は、共通のリードピン6とワイヤ7により電氣的に接続されている。従って、半導体レーザチップ1、2は並列接続され、同時に電流が供給されて同期して発光する。

【0059】

一般に、半導体レーザチップ1、2は発光スポットサイズが数 μm と非常に小さいため、レンズ等で集光された場合に光密度が高くなり、網膜を損傷するおそれがある。そこで、半導体レーザチップの出射光を空間に放射するときには、国際規格IEC60825-1が定められており、これを満たす範囲であれば安全性が確保される。

【0060】

本実施形態では、半導体レーザチップの発光スポットサイズを大きくするために、光拡散性の樹脂3でモールドするという手法を用いてその実現を試みた。その結果、発光スポットは約 10 mm まで広がり、目に対する安全性が確保された。ここでは、光拡散性樹脂3として、エポキシ系透明樹脂にそれとは屈折率が異なるシリカ系樹脂を混合したものをを用いた。

【0061】

さらに、半導体レーザチップ1、2に樹脂モールドを施す前に、キャップガラス8を有するキャップ9によって封止した。これにより、半導体レーザチップ1、2が窒素ガスで封入され、信頼性が向上した。比較のために、キャップ9を用いずに半導体レーザチップ1、2をそのまま樹脂モールドすることも検討したが、この場合には半導体レーザチップが短時間で劣化した。これは、樹脂3をモールドする際の歪みが半導体レーザチップ1、2にかかることが原因であると考えられ、半導体レーザチップ1、2と樹脂3が接触しないようにするのが好ましいことがわかる。

【0062】

本実施形態では光拡散性の樹脂3のみでスポットサイズを拡大したが、同様の効果があれば他の方法を用いることも可能である。例えば、図2Bに示すように、半導体レーザのキャップガラス8の代わりに光拡散板15を用いることもできる。光拡散板15としては、ガラス表面に凹凸をつけてすりガラス状にしたもの等が用いられる。この場合、上に形成する樹脂3の拡散効果は少なくてもよいからシリカ系樹脂等の拡散材の混合は少しでよいことになる。また、樹脂モールドで拡散する場合でも均一に拡散材を混合するのではなく、部分的に拡散材を多く混合し、他の領域では薄くする等でも同様の効果が得られる。

【0063】

ところで、例えば 40 Mbps で 8 m 程度の光伝送を $\pm 15^\circ$ の放射角で実現するためには、約 350 mW の光出力が必要となるが、単一の素子でこれだけの光出力を放射した場合、半導体レーザチップの信頼性が大きく低下する。本実施形態では、半導体レーザチップを2個用いた半導体レーザ装置100を作製しているため、2個の半導体レーザチップ1、2でこの光出力を分担することができ、1チップ当たりの光出力は 175 mW で良いことになる。半導体レーザチップの信頼性を確認したところ、平均故障時間は光出力の2乗に反比例し、信頼性は4倍向上することが確認された。さらに信頼性を向上させるためには、チップ数を増加させればよいことは言うまでもない。

【0064】

本実施形態では、全ての半導体レーザチップ1、2が 980 nm 帯で発振するようにした。さらに、 $760\text{ nm} \sim 1.5\mu\text{m}$ 帯の半導体レーザチップを用いて実験を行ったところ、他の波長帯と比較して非常に高い信頼性を確保することが可能であった。さらに、放射特性の経時変化について調べたところ、この波長帯からなる素子のみが安定した特性を有していることがわかった。この原因については明らかではないが、他の波長帯では樹脂に対する光損傷が起きているためと推測される。

【0065】

さらに、上記範囲内で半導体レーザチップの波長を変化させて光伝送特性を調べたところ、約 900 nm 近傍、約 $1.1\mu\text{m}$ 近傍および約 $1.4\mu\text{m}$ 近傍のいずれかで実験を行っ

10

20

30

40

50

たときが最も雑音が少なく、良好な光伝送を実現することができた。この理由については明らかではないが、特に屋外での実験において顕著な効果が得られたことから、背景光強度、おそらく太陽光の影響がこの波長範囲で極小になることに起因すると考えられる。

【0066】

本実施形態の半導体レーザ装置100を用いて40Mbps、8mの光伝送を試みたところ、LEDを用いた場合と比較して、消費電力は約1/3であり、大幅な低消費電力化を実現することができた。また、高速伝送実験を試みたところ、伝送距離は短くなるものの、100Mbpsはもちろん、1Gbpsにおいても安定した伝送特性を示した。

【0067】

本実施形態においては熱抵抗が90deg/Wのパッケージを用いたが、数種類のパッケージを用いてこの値を変化させ、信頼性の確認を行った結果、熱抵抗が150deg/Wを超える場合、初期に素子劣化が生じることが確認された。熱抵抗が150deg/W以下の場合には安定した信頼性を示し、特に、100deg/W以下においては極めて良好な信頼性が得られた。

【0068】

ただし、使用条件によってはこれほどの高信頼性を要求されない場合もあり、その場合には熱抵抗の大きいパッケージでも充分である。例えば、発光ダイオード用のリードフレームに半導体レーザチップを搭載して同様の樹脂モールドを施した素子を作製したところ、携帯情報端末で瞬間的に使用するような用途においては十分な信頼性を示した。

【0069】

さらに、複数の半導体レーザチップを並列接続して駆動した場合、全体の素子抵抗が減少して駆動電圧が低下することが確認された。本実施形態では、3V以下の駆動電圧で駆動回路を構成することができ、低消費電力化を実現することができた。

【0070】

さらに、本実施形態による半導体レーザ装置100は、スポットサイズと放射角の制御に有効である。このことについて以下に説明する。

【0071】

本発明のように、半導体レーザチップ1、2の出力光を光拡散機能を有する樹脂3によって拡散させる場合には、樹脂3内部を光が通過する距離が長い程、樹脂3から出射されたときの光のスポットサイズが大きくなる。目に対する安全性の観点から考えると、このスポットサイズはできるだけ大きい方が望ましい。ところが、スポットサイズを大きくするために樹脂3内部を光が通過する距離を長くすると、当然のことながら、最終的な放射角も大きくなる。しかし、必要以上に放射角が大きくなると、有効に利用される光の割合が小さくなり、消費電力が大きくなるという問題が発生する。

【0072】

これに対して、本実施形態のように複数の半導体レーザチップを搭載した場合には、単一の半導体レーザチップの場合に比べて樹脂3内部通過距離が同じでも、図2Aに示すように、発光点の位置が離れている分だけ発光スポットサイズが大きくなる。従って、所望のスポットサイズを得るための樹脂モールドの大きさが小さくてもよく、その分だけ放射角を狭くすることができる。すなわち、本実施形態において、複数の半導体レーザチップ間の距離と、樹脂モールドの大きさを調整することにより、発光スポットサイズと放射角とを制御することが可能となる。

【0073】

例えば、単一の半導体レーザチップを樹脂モールドした場合、放射角を $\pm 15^\circ$ に設定すると発光スポットサイズは約7mmとなり、放射角を $\pm 10^\circ$ に設定すると発光スポットサイズは約5mmとなった。同じ放射角でより高い光出力が要求される場合には、スポットサイズをさらに大きくする必要があるが、単一の半導体レーザチップでは、放射角を同じに保ったまま発光スポットサイズのみを大きくすることは不可能であった。すなわち、発光スポットサイズを大きくするためには樹脂内部での光の拡散を強くする必要があり、樹脂中の拡散材、例えばシリカ系樹脂の量を多くする必要がある。しかし、これは放射角

を大きくすることにつながるため、放射角とスポットサイズとを独立に制御することができない。

【0074】

これに対して、複数の半導体レーザチップを用いた場合について、例えば、放射角 $\pm 15^\circ$ 、発光スポットサイズ約7mmの条件で樹脂3を形成する場合を考える。2つの半導体レーザチップの発光点を3mm離して配置すると、各発光点からの放射光は単一の半導体レーザチップの場合と同様に拡散され、発光スポットサイズが各々7mm、放射角が $\pm 15^\circ$ となる。このとき、スポットサイズ7mmのものが2つ平行に配置されているため、実際に半導体レーザ装置100の外部から観察したときのスポットサイズは約10mmとみなすことができる。このように、半導体レーザチップ間の間隔を大きくすると、基本的には外部から見たスポットサイズが大きくなる。但し、半導体レーザチップ1、2間の間隔をあまり大きくしすぎると、双峰の光強度分布になるため、注意する必要がある。ここでは、横方向に半導体レーザチップを2個配置した場合について説明したが、さらに半導体レーザチップの個数を増やすことにより、発光スポットの光強度分布を適切に調節することができ、上述のような双峰の発光強度分布を補正することも可能である。さらに、パッケージを工夫することにより、縦方向に半導体レーザチップを複数個配置することも可能である。

10

【0075】

また、もっと狭い放射角が望ましい場合には、光拡散性の樹脂3の量を減らしておいて、同様の調整を行えばよい。このように、複数の半導体レーザチップの数、その配置、拡散性の樹脂量や樹脂モールドの大きさ等を調整することにより、放射角と発光スポットを独立して制御することができる。

20

【0076】

狭放射角で使用可能な状況においては、同じ光伝送速度および伝送距離を考えた場合、その分だけ低い光強度によって対応することができるので、半導体レーザチップの信頼性を大幅に向上することができる。例えば、 $\pm 10^\circ$ で40Mbps、8mの光伝送を行う場合には160mWの光出力で良いため、2個の半導体レーザチップ1、2で光出力を分担すると、1個当たり80mWの光出力で良く、飛躍的な信頼性の向上が確認された。この場合にも、半導体レーザチップの個数をさらに増やしたり、または半導体レーザチップ間の距離をさらに大きくする等の方法によって、さらに狭放射角を実現することができることは言うまでもない。さらに、場合によっては、半導体レーザチップを光の放射方向を図に示される真上方向から傾けて搭載することも有効である。

