(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3539583号
(P3539583)
(45)発行日　平成16年7月7日(2004.7.7)　(24)登録日　平成16年4月2日(2004.4.2)

(51)Int.Cl.[7]	F I	
G02B 6/42	G02B 6/42	
G02B 5/32	G02B 5/32	
H01L 21/60	H01L 21/60	311S
H01L 27/15	H01L 27/15	S

請求項の数 3　(全 18 頁)

(21)出願番号　特願平6-300331
(22)出願日　平成6年11月9日(1994.11.9)
(65)公開番号　特開平7-193535
(43)公開日　平成7年7月28日(1995.7.28)
審査請求日　平成13年9月17日(2001.9.17)
(31)優先権主張番号　150,648
(32)優先日　平成5年11月9日(1993.11.9)
(33)優先権主張国　米国(US)

(73)特許権者　399117121
アジレント・テクノロジーズ・インク
AGILENT TECHNOLOGIES, INC.
アメリカ合衆国カリフォルニア州パロアルト　ページ・ミル・ロード　３９５
３９５ Page Mill Road
Palo Alto, California U.S.A.
(74)代理人　100073874
弁理士　萩野　平
(74)代理人　100105647
弁理士　小栗　昌平
(74)代理人　100093573
弁理士　添田　全一

最終頁に続く

(54)【発明の名称】オプトエレクトロニク装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

第１の集積回路から電気的駆動信号を受ける導体と、

導電フリップ・チップ半田結合を介して前記導体に結合されていて、光ビームを発生する第１の光子装置を備えているオプトエレクトロニク送信機であって、前記電気的駆動信号に応答して放出された光ビームを変調するとともに光路に沿う方向に前記光ビームを放出するオプトエレクトロニク送信機と、

前記オプトエレクトロニク送信機に光学的に結合されていて、光を受けるオプトエレクトロニク受信機であって、前記変調された光ビームに応答して電気信号を発生する第２の光子装置、および前記第２の光子装置と個別に整列し接触して前記光ビームの経路を前記第２の光子装置に向けなおすエッチングされたホログラフビーム案内手段、を備えているオプトエレクトロニク受信機と、

前記オプトエレクトロニク受信機に結合されていて、応答電気信号を第２の集積回路に導く他の導体と、から構成されているオプトエレクトロニク装置。

【請求項２】

第１の集積回路から電気的駆動信号を受ける導体と、

導電フリップ・チップ半田結合を介して前記導体に結合されていて、光ビームを発生する第１の光子装置を備え、前記電気的駆動信号に応答して前記光ビームを変調するオプトエレクトロニク送信機であって、前記第１の光子装置と個別に整列し接触して前記光ビームを光路に沿って導く第１のエッチングされたホログラム、を備えているオプトエレクトロ

ニク送信機と、
前記オプトエレクトロニク送信機に光学的に結合されていて、前記変調された光ビームを受けるオプトエレクトロニク受信機であって、前記変調された光ビームに応答して電気信号を発生する第２の光子装置を備えているオプトエレクトロニク受信機と、
前記オプトエレクトロニク受信機と結合されていて、応答電気信号を第２の集積回路に導く他の導体と、から構成されているオプトエレクトロニク装置。
【請求項３】
第１の集積回路と、
光ビームを発生し、導電フリップ・チップ半田結合を介して前記第１の集積回路に電気的に結合された第１の光子装置と、
前記第１の光子装置と個別に整列し接触して前記光ビームを光路に沿って導く第１のエッチングされたホログラムと、
第２の集積回路と、
前記第１の光子装置と光学的に結合され前記光ビームを受け、導電フリップ・チップ半田結合を介して前記第２の集積回路に電気的に結合された第２の光子装置と、
前記第２の光子装置と個別に整列し接触して前記光ビームを前記第２の光子装置に向けなおす第２のエッチングされたホログラムと、から構成されているオプトエレクトロニク装置。
【発明の詳細な説明】
【０００１】
【産業上の利用分野】
本発明は一般に集積回路（IC）チップ間の信号の相互接続に関し、更に詳細にはマルチチップモジュールでの集積回路の光学的相互接続を行うオプトエレクトロニク装置に関する。
【０００２】
【従来の技術】
複数の計算チップを組み込んであるモジュールは次世代の大規模集積（VLSI）計算チップを使用する高度並列計算システムのような高級コンピュータを実現するのに必要である。このようなシステムには多数の長大なすなわち「長距離」高速モジュール間接続を備えた非常に密集した接続回路網が必要である。システム構成を成功させるにはこれらモジュール間接続の面積、所要電力、および時間遅延を減らすことが重要である。
【０００３】
たとえば、次世代のプロセッサアレイは典型的に数百のチップを備えている。各チップがチップあたり５１２個の処理素子を備え、各処理素子が少なくとも一つの長大接続を必要とするとすれば、チップあたり約５１２の接続を行なうことができるマルチチップ・モジュール・システムが必要である。したがって、６４個のチップを備えているモジュールには３２，０００を超える長大モジュール間接続が必要である。このような多数の長大モジュール間接続は、これらモジュール間接続の面積、所要電力、および時間遅延が減らないかぎり、システムの働きを容易に妨げる可能性がある。
【０００４】
従来の電気接続技術だけを使用している高度並列システムにおいて、長大モジュール間電気接続は各システムの全電力消費、時間遅延、表面積占有の大きな部分を負担する責任がある。このような困難を避けるには、指定長さより長いモジュール間接続を長大すなわち「長距離」接続として特徴付け、光学技術を用いて実現する。長大モジュール間電気接続を光学的接続で置き換えることにより、通信の「隘路」が解放される。このような光学的相互接続は通信速度を増し、長大接続の体積、漏話、および電力消費を減少する。
【０００５】
図１３は従来より公知の光学的相互接続機構の側面断面図である。図示のとおり、この機構はミラー１０１および送信機ホログラム１０４および受信機ホログラム１０６を組み込んでいる単独隣接大寸法ホログラフ光学基板１０２を備えている。この機構は更にガリウ

ム砒素（GaAs）光学送信機チップ１０８およびシリコン集積回路（IC）チップ１１０を備えている。図１３に示すとおり、GaAsおよびシリコンのチップは共にマルチチップモジュール１１２の支持基板に設置されている。

【０００６】

各GaAs送信機チップ１０８は表面放出レーザのアレイを備えている。隣接レーザ間の中心間隔は単位面積あたりの電力消費を制限し、且つ各レーザに隣接して接触パッドを設置するに十分な面積を与えるために約３００ミクロンである。これは各GaAsチップの１平方センチメートルあたり１，０００個のレーザという密度を可能とする。シリコン集積回路チップ１１０は組み込み光学検出器を備えている。

【０００７】

図１３に示すように、薄膜相互接続がチップ間の領域内の基板の表面上に形成されている。透明変換器チップがチップ間の領域内の基板の表面上に形成されている。透明変換器チップがシリコンまたはGaAsチップのそれぞれの一つの上に設置されるように基板の上に取付けられている。変換器チップは能動装置を備えていなくて、接触パッドに結合された導電金属経路があるだけである。変換器チップはチップからの接続を基板表面上の薄膜相互接続に向けるのに使用される。図１３で示した機構はM.Feldman （エム．フェルドマン）の論文「Holographic Optical Interconnects for Multichip Modules （マルチチップ・モジュール用ホロノラフィ光学的相互接続）」，Electronic Engineering（電子光学），１９２２年９月 ,pp．４９～５３に説明されているものと同じである。この論文は有用な背景情報を与えてくれるから、これをここに引用して取り入れてある。

