

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7418328号
(P7418328)

(45)発行日 令和6年1月19日(2024.1.19)

(24)登録日 令和6年1月11日(2024.1.11)

(51)国際特許分類

H 0 1 S 5/183(2006.01) H 0 1 S 5/183
H 0 1 S 5/42 (2006.01) H 0 1 S 5/42

F I

請求項の数 12 (全40頁)

(21)出願番号 特願2020-530452(P2020-530452)
 (86)(22)出願日 平成30年8月13日(2018.8.13)
 (65)公表番号 特表2020-530666(P2020-530666)
 A)
 (43)公表日 令和2年10月22日(2020.10.22)
 (86)国際出願番号 PCT/US2018/046556
 (87)国際公開番号 WO2019/033120
 (87)国際公開日 平成31年2月14日(2019.2.14)
 審査請求日 令和3年8月10日(2021.8.10)
 (31)優先権主張番号 62/543,972
 (32)優先日 平成29年8月11日(2017.8.11)
 (33)優先権主張国・地域又は機関
 米国(US)

(73)特許権者 518144218
 オプティパルス・インコーポレイテッド
 アメリカ合衆国、ニュー・メキシコ・8
 7106、アルバカーキ、ユニバーシティ
 ・ドライブ・サウスイースト・801
 、スイート・103
 (74)代理人 110001173
 弁理士法人川口国際特許事務所
 ジョーセフ・ジョン・リチャード
 アメリカ合衆国、ニュー・メキシコ・8
 7123、アルバカーキ、ピエドラス・
 ロード・ノースイースト・14300
 (72)発明者
 審査官 百瀬 正之

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 ハイパワーのレーザグリッド構造

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

装置であって、

レーザアレイのスタックであって、スタックの各レーザアレイが、

前面および背面を有するレーザ発光エピタキシャル構造であって、レーザ発光エピタキシャル構造が背面発光であり、単一メサ構造内に複数のレーザ領域を備え、各レーザ領域がアーチャを有し、レーザビームがアーチャを通して制御可能に放射される、レーザ発光エピタキシャル構造、

前面表面および背面表面を有する基板であって、レーザ発光エピタキシャル構造の背面が基板の前面表面上に置かれ、基板がレーザ発光エピタキシャル構造のレーザ領域と位置合わせされる複数のレーザキャビティを備え、レーザ発光エピタキシャル構造のレーザ領域から背面発光されるレーザビームがレーザキャビティを通過する、基板、および

基板の背面表面上に置かれるマイクロレンズアレイであって、マイクロレンズアレイの各マイクロレンズがレーザ発光エピタキシャル構造のレーザ領域に位置合わせされる、マイクロレンズアレイ

を備える、スタックと、

スタックのアーチャから放射される複数のレーザビームを非コヒーレントに結合するように位置付けされる非コヒーレントなビームコンバイナと
を備え、

スタックの底より高いスタックの各レーザアレイが、非コヒーレントなビームコンバイ

ナに対してレーザ光の集中された投影のために複数のレーザアレイからのレーザビームを結合するように(i)それ自体のレーザ領域からのレーザビームおよび(ii)スタックの1つ以上のより低いレーザアレイからのレーザビームを仕向けるように構成される、装置。

【請求項 2】

複数のレーザ領域の各々が、レーザ発光エピタキシャル構造の背面まで延在するレーザキャビティを備える、請求項1に記載の装置。

【請求項 3】

レーザキャビティの各々が、レーザビーム放射のための光学軸を有し、光学軸がレーザ発光エピタキシャル構造の背面に対して垂直である、請求項2に記載の装置。

10

【請求項 4】

マイクロレンズが反射コーティングで覆われて、放射されたレーザビームからのレーザ光をレーザキャビティを通して反射する、請求項2または3に記載の装置。

【請求項 5】

反射されたレーザ光がレーザキャビティの中心に集中されるように、マイクロレンズがスムーズな曲率半径を有する、請求項4に記載の装置。

【請求項 6】

マイクロレンズアレイがフォトリソグラフィックマイクロレンズアレイまたは複数のグラフェンレンズ構造を備える、請求項1から5のいずれか一項に記載の装置。

20

【請求項 7】

非コヒーレントなビームコンバイナが、重複する集束点を有する二次元(2D)の非コヒーレントなビームコンバイナまたは複数の重複する集束点を有する三次元(3D)の非コヒーレントなビームコンバイナを備える、請求項1から6のいずれか一項に記載の装置。

【請求項 8】

レーザ領域に電流を提供するように構成される電気導波管をさらに備え、

各レーザ領域が、單一メサ構造内で、單一メサ構造の他のレーザ領域に対し、電気的に絶縁される、請求項1から7のいずれか一項に記載の装置。

【請求項 9】

スタックの各レーザアレイが、複数のレーザ発光エピタキシャル構造と、レーザグリッドアレイとして構成される複数のマイクロレンズアレイとをさらに備える、請求項1から8のいずれか一項に記載の装置。

30

【請求項 10】

方法であって、

前面および背面を有するレーザ発光エピタキシャル構造に電流を選択的に印加することにより複数のレーザビームを発生させることであって、レーザ発光エピタキシャル構造が背面発光であり、單一メサ構造内に複数のレーザ領域を備え、各レーザ領域がアパーチャを有し、レーザビームがアパーチャを通して放射され、レーザ発光エピタキシャル構造の背面が基板の前面表面上に置かれ、基板がレーザ発光エピタキシャル構造のレーザ領域と位置合わせされる複数のレーザキャビティを備え、レーザ発光エピタキシャル構造のレーザ領域から背面発光されるレーザビームがレーザキャビティを通過する、ことと、

基板の背面表面上に置かれるマイクロレンズアレイに、発生されたレーザビームを仕向けることであって、マイクロレンズアレイの各マイクロレンズがレーザ発光エピタキシャル構造のレーザ領域に位置合わせされる、ことと、

40

レーザアレイのスタックに対して発生させるステップおよび仕向けるステップを行うことであって、スタックの各レーザアレイが(1)レーザ領域のグリッドを有するレーザ発光エピタキシャル構造、(2)基板、および(3)マイクロレンズアレイを備え、スタックの底より高いスタックの各レーザアレイが、レーザ光の集中された投影のために複数のレーザアレイからのレーザビームを結合するようにそれ自体のレーザ領域からのレーザビームおよびスタックの1つ以上のより低いレーザアレイからのレーザビームを仕向ける、ことと、

50

レーザ光の集中された投影を非コヒーレントに結合することと
を含む、方法。

【請求項 1 1】

スタックの底より高く、スタックの頂より低いスタックの各レーザアレイが、スタックの次に高いレーザアレイの集中レンズ上にスタックの1つ以上のより低いレーザアレイからのレーザビームを受け、仕向けるように位置付けされる集中レンズを含み、スタックの底より高く、スタックの頂より低いスタックのレーザアレイのレーザ領域が集中レンズの辺りに位置付けされる、請求項1から9のいずれか一項に記載の装置。

【請求項 1 2】

スタックの底より高く、スタックの頂より低いスタックの各レーザアレイが、スタックの次に高いレーザアレイの集中レンズ上にスタックの1つ以上のより低いレーザアレイからのレーザビームを受け、仕向けるように位置付けされる集中レンズを含み、スタックの底より高く、スタックの頂より低いスタックのレーザアレイのレーザ領域が集中レンズの辺りに位置付けされる、請求項10に記載の方法。

10

【発明の詳細な説明】

【背景技術】

【0 0 0 1】

低コストであり、高効率であり、ハイパワーである半導体レーザが、例えば、照明レーザ、ビーコンレーザ、などの、指向性エネルギー用途のための、または他のレーザを励起するための、技術分野で必要である。面発光レーザデバイスはパワーをスケーリングするように特に構成可能である。このようなデバイスは、通常、上面発光 (top-emitting) または背面発光 (back-emitting) であり、ここでは、全キャビティが一連の鏡およびアクティブ領域の中に作られる。他の設計では、鏡の完成体の一方側を数mmの比較的長い距離だけ外側に移動させることになる。このようなレーザデバイスのための外部キャビティの設計をアレイ構成の中に作ることは困難であることが分かっており、これは接着後にチップが非平面状に湾曲することに起因しており、これにより内部キャビティの鏡が悪影響を受け、一度に少数のアレイのみしか最適化されず、それにより一貫した結果を減少させる。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

30

【0 0 0 2】

【文献】米国特許出願公開第2011/0176567号明細書

【文献】米国特許出願公開第2017/0033535号明細書

【文献】米国特許第5,978,408号明細書

【非特許文献】

【0 0 0 3】

【文献】Yoshikawaらの、「High Power VCSEL Devices for Free Space Optical Communications」、Proc. of Electronic Components and Technology Conference, 2005年、pp. 1353-58 Vol. 2

40

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0 0 0 4】

当技術分野のこれらの問題に対しての解決策として、本発明者らは、湾曲することを克服することにおいて複数の利点を提供する半導体レーザ構造を開示する。このような構造の一例が、単一メサ構造の中に複数のレーザ領域を有する背面発光のエピタキシャル構造であってよく、各レーザ領域はアパー チャを有し、このアパー チャを通ってレーザビームが制御可能に放射される。各アパー チャはレーザキャビティの一部であってよい。湾曲が問題となるような上で説明した当技術の従来のアプローチとは異なり、材料の屈折率においてコントラストを有するような一連の層である鏡ステージの完成がウエハー上の鏡また