30

【0077】

本実施形態では、1つのモールド樹脂3内に同一の波長で発振する半導体レーザチップを複数個封入した例について具体的に説明したが、複数の半導体レーザチップから発振される波長は異なってもよい。例えば910nmと950nmでそれぞれ発振する2つの半導体レーザチップを1つのモールド樹脂3内に封入した場合を考える。この半導体レーザチップを送信側のシステムに搭載し、受信側システムには2つの波長を独立して受信できる2つの受光素子を搭載しておく。受信側での波長の分離は帯域フィルタなどを利用すれば可能である。この場合の2波長の有効な使い方としては、広帯域の信号、例えば映像信号を2つに分割し、それぞれを2つのレーザで同時に送信するという方法が可能である。この方法によれば、1個の半導体レーザの送信可能な帯域では不足するような情報を2個のレーザを用いることで送信することが可能となる。2つの信号は波長分離の方法で独立して送信することができる。

40

【0078】

(実施形態2)

図3は本実施形態2の半導体レーザ装置300を示す断面図である。本実施形態においては、半導体レーザチップとして、複数の発光部を有するマルチストライプ型半導体レーザ(いわゆる半導体レーザアレイ)11を用いている。この図では、発光部のストライプを図示せず、発光パターンのみを図示している。

50

【0079】

この半導体レーザ装置300においては、発光部（ストライプ）が複数あることから半導体レーザチップの抵抗値が減少し、駆動電圧を低減することが可能となる。また、発光部間の距離を調節することにより、実施形態1と同様に、放射角を抑制しながら発光スポットサイズを拡大することが可能となる。さらに、半導体レーザチップの光出射端面における光密度を減少させることができるので、単一の半導体レーザでありながら信頼性が確保されるという点で有利である。本実施形態において、ドライエッチングによりストライプを傾斜させてミラーを形成するということも有効である。

【0080】

さらに、幅広ストライプレーザを用いて半導体レーザチップの光出射端面における光密度を減少させることもでき、この場合にも単一の半導体レーザでありながら信頼性が確保されるという点で有利である。

10

【0081】

本発明者らがストライプ幅を変化させて実験を試みたところ、760nm～1.5μmの波長帯の半導体レーザチップにおいて、ストライプ幅が7μm以上であれば、スポットサイズと放射角の制御が容易であることが確認された。また、ストライプ幅間隔を調整することによりスポットサイズと放射角の制御が容易になる。さらに、この波長帯においては、放射特性の経時変化もなく、他の波長帯と比較して格段に良好な特性が得られることが確認された。

【0082】

20

上記実施形態1および実施形態2では、半導体レーザ装置を単体の送信ユニットとして用いる場合について説明したが、図16に示したような従来の送受信ユニット1600に適用した場合についても、同様の効果が得られた。この送受信ユニットを用いて構成した空間光伝送システムは、非常に安定した動作が可能であり、その信頼性も良好であった。さらに、センサー用光源等としても、放射角およびスポット径を調整して有効に利用可能であり、安定した動作が得られた。

【0083】

また、上記実施形態1および実施形態2では、複数の半導体レーザを並列に接続して駆動させる場合のみを示したが、複数の半導体レーザを直列に接続して駆動しても同様の効果が得られることは言うまでもない。但し、並列に接続した場合には、抵抗値の低下は生じない。

30

【0084】

(実施形態3)

図4は実施形態3の半導体レーザ装置400を示す斜視図である。本実施形態においては、実施形態1と同様に、2個の半導体レーザチップ12、13を半導体レーザ用パッケージに実装しているが、下記の点で実施形態1と異なっている。

1. 半導体レーザチップ12、13は異なる発振波長を有している。本実施形態では、半導体レーザチップ12は980nm、半導体レーザチップ13は920nmとした。

2. 半導体レーザチップ12、13は異なるリードピン6、66に各々ワイヤ7で接続されている。従って、このパッケージは、実施形態1よりもリードピンが1本増えている。

40

【0085】

次に、この半導体レーザ装置400を備えた送受信ユニット500、およびその送受信ユニットを用いた空間光伝送方式について、図5Aを用いて説明する。この送受信ユニット500は、送信ユニット521、第1の受信ユニット522および第2の受信ユニット523を備える。また、本実施形態において、送信ユニット521として、半導体レーザ装置400が使用される。第1の受信ユニット522は、樹脂3aおよび受光素子24aを備える。第2の受信ユニット523は、樹脂3bおよび受光素子24bを備える。

【0086】

送信ユニット521には、図4に示した異なる2つの発振波長を有する半導体レーザチップ12、13が内蔵され、樹脂3でモールドされている。受信ユニット522、523は

50

、シリコンから構成される同じ受光素子 24 a、24 b を内蔵しているが、それをモールドしている樹脂 3 a、3 b が異なっている。第 1 の受信ユニット 522 は波長 950 nm 以下の光を透過しない樹脂 3 a を用いており、第 2 の受信ユニット 523 は波長 900 nm 以下の光を透過しない樹脂 3 b を用いている。

【0087】

この送受信ユニット 500 を 2 個用いて双方向の通信を行う光伝送システム 550 の実施形態を図 5 B を用いて説明する。説明を明瞭化するため、便宜上、2 つの送受信ユニットを参照符号 501、502 として参照することで区別する。相手側の送受信ユニット 502 から送信される信号を送受信ユニット 501 が受信する場合を想定する。送受信ユニット 501 が、送信ユニット 521 A、第 1 の受信ユニット 522 A、第 2 の受信ユニット 523 A を備え、送受信ユニット 502 が、送信ユニット 521 B、第 1 の受信ユニット 522 B、第 2 の受信ユニット 523 B を備えると仮定する。

10

【0088】

相手側の送受信ユニット 502 から信号光 530 が到達する場合、相手側の送受信ユニット 502 の送信ユニット 521 B も 980 nm と 920 nm の 2 つの発振波長を有する半導体レーザチップ 12、13 を内蔵しているため、半導体レーザチップ 12、13 のいずれを用いて送信してくるかは不明である。そこで、送られてきた信号光 530 を送受信ユニット 501 の第 1 の受信ユニット 522 A または第 2 の受信ユニット 523 A が受信したときに、以下のように、第 1 の受信ユニット 522 A および第 2 の受信ユニット 523 A の受信レベルをチェックすることにより、送受信ユニット 501 は相手側の送受信ユニット 502 の送信ユニット 521 B が送信してきている光 530 の波長を判別する。

20

【0089】

状態 1：送受信ユニット 501 が、第 1 の受信ユニット 522 A および第 2 の受信ユニット 523 A の両方で信号光 530 を受信した場合、相手側の送受信ユニット 502 の送信ユニット 521 B は 980 nm のレーザ光を用いて送信してきていることがわかる。

【0090】

状態 2：送受信ユニット 501 が、第 1 の受信ユニット 522 A は信号光を受信せず、第 2 の受信ユニット 523 A が信号光 530 を受信した場合、相手側の送受信ユニット 502 B は 920 nm のレーザ光を用いて送信してきていることがわかる。

【0091】

相手側の送受信ユニット 502 から送信がある場合には上記 2 つの状態しかあり得ないから、これにより相手側の送受信ユニット 502 の送信ユニット 521 B が用いているレーザ光 530 の波長を判別することが可能である。この程度の判別は瞬時に行うことができるので、これを基にして、送受信ユニット 501 の送信ユニット 521 A から相手側の送受信ユニット 502 への送信に使用するレーザ光 540 の波長が決定される。この波長は、以下のように、相手側の送受信ユニット 502 の送信ユニット 521 B が用いている波長とは異なる波長に設定される。

30

【0092】

上記状態 1 の場合には、送受信ユニット 501 は 920 nm の波長を用いて送信する。このとき、送受信ユニット 501 の送信ユニット 521 A からの送信光は送受信ユニット 501 の第 1 の受信ユニット 522 A に受信されず、第 2 の受信ユニット 523 A によってのみ受信される。従って、送受信ユニット 501 は第 1 の受信ユニット 522 A を用いて相手側の送受信ユニット 502 の送信ユニット 521 B からのレーザ光 530 を信号として受信すれば、送受信ユニット 501 の送信ユニット 521 A の送信信号の影響を受けることなく受信することができる。但し、相手側の送受信ユニット 502 は相手側の送受信ユニット 521 B から送信される送信信号を送受信ユニット 502 の受信ユニット 522 B、523 B で必ず受信してしまう。よって、送受信ユニット 501 のみが同時に送受信を行うことができる。

40

【0093】

上記状態 2 の場合には、送受信ユニット 501 は 980 nm の波長を用いて送信する。こ

50

のとき、送受信ユニット501の送信ユニット521Aからの送信光は送受信ユニット501の第1の受信ユニット522Aおよび第2の受信ユニット523Aの両方で受信されてしまう。よって、相手側の送受信ユニット502のみが同時に送受信を行うことができる。

【0094】

上記実施形態では、同一の送受信ユニット500を使用した、汎用的な送受信ユニットを用いることで、全2重通信が可能となり、安価な送受信ユニットを大量に作成することができる。ただし、本発明は、信号を送受信する送受信ユニットが同一であることに限定されるものではなく、少なくとも一方の送受信ユニットが全2重通信を行うために、受信ユニットの受信波長が限定されるものを包含する。

10

【0095】

(実施形態4)

本実施形態では、常に全2重通信が可能となる空間光伝送方式について説明する。図6Aは実施形態4の空間光伝送ユニット600を示す断面図である。空間光伝送ユニット600は、送信ユニット(図示せず)および第1の受信ユニット622、第2の受信ユニット623を備える。本実施形態において、実施形態3と異なる点は以下の通りである。

1. モールド樹脂は波長選択性を有さない。
2. 第1の受信ユニット622および第2の受信ユニット623の受光素子624の直上に第1の波長選択フィルタ625、第2の波長選択フィルタ626が設けられている。
3. 第1の波長選択フィルタ625は950nm以上の光を透過し、第2の波長選択フィルタ626は950nm以下の光を透過する。

20

【0096】

この送受信ユニット600を2個用いて双方向の通信を行う場合を考える。説明を明瞭化するため、便宜上、2つの送受信ユニットを参照符号601、602として参照することで区別する(図6B)。相手側の送受信ユニット602から送信される信号を送受信ユニット601が受信する場合を想定する。送受信ユニット601が、送信ユニット621A、第1の受信ユニット622A、第2の受信ユニット623Aを備え、送受信ユニット602が、送信ユニット621B、第1の受信ユニット622B、第2の受信ユニット623Bを備えると仮定する。