【０００８】

送信機のレーザはミラー１０１および複数のホログラムを組み込んだ単独隣接大寸法光学基板１０２を使用して光学検出器に光学的に結合されて二重パスホログラム構成を形成している。たとえば、図１３に示すように、レーザの一つからの光Ｌは大寸法光学基板１０２の送信機ホログラム１０４の一つを照明する。送信機ホログラムはレーザ光を複数のビームに分割するので、各々はミラー１０１から反射し終つた後受信機ホログラム１０６のそれぞれの一つを通過する。各受信機ホログラムは単一レンズとして働き、光ビームをシリコン集積回路１１０に組み込まれた光学検出器のそれぞれの一つに焦点結ぶ。したがって、図１３に示した従来より公知の機構では、ミラー１０１および大寸法ホログラフ光学基板１０２を使用してビームがレーザと検出器との間の光路をたどるようにしている。

【０００９】

【発明が解決しようとする課題】

このような従来より公知の光学的相互接続機構は幾つかの長所を提供するが、なお幾つかの問題点が残っている。従来公知の機構によれば、図１３に示す光学的相互接続装置を構成するには単独隣接大寸法光学基板１０２をマルチチップ・モジュールの支持基板１１２と整列させる重要な整列工程がある。このような整列はスルー・ウェーハ集積回路（IC）マスク・アライナを使用して達成される。レジストレーション・ラン・オフ（registration run off）のような整列の問題は大寸法の、たとえば横寸法が10cm×10cmの、ホログラフ光学基板を整列させるのに使用されるICマスクに関連している。一般に、このような基板の大きさが増大するにつれて、レジストレーション・ラン・オフは悪くなる。その結果生ずるレーザと検出器との間の光路の不整列が光学的相互接続の働きを妨げる。更に、従来の最大のICマスク・アライナでさえ特定の大きさより上の基板を取り扱うそれらの能力が厳しく制限される。大寸法ホログラフ光学基板と支持基板との決定的整列はスルーウェーハICマスク・アライナを用いて達成されるので、ICマスク・アライナの能力は整列させることができる基板の大きさを制限し、したがって構成ICを光学的に相互接続することにより組み立てることができるマルチチップ・モジュールの大きさおよび複雑さを制限する。

【００１０】

必要なのは光路整列の困難を減らし且つ信号品質を高める集積回路を光学的に相互接続するオプトエレクトロニク装置である。特に、必要なのは従来より公知の光学的相互接続機

構の大寸法ホログラフ光学基板に関連するレジストレーション・ラン・オフの全く無い光学的相互接続装置である。更に、光学的相互接続装置は構成ICを光学的に相互接続することにより組み立てることができるマルチチップ・モジュールの大きさおよび複雑さに関して従来より公知の制限を乗り越えるべきである。

【００１１】

【課題を解決するための手段】

本発明は光路整列の困難性を減らし且つ信号品質を高める集積回路を光学的に相互接続する新規なオプトエレクトロニク装置を提供する。本発明は、本書で後に一層詳しく説明するように、一つ以上の光ビームを導くようになっている一つ以上のホログラフ光学素子を採用している。各ホログラフ光学素子はそれぞれの光子装置と個別に整列しているので、本発明では従来より公知の光学的相互接続機構で採用されている単独隣接大寸法ホログラフ光学基板に関連するレジストレーション・ラン・オフは全く無い。したがって、送信光子装置と受信光子装置との間の光路の整列は維持されている。

【００１２】

更に、本発明は単独隣接大寸法光学基板を採用している従来より公知の光学的相互接続機構により加えられる制限を乗り越えている。このような従来より公知の機構はマルチチップ・モジュールの大きさと複雑さとを制限している。何故ならこのような機構は大寸法光学基板を整列させるのにスルー・ウェーハICマスクアライナを使用しているからである。従来の最大のICマスク・アライナでさえ特定の大きさを超える基板を取り扱うその能力を厳しく制限している。このような従来より公知の機構とは対照的に、本発明は各光子装置と個別に整列しているそれぞれのホログラフ光学素子を利用している。本発明の原理によれば、これまで知られている機構により加えられる制限を無くして、更に大きく且つ更に複雑なマルチチップ・モジュールが組み立てられる。

【００１３】

手短に且つ一般的に言えば、本発明は、少なくとも一つのオプトエレクトロニク受信機に光学的に結合されたオプトエレクトロニク送信機を用いて第１の集積回路と第２の集積回路との間を効率良く相互接続する。オプトエレクトロニク受信機はオプトエレクトロニク送信機により放出された変調光ビームを受信するようにオプトエレクトロニク送信機に光学的に結合されている。変調光ビームはオプトエレクトロニク送信機とオプトエレクトロニク受信機との間の光路をたどる。ここに説明したと同様の仕方で、本発明は必要に応じてマルチチツプ・モジュールの残りの集積回路を相互接続するのに追加のオプトエレクトロニク送信機およびオプトエレクトロニク受信機を提供する。

【００１４】

本発明は集積回路間で光学的連絡を行なうのにオプトエレクトロニク送信機およびオプトエレクトロニク受信機に採用されている光子装置を備えている。たとえば、オプトエレクトロニク送信機は光ビームを発生する第１の光子装置を備えており、この光ビームは第１の集積回路からオプトエレクトロニク送信機により受信された電気駆動信号に応答してオプトエレクトロニク送信機により変調される。同様に、受信機は変調光ビームに応答して電気信号を発生する第２の光子装置を備えている。第２の集積回路は応答受信信号を受信するようにオプトエレクトロニク受信機に結合されている。

【００１５】

本発明のホログラフ光学素子は変調光ビームを案内するようになっており、変調光ビームをオプトエレクトロニク送信機とオプトエレクトロニク受信機との間の光路に沿って導く。本発明の原理によれば、ホログラムは第２の光子装置と個別に整列して光ビームを第２の光子装置に導く。他のホログラムは第１の光子装置と個別に整列してオプトエレクトロニク送信機により放出される光ビームの経路を導く。好適には、各ホログラムは各ホログラムをそれぞれの光子装置のそれぞれの表面内にエッチングすることにより、それぞれの光子装置と一体に作られる。代わりに、各ホログラムをそれぞれの光子装置に個別に取り付けられたそれぞれのホログラフ板に入れてホログラフ板と光子装置との間の光学的整列を維持する。