50

は反射層を用いて完成されることを理由として、各キャビティが悪影響を受けない。この一貫した距離が、より大型のデバイスアーチャ内でのアウトプットを最適化するために、ビーム形成光学素子と併せて使用され得る（しかし、延長されたキャビティデバイスのアレイの全体の出力パワーを維持するためにはより多くのアーチャが用いられる）。従来の設計を用いる場合、チップが基板に接着されるとき、応力がチップをわずかに変形させて平坦な表面からわずかに湾曲した表面とし、チップの表面に対して平面的である鏡アレイを位置合わせすることを不可能とする。キャビティの平面性は、アーチャに戻るファイードバックを制御することを理由として、重要な位置合わせのための特徴である。

【0005】

本明細書で説明される例示の実施形態を用いる場合、当技術分野の従来の解決策によって経験される湾曲の問題が、マイクロレンズアレイのためのマウンティングサーフェスとしてレーザ基板の背面を使用することによって克服され得る；この表面は、常に、平面的であり、レーザ領域のためのすべてのレーザ光学軸に対して垂直である。このアーキテクチャにより従来の設計より小さいアーチャサイズが得られるが、この小さいアーチャサイズは、半導体レーザ構造に含まれ得るいくつかのレーザ領域および対応するアーチャによってオフセットされ得る。この場合、非コヒーレントなビームコンバインガ、全体のビームのための低コヒーレンス長を得ることを目的として、これらのアーチャによって放射されるレーザビームを非コヒーレントに結合するように位置付けされ得、これは照明装置およびビーコンレーザにとって有益である。

【0006】

したがって、本明細書で説明される例示の実施形態により、パワーを増大させるが、パルス幅を縮小させ、サイズを縮小させ、重量を低減させ、コストを軽減させるのを可能にするような、独自の設計アーキテクチャが得られる。したがって、本明細書で説明されるテクノロジは、ドローン防衛用の指向性エネルギー兵器のために使用され得る照明装置またはビーコンレーザとして使用されるのに適する、高いビーム品質を有する、ハイパワーであり、短いコヒーレンス長を有するビームを得ることにより性能を向上させると見込まれる。

【0007】

本明細書において以下で、本発明のこれらおよび他の特徴および利点が当業者に対して説明される。

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】例示の上面発光のインプラントの実施形態を示す図である。

【図2】例示の上面発光のインプラントの実施形態を示す図である。

【図3】例示の上面発光のインプラントの実施形態を示す図である。

【図4】例示の上面発光のインプラントの実施形態を示す図である。

【図5】例示の上面発光のインプラントの実施形態を示す図である。

【図6】例示の底面発光 (bottom emitting) のインプラントの実施形態を示す図である。

【図7】例示の上面発光の酸化の実施形態を示す図である。

【図7A】例示の上面発光の酸化の実施形態を示す図である。

【図7A2】例示の上面発光の酸化の実施形態を示す図である。

【図7B】例示の上面発光の酸化の実施形態を示す図である。

【図7C】例示の上面発光の酸化の実施形態を示す図である。

【図8】例示の底面発光の酸化の実施形態を示す図である。

【図9】例示の底面発光の酸化の実施形態を示す図である。

【図10】例示の底面発光の酸化の実施形態を示す図である。

【図10A】例示の底面発光の酸化の実施形態を示す図である。

【図10A2】例示の底面発光の酸化の実施形態を示す図である。

【図10B】例示の底面発光の酸化の実施形態を示す図である。

10

20

30

40

50

【図 1 1】例示の底面発光の酸化の実施形態を示す図である。
 【図 1 2】例示の底面発光の酸化の実施形態を示す図である。
 【図 1 3】例示の底面発光の酸化の実施形態を示す図である。
 【図 1 4 a】例示の底面発光の酸化の実施形態を示す図である。
 【図 1 4 b】例示の底面発光の酸化の実施形態を示す図である。
 【図 1 4 c】例示の底面発光の酸化の実施形態を示す図である。
 【図 1 5】例示のマイクロストリップの実施形態を示す図である。
 【図 1 6】例示の位相コヒーレントの実施形態を示す図である。
 【図 1 7】回折光学素子を採用する例示の実施形態を示す図である。

【図 1 8】パターン回折格子 (pattern diffractive grating 10) を採用する例示の実施形態を示す図である。

【図 1 9】例示のマイクロレンズの実施形態を示す図である。

【図 2 0】例示の第 1 0 の実施形態を示す図である。

【図 2 1】例示の第 1 1 の実施形態を示す図である。

【図 2 2】例示の第 1 2 の実施形態を示す図である。

【図 2 3】種々の実施形態に関連するレージンググリッドのための追加のパターンの例を示す図である。

【図 2 4】本明細書で説明されるように設計される例示の実施形態と米国特許出願公開第 2011/0176567 号によって教示される実施形態との間で電流フローを比較して示す図である。 20

【図 2 5】例示の実施形態によるレーザ装置を示す断面図である。

【図 2 6】レーザウェハーの背面側に位置付けされるレンズを示している、例示の延長されたキャビティを示す断面図であり、ここでは、レンズが、鏡として機能する誘電体コーティングを有する。

【図 2 7】例示の実施形態ためのシミュレーション結果を示す図である。

【図 2 8】レーザ装置の例示の実施形態と共に使用され得る例示の融通性のあるビーム結合テクニックを示す図である。 30

【図 2 9】図 2 8 の融通性のあるビーム結合テクニックを示す斜視図である。

【図 3 0】グラフェンレンズ構造との組み合わせでレーザ構造を有する例示のレーザ装置を示す断面図である。

【図 3 1】グラフェンレンズ構造を形成するのに使用され得る例示のプロセスを示す図である。 30

【図 3 2】グラフェンレンズ構造が幅および間隔に関して変化するように設計され得る例を示す図である。

【図 3 3】レーザ構造のための延長されたキャビティ設計において形成されるレンズを置き換えることができる例示のグラフェンレンズの設計を開示する図である。

【図 3 4】レーザ構造において回折光学素子 (DOE: diffractive optical element) を置き換えることができる例示のグラフェンレンズ設計を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0009】

図 2 5 は、マイクロレンズアレイ 2504 および非コヒーレントなビームコンバイナ 2510 との組み合わせで、レーザ構造 2502 を含む例示のレーザ装置 2500 の断面図を示す。レーザ構造 2502 が、前面 (頂部) 2504 および背面 2506 を有するレーザ発光エピタキシャル構造であってよく、レーザ発光エピタキシャル構造が背面発光である。レーザ構造は単一メサ構造の中に複数のレーザ領域を備え、各レーザ領域がアーチャを有し、このアーチャを通ってレーザビームが制御可能に放射される。図 2 5 によって示されるように、マイクロレンズアレイ 2502 がレーザ構造 2502 の背面 2506 上に置かれる。マイクロレンズアレイ 2504 の各マイクロレンズがレーザ発光エピタキシャル構造 2502 のレーザ領域に対して位置合わせされる。非コヒーレントなビームコ 50

ンバイナ 2510 が、アーチャから放射される複数のレーザビームを非コヒーレントに結合するように位置付けされる。

【0010】

レーザ構造 2502 として使用され得るデバイスの例が、以下の米国特許出願公開第 2017/0033535 号で開示および説明されており、その開示は、引用によりその全体が本明細書に組み込まれ、そのコピーが付録 A として含められる。付録 A は、複数の導電グリッドから形成されるレーザ構造を説明しており、例示の実施形態ではこの複数の導電性グリッドから形成されるレーザ構造が、メサ構造の中にある半導体レーザの単一のユニットと、高周波動作のための高速電気導波管に対してのそれらの接続部とによって具現化され得る。レーザ構造 2502 として使用され得るデバイスの追加の例が以下の米国特許出願で開示および説明されており、その各々の開示は、引用によりその全体が本明細書に組み込まれる：(1) 2017 年 2 月 2 日に出願された、「Methods to Advance Light Grid Structures for Low-Cost Laser Sources」と題される、米国特許出願第 62/456,476 号、(2) 2017 年 2 月 2 日に出願された、「Fabrication of Light Grid Structures with Wafer Scale Processing」と題される、米国特許出願第 62/456,489 号、(3) 2017 年 2 月 2 日に出願された、「High Power Laser Grid Structure for Applications over Distance」と題される、米国特許出願第 62/456,501 号、(4) 2017 年 2 月 2 日に出願された、「Methods for Advancing High Brightness Diodes」と題される、米国特許出願第 62/456,518 号、および(5) 2017 年 2 月 15 日に出願された、「Rigid Lasing Grid Structure Array Configured to Scan, Communicate, and Process Materials Using Deformable Light Fields」と題される、米国特許出願第 62/459,061 号。

10

20

30

40

【0011】

さらに、レーザ構造 2502 は複数のレーザ発光エピタキシャル構造のアレイとしても構成され得、各レーザ発光エピタキシャル構造が単一のメサ構造を有し、ここでは、単一メサ構造が複数の分離されたレーザ領域を含む。このようなアレイの中では、レーザ構造 2502 が複数のメサ構造を含むことができ、各メサ構造が複数の分離されるレーザ領域を含む。このようなレーザグリッド構造は、小さいチップ上にいくつかのレーザ放射体を呈することができる。

【0012】

例示の実施形態として、レーザ装置 2500 がビーコン照明装置レーザ内で使用され得る。このテクノロジでは、レーザキャビティは、図 26 に示されるように、光学構成要素を外部において位置合わせするのを排除することを目的として、ウエハーの背面まで延在していてよい。この設計アプローチはビーム品質を劇的に向上させることができる ($M^2 < 1.5$)。さらに、非コヒーレントなビーム形成アーキテクチャにおいて、個別のビームの特性によって定義される、高品質のビーム特性を有する複数の低コヒーレンスのビームを使用することにより、ビームのコヒーレンス長が 1 mm 未満まで縮小され得る。