【0097】

相手側の送受信ユニット602Bから信号光が到達する場合、相手側の送受信ユニット602Bの送信ユニット621Bも980nmと920nmの2つの発振波長を有する半導体レーザチップ12、13を内蔵しているので、どちらの波長を用いて送信してくるかは不明である。そこで、送受信ユニット601が送られてきた信号光を受信したときに、以下のように、第1の受信ユニット622Aおよび第2の受信ユニット623Aの受信レベルをチェックすることにより、送受信ユニット601は相手側の送受信ユニット602の送信ユニット621Bが送信してきている光の波長を判別する。

30

【0098】

状態1: 送受信ユニット601の第1の受信ユニット622Aが信号光を受信し、第2の受信ユニット623Aは信号光を受信しない場合、相手側の送受信ユニット602の送信ユニット621Bは980nmのレーザ光を用いて送受信ユニット601に送信してきていることがわかる。

40

【0099】

状態2: 送受信ユニット601の第1の受信ユニット622Aは信号光を受信せず、第2の受信ユニット623Aが信号光を受信した場合、相手側の送受信ユニット602の送信ユニット621Bは920nmのレーザ光を用いて送受信ユニット601に送信してきていることがわかる。

【0100】

相手側の送受信ユニット602の送信ユニット621Bからの送信がある場合には上記2つの状態しかあり得ないから、これにより相手側の送受信ユニット602の送信ユニット

50

6 2 1 B が用いるレーザ光の波長を判別可能である。この程度の判別は瞬時に行うことができるので、これを基にして、送受信ユニット 6 0 1 の送信ユニット 6 2 1 A から相手側の送受信ユニット 6 0 2 への送信に使用するレーザ光の波長を決定する。この波長は、以下のように、相手側の送受信ユニット 6 0 2 の送信ユニット 6 2 1 B が用いている波長とは異なる波長に設定する。

【 0 1 0 1 】

上記状態 1 の場合には、送受信ユニット 6 0 1 の送信ユニット 6 2 1 A は 9 2 0 nm の波長を用いて送信する。このとき、送受信ユニット 6 0 1 の送信ユニット 6 2 1 A からの送信光は送受信ユニット 6 0 1 の第 1 の受信ユニット 6 2 2 A に受信されず、第 2 の受信ユニット 6 2 3 A によってのみ受信される。従って、送受信ユニット 6 0 1 が第 1 の受信ユニット 6 2 2 A を用いて相手側の送受信ユニット 6 0 2 の送信ユニット 6 2 1 B からの信号を受信すれば、送受信ユニット 6 0 1 の送信信号の影響を受けることなく受信することができ、全 2 重通信が可能となる。

10

【 0 1 0 2 】

上記状態 2 の場合には、送受信ユニット 6 0 1 の送信ユニット 6 2 1 A は 9 8 0 nm の波長を用いて送信する。このとき、送受信ユニット 6 0 1 の送信ユニット 6 2 1 A からの送信光は送受信ユニット 6 0 1 の第 1 の受信ユニット 6 2 2 A によって受信され、第 2 の受信ユニット 6 2 3 A には受信されない。従って、送受信ユニット 6 0 1 が第 2 の受信ユニット 6 2 3 A を用いて相手側の送受信ユニット 6 0 2 の送信ユニット 6 2 1 B からの信号を受信すれば、送受信ユニット 6 0 1 の送信ユニット 6 2 1 A の送信信号の影響を受けることなく受信することができ、全 2 重通信が可能となる。

20

【 0 1 0 3 】

従って、いずれの場合にも相手側の送受信ユニット 6 0 2 の送信ユニット 6 2 1 B からの信号光の波長を瞬時に判別することにより、送受信ユニット 6 0 1 の送信ユニット 6 2 1 A からの送信に用いる半導体レーザを決定し、それを用いて送受信ユニット 6 0 1 が相手側の送受信ユニット 6 0 2 へ送信することにより全 2 重通信が可能となる。

【 0 1 0 4 】

本実施形態では、2つの波長フィルタの一方が特定の波長 (9 5 0 nm) 以上の光を透過し、2つの波長フィルタの他方が特定の波長 (9 5 0 nm) 以下の光を透過するが、波長フィルタの範囲はこれに限定されない。本発明は、2つの波長フィルタが透過する光の波長範囲が重ならない場合を包含する。また、波長フィルタとしてバンドパスフィルタを使用してもよいことは当業者には明らかである。

30

【 0 1 0 5 】

さらに送信用の半導体レーザとして 3 個以上の異なる波長を有するものを用いた場合、受光素子に設ける波長フィルタとして少なくとも 1 つのバンドパスフィルタを用いれば、3 局以上の同時通信も原理的には可能となる。

【 0 1 0 6 】

次に、信号の送受信開始に至るまでのコネクション形成手順について、さらに詳しく説明する。ここでは、端末 A と端末 B の間の送受信を考える。両端末には、実施形態 1 および実施形態 2 で説明したような 1 と 2 の 2 波長を送信可能な複数の半導体レーザまたは多波長レーザと、これらの波長を判別可能な判別手段を有する受光素子とが装備されているものとする。

40

【 0 1 0 7 】

まず、端末 A が先に送信を開始した場合のコネクション形成手順について、図 7 を参照しながら説明する。この図 7 においては、時間の経過は上から下に示される。

【 0 1 0 8 】

ステップ 1 において、端末 A は他の端末からのデータ信号光や送信要求信号光等が検出されていないことを確認した上で、波長 1 の光を用いて送信要求信号を端末 B に送出する。

【 0 1 0 9 】

50

ステップ2において、端末Bは端末Aからの送信要求信号を確認した後、送信側に受信したことを告げる受信応答信号を波長 2 を用いて送出する。

【0110】

ステップ3において、端末Aは端末Bからの受信応答信号を確認し、これによりコネクションが確立される。

【0111】

これ以降、端末Aは波長 1 の光を用いて送信し、波長 2 の光を受信する。また、端末Bは波長 2 の光を用いて送信し、波長 1 の光を受信する。このように波長分割を行ってデータ送受信を全2重双方向に行うことができる。端末Bが先に送信を開始した場合も、同様の手順で全2重双方向通信が可能となる。

10

【0112】

次に、端末Aと端末Bが同時に波長 1 の送信を開始した場合のコネクション形成手順について、図8を参照しながら説明する。この図8においても、時間の経過は上から下に示される。

【0113】

ステップ1において、端末Aと端末Bが両方共、他の端末からのデータ信号光や送信要求信号光等が検出されていないことを確認した上で、同時に波長 1 の光を用いて送信要求信号を送出した場合を考える。この場合、波長 1 の光を送信に用いているため、両端末とも自動的に、波長 1 の受光素子は受光することができない状態に設定される。

【0114】

20

ステップ2において、両端末とも、波長 1 の光を受光することができないため、光が検出されず、受信応答待ち時間の状態が継続する。このとき、各端末の応答待ち時間はランダム設定としてあり、送信要求を行う度に応答待ち時間が変化する。従って、端末Aおよび端末Bのうちのどちらか一方が先にタイムアウトすることになる。

【0115】

ここで、端末Aが先にタイムアウトした場合を考えると、ステップ3においてタイムアウトした端末Aは波長 1 の受光が可能となり、再度端末Bから送出された波長 1 の光検出を確認する。

【0116】

この波長 1 の光検出の確認に基づいて、ステップ4において、端末Aは受信応答信号を波長 2 を用いて送出する。

30

【0117】

ステップ5において、端末Bは端末Aからの受信応答を確認し、これによりコネクションが確立される。

【0118】

コネクションが確立された以降は、図7と同様、波長分割を行ってデータ送受信を全2重双方向で行うことができる。コネクションが確立できない場合には応答待ち時間をランダムに変化させて初めから再度トライする。これにより、どのような状況においても最終的にはコネクションが確立される。

【0119】

40

以上の手続きを自動的に行うための通信装置950のブロックダイアグラムを図9に示す。通信装置950は、制御装置900、発光モジュール420および受光モジュール410を備える。発光モジュール420として、上記の異なる半導体レーザチップを有する半導体レーザを使用してもよい。また、受光モジュールとして、上記で説明した送受信ユニットの受信ユニット部分が使用され得る。このように構成された制御装置900と、上記発光モジュール420および受光モジュール410を用いることにより、全2重の光伝送を実現することができる。以下に、この通信装置950の動作について説明する。

【0120】

受光モジュール410は単一波長受光素子411、412を備え、単一波長受光素子411は 1 の波長選択フィルタ機能を有し、単一波長受光素子412は 2 の波長選択フィ

50

ルタ機能を有する。ここでは、各素子をパッケージ化して受光モジュール４１０を形成しているが、別々のパッケージに分離しても構わない。

【０１２１】

制御装置９００は、光検出部と、判別部と、復調部と、選択部４９０とを備える。図９において、光検出部として、受信キャリア検出回路４３１、４３２が使用され、判別部として判別回路４５０が使用され、復調部として、復調回路４８０が使用される。選択部４９０は、送信セクタ４６０および送信駆動回路４４１、４４２を含む。

【０１２２】

受信キャリア検出回路４３１は、受光素子４１１の信号を受けて受信した波長１の信号が有効であるかどうかを判断し、有効であればそれを示す信号（１ＤＥＴ）を判別回路４５０に出力する。受信キャリア検出回路４３２は、同様に、受光素子４１２の信号を受けて受信した波長２の信号が有効であるかどうかを判断し、有効であればそれを示す信号（２ＤＥＴ）を判別回路４５０に出力する。

【０１２３】

判別回路４５０は、受信信号の波長を判別して、受信可能であれば受信イネーブル信号（Ｒ×Ｅ）と、有効な受信信号のみを復調回路４８０に導くための受信セクタ信号（ＳＥＬ）とを出力すると共に、送信制御信号（Ｔ×Ｓｅｌ）を出力する。送信制御信号（Ｔ×Ｓｅｌ）は、送信要求信号（Ｔ×Ｒｅｑ）がアクティブになったときに受信信号とは異なる波長の送信信号を選択する信号である。判別回路４５０は、他の通信装置に発光モジュール４２０から信号を送信したときに送信信号が回り込んで通信装置９５０の受光モジュール４１０で受信してしまい、その結果、誤動作が生じないように、通信装置９５０の送信時に、他の通信装置への信号の波長を受信モジュール４１０で受信しないように光の検出を無効にする受信検出選択回路も備えてもよい。