【００１６】
本発明の他の特徴および長所は、例を用いて本発明の原理を図解する添付図に関連して行なう下記詳細説明から明らかになるであろう。
【００１７】
【実施例】
図解のため図面に示したように、本発明には、光学的整列の困難を減らし且つ信号品質を高める集積回路を相互接続するオプトエレクトロニク装置が実施されている。本発明は少なくとも一つのオプトエレクトロニク受信機に結合されているオプトエレクトロニク送信機を用いて集積回路間の効率良い相互接続を行なう。ここに説明したと同様の仕方で、本発明は必要に応じてマルチチップ・モジュールの残りの集積回路を相互接続するのに追加のオプトエレクトロニク送信機およびオプトエレクトロニク受信機を提供する。オプトエレクトロニク受信機はオプトエレクトロニク送信機により放出された変調光ビームを受信するようにオプトエレクトロニク送信機に結合されている。本発明のホログラフ光学素子は変調光ビームを案内するようになっており、変調光ビームをオプトエレクトロニク送信機と受信機との間の光路に沿って導く。たとえば、オプトエレクトロニク受信機と個別に整列しているホログラムは光ビームをオプトエレクトロニク受信機に向けなおす。オプトエレクトロニク送信機と個別に整列している他のホログラムは送信機により放出された変調光ビームの経路を導く。各ホログラムは個別に整列しているので、本発明には大寸法光学基板を採用しているこれまで知られている技法に関連するレジストレーション・ラン・オフは全く無い。
【００１８】
図１のブロック図に示したように、本発明はオプトエレクトロニク受信機２０８に光学的に結合されたオプトエレクトロニク送信機２０６を用いて第１の集積回路２０２と第２の集積回路２０４との間の相互接続を行なう。オプトエレクトロニク送信機２０６は第１の集積回路２０２の出力ポートに電気的に結合されて第１の電気信号を受信するが、この信号はオプトエレクトロニク送信機から放出される光ビームを変調する。明瞭にするため、別の集積回路とオプトエレクトロニク送信機とを繋ぐ別の電気接続は図１には図示されていない。
【００１９】
オプトエレクトロニク受信機２０８はオプトエレクトロニク送信機２０６と光学的に結合されて変調光ビームを受信し、変調ビームに応答して第２の電気信号を発生する。第２の集積回路２０４の入力ポートはオプトエレクトロニク受信機２０８と電気的に結合されて第２の電気信号を受信する。同様に、第１の集積回路２０２は別のオプトエレクトロニク受信機２１８、２２０、２２２、２２４に光学的に結合されているオプトエレクトロニク送信機２０６を用いて図１に示す別の集積回路２１０、２１２、２１４、２１６に相互接続されている。たとえば、第２のオプトエレクトロニク受信機２２４はオプトエレクトロニク送信機２０６に光学的に結合されて変調光ビームを受信し、光学信号に応答して別の電気信号を発生する。第３の集積回路２１６の入力ポートはオプトエレクトロニク受信機２２４に電気的に結合されて前記別の電気信号を受信する。説明したのと同様の仕方で、オプトエレクトロニク送信機はこのような相互接続が必要な場合各集積回路に光学的に結合される。
【００２０】
複数の集積回路から成るマルチチップ・モジュールでは、指定長、たとえば２cmより長いモジュール間接続は長大または「長距離」接続として特徴づけられる。光学的接続を有するこのような長大モジュール間接続を実施することにより、通信の「隘路」を解放することができる。このような光学的接続は通信速度を増大し、長大接続の漏話、および消費電力、および物理的体積を減少する。
【００２１】
図２はマルチチップ・モジュール３０１に使用されている複数のオプトエレクトロニク送信機２０６、２２６、２３６、２４６、２５６、２６６、２７６、２８６、２９６を備え

た光学的相互接続装置の好適実施例の平面図である。図２に示すとおり、各オプトエレクトロニク送信機は集積回路チップのそれぞれのグループに隣接して設置されている。たとえば、図２は８個の集積回路２０２、２０３、２０４、２０５、２１２、２１３、２１４、２１５、から成る集積回路の第１のグループに隣接して設置されたオプトエレクトロニク送信機２０６を示している。各オプトエレクトロニク送信機は、図３に集積回路とオプトエレクトロニク送信機との間に延びる線分により記号的に示してある、それぞれの導電手段により集積回路のそれぞれのグループのメンバに電気的に結合されている。たとえば、オプトエレクトロニク送信機２０６は導電手段により８個の集積回路２０２、２０３、２０４、２０５、２１２、２１３、２１４、２１５の各々に電気的に結合されている。

【００２２】

オプトエレクトロニク送信機および集積回路チップはオプトエレクトロニク送信機および集積回路チップを支持するマルチチップ・モジュールの外面に設置されている。本書で後に更に詳しく説明するように、マルチチップ・モジュールに開口が設けられて集積回路チップに設置されたオプトエレクトロニク送信機とオプトエレクトロニク受信機との間の光学的通信を可能としている。

【００２３】

好適実施例では、各オプトエレクトロニク送信機はそれぞれの電気信号を集積回路のそれぞれのグループの各メンバーから受け取る。たとえば、図１のブロック図に関して先に説明したと同様の仕方で、図２に示すオプトエレクトロニク送信機２０６は第１の集積回路２０２に電気的に結合されて第１の電気信号を受け取る。先に説明したとおり、第１の電気信号はオプトエレクトロニク送信機２０６により放出される光ビームを変調する。

【００２４】

好適実施例では、オプトエレクトロニク受信機の少なくともそれぞれの一つ（図２には図示してない）はマルチチップ・モジュールの各集積回路に機械的に結合されている。代わりに、それぞれのオプトエレクトロニク受信機を集積回路にエッチングすることができる。他の各種集積回路との長大なすなわち「長距離」接続を必要とするマルチチップ・モジュールの各集積回路は一つ以上のオプトエレクトロニク送信機に光学的に結合されている。たとえば、図１に関して先に説明したように、図２に示す第２の集積回路２０４に関連するオプトエレクトロニク受信機はオプトエレクトロニク送信機２０６に光学的に結合されてそこから放出される変調光ビームを受信し、光学信号に応答して第２の電気信号を発生する。図１に関連して先に説明したように、第２の集積回路２０４はオプトエレクトロニク受信機に光学的に結合されて第２の電気信号を受信する。

【００２５】

同様に、第１の集積回路２０２はオプトエレクトロニク送信機２０６により図２に示す別の集積回路２１０、２１２、２１４、２１６に光学的に接続されている。他の例として、図２に示す第３の集積回路２１６がそれに取付けられた第２のオプトエレクトロニク受信機（図２には示してない）に電気的に結合されている。第３の集積回路２１６の第２のオプトエレクトロニク受信機２２４はオプトエレクトロニク送信機２０６に光学的に結合されて変調光ビームを受信し、変調ビームに応答して別の電気信号を発生する。

【００２６】

光子装置は本発明のオプトエレクトロニク送信機およびオプトエレクトロニク受信機に採用されてそれらの間の光学的通信を行なう。このような光子装置は電気エネルギを光放射に変換するダイオード・レーザのような装置、発光ダイオード（LED ）、などを備え、更に電子的プロセスを通じて光を導く光検出器のような装置を備えている。光子装置はS.Sze （エス．セゼ）著「Physics of Semiconductor Devices（半導体装置の物理現象）」，John wiley & Sons （ジョン．ウイリおよびソンズ）（1981）の第12および第13章，pp.681-789に説明されている。これらの章は役立つ教示を与えてくれるので、ここに引用して取り入れてある。

【００２７】

好適実施例では、オプトエレクトロニク送信機はガリウム砒素ダイオード・レーザの平面

状アレイを採用しており、各アレイはそこから光信号を放出する放出面を備えている。オプトエレクトロニク受信機がシリコン光検出器を備え、その各々がそれぞれの変調光ビームを受ける受信面を備えていることも望ましい。代わりの光子装置をここに述べたオプトエレクトロニク送信機およびオプトエレクトロニク受信機に採用して有益な結果を得ることができることを理解すべきである。たとえば、インジウムガリウム砒素光検出器をシリコン光検出器の代わりに使用することができる。