【0013】

レーザ構造 2502 をマイクロレンズアレイ 2504 に組み合わせる方法が、2D フォトリソグラフィテクニックを伴い、2D フォトリソグラフィテクニックが数万個のチップを単一の 4" のウエハーの上に配備するのを可能にし (図 26 の基板 2600 を参照)、さらにはチップスケールの複雑さを排除する。延長されたキャビティデバイスの例は M^2 値 < 1.5 を達成した。実際には、このウエハーレベルプロセスは、出力パワーおよび信頼性を向上させながら、1 回のプロセスにおける単一ウエハーでの数 1000 時間のアライメントの調整を排除することになる。

【0014】

50

図26に示されるように、マイクロレンズアレイが複数の湾曲レンズ2610を備えることができ、各湾曲レンズ2610がスムーズな曲率半径を有する。レンズアレイが、背面発光のエピタキシャル成長側の反対側において、レーザ基板の背面の表面にエッチングされ得る。最初に薄いフォトレジストを用いてパターニングを行って、ガラスの溶解するタイミングであるガラス遷移状態を超えるようにフォトレジストを加熱して、フォトレジストが溶解し、表面張力に起因するレンズ型構造を形成するときに、レンズのアレイのエッチングが行われる。このようにして、このレンズ型の構造が、この構造をGaAsレーザウェハー表面にエッチングするためのマスクとなることができる。レンズの曲率半径(ROC: Radius of Curvature)は、レジスト除去速度と比較して、GaAsの除去を含めた、BC13とC1との間での選択性を調整することにより、制御され得る。これが、プラズマにO₂を加えることにより、または他の方法により達成され得る。後で考察されるようにチップの背面上にレンズのアレイを作ることにおいて、エッチングされたレンズに対してグラフェンレンズが置き換えられることもでき、またはグラフェンレンズがビーム形成アレイとして使用される場合、グラフェンレンズが、マイクロレンズアレイとして、外部のクリアなつまり透明な基板の上に形成されてもよい。

【0015】

各レンズ2610が、基板2600の背面2506において、アパー・チャのところで終端する基板2600内のレーザキャビティ2602に位置合わせられ得る。説明を容易にするために、このようなキャビティ2602が図26では1つのみ示されるが、レンズ2610の各々が多様なレーザキャビティ2602に位置合わせられ得ることを理解すべきである。各キャビティ2602が、アパー・チャを通るビーム放射方向に一致する光学軸を呈する(例えば、図26の構成を基準にする場合は垂直軸)。

【0016】

レンズ2610が反射誘電体などの反射コーティングで覆われ得、その結果、レンズ2610が、レーザキャビティ2602から放射される光のうちの一部の光のための鏡として機能するようになる。図26によって示されるように、レンズ2610が、ビーム品質およびビームアウトプットを向上させることを目的として、キャビティ2602の中心へと光を集中させるようなフィードバック機構を提供するように、湾曲していく。こうして、さらにこの反射光がキャビティ2602内に向かわされて、キャビティ2602の中心光学軸に沿うビーム放射の光エネルギーのより大きな集中を作り出す。キャビティ2602を長くすることにより、安定化が達成され得、より良好な品質のビームアウトプットが達成され得る。

【0017】

キャビティ2602へのレーザフィードバックの結果として起こるビーム品質の劣化は、キャビティ2602を正確にモデル化されたマイクロレンズの曲率半径に適合させることにより、軽減され得る。このエリアをレーザの電流閉じ込め領域に適合させるようにフィードバックスポットが最適化される場合、電流が光子を作り出すところのレーザのアクティブ領域をオーバーフィリング(overfilling)またはアンダーフィリング(underfilling)しないようにすることにより、パワーアウト(power out)を最適化することができる。エピタキシャル設計はさらに、エピタキシャル出力鏡の中の反射率を最適化するためのさらなる成長の実行を必要とする。出力パワーは出力鏡の反射率に応じている。鏡がより反射すると、外に出ることになる光子の数が減少し、反射してキャビティの中に戻る光子の数が増加する。出力キャビティの反射率を調整することが、パワーアウトを最適化するのを補助する。エピタキシャル層を修正することにより、またはマイクロレンズがエッチングされたアレイの表面上に堆積される鏡の完成層を調整することにより、反射率が調整され得る。

【0018】

これらのレンズ2610を作るのに使用され得るウエハースケールのフォトリソグラフィテクニックの例が図30-34を参照して以下で説明される。このようなウエハースケールのフォトリソグラフィを用いる場合、数十万個のレンズが同時に位置合わせされて形

成され得る。

【0019】

コヒーレントなアレイからのビームと比較すると、図25および26によって示されるような非コヒーレントなアレイからのビームは短いコヒーレンス長を有し、標的上でより少ないスペックルを作る。図25および26のアレイに対するコヒーレンス長は1mm未満となり得ると考えられる。試験されたすべての低コヒーレンスアレイが、レーザが追加されたときに、パワーアウトとの線形関係を示した。1mWのアウトプットを各々が有する100個のレーザが100mWのパワーを発生させることになり、また、各々0.1Wである100万個のレーザが100,000ワットの光学パワーを発生させることになる。コヒーレントな構造はよりファーフィールドにおいてより多くのシンチレーションを有する。図27は、図26の例示の実施形態に関する波動光学ビームプロパゲータ(wave-optics beam propagator)を使用するシミュレーションの結果を示している。六角形アレイのトップハットビームが、相互コヒーレンスを有する場合における、および相互コヒーレンスを有さない場合における乱れの1つの具体例を通して伝播されている。各々の標的照射フレーム内の白色のサークルは、ターゲットスポットを示している。上で述べたように、非コヒーレントなアレイが、ターゲットスポット上でより少ないスペックルを発生させるものとしてシミュレートされている。

10

【0020】

図25-26の構成はさらに、新しい種類のビーム結合を可能にする。例示の実施形態では、非コヒーレントなビームコンバイナ2510は、レーザ構造2502およびマイクロレンズアレイ2504の外部にあるマイクロレンズなどの追加のレンズ要素の形態をとることができる。ビームが正面を指してマイクロレンズアレイ2504から出て、ビームコンバイナ2510が、ビームの縁部において曲がるように動作し、レンズのピッチへのレーザのピッチのオフセットの差を理由としてすべてのビームが集束する。したがって、ビームコンバイナ2510が2Dアレイの手前において単一のスポットの方にビームを導く。非コヒーレントなビームコンバイナ2510は、重複する集束点を有するような2Dのビーム結合を採用することができる。しかし、ビームコンバイナ2510が、複数の重複する集束点を有する3Dのビーム結合を採用することもできることを理解すべきである。

20

【0021】

図28は、レーザ装置2500の例示の実施形態と共に使用され得る例示の融通性のあるビーム結合テクニックを示している。図28では、アレイスタック内の底部層は完全なレーザグリッドアレイであってよく、対してスタック内の上側層はレーザグリッドアレイの中に開口部(例えば、図28によって示されるような中央の孔)を含むことができる。上側のスタック内のマイクロレンズアレイ2504は、トーラス形状レンズを採用することができる。図26の一連のレーザグリッドアレイ上にある一連のこれらのトーラス形状レンズが、トーラス形状レンズによって発生される光のいずれの円錐に対しても等しい頂点を有するZ軸内に配置される。これらの円錐がレンズの手前においてレンズの干渉を受けることなくトーラスレンズを通過する。トーラスレンズおよび光グリッドの各系が、等しいスポット上においてあるいはすべての円錐の頂点において大きいパワーを発生させるような複数の円錐を有することになるように組み立てられ得る。図29が、図28によって示されるビーム結合の斜視図を示す。

30

【0022】

したがって、図25-29は、VCSEL半導体レーザアレイからの高速(1GHzを超えるオン/オフ速度)でありハイパワーであるアウトプットを呈することができる光グリッド構造のための例示の実施形態を説明している。この光グリッド構造は、本明細書で考査される構成的なアレイ設計に起因して、より高い歩留まりを容易に達成する。このデバイスは単純化された製造設計プロセスを使用し、それによりウエハースケールのプロセスを使用する完全な半導体のレーザチップにより速度およびパワーの性能を向上させるのを達成し、それにより複雑な組み立てタスクを排除する。これにより、費用のかかる複雑な外部のマイクロレンズ/鏡アレイとの位置合わせの代わりにこの製造プロセスを使用す

40

50

ることで、小型化と、コスト削減と、ビーム特性の融通性の向上とが実現される。したがって、本テクノロジは、ドローン防衛用の指向性エネルギー兵器などの用途に使用され得るような、高ビーム品質であり、ハイパワーであり、短いコヒーレンス長の半導体レーザアレイの自動製造を改善することになる。

【0023】

図30は例示のレーザ装置2500の断面図を示しており、ここでは、マイクロレンズアレイはグラフェンレンズ構造3000の形態をとる。グラフェンレンズ構造3000が単一のグラフェンレンズ構造またはグラフェンレンズ構造のアレイであってよい。

【0024】

図31は、グラフェンレンズ構造3000を形成するのに使用され得る例示のプロセスを開示している。ステップ3100で、グラフェンがレーザ構造2502（例えば、付録Aの、後で説明される例などの、背面発光の複数の導電性グリッドから形成されるレーザ構造）の背面2506上に堆積される。ステップ3102で、堆積されたグラフェンのエリアをマスクするのにフォトリソグラフィが使用される。これらのマスクされるエリアがプラズマエッチングされないことになる。図32-34が、このステップとして使用され得るマスクパターンの例を示している。次いで、ステップ3104で、マスクされたエリアがプラズマエッチングされないように、堆積されたグラフェンをプラズマエッチングすることにより、グラフェンレンズ構造3000が形成される。例として、O2プラズマエッチングが実施され得る。これが、装置2500内でグラフェンレンズ構造3000として使用され得るフォトリソグラフィックレンズ構造をもたらす。この革新的なプロセスは、レーザ構造2500によって形成される光をインデックスガイド（index guide）するかまたは導くために、グラフェンおよびGaNなどの半導体である2つの材料の間での固有の高コントラストの反射率の差を使用する。