【０１２４】

本実施形態では、受信信号セクタ４７０を更に有し、受信信号セクタ４７０は受信セクタ信号に基づいて有効な受信信号を選択し、復調回路４８０は選択された信号を復調する。

【０１２５】

送信セクタ４６０は判別回路４５０の送信要求に基づいて送信する波長を選択し、該当する送信駆動回路４４１、４４２を選択する。送信駆動回路４４１、４４２は単一波長発光素子４２１、４２２をそれぞれ駆動し、単一波長発光素子４２１、４２２はそれぞれ波長１、２に対応している。ここでは、各素子をモジュール化して発光モジュール４２０を形成しているが、用途によっては分離してもよい。また、各素子を同時に駆動することがない場合には、送信駆動回路４４１、４４２を１個にして駆動回路の出力側にセクタ回路を設けることにより、回路規模を小さくしても基本的な動作は同じである。また、送信用の変調回路については駆動回路４４１、４４２に含まれるが、変調方式によっては分離して送信セクタ４６０の前の送信データ入力側に設けてもよい。

【０１２６】

この通信装置９５０を有効に動作させるために制御を行う判別回路４５０の実現には、ソフトウェアにより行う方式とハードウェアにより行う方式がある。まず、ソフトウェアにより判別回路４５０を実現する方式について説明する。

【０１２７】

単一波長発光素子４２１、４２２がいずれも送信していない状態のときは、送信要求信号（Ｔ×Ｒｅｑ）および１、２の検出信号（１ＤＥＴ、２ＤＥＴ）はインアクティブである。まず、１、２の検出信号の状態をチェックして、両方がインアクティブである場合には信号の受信が無く（エンプティ状態：Ｒ×Ｅｍｐ）、両方ともアクティブである場合にはエラー状態（Ｒ×Ｅｒｒ）で、通信できない状態である。判別回路４５０は、状態に応じて、Ｒ×Ｅｍｐ信号またはＲ×Ｅｒｒ信号を上位の通信モジュールに出力する。また、単一波長発光素子４２１、４２２のいずれかがアクティブである場合には、該当する波長の信号を受信していることを示し、制御回路４５０は受信イネーブル状態（

R x E) と判断する。

【 0 1 2 8 】

上位の通信モジュールによってデータの送信要求が発生した場合には、送信要求信号 (T x R e q) がアクティブになるか、または送信要求指示が発生する。これを受けて、上述のように 1、 2 の検出信号の状態をチェックし、受信状態がエンプティ状態であって、かつ、エラー状態でないときには、送信が可能である。よって、波長 1 の送信駆動回路 4 4 1 または波長 2 の送信駆動回路 4 4 2 を選択して送信を開始する (ここでは、送信駆動回路 4 4 1 を選択したと仮定する)。このとき、送信する光の波長 1 の回り込みや反射等により通信装置 9 5 0 が送信した信号を自らの受光モジュール 4 1 0 (受光素子 4 1 1) で受信してしまうと、単一波長光による全 2 重通信ができない。従って、送信開始後は、送信している波長 (1) を自らの受光モジュール 4 1 0 (受光素子 4 1 1) が検出する受信キャリア検出回路 (4 3 1) の出力を無効にするか、または上述した受信状態の判定方法を変える必要がある。この状態では、相手の通信装置が波長 2 の光で応答してくるのを待てば良いから、判別回路 4 5 0 は、受信キャリア検出回路 4 3 2 の出力 (2 D E T) を監視すると共に、受信セクタ信号 (S E L) によって受信信号セクタ 4 7 0 を波長 2 に切り替えて受信信号を復調できるようにする。波長 2 を検出する受信キャリア検出回路 4 3 2 の出力がアクティブになれば、全 2 重通信路が確立し、通信を開始することができる。

10

【 0 1 2 9 】

一方、受信側の動作は、以下の通りである。通信が始まっていないので、上述のように 1、 2 を検出する受信キャリア検出回路 4 3 1、 4 3 2 の出力 1 D E T、 2 D E T は、インアクティブでエンプティ状態であり、受信待ちの状態である。そして、相手の通信装置が送信を開始して例えば波長 1 の光を送出してくると、波長 1 を検出する受信キャリア検出回路 4 3 1 の出力がアクティブになる。このとき、波長 2 の光が受信キャリア検出回路 4 3 2 によって検出されるとエラー状態となって通信ができない。受信キャリア検出回路 4 3 1 の出力のみがアクティブである場合には、この通信装置 9 5 0 は受信可能であるので信号セクタ 4 7 0 を 1 に切り替えて波長 1 の信号を復調回路 4 8 0 に接続する。そして、受信イネーブル信号をアクティブにするか、または受信イネーブルの指示を上位通信モジュールに伝える。上位通信モジュールはこれを受けて受信状態であることを知り、通信応答に向けた送信要求を行う。そして、この通信装置 9 5 0 に対する送信要求があれば、現状態では波長 2 の信号が用いられていないことが判断できるので、波長 2 に対応する送信駆動回路 4 4 2 を駆動し、発光素子 4 2 2 を用いて受信応答信号を送信する。この受信応答信号の送信中は、光の回り込み現象のために波長 2 を検出する受信キャリア検出回路 4 3 2 の出力がアクティブになるため、この出力を無効にするか、または上述した受信状態の判定方法を変える必要がある。このようにして全 2 重通信路が確立し、双方向のデータ通信を開始することができる。

20

30

【 0 1 3 0 】

なお、同時発信した場合に衝突を回避するための通信プロトコルについては、上位の通信モジュールにより実現することができ、ランダムな応答時間を設定するタイマーについても同様に上位の通信モジュールにより実現することができる。これらの動作については、上述した通りである。

40

【 0 1 3 1 】

次に、ハードウェアにより判別回路 4 5 0 および送信セクタ 4 6 0 を実現するための回路構成の一例について、図 1 0 を参照しながら説明するが、同じような機能を有する回路であれば、実現方法はこれに限られない。

【 0 1 3 2 】

判別回路 4 5 0 は、送信時に信号の回り込みによる誤判定を防止するために、受信検出選択回路 5 6 0、受信波長判別回路 5 0 5 および汎用ゲート 5 1 0、 5 1 5 から構成される。ここで、送信セクタ 4 6 0 および判別回路 4 5 0 からの入出力インターフェースは、基本的に図 9 に示した信号と合わせてあり、基本的な動作はソフトウェアによる制御と同

50

じである。

【0133】

両方の発光素子421、422が送信していない状態のときは、送信要求信号(TxReq)および1、2の検出信号(1DET、2DET)はインアクティブである。よって、各波長の光に対応する送信要求信号TxReq1、TxReq2はインアクティブであり、1DET、2DET信号は、受信検出選択回路560のAND回路の入力に論理反転されて入力されていることから、受信検出選択回路560を通過して受信波長判別回路505に導かれている。受信波長判別回路505は、この信号を検査して両方がインアクティブのときには信号の受信が無いエンプティ状態(RxEmp)、両方ともアクティブのときにはエラー状態(RxErr)で通信できない状態と判断し、どちらかがアクティブである場合に該当する波長の信号を受信していることを示す状態(Rx1またはRx2)と判断する。よって、受信波長判別回路505での判定の結果、RxEmpがアクティブとなればエンプティ状態であることが分かり、RxErrがアクティブとなればエラー状態であることが分かる。また、その出力は汎用ゲート510を通して受信イネーブル信号の出力となっている。この受信イネーブル信号(RxE)は、受信エラー状態(RxErr)およびエンプティ状態(RxEmp)ではインアクティブになり、どちらか一方の波長光を受信したときのみアクティブになる。

10

【0134】

汎用ゲート515は、受信エンプティ状態(RxEmp)で送信を開始するときに波長1を選択するための回路である。ここで、上位の通信モジュールによってデータの送信要求が発生した場合には、通信路が空いていること(RxEmpがアクティブ状態)を確認して送信要求信号(TxReq)をアクティブにする。この状態では、汎用ゲート515の出力はアクティブ(H)であるから、送信要求信号(TxReq)がアクティブ(H)になったときに波長1の光送信要求信号TxReq1がアクティブ(H)になり、送信データTxDがANDゲートを通過してTxD1に出力されて、送信駆動回路441を駆動することになる。なお、送信駆動回路の制御には送信要求信号TxReq1を用いても良い。このとき、送信要求信号TxReq1は、1DET信号のゲート信号となっているため、波長1の光の送信を開始した状態で、光の回り込みや反射等による誤検出を防止するために1DET信号をインアクティブにすれば、それ以降は波長2の信号受信を待つ待ち状態にロックされる。この状態では、波長1の光は検出できなくなるため、送信セクタ460によって波長2の光を送信してしまうことはない。

20

30

【0135】

この状態で相手の通信装置が波長1の信号を受けて波長2の信号で応答してきたら、受信キャリア検出回路432の出力2DETがアクティブ、受信波長判別回路505のRx2がアクティブ(H)となり、それに伴って受信イネーブル信号RxEがアクティブとなる。また、受信セクタ信号SELは元々Lで受信信号セクタ470が波長2を選択しているので、復調回路480で復調されて受信データRxDが得られる。上位の通信モジュールは、受信イネーブル信号RxEがアクティブになることで、全2重通信路が確立したことを判断し、通信を開始することができる。このとき、Rx2の出力がアクティブ(H)になって汎用ゲート510の出力がLに落ちるが、汎用ゲート515の出力は変化しないために波長1による光の送信は変化しない。さらに、受信イネーブル信号RxEと送信要求信号TxReqをANDゲートを通すことによって、全2重通信が確立したことを示す信号FulDを出力することもできる。

40

【0136】

次に、受信側の動作を説明する。受信側の通信装置が受信待機状態(通信が始まっていない初期状態)で待っているとき、相手の通信装置から波長1の信号光を受信したとする。受信待機状態では、送信要求信号(TxReq)がインアクティブ(L)であるから、受信検出選択回路560のゲートは両方とも開いており、どちらの波長の受信光も検出することができる。この状態で波長1、2の両方の信号を受信した場合には、受信波長判別回路505でエラーと判断され、受信イネーブル信号RxEがアクティブにならない