【００２８】

図３は本発明のオプトエレクトロニク装置の好適実施例の側面断面図である。図３はオプトエレクトロニク送信機に採用した第１の光子装置４０６を示す。第１の光子装置は第２の光子装置４０８に光学的に結合されており、これはオプトエレクトロニク受信機に採用されている。本発明のホログラフ光学素子は変調光ビームを案内するようになっており、変調光ビームをオプトエレクトロニク送信機とオプトエレクトロニク受信機との間の光路に沿って導く。特に、オプトエレクトロニク受信機に採用されている第２の光子装置４０８と個別に整列しているホログラムは変調光ビームを第２の光子装置４９８に向けなおす。オプトエレクトロニク送信機に採用されている第１の光子装置４０６と個別に整列している他のホログラムは第１の光子装置４０６により放出された変調光ビームの経路を導く。

【００２９】

図３に示す好適実施例では、各ホログラムは、好適には各ホログラムをそれぞれの光子装置の受信面にエッチングすることによりそれぞれの光子装置と一体になっている。したがって、好適実施例では、第２の光子装置４０８と個別に整列しているホログラムは第２の光子装置４０８の受信面４０９と一体になっている。同様に、第１の光子装置４０６と個別に整列しているホログラムは第１の光子装置４０６の放出面４０７と一体になっている。第１の光子装置４０６と一体になっているホログラムは変調光ビームが第１の光子装置４０６の放出面４０７から通過するにつれて変調光ビームが辿る光路の各々を導く。第１の光子装置と一体になっているホログラムの形態は放出面にエッチングされ、図３に示すように、光ビームの経路を放出面に対して斜めに導く。第２の光子装置の受信面４０９は受信面に斜めに入射する変調光ビームを受ける向きになっている。受信面と一体になっているホログラムは受信面にエッチングされて斜めに入射する光ビームの経路を第２の光子装置に向けなおすように設置されている。好適実施例の各ホログラムはそれぞれの光子装置と一体になっているので、各ホログラムはそれぞれの光子装置と個別に整列して、大寸法光学基板を採用している従来より公知の相互接続技法に関連するレジストレーション・ラン・オフは皆無である。

【００３０】

図３に示すように、マルチチップ・モジュール基板３０２はそれを貫いて延びる、オプトエレクトロニク送信機とオプトエレクトロニク受信機との間の光学的通信を可能とする開口３０４、３０６、３０８を備えている。たとえば、放出面４０７と一体のホログラムは先に説明したように、変調光ビームの経路の各々を導く。特に、図３は放出面４０７と一体を成すホログラムがマルチチップ・モジュール基板３０２の第１の開口３０４を通して第１の光信号経路Ｓおよび第２の光信号経路Ｒを導くことを示している。好適実施例では、各光路を辿る光は各光信号経路の光を光子装置のそれぞれの一つの受信面に反射させる反射手段に出合う。たとえば、図３に示すように、変調光ビームはマルチチップ・モジュール基板３０２の第２の開口３０６を通って第１の経路Ｓを辿り、第２の集積回路２０４に結合されている第２の光子装置４０８の受信面４０９により受信される。同様に、変調光ビームはマルチチップ・モジュール基板３０２の第３の開口３０８を通って第２の信号経路Ｒを辿り、第３の集積回路２１６に結合されている第３の光子装置４２４の受信面４２５により受信される。

【００３１】

好適実施例では、反射手段は透明誘電体基板４２７に堆積された一つ以上の反射金属層を備えている。反射金属層は第１の光子装置の放出面に光学的に結合されて各光信号経路を

辿る光が図３に示すように反射されるようになっている。誘電体層の屈折率、誘電体層の厚さ、光子装置に対する誘電体層の位置、および光学的に相互接続された光子装置の相対位置のような因子はすべて本発明に採用されるホログラムをエッチングする際に考慮され、光信号経路が正しい角度で誘電体層を打ち、オプトエレクトロニク送信機とオプトエレクトロニク受信機との間の光通信を支持するようになっている。図３に例示した誘電体層の代わりに、光導波管のような他の光信号案内技法を代わりに使用して有益な結果を得ることができる。

【００３２】

図３に示す好適実施例では、電気相互接続基板４２９および集積回路チップ２０２、２０４、２１６が導電フリップチップ半田結合を使用してマルチチップ・モジュール基板３０２に取り付けられている。第１の光子装置４０６は別のフリップ・チップ半田結合を使用して電気相互接続基板４２９に機械的に結合されている。第２の光子装置４０８は更に他のフリップ・チップ半田結合を使用して第２の集積回路２０４に機械的に結合されている。

【００３３】

図２に関して先に説明したように、各オプトエレクトロニク送信機はそれぞれの電気導体により集積回路のそれぞれのグループのメンバーに電気的に結合されている。たとえば、図３に示すように、第１の集積回路の出力ポートをオプトエレクトロニク送信機に電気的に結合する第１の導体はそれらの間で第１の電気信号を導く。好適実施例では、第１の導体は図３に暗線（太線）として代表的に示すように、第１組の導電金属通路を備えている。第１組の導電金属通路はマルチチップ・モジュール基板３０２および電気相互接続基板４２９に付着されている。導電ポリシリコンのような代わりの通路を採用して好結果を得ることができる。導電通路を蒸着させるのにフォトリソグラフィまたは他の適切な技法を採用することができる。第１組の導電金属通路に関して先に説明したと同じ仕方で、マルチチップ・モジュール基板および電気相互接続基板に蒸着した別の組の導電通路を採用して集積回路の第１のグループの各メンバーをオプトエレクトロニク送信機に電気的に結合させることができる。同様に、マルチチップモジュール基板に別の電気相互接続基板に付着させた更に多数の組の金属通路を使用してマルチチップ・モジュールの各オプトエレクトロニク送信機を集積回路のそれぞれのグループに電気的に結合することができる。

【００３４】

オプトエレクトロニク送信機のそれぞれの一つに電気的に結合されている各導体は更に一つ以上の導電フリップ・チップ結合を備えており、これは各導体とそれぞれのオプトエレクトロニク送信機との間の電気的接触を行なう。フリップ・チップ半田結合は寄生リアクタンスを生ずるから、電気信号は帯域幅特性が高まってオプトエレクトロニク送信機に到達する。たとえば、図３に示すように、導電フリップ・チップ半田結合４３３は第１の導体手段とオプトエレクトロニク送信機に使用されている第１の光子装置４０６との間で電気的接触を行なう。フリップ・チップ半田結合は電気的接触のインダクタンスおよびキャパシタンスを減らすから、第１の電気信号の帯域幅は増加している。

【００３５】

好適実施例では、集積回路は半田に濡れ得る金属化パッドからなる出力ポートを備えている。集積回路の半田濡れ可能なパッドは導電フリップ・チップ半田結合と一体になっている。たとえば、図３に示すように、好適実施例では、第１の導体手段は更に第１の導体手段と第１の集積回路との間で電気的接触を行なう導電フリップ・チップ半田結合４３５を備えている。