10

20

30

40

【0025】

図32は、グラフェンレンズ構造3200が幅および間隔に関して変化するように設計され得る例を示している。この例では、グラフェンレンズ構造3200が、複数の同心グラフェンリング3202を備える。グラフェンリング3202の幅およびグラフェンリング3202の間の間隔が、グラフェンレンズ構造3200のための所望の光学効果を達成するために、マスキングプロセス中に制御および画定され得る。さらに、図32の例は、独自の16個のレンズのアレイのための例示の4×4のマトリックスマスクを示しており、ここでは、2つのマスクがライトフィールド（light field）およびダークフィールド（dark field）のために採用され得る。

【0026】

図33は、レーザ構造2500のための延長されたキャビティ設計内の形成されたレンズを置き換えることができる例示のグラフェンレンズ設計を示している。図33の上側部分がこのグラフェンレンズ構造のために使用され得る幅特性および間隔特性の異なる例を示しており、図33の下側部分が付録Aの図21に対応する例示のVCSELレーザ構造を示している。このグラフェンレンズ構造は、設計を向上させることを目的として、図21に関連して付録Aで説明される形成されたレンズを置き換えることができる。さらに、反射コーティングがグラフェンレンズ構造の表面の上に堆積され得る。

【0027】

図34は、レーザ構造2500内の回折光学素子（DOE）を置き換えることができる例示のグラフェンレンズ設計を示している。図34の上側部分が、グラフェンレンズ構造のために使用され得る幅特性および間隔特性の異なる例を示しており、図34の下側部分が付録Aの図18に対応する例示のレーザ構造を示している（上で参照されて組み込まれる、米国特許出願第62/456,476号、米国特許出願第62/456,489号、米国特許出願第62/456,501号、米国特許出願第62/456,518号、および米国特許出願第62/459,061号、も参照されたい）。グラフェンレンズ構造が、設計を向上させることを目的として、付録Aの種々の実施形態で説明されるDOEを置き換えることができる。図34によって示されるように、レーザ光を単一の源を起源とす

50

るものに見せるような形でレーザ光を導くことを目的として、グラフェンレンズ構造がレーザ構造と共に使用され得る。

【0028】

上記で本発明を例示の実施形態に関連させて説明してきたが、当業者によって認識される、依然として本発明の範囲内にあるような、例示の実施形態に対しての多様な修正形態が作られ得る。本発明に対してのこのような修正形態は、本明細書の教示を精査することによって認識可能である。したがって、本発明の全範囲は添付の特許請求の範囲およびそれらの法的な均等物のみによって定義される。

【0029】

付録A - 米国特許出願公開第2017/0033535号

10

レーザアレイは、単一レーザ、ファイバーレーザ、ダイオード励起固体状態(DPSS: diode pumped solid state)レーザ、および発光ダイオード(LED: light emitting diode)と比較して、高い動作光学パワー(higher operational optical power)および高周波数動作を理由として、通信、光検知測距(LiDAR: light detection and ranging)、および材料処理の分野で重要になりつつある。

【0030】

レーザアレイは、一般に、印刷および通信で使用されているが、並列通信のためのアレイの各レーザデバイスに対して、単一の別個の接続部を有する構成で使用されるものであり、ここでは、各レーザがアレイ内の他のデバイスとは別個のコンタクトを有することを理由として別個の信号を有することができる。

20

【0031】

アレイ要素が一体に結合されて単一の信号で駆動されるとき、構造があまりに大きい静電容量またはインダクタンスを有することになる。この高静電容量特性/高インダクタンス特性は、レーザアレイがより多くの要素を追加するとき、レーザアレイの周波数応答の速度を低下させることになり、それによりそのようなレーザアレイの速度を低下させる。このことが、Yoshikawaらの、「High Power VCSEL Devices for Free Space Optical Communications」、Proc. of Electronic Components and Technology Conference、2005年、pp. 1353-58 Vol. 2、および米国特許第5,978,408号、の参考文献に明示されている。

30

【0032】

マルチメサ構造に基づく高速レーザアレイが、本発明者の過去の文献、米国特許出願公開第2011/0176567号で説明されている。米国特許出願公開第2011/0176567号が、半導体レーザのマルチメサアレイと、高周波数動作のための高速電気導波管へのそれらの接続部とを説明している。しかし、米国特許出願公開第2011/0176567号で説明されるマルチメサ構造は多くの欠点を有する。

【0033】

米国特許出願公開第2011/0176567号で説明されるメサ構造の1つの問題は、一般にメサ構造が脆弱であることである。このことは、メサの形成後に接着のためのまたはレーザに触れるための何らかの機械的手順が存在する場合に問題である。メサ構造は直径が5ミクロンから10ミクロン程度小さくなり得、GaAsまたはAlGaAsなどの非常に脆い材料からあるいは他の同様の結晶材料から構成され得る。これらのメサは加工後に接着されなければならず、熱下で圧力が加えられ、その結果、レーザメサの頂部およびサブマウントがはんだにより電気的に接着される。背面発光デバイスのアレイを接着するときの、接合部分における一般的な破断メカニズムはメサに亀裂が入ることであり、それがレーザを役に立たないものとし、またデバイス全体を廃棄させる可能性がある。チップ上に30個のレーザが存在して、接着後に2個のレーザが壊れた場合、これらの2つのデバイスが発光しなくなる。さらに試験を行わなければならず、それにより、故障を取り除くためのプロセスが高価となる。

40

50

【 0 0 3 4 】

別の問題は、マルチメサ構造では、レーザチップ上に存在する複数のメサのための間隔の要件を理由としてチップ面積 (chip real estate) に応じてのレージングパワーを比較的小さいものとしてしまうことである。

【 0 0 3 5 】

メサ分離法によって作られる複数のメサアレイの別の問題は、信号がコンタクトパッドを横断して移動するための距離が短い方が好ましい周波数応答依存の設計パラメータに起因して、レーザがある距離で分離されることによりアレイの全体のサイズが制限されることである。この後、アレイが、赤外線 (IR) 照射のために使用される複数の垂直共振器面発光レーザ (VCSEL: Vertical Cavity Surface Emitting Laser) アレイなどのパワーを増大させる要素と共に使用されることになった。しかし、これらのIR源は高周波数動作をサポートしないことから、パルス幅が、高速パルス幅を必要とするLIDARではなく、照明のみに限定される。

10

【 0 0 3 6 】

本発明者らは、より強く、よりパワフルで、高速であるレーザアレイの場合における当技術の要求を満たすために、本明細書で、本発明のいくつかの実施形態を開示する。例えば、以下で説明される本発明の実施形態は、電気導波管を採用する信号パッドを基板上に形成することにより静電容量を低減しながら、アレイのレーザを一体に接続することを目的として、高周波数電気導波管を組み込む。本発明の実施形態は、構造のうちの非導電性部分とは対照的に導電性である複数のエリアを作るためのmulti-conductive current confinementテクニックを単一の構造内で使用することをさらに含む。導電性部分が、レージングポイントの構造全体にわたってエッチングを行うことなく、レーザを形成するレージングエリアまたはレージンググリッドを形成する。上で参照した米国特許第5,978,408号で説明される設計とは異なり、本明細書で開示される本発明の実施形態は、高周波数動作を可能にするためにレーザアレイを高速電気導波管と一体化するように、設計および加工される。本発明の実施形態は、高周波数動作および剛性の構造の両方を呈することにより、ハイパワーである高速の光源の設計における新しい独自の機会をサポートするものであり、それにより当技術で知られている他の設計と比較して性能および信頼性を向上させる。

20

【 0 0 3 7 】

30

本明細書で説明される例示の実施形態では、垂直共振器面発光レーザ (VCSEL) のエピタキシャル材料から加工される独自の構造が、米国特許出願公開第2011/0176567号で言及される構造などのVCSELアレイの中に形成される一般的なメサ構造と比較して、静電容量を低減させ、構造完全性を向上させ、また、フィルファクタを減らすことにより、高速動作に寄与する単一の剛体構造からレーザポイントのグリッドを形成する。VCSELの実施形態が単に例であり、このような設計が、共振キャビティ発光ダイオード (Resonant Cavity Light Emitting Diode)、LED、または垂直延長共振器 (または、垂直外部共振器) 面発光レーザ (Vertical Extended (or External) Cavity Surface Emitting Laser) などの、他のレーザタイプと共に機能することができることを理解されたい。

40

【 0 0 3 8 】

本明細書で説明される単一の連続構造が、一般的にはエッチングされて除去されるような材料の構造完全性を維持しながら、イオンのインプラントを使用してアーチャの電気絶縁エリアを形成するか、またはマイクロ構造または孔を通じての非導電性酸化エリアを形成する。この新しい構造の形成が、さらに、分離された異なるレーザ伝導ポイントまたはグリッドの間で高速信号を分配するのを可能にする。レーザグリッドのP型コンタクトエリアのすべてが、グラウンド - シグナル - グラウンド (GSG) の一体化された電気導波管の信号部分に並列に接続され得る。導波管内でオンおよびオフに切り換えられる信号または電流が、レーザを形成するすべての導電バスの間で分配される。マイクロストリッ