50

。また、どちらか一方の信号を受信したときには受信イネーブル信号 $R \times E$ がアクティブとなって受信可能であることを示す。ここでは、波長 1 の光を受信していることから、受信波長判別回路 505 の出力 $R \times$ 1 の出力は H となる。その信号が SEL となることから受信信号セクタ 470 は波長 1 の信号をセレクトし、復調回路 480 で復調して受信データ $R \times D$ が得られる。上位通信モジュールが受信イネーブル信号 $R \times E$ を調べて受信状態であることを確認したら、それに応答して送信要求 $T \times R e q$ を行う。このとき、受信波長判別回路 505 の出力 $R \times$ 1 は H、汎用ゲート 515 の出力は L であることから、波長 2 の光送信要求信号 $T \times R e q$ 2 がアクティブになり、波長 2 に対応する駆動回路 442 が駆動されて、発光素子 422 から波長 2 の受信応答信号が送信される。同時に、 $T \times R e q$ 2 は、受信検出選択回路 560 の 2 DET 信号のゲート信号となっているために 2 DET がインアクティブとなり、回路がロックされる。これにより、送信が波長 2、受信が波長 1 に固定されて全 2 重通信が可能となる。

10

【0137】

以上に説明したように、ソフトウェアであってもハードウェアであっても実現方法を問わず、各波長光の受信状態を検出して相手の送信波長光を検出したときに受信可能状態かどうかを判断すると共に、検出した波長の光のみを復調させて受信データを得、応答送信要求時に検出波長とは異なる波長を自動的に選択して送信するように制御する制御装置と、異なる複数の波長を独立して発振可能な半導体レーザ装置と、各波長を選択的に受信可能な受光素子とを用いることにより、自動的に全 2 重通信路を実現することが可能である。

【0138】

20

(実施形態 5)

本実施形態でも、全 2 重通信が可能となる空間光伝送方式について説明する。図 11A は実施形態 5 の空間光伝送ユニット 1100 を示す断面図である。本実施形態において、実施形態 4 と異なる点は以下の通りである。

1. 送信ユニット (図示せず) は 900 nm と $1.2\text{ }\mu\text{ m}$ の発振波長を有する 2 個の半導体レーザチップを用いている。

2. 第 1 の受信ユニット 1122 はシリコン系受光素子 1127 を有し、波長 $1\text{ }\mu\text{ m}$ 以下の光に受光感度を有する。また、第 2 の受信ユニット 1123 はインジウムガリウム砒素 (InGaAs) 系の受光素子 1128 を有し、波長 $1\text{ }\mu\text{ m}$ 以上の光に受光感度を有する。

30

3. 各受信ユニット 1122、1123 にフィルタは配置されていない。

【0139】

この送受信ユニットを 2 個用いて双方向の通信を行う場合を考える。説明を明瞭化するため、便宜上、2 つの送受信ユニットを参照符号 1101、1102 として参照することで区別する (図 11B)。相手側の送受信ユニット 1102 から送信される信号を送受信ユニット 1101 が受信する場合を想定する。送受信ユニット 1101 が、送信ユニット 1121A、第 1 の受信ユニット 1122A、第 2 の受信ユニット 1123A を備え、送受信ユニット 1102 が、送信ユニット 1121B、第 1 の受信ユニット 1122B、第 2 の受信ユニット 1123B を備えると仮定する。

【0140】

40

相手の送受信ユニット 1102 も 900 nm と $1.2\text{ }\mu\text{ m}$ の 2 つの発振波長を有する半導体レーザチップを内蔵しているので、どちらの波長を用いて送信してくるかは不明である。そこで、送られてきた信号光を受信したときに、以下のように、送受信ユニット 1101 の第 1 の受信ユニット 1122A および第 2 の受信ユニット 1123A の受信レベルをチェックすることにより、相手の送受信ユニット 1102 が送信してきている光の波長を判別する。

【0141】

状態 1: 第 1 の受信ユニット 1122A が信号光を受信し、第 2 の受信ユニット 1123A は信号光を受信しない場合、相手の送受信ユニット 1102 の送信ユニット 1121B は 900 nm のレーザ光を用いて送信してきていることがわかる。

50

【0142】

状態2：第1の受信ユニット1122Aは信号光を受信せず、第2の受信ユニット1123Aが信号光を受信した場合、相手の送受信ユニット1102の送信ユニット1121Bは1.2μmのレーザ光を用いて送信してきていることがわかる。

【0143】

相手の送受信ユニット1102からの送信がある場合には上記2つの状態しかあり得ないから、これにより相手の送受信ユニット1102の送信ユニット1121Bが用いているレーザ光の波長を判別可能である。この程度の判別は瞬時に行うことができるので、これを基にして、送受信ユニット1101からの送信に使用する送信ユニット1121Aのレーザ光の波長を決定する。この波長は、以下のように、相手の送受信ユニット1102の送信ユニット1121Bが用いている波長とは異なる波長に設定する。

10

【0144】

上記状態1の場合には、送受信ユニット1101の送信ユニット1121Aは1.2μmの波長を用いて送信する。このとき、送受信ユニット1101からの送信光は第1の受信ユニット1122Aに受信されず、第2の受信ユニット1123Aによって受信される。従って、第1の受信ユニット1122Aを用いて相手の送受信ユニット1102からの信号を受信すれば、送受信ユニット1101の送信信号の影響を受けることなく受信することができ、全2重通信が可能となる。

【0145】

上記状態2の場合には、送受信ユニット1101の送信ユニット1121Aは900nmの波長を用いて送信する。このとき、送受信ユニット1101からの送信光は第1の受信ユニット1122Aによって受信され、第2の受信ユニット1123Aには受信されない。従って、第2の受信ユニット1123Aを用いて相手の送受信ユニット1102の送信ユニット1121Bからの信号を受信すれば、送受信ユニット1101の送信信号の影響を受けることなく受信することができ、全2重通信が可能となる。

20

【0146】

従って、いずれの場合にも相手の送受信ユニット1102の送信ユニット1121Bからの信号光の波長を瞬時に判別することにより、送受信ユニット1101からの送信に用いる半導体レーザチップの波長を決定し、それを用いて送信することにより全2重通信が可能となる。本実施形態では、受光素子の特性に波長依存性があるものを用いており、その特性に合致した半導体レーザチップを用いることにより、フィルタを用いることなく全2重通信が可能となる。

30

【0147】

(実施形態6)

図12に、本発明の半導体レーザ装置を赤外線送受信機601の赤外線送信機として、かつ、本発明の制御装置を通信制御装置602として用いた双方向赤外線通信装置1200a、1200bについて、誤り率を測定するための実験装置1200を示す。

【0148】

赤外線送受信機601の赤外線受信機は各波長を選択受信可能である。通信制御装置602は、マイクロコンピュータを用いて実験用の制御統制機能を実現可能としたものであり、赤外線通信装置1200a、1200bは赤外線送受信機601と通信制御装置602とを備える。

40

【0149】

この赤外線通信装置1200a、1200bには、送信要求のためのスイッチ603と送信停止要求のためのスイッチ604がそれぞれ設けられ、赤外線通信装置1200a、1200bを向かい合わせて送信要求スイッチ603を押すと、実施形態4で説明した通信手順を実行して全2重通信路を形成するように構成されている。LED611は通信路が全2重通信モードになったことを示し、LED612は波長1光の信号検出を示し、LED613は波長2光の信号検出を示す。

【0150】

50

誤り率測定装置 605 a、605 b は赤外線双方向通信の伝送状態をチェックする。ここでは、誤り率測定装置 605 a からの送信データが赤外線通信装置 1200 a に入力され、赤外線通信装置 1200 a の赤外線送信機から送信され、赤外線通信装置 1200 b の赤外線受信機で受信された信号が受信データとして誤り率測定装置 605 a に入力される。誤り率測定装置 605 a は、送信データと受信データとの誤り率を測定する。反対に、誤り率測定装置 605 b からの送信データが赤外線通信装置 1200 b に入力され、赤外線通信装置 1200 b の赤外線送信機から送信され、赤外線通信装置 1200 a の赤外線受信機で受信された信号が受信データとして誤り率測定装置 605 b に入力される。誤り率測定装置 605 b は、送信データと受信データとの誤り率を測定する。上記のような構成により、双方向の通信状態が 2 台の誤り率測定装置によってチェックされ、上りと下りの伝送誤りを同時にチェックできるように実験を行った。

10

【0151】

この実験装置 1200 を用いて伝送速度 100 Mbps、通信距離 2 m で実験を行ったところ、通信装置 1200 a または通信装置 1200 b の送信要求スイッチ 603 を押すことにより双方向の送信が始まり、双方向通信状態になったことを示す LED 611 が点灯した。そして、誤り率計のエラーは 0 となり、良好な通信状態であることが分かった。

【0152】

また、送信停止スイッチ 604 を押すことにより両方の送信が終了し、全 2 重通信が可能であることが確認できた。本実施形態では 100 Mbps で実験を行ったが、クロックスピードを上げることによってさらに高速の伝送が可能であることは言うまでもない。

20

【0153】

(実施形態 7)

本実施形態では、半導体レーザチップを樹脂モールドする際に、屈折率の異なる材料の混入量や樹脂の大きさ、形状等を調整して光スポット径が 1 mm になるように設定し、ファイバとしてコア径 1 mm の POF を用いてこれらを直接接合することを試みた。その結果、特別な工具を用いること無しに、目視で簡単に高効率の光結合を行うことが可能であった。また、半導体レーザ装置のスポットサイズと放射角を自由に調整することができるため、用途に応じた仕様で設計することが可能であった。

【0154】

なお、本実施形態では、樹脂モールド中の屈折率の異なる材料の混入量や樹脂の大きさ、形状等を調整して光スポット径が 1 mm になるように設定したが、別のスポットサイズが要求される場合には、複数の半導体レーザチップの間隔や、マルチストライプレーザの発光部間隔、幅広レーザの発光部幅等を調整して所望のスポットサイズを得ることも可能である。

30

【0155】

(実施形態 8)