【００３６】

更に、各集積回路はそれぞれの導電体によりオプトエレクトロニク受信機の少なくとも一つに電気的に結合されている。たとえば、図３はオプトエレクトロニク受信機を第２の集積回路の入力ポートに電気的に結合させてそれらの間で第２の電気信号を導く第２の導体を示している。第２の導体は第２の集積回路の表面から上方に延びて第２の導体手段とオプトエレクトロニク受信機との間の電気的接触を行なう導電フリップ・チップ半田結合４

３７を備えている。第２の集積回路は集積回路から延びるフリップ・チップ半田結合４３７と一体の半田濡れ可能な金属化パッドから成る入力ポートを備えている。導電フリップ・チップ半田結合は寄生リアクタンスを減らすから、集積回路により受信された電気信号を生ずるには光信号の最小レベルを下げる必要がある。たとえば、第２の導電体とオプトエレクトロニク受信機との間の電気的接触の寄生インダクタンスおよびリアクタンスを減らすことにより、第２の集積回路により受信される第２の電気信号を生ずるには最小光信号レベルを減らす必要がある。

【００３７】

図４～図１０に、本発明に採用されているフリップ・チップ半田結合を作る一般的工程を特ににフリップ・チップ半田結合４３３について示してある。そのように図解した概念は本発明に採用されているすべてのフリップ・チップ半田結合を作るのに一般的に適用される。フォトリソグラフィ技法を利用して、第１の半田濡れ可能パッド５０１を電気相互接続基板４２９に堆積させる。これを図４に詳細な切欠断面図で示してある。同様に、図５に示すように整合用半田濡れ可能パッド５０３が第１の光子装置４０６の上に堆積されている。図６に示すように、次に調節された堆積の半田５０５が真空蒸着を利用して整合用半田濡れ可能パッド５０３の上に堆積される。図７に示すように、半田はその融点以上に加熱されて溶融半田バンプ５０７の中にリフローする。これを次ぎに冷却する。図８に示すように、電気相互接続基板４２９を第１の光子素子４０６とほぼ整列させる。加熱したら、半田はもう一度溶融する。図９に示すように、溶融半田の高い表面張力が電気相互接続基板４２９を第１の光子素子４０６と整列させる方向に引っ張る作用をする。図１０に示すように、電気相互接続基板４２９および光子装置４０６を表面張力により精密に整列させてから、半田を冷却させてフリップ・チツプ半田結合４３３を作る。

【００３８】

本発明に採用したホログラフ光学素子については、ホログラムをコンピュータで作成するのが望ましい。このようなコンピュータ作成ホログラムは変調光ビームを案内する上で非常な柔軟性を発揮するとともに更に、先に本明細書で説明したように、変調ビームを一つ以上の光路を辿るように分割する。たとえば、コンピュータ作成ホログラムは電子ビームリソグラフィ法を利用して構成されるが、この方法ではコンピュータがホログラム形態のエッチングングを決定する電子ビームを制御する。フォトリソグラフィおよび他の技法を代わりに利用して有益な結果を得ることができる。一般に、異なる位相レベルの数である第１の数N を用いてコンピュータ作成したホログラムは更に小さい数、Log N 、のエッチングング工程を用いて作成することができる。コンピュータ作成ホログラムについてはFeldman （フェルドマン）、他による「Computer generated holographic optical elements for optical interconnection of very large scale integrated circuits （大規模集積回路の光学的相互接続用コンピュータ作成ホログラム光学素子）」, Applied Optics（応用光学） Vol. ２６ No.２０, １５、１９８７年１０月, pp. ４３７７に説明されている。この論文はコンピュータ作成ホログラムに関する幾つかの有益な教示を含んでいるので、ここに参照して取り入れてある。

【００３９】

一般に、図１１は好適実施例の詳細断面底面図を示し、光子装置の一つの表面にエッチングされた一例のホログラムを代表的に示している。更に詳細に述べれば、図１１の例は第２の光子装置の受信面４０９にエッチングされて変調光ビームを第２の光子装置に向けなおすホログラム６０１を示している。図示のとおり、ホログラム６０１は１００×１００画素のアレイから成り、その各々の大きさは１×１ミクロンである。各画素はそれぞれの深さにエッチングされて変調光ビームの入射波面で隣接画素に対して移相する。相対移相は所要波面を生ずるように選定された２π/ ８の整数倍であり、これにより変調光ビームを特定方向に向ける。各画素の必要移相は入射波面の位相と所要波面の位相との間の位相差であり、これは次の（１）式の方程式を使用して計算される。

【００４０】

【数１】

$$\text{位相差} = \operatorname{atan}\left[\frac{\sin\left(\frac{2\pi}{\lambda}\sqrt{(x_i-x_o)^2+(y_i-y_o)^2+(z_i-z_o)^2}+\phi_i\right)}{\cos\left(\frac{2\pi}{\lambda}\sqrt{(x_i-x_0)^2+(y_i-y_o)^2+(z_i-z_o)^2}+\phi_i\right)}\right]$$

・・・・・・・・・・・・・・（１）

【００４１】
ここで、πは変調光ビームの波長であり、x_i および y_i は受信面の平面内のｉ番目の画素の或る座標であり、z_i は受信面の平面に垂直なｉ番目の画素の或る座標であり、x_0、y_0、および z_0 は所要ビーム行き先の対応する一定の座標であり、ϕ_i はｉ番目の画素の入射波面の位相である。得られる移相を０から２πにわたって一様間隔に並んだ８個の位相の一つに量子化する。量子化位相を次に特定の画素に割り当てる。図１１に示す例では、ホログラム６０１は表面に対して８０度で２時の方向から受信面４０９に入る変調光ビームを向けなおすように設計されている。

【００４２】
受信面４０９にエッチングされたホログラム６０１に関して、ここに説明した一般的原理は第１の光子装置４０６の放出面４０７にエッチングされてオプトエレクトロニク送信機から放出される光ビームの経路を導くホログラムに同様に適用される。図１１に代表的に示してあるホログラム６０１は１００×１００画素のアレイを備えているが、各々の大きさは約１×１ミクロンであり、２π/８の整数倍の相対移相を生じ、本発明のホログラムは特定のアレイの大きさ、画素の大きさ、または相対的移相の大きさに厳密に限定されるものではないことを理解すべきである。本発明の教示に一致する適切な形体を有する代わりのホログラムを使用して有益な結果を得ることができる。

【００４３】
図１２は、各々がそれぞれの光子装置に個別に取り付けられている第１および第２のホログラフ板を示す代わりの実施例の側面断面図である。図１２に示すように、オプトエレクトロニク送信機に採用されている第１の光子装置４０６はオプトエレクトロニク受信機に採用されている第２の光子装置４０８に光学的に結合されている。図１２に示す他の実施例は図３に示した側面断面図に関して本書で先に説明した好適実施例と本質的に同じである。他の実施例はこの実施例が好適実施例の場合のようにホログラムが光子装置の表面に直接エッチングされるのではなく、そこに組み込まれたホログラムを有するホログラフ板７０１、７０２を採用しているという点で好適実施例と区別される。他の実施例のホログラムおよびホログラフ板は２クロム酸化ゼラチン、フォトポリマ、またはハロゲン化銀エマルジョン、のような材料で光学的手段により、またはコンピュータ作成法、２進法、およびマルチフェーズ工程法により製作することができる。