50

導波管などの他の種類の電気導波管が使用されてもよいことを理解されたい。

【0039】

この単一の連続構造は、より大型のめっき構造内の熱分配のためのより大きいベースなどのよう、他の利点も有する。レージンググリッドはアレイ構造よりも互いにより接近する。レーザがさらに離れると、信号がアレイ内のすべての単一のポイントまで移動しなければならない距離に起因して、周波数応答または速度が低下し、それによりデバイスの最終的な帯域幅が制限される。

【0040】

したがって、本発明の実施形態により得られる利点の例は：

1. 剛性の構造がチップ接着プロセスにおいてより高い信頼性を有する
2. 剛性の構造がより高いフィルファクタを可能にする
3. 剛性の構造がより高い信頼性の金属コンタクトを有する
4. 剛性の構造が加工することにおいてより単純である
5. 剛性の構造がコンタクトの間でより短い距離を有し、それによりより高い周波数のハイパワービームを可能にする

6. 剛性の構造が単一のレンズまたは単一のレンズアレイが取り付けられるためのより良好な表面トポロジーである

7. 剛性のメサ構造がリードおよびコンタクトのための別のエリアを作り、それにより電位を低下させる静電容量からの分離を提供する

8. 剛性の構造が、コンタクトの三次元性により、サブマウントとのより高い一体性を可能にする

を含む。

【0041】

さらに、例示の実施形態では、レーザグリッドが、非導電性のイオンがインプラントされたエリアと比較して導電性が存在するような構造内の分離される領域にのみに電流を閉じ込めることによって可能にされる2つ以上のレージングエリアによって形成される。これらの導電性エリアおよび非導電性エリアが、単一の固体構造上にある、アクティブなポジティブコンタクトのための単一の金属コンタクトと、周囲のグラウンド構造上にある単一のN型コンタクトとを有する光のグリッドを形成し、単一のN型コンタクトが、2つのエリアを分離するトレーナーの底部にあるN型コンタクトエリアに短絡される。例として、図7Cが、速度を向上させるのにフレーム内の開口部が如何にして補助するかを示している。

【0042】

次いで、これらのP型コンタクトおよびN型コンタクトが高速電気コンタクトに接着される。2つの基板およびレーザチップがボンダによって位置合わせされ、次いで、一方のチップまたはもう一方のチップに堆積されているはんだを接着するために熱および圧力が加えられる。p型パッドがめっきおよびはんだ高さの分だけn型ウエハーグラウンドから分離されることにより高いスピードが可能となるが、これは主として、p型パッドをレーザ基板から除去してp型パッドを電気導波管基板の上に設置することによるものである。このように物理的な分離が静電容量を劇的に低下させ、それにより、回路の静電容量によって制限される周波数応答を増大させる。これがレージンググリッドが高周波数動作を実現することを可能にする。

【0043】

基板の背面上に形成される単一のレンズ、あるいはグリッド構造の背面に取り付けられるかまたは接着される単一のレンズが、集束ポイントまで、または集束ポイントから、各レージングポイントを導くことができる。これは、ビームアウトプットが単一の源からのものであるようなものとして、ビームアウトプットをコリメートすることにおいて理想的な形である。

【0044】

本明細書において以下で、本発明のこれらおよび他の特徴および利点を当業者に対し

10

20

30

40

50

て説明する。

【0045】

米国特許出願公開第2017/0033535号の実施形態1-上面発光のインプラント

図1は本発明の第1の実施形態の例を示す。この例では、単一の固体構造がエッティングを用いて周囲のグラウンドから分離され、単一の固体構造がその中にイオンインプラントを有する。イオンインプラントが非導電性の半導体材料のエリアを作り、非導電性のこれらのエリアがレージングエリア2に電流を流す。このようにして、イオンインプラントが複数のレージングエリア2のレーザグリッドを形成し、ここでは構造内の分離される領域に電流が閉じ込められ、この分離される領域では非導電性のイオンがインプラントされたエリアと比べて導電性が存在する。導電性エリアおよび非導電性エリアが、アクティブなポジティブ(P型)コンタクトのための、および周囲のグラウンド構造上にある単一のネガティブ(N型)コンタクトのための、単一の固体構造の上にある単一の金属コンタクトを有する光のグリッドを形成し、単一のネガティブ(N型)コンタクトが、2つのエリアを分離するトレンチの底部にあるNコンタクトエリアにまたは周囲のグラウンド構造上のネガティブ金属に短絡され、周囲のグラウンド構造上のこのネガティブ金属が、2つのエリアを分離するトレンチの底部にあるN型コンタクトエリアに短絡される(例えば、図7Cのように(参照符号781および782を参照されたい))。これらのP型コンタクトおよびN型コンタクトがさらに高速電気コンタクトに接着され、それによりレージンググリッドが高周波数動作を実現することを可能にする。

【0046】

図1はグリッドパターン内に配置されるレージングエリア2を示しているが、多くの形状のおよび多くのパターンのレージングエリア2が形成され得ることを理解されたい。これにより、レージングエリア2の形状/パターンを有する多くの形態の構造が可能となり、例えば、ハニカム構造パターン(例えば、多様なレーザ形状またはレーザパターンを可能にする多くのパターンのうちの1つである、別のパターンを示す図2-3を参照されたい;非導電性エリア4-2に対して、単一のメサ構造内にレーザのための導電性エリア4-1を残すように、エッティングおよびインプラントのために使用され得る多くのパターンが存在する)、および接着を向上させながらより高い剛性を有するような他の構造パターンなどである。さらに、接合部により近接する複数のレーザを作ることを目的として、単一のメサ構造にエッティングされる孔(例えば、図7の孔7005を参照)の中に高熱伝導性材料を用いて材料を堆積させることにより、熱除去が達成され得る。追加の構造パターンの例には、直線上にある正方形または円のような構成が含まれてよい。

【0047】

図1は、レーザチップのエピタキシャル側の上面図を示す。単一のレーザ発光エピタキシャル構造1が、レージングエリア2(図1ではディスクとして示されている)以外のところに、イオンがインプラントされたエリアを有し、イオンがインプラントされたエリアではイオンインプラントがマスクされている。したがって、図1は注入後およびエッティング後のチップを示している。単一のレージング領域に対して各々のメサが対応しているような、複数のメサを有する米国特許出願公開第2011/0176567号の従来の設計に対して、図1の設計は、複数のメサを有さず、代わりに単一のメサであることを特徴とし得る単一の連続構造1を示しており、ここではこの単一メサが複数のレージング領域2を有する。図1の図は電気コンタクトではなく単一のメサ構造を示すことを意図される。この構造1は、P型鏡と比べたN型鏡上の設計および反射率に応じて底面発光(bottom emitting)または上面発光であってよい。

【0048】

図1は:

- 1 複数のレージングポイントを作ることになる単一のアクティブメサ構造
- 2 マスクの下のエピタキシャル領域に対してインプラントが影響しないようにインプラントがマスクされているところの領域
- 3 単一のアクティブメサ構造および単一のグラウンド構造を分離するエッティングされ

10

20

30

40

50

た分離トレーニング

4 単一のグラウンド構造
を示す。

【0049】

図2は図1によって示されるレーザチップの断面図であり、図2では図1によって示される単一のアクティブメサ構造1が11を付されており、図2では図1によって示されるマスクされたインプラントエリア2が12を付されている。図2は、インプラント後およびエッティング後のチップを示しており、頂部金属を示していない。エッティング領域13が「フレーム」またはN型メサ14から単一のメサ構造12を分離する（図2では、図1からの単一のグラウンド構造4がフレーム/N型メサ14として示されている）。図2は：

11 複数のレージングポイントを分離する単一のアクティブメサ構造のインプラントされたエリア

12 レージングを作り出すことになる、インプラントからマスクされたエピタキシーのエリア

13 単一のアクティブメサ構造11および単一のグラウンド構造14を分離するエッティングされた分離トレーニング

14 単一のグラウンド構造

15 頂部のP型鏡と底部のN型鏡との間にある量子井戸（これは光子が放出されるところのアクティブ領域である）

16 N型コンタクト層、またはN型金属電気コンタクトのロケーションのための高濃度ドープ層を有するN型鏡

17 レーザ基板

を示す。

【0050】

図3は図1および2によって示されるチップの斜視図である。インプラントされた領域は不可視である。金属コンタクトが示されていない。この図は、上面発光のまたは底面発光のインプラントデバイス(*implanted device*)のために使用され得る単一メサのエッティングのトポロジーを示すためのものである。インプラントのプロセスは頂部側の金属またはエッティングの前に行われてもまたは後で行われてもよい。

【0051】

図4が、例示の上面発光のVCSELグリッド構造のエピタキシャル側の上面図を示している。この図は、はんだ付けプロセスによりレーザチップに接着される頂部側の電気導波管内にある正方形孔を通してのものである。この図では、分離されるエッティング領域が電気導波管によって隠されている。この図の円形ディスクが単一の固体メサ構造の上にある頂部金属コンタクトの中にあるか、またはめっき金属コンタクト領域の中にある孔である。図4は：

41 下に導波管を有する、基板内にある孔

42 頂部側のP型金属の中にある孔であり、そこを通してレーザビームを放射することができる

43 導波管基板の頂部

44 レーザチップ上にある頂部側の延展金属
を示す。

【0052】

図5は、図4に示される接着された電気導波管およびレーザチップの断面図を示している。電気導波管のための信号コンタクトが開かれ、その開口部を通してビームを伝播させることが可能となる。この実施形態の別の選択肢は、孔の代わりに、導波管のための透明なまたは透過性の基板材料を有することであり、そこを通してレーザを伝播させる。CVD（化学気相堆積）されるダイヤモンドまたはサファイアあるいはガラスなどの透明材料がこの材料と例となり得る。この図は、不透明でありしたがって孔または開口部を必要とする、AINなどの基板を用いる実施形態を示すものである。分離領域が、グラウンド