図 13 は実施形態 8 のファイバ系光伝送ユニット 1300 を示す断面図である。この光伝送ユニット 1300 は、ファイバとして POF 72 を用いており、その先端に光ミニプラグ 71 が装備されている。半導体レーザ装置 70 は、780 nm の発信波長を有する半導体レーザチップ 70 a と 980 nm の発信波長を有する半導体レーザチップ 70 b とが 1 つのパッケージ内に実装され、全体が樹脂モールドされて発光スポットサイズ約 1 mm とされている。半導体レーザ装置 70 は光ミニジャック (OMJ) 73 に取り付けられ、OMJ 73 の内部には波長 780 nm の光を選択的に受信可能な受光素子 74 と波長 980 nm の光を選択的に受信可能な受光素子 75 が内蔵されている。本実施形態において、接続コネクタの具体例として光ミニジャック 73 を説明する。受光素子 74、75 は、半導体レーザ装置 70 と POF 72 との間の光路内に取り付けられ、それによって半導体レーザ装置 70 からの出射光の一部が遮断されるが、残りが POF 72 に導かれる。また、POF 72 からの光も、受光素子 74、75 に受光されるものとそれを通して半導体レーザ装置 70 に戻るものに分かれる。しかし、半導体レーザチップ 70 a、70 b は樹脂モールドされているため、戻り光のうち半導体レーザチップ 70 a、70 b にまで戻るもの

40

50

は殆ど無く、戻り光雑音は確認されなかった。

【0156】

本実施形態のファイバ系光伝送ユニットを用いて映像情報の伝送を試みたところ、実施形態4で説明した手順で行うことにより、全2重通信が可能であることが確認された。

【0157】

(実施形態9)

図14は実施形態9のファイバ系光伝送ユニット1400を示す断面図である。本実施形態において、実施形態8と異なる点は、光ミニジャック73内の受光素子74、75の配置である。本実施形態においては、波長780nmの光を選択的に受信可能な受光素子74と波長980nmの光を選択的に受信可能な受光素子75が光ミニジャック73の内壁に取り付けられている。従って、実施形態8のように半導体レーザ装置70から直進して出力された光が受光素子74、75によって遮られることなくPOF72に導かれ、高効率の光結合が実現された。また、POF72からの光はPOF72出力後に回折し、ある程度の広がり角をもって出射されるから、受光素子74、75が内壁面に取り付けられていても、十分な受光感度が得られる。その結果、半導体レーザ装置の光出力が実施形態8と比較して80%であっても、実施形態8と同様の光伝送を実現可能であった。

【0158】

さらに、本実施形態の光伝送ユニット1400により、多チャンネルケーブルテレビの配信信号を用いて映像信号の伝送実験を行った。伝送速度を1Gbps、伝送距離(ファイバ長さ)を100mとしたところ、全2重でエラーフリーの良好な伝送が確認された。同様の効果は、AV機器間の映像信号伝送に用いた場合にも確認され、本発明はこれらの信号伝送に適していることが確認された。

【0159】

【発明の効果】

以上詳述したように、本発明による場合には、半導体レーザチップと光拡散機能を有する樹脂部とが一体成形されているので、半導体レーザチップからの出射光を空間に安全に放出することができ、低消費電力で高速伝送が可能となる。

【0160】

複数の発光部を有するマルチストライプ型半導体レーザを用いるか、幅7μm以上の発光部を有する幅広ストライプ半導体レーザを用いるか、複数の半導体レーザチップを搭載することによって、素子の信頼性が飛躍的に向上し、さらに、発光スポットサイズと光放射角の制御が容易になる。

【0161】

樹脂部に屈折率が異なる材料を混入し、樹脂部を半導体レーザチップと接触しないように設けることにより、目に対する安全性を充分確保することができる。特に、半導体レーザチップを搭載する容器の熱抵抗を150deg/W以下、好ましくは、100deg/W以下とするのが効果的である。

【0162】

半導体レーザチップの複数の発光部、または複数搭載された半導体レーザチップが全て同じ波長帯域で発振するものであれば、半導体レーザ装置の信頼性を向上させることが可能となる。また、半導体レーザチップの複数の発光部または複数搭載された半導体レーザチップのうちの少なくとも2つが、異なる波長帯域で発振するものであれば、全2重通信が可能となる。

【0163】

特に、発振波長760nm以上1.5μm以下の波長帯で非常に効果的であり、約900nm、約1.1μmまたは約1.4μm近傍の波長では最も雑音が少なく良好な状態で光伝送を行うことができる。

【0164】

さらに、波長判別手段を有する受光素子を装備することにより、全2重空間光伝送システムが実現可能となる。

【0165】

異なる複数の波長の中から、相手の送受信ユニットが送信してきている波長を自動判別し、その波長以外の波長を選択して自らの送受信ユニットから送信することにより、従来では半2重であったI r D A等の光空間伝送を全2重空間光伝送とすることができる。また、伝送に用いる光の波長を予め指定しておく必要が無いので、親機と子機の区別が不要となつて対称的通信が可能となり、通信相手の送受信ユニットが変わっても波長選択の設定が不要となる。また、従来複雑であった通信プロトコルの簡略化も図ることができる。また、本発明は、I E E E 1 3 9 4空間伝送方式にも適用可能である。

【0166】

送受信ユニットから送信する際に、発光素子が送信している波長の光を送受信ユニットの自らの受信回路が検出しないように制御すれば、送受信ユニット自らの信号の影響を受けずに受信可能であり、良好な通信状態を確保することができる。

10

【0167】

さらに、従来では2本のファイバを用いることが主流であったI E E E 1 3 9 4全2重化光通信方式を、1本のファイバを用いて実現可能することができ、半導体レーザ装置とファイバの光結合を簡単に行うことができる。

【0168】

一方の端部に発光素子(半導体レーザ装置)を配置し、他方の端部に光ファイバを配置し、接続コネクタの内部に受光素子を配置して固定するような筒状の接続コネクタを用いることにより、半導体レーザ装置や受光素子とファイバとの接続がさらに容易になる。また、この接続コネクタの内壁面に受光素子を配置すれば、半導体レーザ装置からの光が受光素子に遮られないので、信号光の利用効率が向上し、高効率の光結合が得られる。

20

【0169】

本発明の制御装置によれば、異なる複数の波長の中から相手の通信装置が送信してきている波長を自動判別し、その波長以外の波長を選択して自らの通信装置から送信可能な光送信システムを実現することが可能となる。

【0170】

本発明の通信装置によれば、通信相手の端末が変わっても波長選択の設定をその都度行う必要がなく、従来複雑であった通信プロトコルの簡略化を図ることができ、さらに、データの送受信を全2重双方向で行うことができる。また、各局でランダムな待ち時間を設定するプロトコルにより、同時送信状態が発生したときでもコネクション確立の衝突を回避して、どのような状況においてもコネクションを確立することができる。

30

【図面の簡単な説明】

【図1】実施形態1の半導体レーザ装置を示す斜視図である。

【図2A】実施形態1の半導体レーザ装置の断面図である。

【図2B】実施形態1の変形例の半導体レーザ装置の断面図である。

【図3】実施形態2の半導体レーザ装置の断面図である。

【図4】実施形態3の半導体レーザ装置を示す斜視図である。

【図5A】実施形態3の光送受信ユニットを示す斜視図である。

【図5B】実施形態3の光送受信システムを示す斜視図である。

40

【図6A】実施形態4の光送受信ユニットを示す断面図である。

【図6B】実施形態4の光送受信システムを示す斜視図である。

【図7】片方の端末から送信を開始した場合のコネクション形成手順を示す図である。

【図8】両方の端末から送信を開始した場合のコネクション形成手順を示す図である。

【図9】コネクション形成を自動的に行うための半導体レーザ駆動回路および受光素子の信号処理回路のブロックダイアグラムである。

【図10】図9の判別回路および送信セクタをハードウェアで実現するための回路の一例を示す図である。

【図11A】実施形態5の光送受信ユニットを示す断面図である。

【図11B】実施形態5の光送受信システムを示す斜視図である。

50

【図 1 2】実施形態 6 の双方向赤外線通信実験装置を示す図である。

【図 1 3】実施形態 8 のファイバ系光伝送ユニットを示す断面図である。

【図 1 4】実施形態 9 のファイバ系光伝送ユニットを示す断面図である。

【図 1 5】従来の I r D A を用いた光伝送システムを示す図である。

【図 1 6】従来の I r D A を用いた送受信ユニットを示す断面図である。

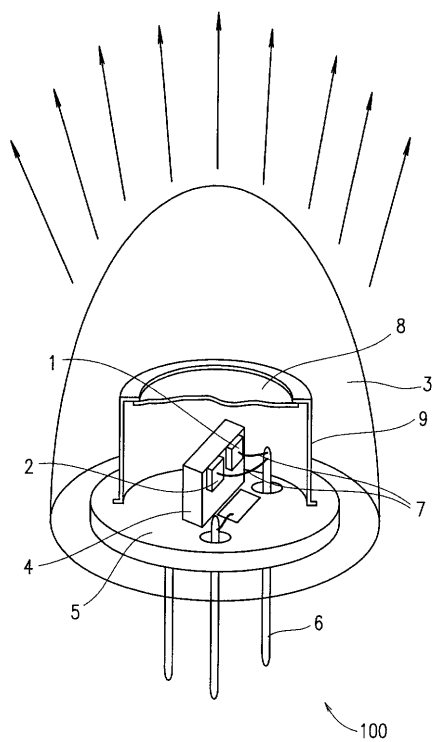
【図 1 7】従来のファイバ系光伝送に用いられる送受信ユニットを示す断面図である。