【００４４】
各ホログラフ光学板はファンデルウァール結合によりそれぞれの光子装置に機械的に結合されている。図１２に示すように、第１のホログラムはファン・デル・ウァール結合を利用して第１の光子装置４０６の表面４０７に個別に取り付けられている第１のホログラフ板７０１に入っており、これにより第２のホログラフ板７０４と第１の光子装置４０６との間の光学的整列を維持している。同様に、第２のホログラムはファン・デル・ウァール結合を利用して第２の光子装置の表面４０９に個別に取り付けられている第２のホログラフ板７０４に入っており、これにより第２のホログラフ板７０４と第１の光子装置４０６との間の光学的整列を維持している。各ホログラフ板は両面マスク・アライナを使用してそれぞれの光子装置と個別に整列している。したがって、他の実施例では大寸法光学基板

を採用するこれまで知られている技法に関連するレジストレーション・ラン・オフは皆無である。

【００４５】

他の実施例は更に、オプトエレクトロニク送信機の第１の光子装置４０６が、図１２に示すように、第１の集積回路２０２に取り付けられているので好適実施例から区別される。これはオプトエレクトロニク送信機の光子装置が電気相互接続基板に取り付けられている先に説明した好適実施例と対照的である。

【００４６】

他の実施例では、第１の集積回路２０２は、図１２に示すように、オプトエレクトロニク送信機の第１の光子装置に電気的に接続されている。代わって、第１の光子装置４０６は第２の光子装置４０８に光学的に結合されており、これはオプトエレクトロニク受信機に使用されている。他の実施例のホログラフ光学板は変調光ビームを特定方向に案内するようになっており、変調光ビームをオプトエレクトロニク送信機とオプトエレクトロニク受信機との間の光路に沿って導く。

【００４７】

特に、図１２に示すように、オプトエレクトロニク送信機に採用されている第１の光子装置４０６と個別に整列しているホログラフ板は第１の光子装置により放出された変調光ビームの経路を導く。第１のホログラフ板のホログラムの特徴は光ビームの経路を、図１２に示すように、放出面に対して斜めの角度に導く。

【００４８】

オプトエレクトロニク受信機に採用されている第２の光子装置４０８と個別に整列しているホログラフ板は変調光ビームを第２の光子装置４０８に向けなおす。第２のホログラフ板は板に斜めに入る変調光ビームを受ける向きになっている。図１２に示すように、第２のホログラフ板のホログラムは斜めに入る光ビームの経路を第２の光子装置４０８に向けなおす。オプトエレクトロニク受信機の第２の光子装置４０８は第２の集積回路２０４に電気的に結合されている。

【００４９】

前述から本明細書で説明した本発明の実施例は光学的整列の困難を減らし且つ信号品質を高めながら、光学的に相互接続する集積回路を提供することが認められる。説明したとおり、本発明は複数のホログラムを採用しており、各ホログラムはそれぞれの光子装置と個別に整列し、それにより大寸法光学基板を使用する従来より公知の技法に関連するレジストレーション・ラン・オフの問題を回避している。

【００５０】

本発明の特定の実施例を説明し且つ図解してきたが、本発明はそのように説明し図解した特定の形態または部品配列に限定されるものではなく、各種修正および変更を本発明の範囲および精神から逸脱することなく、行なうことができる。それ故、特許請求の範囲の範囲内で、本発明を特に説明し図解したもの以外で実施することができる。

【００５１】

以上、本発明の各実施例について詳述したが、ここで各実施例の理解を容易にするために、各実施例ごとに要約して以下に列挙する。

【００５２】

１．　第１の集積回路から電気的駆動信号を受ける導体手段、
導体に結合されていて、電気的駆動信号に応答して光ビームを変調するとともに光路に沿う方向に光ビームを放出する送信機であって、光ビームを発生する第１の光子装置を備えているオプトエレクトロニク送信機、
オプトエレクトロニク送信機に光学的に結合されていて、変調光ビームを受ける受信機であって、
変調光ビームに応答して電気信号を発生する第２の光子装置、および
第２の光子装置と個別に整列して光ビームの経路を第２の光子装置に向けなおすホログラフビーム案内手段、

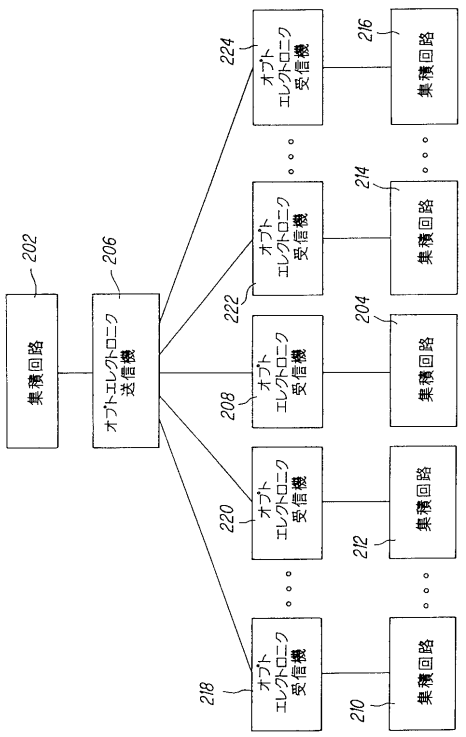
を備えているオプトエレクトロニク受信機、
オプトエレクトロニク受信機に結合されていて、応答電気信号を第２の集積回路に導く他の導体手段、
から構成されているオプトエレクトロニク装置である。
【００５３】
２．　第２の光子装置は変調光ビームを受ける受信面を備えており、ホログラフビーム案内手段は第２の光子装置の受信面と一体をなして光ビームの経路を第２の光子装置に向けなおすホログラムを備えている前記１に記載のオプトエレクトロニク装置である。
【００５４】
３．　受信面は該受信面に斜めに入射する変調光ビームを受けるような向きになっており、
受信面と一体を成すホログラムは受信面内にエッチングされて斜め入射光ビームを向けなおすように配置されている形態を備えている、
前記２に記載のオプトエレクトロニク装置である。
【００５５】
４．　第２の光子装置は変調光ビームを受ける受信面を備えており、ホログラフビーム案内手段は、第２の光子装置の受信面に個別に設置されて光ビームの経路を第２の光子装置に向けなおすホログラフ光学板を備えている、
前記１に記載のオプトエレクトロニク装置である。
【００５６】
５．　オプトエレクトロニク送信機は、各々がそれぞれの方向を有する複数の経路に沿って変調光ビームを放出し、
オプトエレクトロニク装置は更に、
オプトエレクトロニク送信機に光学的に結合されて変調光ビームを受ける複数のオプトエレクトロニク受信機であって、オプトエレクトロニク受信機の各々は、
変調光ビームに応答してそれぞれの電気信号を発生するそれぞれの
光子装置、および
それぞれの光子装置に個別に整列して、光ビームの経路のそれぞれの一つをそれぞれの光子装置に向けなおすそれぞれのホログラフビー
ム案内手段
を備えている複数のオプトエレクトロニク受信機、および
各々がオプトエレクトロニク受信機のそれぞれの一つと結合されて、応答電気信号のそれぞれの一つをそれぞれの受信集積回路に導く複数の導体、
を備えている、
前記１に記載のオプトエレクトロニク装置である。
【００５７】
６．　オプトエレクトロニク受信機の各光子装置は光ビームを受けるそれぞれの表面を備えており、
各ホログラフビーム案内手段は、それぞれの受信面と一体を成して、光ビームの経路のそれぞれの一つをそれぞれの光子装置に向けなおすそれぞれのホログラムを備えている、
前記５に記載のオプトエレクトロニク装置である。
【００５８】
７．　オプトエレクトロニク受信機の各光子装置はそれぞれの光ビームを受けるそれぞれの表面を備えており、
各ホログラフビーム案内手段は、それぞれの受信面に個別に設置されているそれぞれのホログラフ光学板を備えている、
前記５に記載のオプトエレクトロニク装置である。
【００５９】
８．　オプトエレクトロニク送信機は、第１の光子装置と個別に整列して、オプトエレクトロニク送信機から放出される光ビームの経路を導く他のホログラフビーム案内手段を備