10

20

30

40

50

に短絡される単一のメサグラウンドまたは構造から、あるいは「フレーム」構造から、単一のメサ構造を分離していることに留意されたい。

【 0 0 5 3 】

これらのP型コンタクトおよびN型コンタクトが高速電気コンタクトに接着（図7Bの参考符号751から754も参照されたい）される。グラウンド-シグナル-グラウンド（GSG）電気導波管基板およびレーザチップが位置合わせされ（図14Bを参照）、その結果、ネガティブメサが導波管のネガティブ部分に接着され、レーザを放つポジティブのアクティブエリアが信号パッドに位置合わせされる。このアライメントがボンダによって画定され、次いで、一方のチップまたはもう一方のチップに堆積されているはんだを接着するために熱および圧力が加えられる（図15を参照）。このコンタクトの高速であるという性質は、p型パッドがめっきおよびはんだ高さの分だけn型ウエハーグラウンドから分離されることによるものであるが、これは主として、それをレーザ基板から除去してそれを電気導波管の上に設置することによるものである。このように物理的な分離が静電容量を劇的に低下させ、それにより、周波数応答を増大させ（周波数応答は回路の静電容量によって制限される）、レージンググリッドのための高周波数動作をもたらす。

10

【 0 0 5 4 】

例示の実施形態では、高速動作のために、エピ設計の底部のところで表面が電気コンタクトに接続され、これが、単一構造（例えば、図7Aを参照（参考符号717））を囲む分離トレーナ（例えば、図7Aの参考符号702を参照）を通して達成される。この構造はメサトポロジーに基づいておらず、金属めっき（図7Cの参考符号782など）を通して、N型コンタクト金属の電気領域に単純に短絡される（図7Aを参照されたい（参考符号703））。これは米国特許出願公開第2011/0176567号で説明されているような積み重ね構造または隆起構造ではなく、チップ表面と、接着のための表面となるエピ材料とを使用するものであり、エピ材料がさらにデバイスを接着部分のところでより安定する形で堅固にする。

20

【 0 0 5 5 】

図5を再び参照すると、GSG信号パッド51が、P型コンタクト金属をアクティブな単一メサ構造の頂部に電気的に接続するはんだ52を有する。これにより、中にレーザ伝播のための孔を有する金属コンタクト構造の中に信号または電流を注入することが可能となり、電流がエピタキシャル構造のインプラントされていない領域を通って流れ、それによりこれらの画定される領域のみに電流が閉じ込められる。頂部のP型鏡領域が底部のN型鏡よりわずかに低い反射率を有し、それによりエピタキシャル構造の頂部から光を放射するのを可能にする。電流が、量子井戸の上を流れてこれらの接合部分内に光および熱を発生させ、n型鏡の中に入り、ここでは、電流がn型鏡の中にあるかまたはn型鏡の近くにあるN型コンタクト領域まで前進する。次いで、電流が、GSG電気導波管のグラウンド部分に接着されて電気コンタクトする短絡されたフレーム構造の方へ前進する。上面発光の設計を使用するこの構造は、GaaSまたはレーザ基板材料による透過遮断の波長より低いような低波長アウトプット設計のために使用され得る。背面発光構造は、通常、~905nmを超える波長のためにしか設計されない。この上面発光構造は、設置されるエピタキシャル材料の限界値までの範囲において~850nm以下で使用され得る。

30

【 0 0 5 6 】

単一の固体構造がエッティングを用いて周囲のグラウンドから分離され、ここでは単一の固体構造がその中にイオンインプラントを有する。インプラントは不可視であるが、それが引き起こす結晶ダメージを理由として半導体材料を非導電性にする。インプラントデバイスを作るためには、最初に、ダメージから保護されるべき領域をマスクしなければならない。

40

【 0 0 5 7 】

フォトリソグラフィックプロセスによって位置付けされるフォトレジストを用いて小さいメサが形成され、フォトレジストがエピタキシャル材料をダメージから保護し、インプラントの実施後に洗い落とされる。インプラントはイオンインプラント機械の中で行われ

50

、イオンインプラント機械は、管に沿ってイオンを加速させ、イオンストリームの前にウエハーが配置される。

【0058】

インプラントされたイオンは非導電性の半導体材料のエリアを作ることができる。非導電性材料のこれらのエリアがレージングエリアを通るように電流に強いることになる。これらの非導電性エリアは、図1と同様のパターンをエッティングして、実施形態2に関連して後で説明されるようにこの単一構造を酸化させることによっても作られる。図5は：

5 0 非導電性の電気導波管基板

5 1 電気導波管の信号金属

5 2 電気導波管をレーザチップに接着するためのはんだ金属

5 3 P型コンタクト層に短絡されてGSG電気導波管の信号パッドに電気的に接続されるめっき金属

5 4 P型出力鏡 - 回折プラックレフレクタ (d i f f r a c t i v e b r a g g r e f l e c t o r)

5 5 アクティブ領域 - 量子井戸

5 6 低抵抗性コンタクト層が置かれるところであるN型鏡

5 7 N型コンタクト層およびグラウンドメサに短絡されるかまたは電気コンタクトするめっき金属

5 8 高速電気導波管のグラウンドパッドに電気コンタクトしており、接地されているメサ構造に電気コンタクトしている、はんだ

5 9 高速電気導波管上の信号パッドにコンタクトするため、単一メサ構造上のP型金属に接続されるめっき金属上のエリアを示す。

【0059】

図24は、実施形態1などの実施形態と、米国特許出願公開第2011/0176567号によって教示される設計との間での、異なる電流フローの比較図を示す。米国特許出願公開第2011/0176567号では、各メサがN型金属コンタクトエリアによって囲まれる。これにはチップ上の貴重な空間または面積が使用されるが、その理由は、各メサの周りにこれらの階段状の金属n型コンタクトを画定するための処理はフォトリソグラフィを必要とし、それが、メサの間にどれくらい近くまで間隔をとれるかを制限するからである。これらの制限により、単位面積当たりのパワーアウトプットが新しい方法と比較して低くなる。したがって、この古い装置の目的は非常に高いパワーおよび速度のためのアレイであったのだが、パワー/面積を大きく改善させることを考慮しておらず、パワー/面積の大きな改善は、非常に高い速度において非常に大きいパワーを得るという最終的な目標においても改善となるものである。また、新しい単一構造を用いる場合は排除された古い方法での構造的制約を理由として、この古い方法のN型コンタクトは大型である必要がある。

【0060】

本明細書で説明される新しい設計を用いる場合、単一構造がその上に複数の層を有し、この単一構造の周りにコンタクトを1つのみ有する。この新しい構造は構造の外部へのN型金属エリアを縮小し、光学素子ごとの面積を大幅に小さくする。これは、単一構造の電流負荷を担うように計算される大型のN型コンタクト層を伴う。単一のコンタクトから電流フローを増大させることは、より厚い金属またはより厚いN型コンタクト領域を通して実現され得る。

【0061】

米国特許出願公開第2017/0033535号の実施形態2 - 底面発光のインプラント

図6は第2の実施形態の例の断面図を示しており、ここでは、この第2の実施形態は、電流閉じ込めのためのインプラントされた領域を伴う底面発光デバイスである。GSG電気導波管がフレーム - グラウンド構造に、およびアクティブな単一レーザメサ構造にはんだ接着された状態で見られ得る。図6は：

10

20

30

40

50

- 6 0 1 電気導波管基板
 6 0 2 G S G 電気導波管の順序でのグラウンドコンタクトおよび信号コンタクト
 6 0 3 レーザチップに対しての G S G 導波管のはんだ - 接着部分
 6 0 4 電気導波管の信号パッドをレーザの P 型コンタクトに電気的に接続するめっき
金属
 6 0 5 P 型コンタクト金属
 6 0 6 非導電性にされた状態のインプラントされた領域
 6 0 7 P 型鏡
 6 0 8 アクティブ領域（量子井戸）
 6 0 9 N 型鏡
 6 1 0 インプラントが届かないところである N 型鏡内の導電層
 6 1 1 レーザ基板を通って伝播するレーザビーム
 6 1 2 N 型コンタクト領域に短絡されるめっき金属
 6 1 3 N 型コンタクト領域に短絡されるフレームエリア
 6 1 4 レーザ上の N 型コンタクトを、電気導波管上のグラウンドに電気的に接続する
 はんだ
 6 1 5 大型の単一メサを、グラウンドフレームから分離するエッチング領域
 を示す。

【 0 0 6 2 】

米国特許出願公開第 2 0 1 7 / 0 0 3 3 5 3 5 号の実施形態 1 および 2 のためのプロセス
 インプラントによる電流閉じ込め (implant current confinement)
 を用いる、実施形態 1 および 2 のための単一構造を作るためのプロセスステップ
 の例示の実施形態が以下のように説明され得る。

【 0 0 6 3 】

ステップ 1 . P 型金属を堆積させないエリアをマスクするためにフォトリソグラフィを使用する。

【 0 0 6 4 】

ステップ 2 . P 型金属（通常、~ 2 0 0 0 A の Ti P t A u ）を堆積する。

【 0 0 6 5 】

ステップ 3 . フォトリソグラフィ - リフトオフおよびウエハー洗浄。O 2 のディスカム
 またはウエハーからのすべての有機物のアッシング。

【 0 0 6 6 】

ステップ 4 . エッチングマスクとして誘電堆積体（通常、~ < 1 0 0 0 A の Si N x ）
 を使用する。

【 0 0 6 7 】

ステップ 5 . イオン衝撃を通じて非保護領域を非導電性にするようなインプラントからのダメージから、エピ材料を保護するために、複数のエリア内に堆積されるフォトレジストまたは金属を使用するフォトリソグラフィックマスキング。このステップは本プロセスにおいて後で実施されてもよいが、トポロジーがより大きく変化していることに起因して実施がより困難となる可能性がある。