【符号の説明】

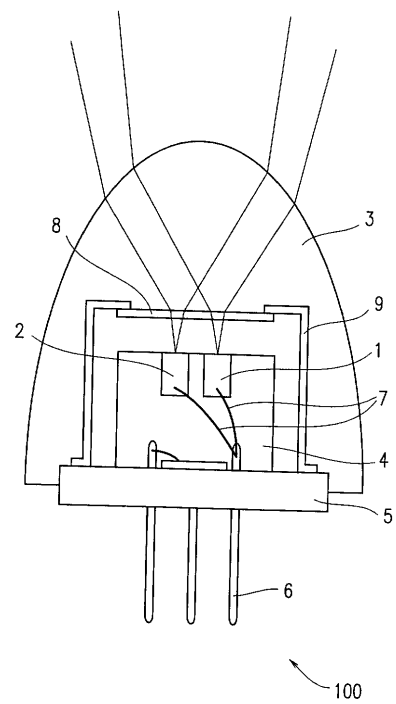
1、2、12、13、70a、70b	半導体レーザチップ	
3、3a、3b	樹脂	
4	ヒートシンク	10
5	ステム	
6、66	リードピン	
7	ワイヤ	
8	キャップガラス	
9	キャップ	
11	半導体レーザアレイ	
15	光拡散板	
24a、24b、74、75、624、1127、1128	受光素子	
70、100、300、400	半導体レーザ装置	
71	光ミニプラグ	20
72、1716、1717、1718	P O F	
73	光ミニジャック	
410	受光モジュール	
411、412	単一波長受光素子	
420	発光モジュール	
421、422	単一波長発光素子	
431、432	受信キャリア検出回路	
441、442	送信駆動回路	
450	判別回路	
460	送信セクタ	30
470	受信信号セクタ	
480	復調回路	
490	選択部	
500、501、502、1600	送受信ユニット	
505	受信波長判別回路	
510、515	汎用ゲート	
521、521A、521B、1601	送信ユニット	
522、522A、522B、523、523A、523B、622、623、1122、1123、1602	受信ユニット	
560	受信検出選択回路	40
600、1100	送受信ユニット	
601	赤外線送受信機	
602	通信制御装置	
603	送信要求スイッチ	
604	送信停止スイッチ	
605a、605b	誤り率測定装置	
611	全 2 重通信モード表示 L E D	
612	1 光信号検出を示す L E D	
613	2 光信号検出を示す L E D	
625、626	波長選択フィルタ	50

9 0 0 制御装置
9 5 0 通信装置
1 2 0 0 a、1 2 0 0 b 赤外線通信装置
1 5 0 0 パーソナルコンピューター
1 5 0 2 携帯情報端末