えている前記１に記載のオプトエレクトロニク装置である。
【００６０】
９．　第１の光子装置は光ビームを放出する放出面を備えており、前記他のホログラフビーム案内手段は第１の光子装置の放出面と一体を成して放出面から放出された光ビームの経路を導くホログラムを備えている、
前記８に記載のオプトエレクトロニク装置である。
【００６１】
１０．　放出面と一体を成す前記ホログラムは、放出面にエッチングされて光ビームの経路を放出面に対して斜めの角度に導くように配置された形体を備えている前記９に記載のオプトエレクトロニク装置である。
【００６２】
１１．　第１の集積回路から電気的駆動信号を受ける導体、
導体に結合されて、電気的駆動信号に応答して光ビームを変調するオプトエレクトロニク送信機であって、このオプトエレクトロニク送信機は
光ビームを発生する第１の光子装置、
第１の光子装置と個別に整列して光ビームを光路に沿って導く第１のホロ
ログラム、
を備えているオプトエレクトロニク送信機、
オプトエレクトロニク送信機に光学的に結合されて、変調光ビームを受けるオプトエレクトロニク受信機であって、このオプトエレクトロニク受信機は変調光信号に応答して電気信号を発生する第２の光子装置を備えているオプトエレクトロニク受信機、
オプトエレクトロニク受信機と結合して、それぞれの電気信号を第２の集積回路に導く他の導体手段、
から構成されているオプトエレクトロニク装置である。
【００６３】
１２．　第１の光子装置は変調光ビームを放出する放出面を備えており、
前記第１のホログラムは第１の光子装置の放出面と一体を成す、
前記１１に記載のオプトエレクトロニク装置である。
【００６４】
１３．　前記第１のホログラムは、放出面にエッチングされて光ビームの経路を放出面に対して斜めの角度に導くように配置されている形体を備えている前記１２に記載のオプトエレクトロニク装置である。
【００６５】
１４．　オプトエレクトロニク受信機は更に、第２の光子装置と個別に整列して光ビームの経路を第２の光子装置に向けなおす第２のホログラムを備えている前記１１に記載のオプトエレクトロニク装置である。
【００６６】
１５．　第２の光子装置は変調光ビームを受ける受信面を備えており、
第２のホログラムは第２の光子装置の受信面と一体を成している、
前記１４に記載のオプトエレクトロニク装置である。
【００６７】
１６．　受信面は受信面に斜めに入射する変調光ビームを受ける向きになっており、
第２のホログラムは、受信面にエッチングされて斜めに入射する光ビームを向けなおすように設置されている、
前記１５に記載のオプトエレクトロニク装置である。
【００６８】
１７．　光ビームを発生する第１の光子装置、
第１の光子装置と個別に整列して光ビームを光路に沿って導く第１のホログラム、
第１の光子装置と光学的に結合して光ビームを受ける第２の光子装置、
第２の光子装置と個別に整列して光ビームを第２の光子装置に向けなおす第２のホログラ

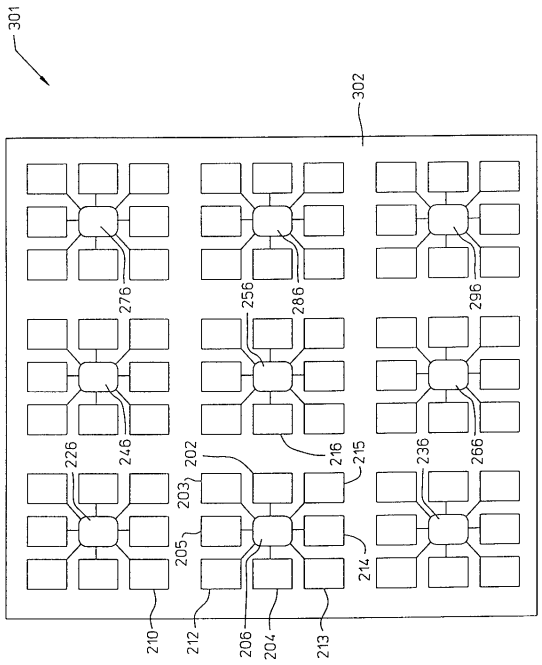
ム、
から構成されているオプトエレクトロニク装置である。
【００６９】
１８．　第１の光子装置は光ビームを放出する放出面を備えており、第１のホログラムは放出面と一体を成している前記１７に記載のオプトエレクトロニク装置である。
【００７０】
１９．　第２の光子装置は光ビームを受ける受信面を備えており、　第２のホログラムは受信面と一体を成している、
前記１７に記載のオプトエレクトロニク装置である。
【００７１】
【発明の効果】
以上のように、本発明によれば、オプトエレクトロニク送信機の第１の光子装置から発生する光ビームを第１の集積回路からの電気的駆動信号に応答してオプトエレクトロニク送信機で変調し、オプトエレクトロニク受信機のホログラフ・ビーム案内手段で変調光ビームをオプトエレクトロニク受信機の第２の光子装置に向けなおして変調光ビームを第２の光子装置で受光して、応答電気信号を発生し、この応答電気信号を第２の集積回路に導くようにしたので、必要な光路整列の困難性を緩和し、信号品質を向上させる集積回路を光学的に相互接続できるとともに、単独隣接大寸法ホログラフ光学基板に関連するレジストレーション・ラン・オフは皆無になり、オプトエレクトロニク送信機の光子装置との間の光路の整列を維持することとができる。
また、従来より大きく、複雑なマルチチップ・モジュールの組み立てが可能となる。
【図面の簡単な説明】
【図１】本発明のオプトエレクトロニク装置を示すブロック図である。
【図２】本発明のオプトエレクトロニク装置の好適実施例の平面図である。
【図３】本発明のオプトエレクトロニク装置の好適実施例の側面断面図である。
【図４】本発明に採用されているフリップ・チップ結合を行なうことを示す詳細な切欠断面図である。
【図５】本発明に採用されているフリップ・チップ結合を行なうことを示す詳細な切欠断面図である。
【図６】本発明に採用されているフリップ・チップ結合を行なうことを示す詳細な切欠断面図である。
【図７】本発明に採用されているフリップ・チップ結合を行なうことを示す詳細な切欠断面図である。
【図８】本発明に採用されているフリップ・チップ結合を行なうことを示す詳細な切欠断面図である。
【図９】本発明に採用されているフリップ・チップ結合を行なうことを示す詳細な切欠断面図である。
【図１０】本発明に採用されているフリップ・チップ結合を行なうことを示す詳細な切欠断面図である。
【図１１】光子装置の一つの表面にエッチングした一例のホログラムを代表的に示す好適実施例の詳細断面底面図である。
【図１２】各々それぞれの光子装置に個別に取り付けられている第１および第２のホログラフ板を示す代わりの実施例の側面断面図である。
【図１３】従来より公知の光学的相互接続機構の断面側面図である。
【符号の説明】
２０２　第１の集積回路
２０３、２１２～２１５　集積回路
２０４　第２の集積回路
２０６、２２６、２３６、２４６、２５６、２６６、２７６、２８６、２９６
オプトエレクトロニク送信機