【 0 0 6 8 】

ステップ 6 . インプラント（インプラントドーズ量を計算する技術分野の当業者が、p 型領域および量子井戸を互いから分離することになるような深さまで材料構造を切り離すのに必要であるインプラントのドーズ量およびを決定することになる）。

【 0 0 6 9 】

ステップ 7 . インプラントに起因して、このフォトリソグラフィを洗浄することは困難であり、フォトリソグラフィの上のめっきなどの金属の堆積体がレジストを洗い落とすのを容易にするのを補助することができる。

【 0 0 7 0 】

ステップ 8 . エッチングされない誘電体エリアをマスクするためにフォトリソグラフィ

10

20

30

40

50

を使用する。これは、電流が流れることが不可能である場所を画定する本構造内でのインプラントの下方において、分離される大型の構造を作るマスクの設計である独自の部分である。

【0071】

ステップ9. 誘電体を通してのエッティングを行うためにプラズマエッティングを使用することが（通常、F1ベースのエッティング剤）、BOE（b u f f e r e d o x i d e e t c h）（緩衝酸化物エッティング）などのウェットエッティングを使用することができる。

【0072】

ステップ10. レーザまたは発光ダイオードのエピタキシャル材料の中にパターンをエッティングする。基板またはドープ電気コンタクト層上で止める。これが、チップ周りのN型短絡領域から単一の大型の構造を分離する。

10

【0073】

ステップ11. マスクを洗い落とす。O2のディスカムまたはウエハーからのすべての有機物のアッシング。

【0074】

ステップ12. N型金属を堆積させないエリアをマスクするために、フォトリソグラフィを使用する。

【0075】

ステップ13. N型金属（通常、原子量で80%Au/20%GeであるGeAu/Ni/Au共晶組成）を堆積させる。他の拡散バリア金属としての~200Å以上のNiと、~5000Å以上のAuとを有する、全体の厚さが~3000Å以上のAuGe層である。また、これは、n型金属がn型コンタクトエッティング領域内に堆積されて、また、N型コンタクト構造までおよびその上方まで堆積されて、それによりこの構造をN型コンタクトに短絡する、という点によって独自的である。

20

【0076】

ステップ14. マスクを洗い落とす（通常、リフトオフと呼ばれる）。O2のディスカムまたはウエハーからのすべての有機物のアッシング。

【0077】

ステップ15. 非導電性分離バリアとして誘電堆積体（通常、~2000ÅのSiNx）を使用する。

30

【0078】

ステップ16. エッティングされない誘電体エリアをマスクするために、フォトリソグラフィを使用する。

【0079】

ステップ17. 誘電体を通してのエッティングを行うためにプラズマエッティングを使用することが（通常、F1ベースのエッティング剤）、BOE（b u f f e r e d o x i d e e t c h）（緩衝酸化物エッティング）などのウェットエッティングを使用することができる。

【0080】

ステップ18. マスクを洗い落とす。O2のディスカムまたはウエハーからのすべての有機物のアッシング。

40

【0081】

ステップ19. はんだ金属を堆積させないエリアをマスクするために、フォトリソグラフィを使用する。

【0082】

ステップ20. ~4-5μmの金属（通常は、Au）または拡散バリアが先に堆積されていてよい場合にはCuでエリアをめっきする。

【0083】

ステップ21. はんだを堆積させないエリアをマスクするためにフォトリソグラフィを使用する。

【0084】

50

ステップ 22. はんだ金属（通常、原子量で 80% Au / 20% Sn である AuSn / Au 共晶組成）を堆積させる。AuGe 層の全体の厚さが ~40000 Å (4ミクロン) 以上であり、Sn のいかなる酸化も防止するために頂部に ~500 Å 以上の Au が用いられる。この層がパターニングされてサブマウントの上に堆積され得、電気導波管がレーザグリッドに接着されている。

【0085】

米国特許出願公開第 2017/0033535 号の実施形態 3 - 上面発光の酸化

第 3 の実施形態では、単一構造内に上面発光レージング領域のグリッドを作るのにイオニンプランテーションではなく酸化が使用される。例えば、パターニングされたエッチングは単一構造内で導電バスを分離することができ、それにより光源のグリッドを作る。この構造は、単一構造からの複数のレーザ発光点を呈するものである。レージング構造が、エッチング領域により、チップの外周部を形成するグラウンドコンタクトから分離される。実施形態 3 のためのこの構造は上面発光である。グリッドの導電性エリアが、光が放射されるところの場所となる。ポジティブ電気コンタクトが、光が放射されるところの場所である開口部を伴うグリッドであってよい。

【0086】

レーザウエハーのエピタキシャル材料が VCEL 設計であってよく、ほとんどの VCEL が上面発光である。p 型導波管パッドを使用する信号の配信は通常はレーザウエハー上で行われるが、背面発光設計を有する酸化した単一構造の実施形態では、導波管がレーザの n 型材料または層から分離される別個の基板上にあってもよいことを理解されたい。

【0087】

実施形態 3 の例を示す図 7 は、複数のポイントでのレージングを可能にする単一構造を作ることを目的としてウエハーにエッチングされる例示のパターンを示している。図 7 によって示される実施形態などの実施形態の単一構造は、米国特許出願公開第 2011/0176567 号によって教示されるような脆い結晶材料で作られる細いカラムより大幅に高い剛性を有する。また、上で考察された実施形態に関連して説明されたように、図 7 によって示されるパターン以外のレージングエリアのパターンが実行者によって所望される場合に採用されてもよいことを理解されたい。

【0088】

図 7 では、分離トレンチの中央にパターニングされた単一メサ構造を作るために、斜線ストライプエリアが好適には下方向にエッチングされる。すべての斜線ストライプエリアが好適には図 7 A の底部の N 型電気伝導性層 705 まで下方向にエッチングされるか、または一般的にはより大型の分離トレンチがエピタキシャル設計として埋設される電気コンタクトまでエッチングされることになり、対してより小型のパターニングされたエッチングエリアは、レージングポイントを分離するアクティブ領域より深くまで到達しなければならない。分離トレンチの中央のパターニングされた構造は、この構造にエッチングされる「成形された」孔を有する単一構造である。

【0089】

大型の単一メサの中にある孔はこの事例では大型である。これらの孔が、この酸化プロセス環境でエピタキシャル領域内の層を酸化させるのを可能にする。酸化層は高いアルミニウム含有量を有し、酸化プロセスの終了時まで層を通って横方向に成長する AlO₂ を形成する。白色エリアがチップの表面であり、点線が酸化により電流フローを非酸化エリアのみに制限するような場所である。この大型単一メサの中の孔はこの事例では大型である。これらの孔が、この酸化プロセス環境でエピタキシャル領域内の層を酸化させるのを可能にする。酸化層が、表面の下に埋設されるエピ設計構造内の高い Al 含有量を有する層を使用して、形成され得る。エッチングエリアが、酸化チャンバ内に設置されることになる層を露出し、この露出される層が内側へと酸化することが可能となり、ここでは AlO₂ が酸化プロセスの終了時まで層を通って横方向に成長する。この薄い層の中で酸化の長さが伸びるので、酸化プロセス中に形成される AlO₂ の誘電材料により電流バスが分離されるかまたは閉鎖される。エリア 7005 がエッチングされる場合、エリア 7008

10

20

30

40

50

のみが導電性となるまで酸化が成長し続け、エピタキシャル層のこのエリアまたは部分がこのセクションを通るように電流を導く。電気伝導性エリアが、電流フローが量子井戸を通るのを可能にし（図 7 A の参照符号 7 0 7 を参照）、p 型鏡 7 0 9 と N 型鏡 7 0 6 との間のキャビティで光がトラップされるときにレージングを作り出す。

【0090】

図 7 では酸化長さを点線で見ることができ、すべてが、中に形成される孔を有する大型単一構造の中の、任意の 1 つの露出される縁部または孔からほぼ等しい距離である。図 7 は大型の単一メサグラウンド構造をさらに示している。図 7 A、7 B、および 7 C が位置する場所を示すために 3 つ断面の図が示されている。図 7 B が、この断面を通して、中央のメサが単一構造であることを明瞭に示していることに留意されたい。

10

【0091】

図 7 は：

7 0 0 1 電気導波管のグラウンドへの電気コンタクトのためのフレーム（単一の短絡メサ）

7 0 0 2 グラウンドフレームから大型の単一メサを分離するエッチング領域

7 0 0 3 エッチングされた孔を備える単一メサ構造

7 0 0 4 単一メサ構造の縁部を酸化状態および非導電性の状態で維持するための縁部内にあるインデント

7 0 0 5 単一メサ構造内にあるエッチングされた孔

7 0 0 6 任意のエッチングされた縁部の周りにある酸化パターン

7 0 0 7 電流フローを可能にしない重複する酸化エリア

7 0 0 8 電流が自由に流れることができるレーザアーバーチャ（図 7 B の 7 6 1 と同様）

7 0 0 9 グラウンドから電気導波管上の信号パッドまでの静電容量を低減するための短絡メサ構造内にある隙間

を示す。

20

【0092】

図 7 A、7 A 2、および 7 B は、例示の図 7 の実施形態の側面図である。

【0093】

図 7 A 2 は酸化 7 3 1 を形成するのを可能にするエッチングされた孔 7 2 7 を示しており、これがレーザビーム 7 6 3 の形成のために電流を図 7 B の領域 7 6 1 に閉じ込める。