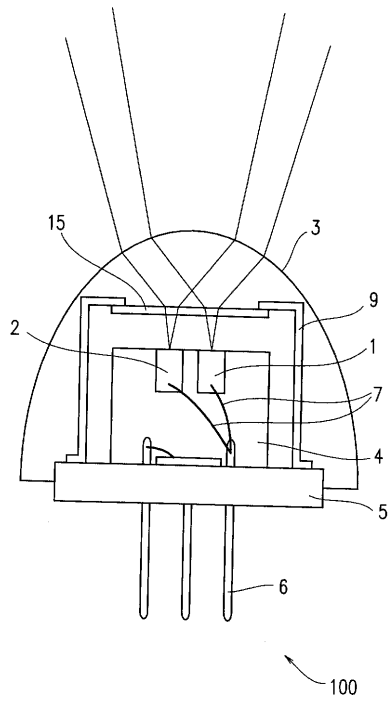
【図 1】



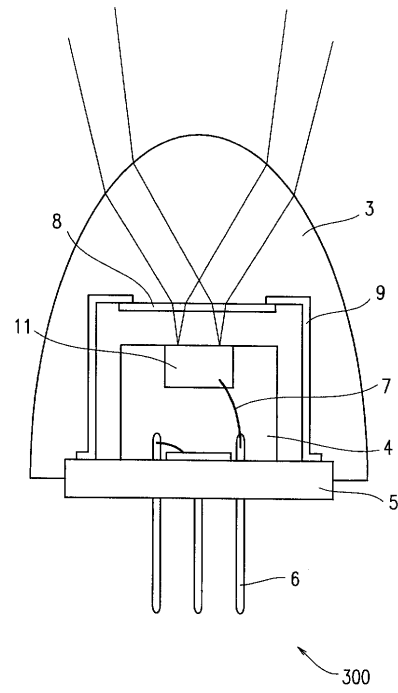
【図 2 A】



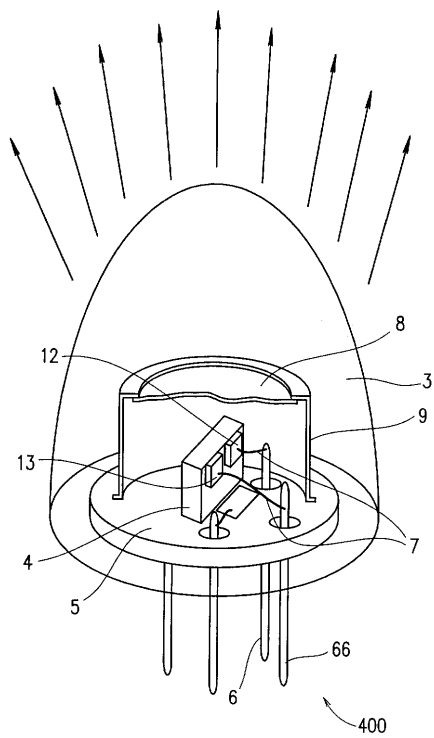
【図 2 B】



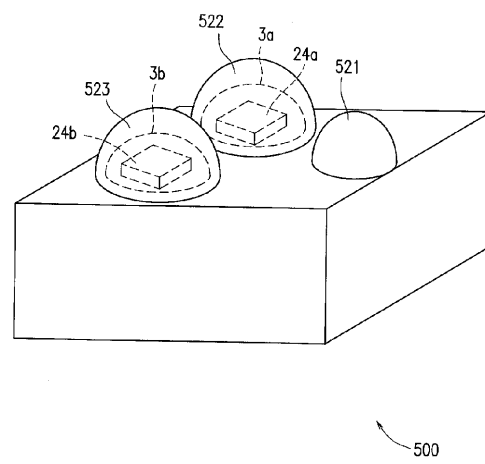
【図 3】



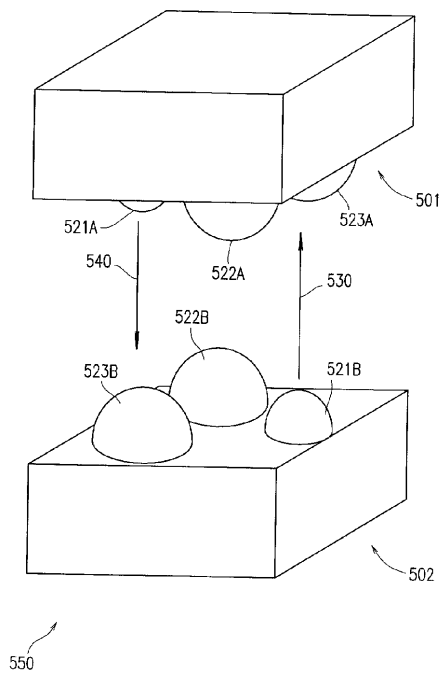
【図 4】



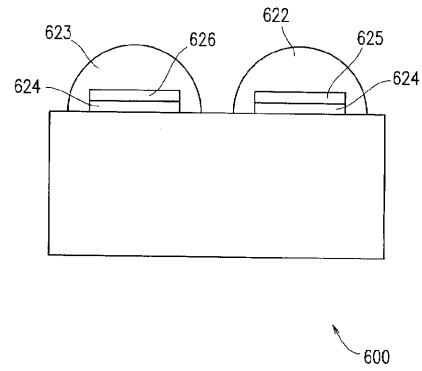
【図 5 A】



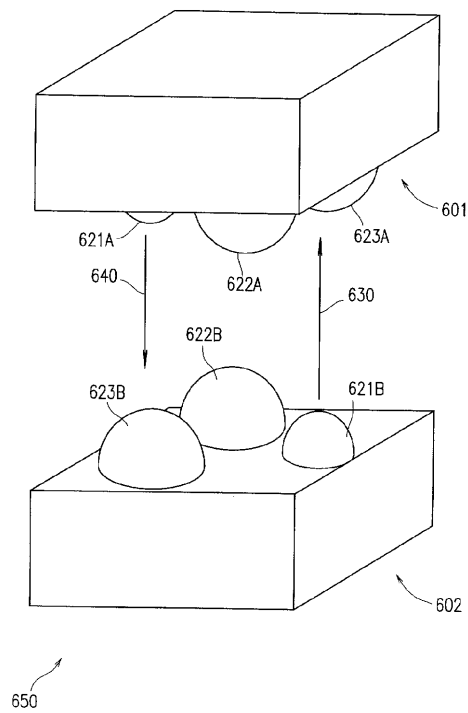
【図 5 B】



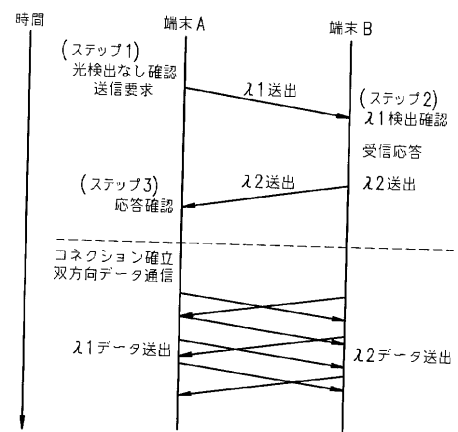
【図 6 A】



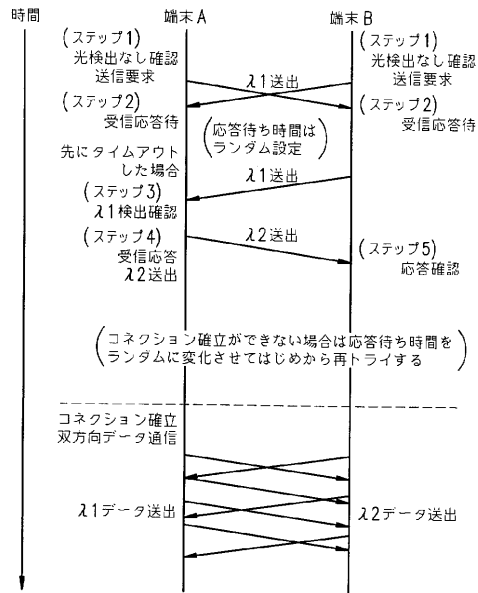
【図 6 B】



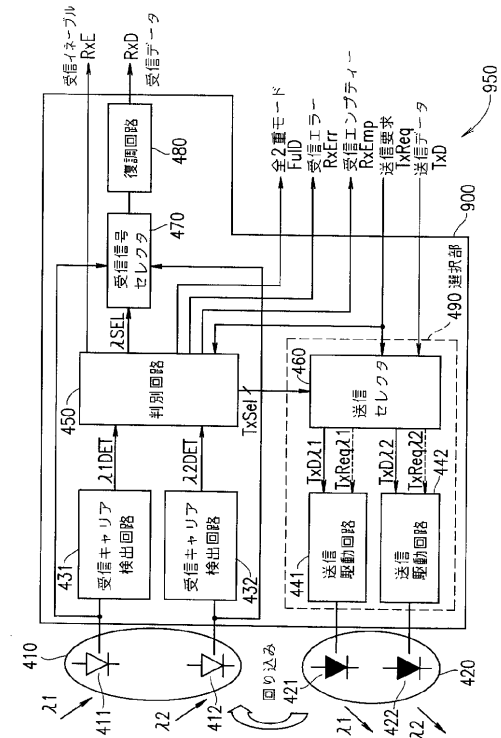
【図 7】



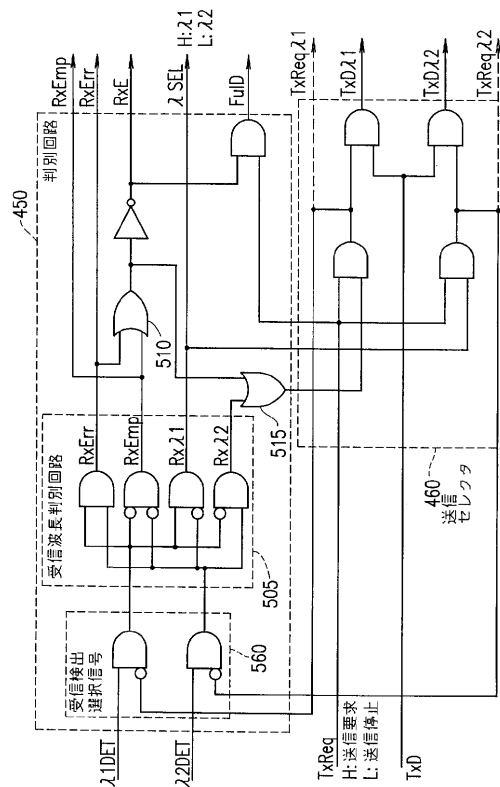
【図 8】



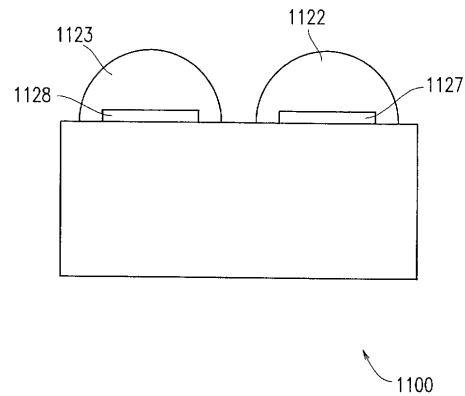
【図 9】



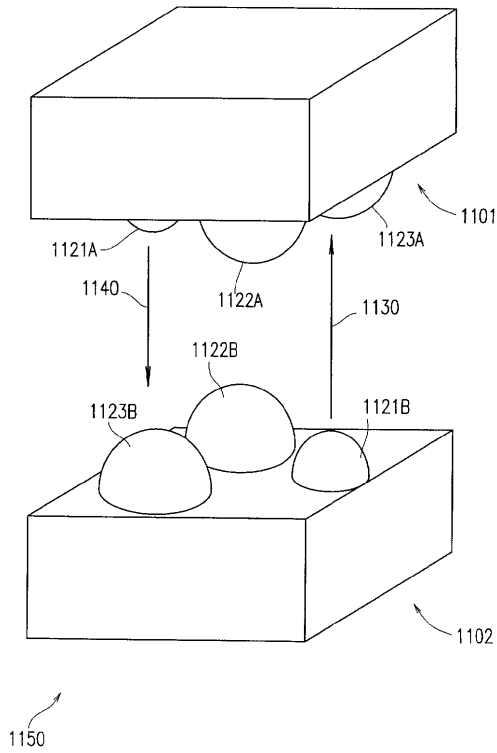
【図 10】



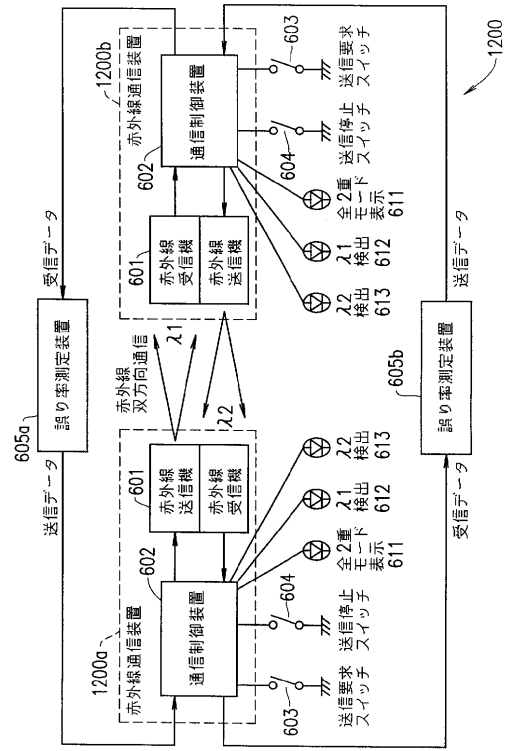
【図 11 A】



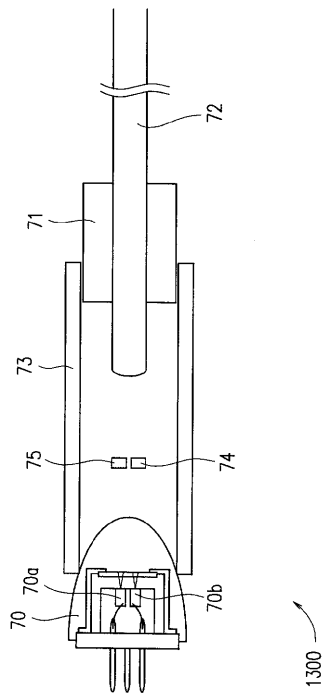
【図 1 1 B】



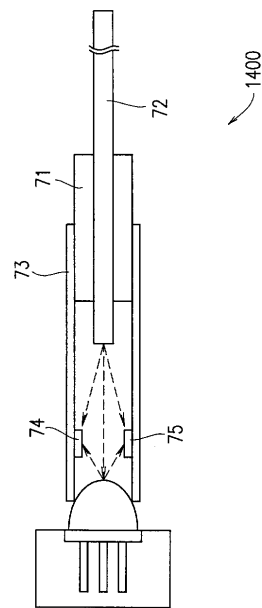
【図 1 2】



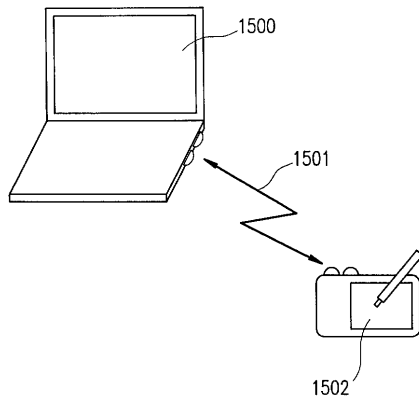
【図 1 3】



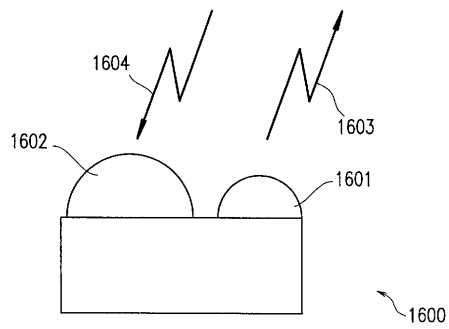
【図 1 4】



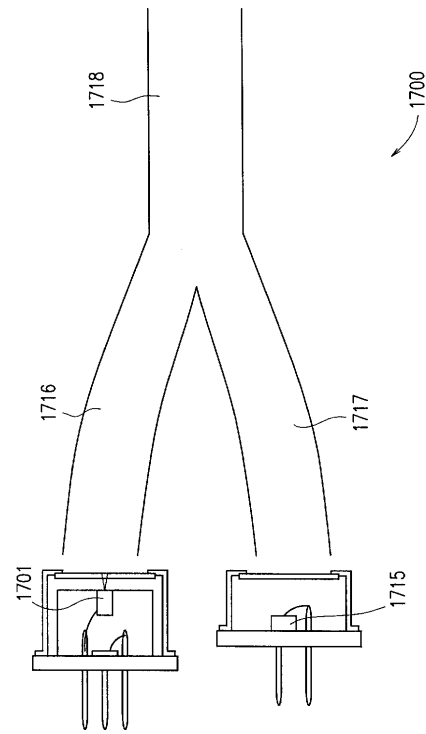
【図 15】



【図 16】



【図 17】



フロントページの続き

(72)発明者 熊谷 圭司

大阪府大阪市阿倍野区長池町２番２号 シャープ株式会社内

審査官 高椋 健司

- (56)参考文献 特開平０８－２６４８８５（ＪＰ，Ａ）
特開平０９－３０７１７４（ＪＰ，Ａ）
特開昭５７－１２４４８９（ＪＰ，Ａ）
特開昭６３－２３７４９０（ＪＰ，Ａ）
特開平１１－２０５２４４（ＪＰ，Ａ）
特開昭５７－１８８１４９（ＪＰ，Ａ）
特開昭６３－１５１２３０（ＪＰ，Ａ）
特開平０３－２０６６７２（ＪＰ，Ａ）
実開昭５０－０４２６７２（ＪＰ，Ｕ）
特開平０８－２５５９３４（ＪＰ，Ａ）
特開昭６３－３０７７８５（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)

H01S 5/00-5/50
H01L 33/00-33/64
H04B 10/00-10/142,10/152,
10/16-10/20,10/22-10/28
H04J 10/00-14/08