２０８、２１８、２２０、２２２、２２４　オプトエレクトロニク受信機
３０１　マルチチップモジュール
３０２　マルチチップモジュール基板
３０４　開口
４０６、４０８　光子装置
４０７　放出面
４０９　受信面
４２４　光学装置
４２５　受信面
４２７　反射金属面
４２８　透明誘電体面
４２９　電気相互接続基板
４３３、４３５　導電フリップ・チップ半田結合
５０１　第１の半田濡れ可能パッド
５０３　整合用半田濡れ可能パッド
６０１　ホログラム
７０１、７０２　ホログラフ板

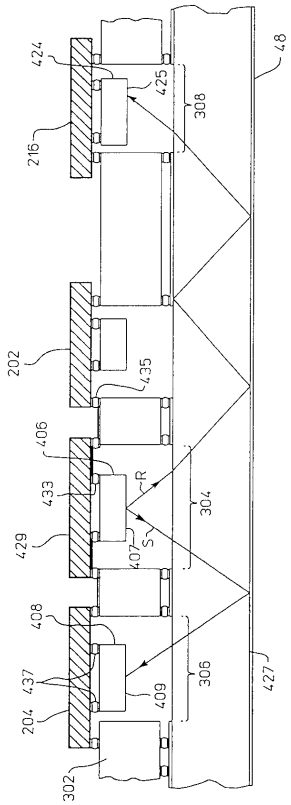
【図１】



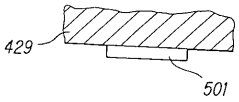
【図２】



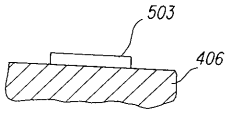
【図３】



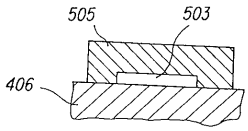
【図４】



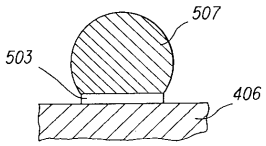
【図５】



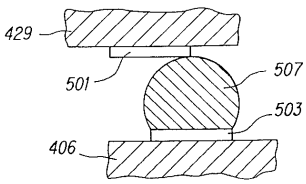
【図６】



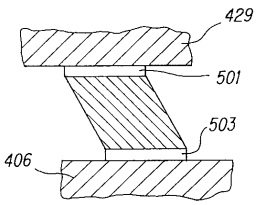
【図７】



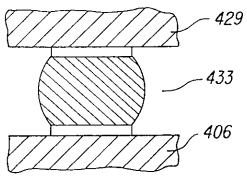
【図８】



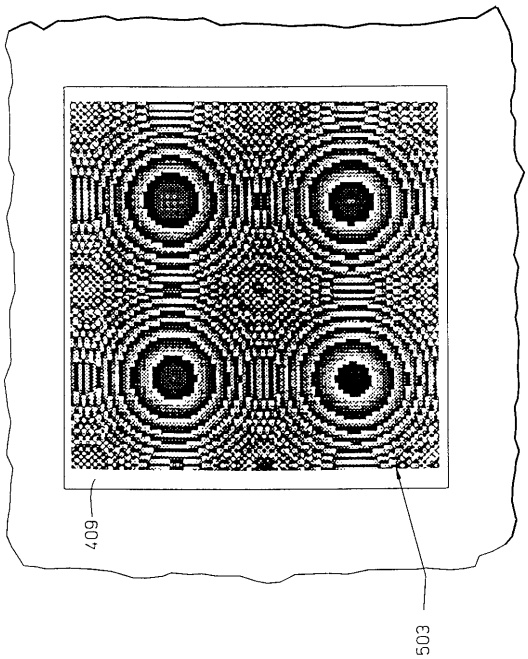
【図９】



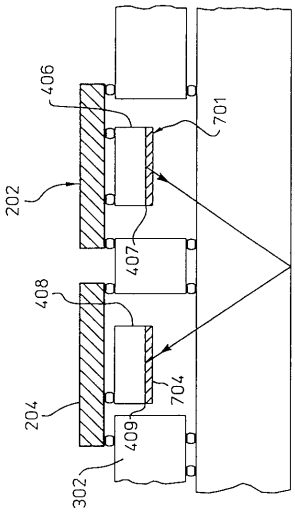
【図１０】



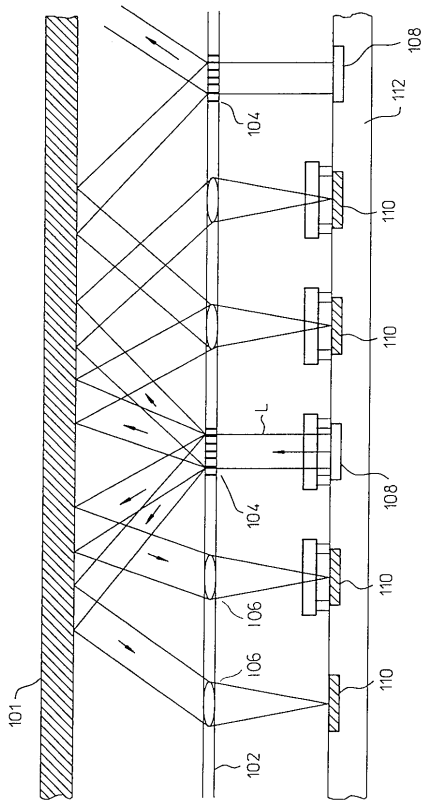
【図１１】


409
503

【図１２】


406
701
202
407
408
704
204
409
302

【図１３】


108
112
104
110
110
L
108
104
110
106
106
110
101
102

フロントページの続き

(74)代理人 100105474
弁理士 本多 弘徳
(74)代理人 100090343
弁理士 濱田 百合子
(74)代理人 100105913
弁理士 加藤 公久
(72)発明者 ロナルド・カネシロ
アメリカ合衆国カリフォルニア州マウンテイン・ヴュー ミードウ・レーン １５７２
(72)発明者 ヨゼフ・ストラツニッキー
アメリカ合衆国カリフォルニア州マウンテイン・ヴュー マーデイル・ウェイ ２５５１

審査官 工藤 一光

(56)参考文献 特開昭６４－０２４２１０（ＪＰ，Ａ）
特開昭６４－０２５５８０（ＪＰ，Ａ）
特開昭６３－１３６００５（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.[7]，ＤＢ名)
G02B6/42
G02B5/32
H01L27/15
H01L21/60 311