30

【0094】

図 7 A の参照符号 7 0 6 は、p 型鏡の回折プラグレフレクタ（DBR）であり、これは非常に高いアルミニウム含有量を有する 1 つまたは複数の層 7 0 8 を中に有し、このことが、高温高湿条件に晒されるときに 7 0 8 を酸化させ、電流を図 7 B によって示されるエリア 7 6 1 に閉じ込め、エリア 7 6 1 においてレーザビームが外に出る。N 型鏡の DBR 7 0 9 が、めっき 7 8 2（図 7 C を参照）への N 型金属オームコンタクトを通して電流を外に流すための導電層 7 0 5 を有し、めっき 7 8 2 が単一のグラウンドメサ構造 7 1 8（図 7 A を参照）までさらにはその上方ではんだ 7 1 7 まで到達し、GSG 導波管 7 1 6 上の N 型めっきに電気接続され、さらには導波管の N 型コンタクト 1 7 5 の中まで電気的に接続される。

40

【0095】

電流閉じ込めは半導体レーザの重要な点である。この概念は、電流フローがこの構造の縁部から離れることを強いることであり、その結果、エッチングにより存在し得るような粗い表面状態の近くを電流が流れることによる問題がなくなる。また、材料内での電流密度を上げることによりレージングを実現することを目的として、理想的には、電流フローが集中される。電流閉じ込めは、ドリルされた孔によって可能となる酸化プロセスにおいて、A 1 の高濃度層が高温高湿条件に晒されるのを可能にすることによる酸化により（例えば、この実施形態 3）、または他のすべてのエリアを非導電性にするインプラントにより（例えば、実施形態 1 および 2 を参照）、行われる。

【0096】

50

図 7 A は :

- 7 0 1 電気導波管基板
- 7 0 2 大型単一メサをグラウンドフレームから分離するエッチング領域
- 7 0 3 N型コンタクト層に電気コンタクトしているN型金属コンタクト
- 7 0 4 N型鏡
- 7 0 5 N型鏡の中にあるN型コンタクト層（オームコンタクトのために低抵抗性である）
- 7 0 6 N型コンタクト領域の上方にあるN型鏡
- 7 0 7 アクティブ領域（量子井戸）
- 7 0 8 領域内において電流を遮断する酸化層
- 7 0 9 P型鏡
- 7 1 0 誘電層
- 7 1 1 P型コンタクト金属の頂部にあるめっき
- 7 1 2 レーザビームの出口のため、P型コンタクト金属およびめっき金属の中にあるアパーチャ
- 7 1 3 電気導波管基板
- 7 1 4 GSG電気導波管のグラウンドコンタクト
- 7 1 5 GSG電気導波管の信号コンタクト
- 7 1 6 レーザチップへのGSG導波管のはんだ - 接着部分
- 7 1 7 レーザチップへのGSG導波管のはんだ - 接着部分
- 7 1 8 レーザチップのN型コンタクト領域に電気的に接続されるフレーム構造を示す。

【 0 0 9 7 】

図 7 A 2 は上記図 7 A のつづきであり、図 7 A 2 は :

- 7 2 1 GSG電気導波管のグラウンドコンタクト
- 7 2 2 GSG電気導波管のグラウンドコンタクト上のめっき
- 7 2 3 レーザチップへのGSG導波管のはんだ - 接着部分
- 7 2 4 GSG電気導波管の信号コンタクト
- 7 2 5 レーザチップへのGSG導波管のはんだ - 接着部分
- 7 2 6 GSG電気導波管の信号コンタクト上のめっき
- 7 2 7 酸化により電流閉じ込めアパーチャを形成するのを可能にする、単一メサ構造内にあるエッチングされた孔領域
- 7 2 8 P型コンタクト金属の頂部のめっき
- 7 2 9 めっきからレーザの単一メサ構造上のP型コンタクトへの電気コンタクトのための誘電層内にある開口部
- 7 3 0 誘電層
- 7 3 1 エッチングされた孔領域の近くで電流を遮断する酸化層を示す。

【 0 0 9 8 】

図 7 B は、図 7 に示されない電気接続部および電気導波管をさらに示している図 7 の断面図である。図 7 B は酸化層によって作られるアパーチャを通る断面図を示す。酸化層が、図 7 A に示される単一構造内の孔を介する酸化プロセスに晒される。この図はさらに、このアクティブメサ構造が真に単一メサ構造であることを示している。図 7 B は :

- 7 5 1 GSG電気導波管のグラウンドコンタクト
- 7 5 2 GSG電気導波管のグラウンドコンタクト上のめっき
- 7 5 3 はんだ - レーザチップへのGSG導波管のグラウンドの接着
- 7 5 4 GSG電気導波管の信号コンタクト
- 7 5 5 GSG電気導波管の信号コンタクト上のめっき
- 7 5 6 レーザチップ上のP型コンタクト金属
- 7 5 7 レーザアパーチャの上にあるめっきおよびP型コンタクト金属の中の開口部

10

20

30

40

50

758 P型コンタクト金属上のめっき
 759 はんだ - レーザチップへの、GSG導波管の信号の接着
 760 N型コンタクトからアクティブメサ構造を保護する誘電層
 761 酸化層内にある開口部によって形成される電流閉じ込めアーチャ
 762 酸化層誘電体
 763 金属開口部を通って伝播するレーザビーム
 を示す。

【0099】

図7Cは、GSG導波管のP型コンタクトまたは信号がレーザチップの下方に位置付けされるところのエリアの断面図であり、ここではレーザのN型コンタクトに接地されるN型コンタクトフレームまたは単一構造メサがGSG電気導波管の上方にある。レーザグラウンドとP型信号パッドとの間の大型の隙間が回路の静電容量を低減し、高周波数動作を可能にする。図7Cは：

780 誘電層
 781 N型オームコンタクト金属
 782 N型金属コンタクトを单一のグラウンドメサ構造に短絡するめっき
 784 エピタキシャル成長側のN型コンタクト層
 785 電気導波管上の信号パッドに電気コンタクトしているめっき
 786 GSG電気導波管上の金属の信号パッドリード
 787 GSG電気導波管のグラウンドパッド上のめっき
 788 電気導波管基板
 789 導電性信号パッド構造とN型コンタクト層との間の隙間が、静電容量を低減させる
 を示す。

【0100】

米国特許出願公開第2017/0033535号の実施形態3のためのプロセス
 酸化による電流閉じ込め (oxidation current confinement) を用いる、実施形態3のための単一構造を作るためのプロセスステップの例示の実施形態が以下のように説明され得る。

【0101】

ステップ1. P型金属を堆積させないエリアをマスクするために、フォトリソグラフィを使用する。

【0102】

ステップ2. P型金属 (通常、~2000ÅのTiPtAu) を堆積する。

【0103】

ステップ3. フォトリソグラフィリフトオフおよびウエハー洗浄。O₂のディスカムまたはウエハーからのすべての有機物のアッティング。

【0104】

ステップ4. エッティングマスクとして誘電堆積体 (通常、~<1000ÅのSiNx) を使用する。

【0105】

ステップ5. エッティングされない誘電体のエリアをマスクするために、フォトリソグラフィを使用する。

【0106】

ステップ6. 誘電体を通してのエッティングを行うためにプラズマエッティングを使用することが (通常、F1ベースのエッティング剤)、BOE (buffered oxide etch) (緩衝酸化物エッティング)などのウェットエッティングを使用することができる。

【0107】

ステップ7. レーザまたは発光ダイオードのエピタキシャル材料の中にパターンをエッティングする。基板またはドープ電気コンタクト層上で止める。通常、エッティングは、ある

10

20

30

40

50

程度の量（高いパーセンテージ）の B C 1 3 を有する C 1 ベースである。

【 0 1 0 8 】

ステップ 8 . マスクを洗い落とす。O 2 のディスカムまたはウエハーからのすべての有機物のアッシング。

【 0 1 0 9 】

ステップ 9 . N 型金属を堆積させないエリアをマスクするために、フォトリソグラフィを使用する。

【 0 1 1 0 】

ステップ 1 0 . N 型金属（通常、原子量で 8 0 % A u / 2 0 % G e である G e A u / N i / A u 共晶組成）を堆積させる。他の拡散バリア金属としての ~ 2 0 0 A 以上の N i を伴う全体の厚さが ~ 3 0 0 0 A 以上の A u G e 層、および ~ 5 0 0 0 A 以上の A u である。

10

【 0 1 1 1 】

ステップ 1 1 . マスクを洗い落とす（通常、リフトオフと呼ばれる）。O 2 のディスカムまたはウエハーからのすべての有機物のアッシング。

【 0 1 1 2 】

ステップ 1 2 . 非導電性分離バリアとして誘電堆積体（通常、~ 2 0 0 0 A の S i N x ）を使用する。

【 0 1 1 3 】

ステップ 1 3 . エッチングされない誘電体のエリアをマスクするために、フォトリソグラフィを使用する。

20

【 0 1 1 4 】

ステップ 1 4 . 誘電体を通してのエッチングを行うためにプラズマエッチングを使用することが（通常、F 1 ベースのエッチング剤）、B O E (b u f f e r e d o x i d e e t c h)（緩衝酸化物エッチング）などのウェットエッチングを使用することができる。

【 0 1 1 5 】

ステップ 1 5 . マスクを洗い落とす。O 2 のディスカムまたはウエハーからのすべての有機物のアッシング。

【 0 1 1 6 】

ステップ 1 6 . めっき金属を堆積させないエリアをマスクするために、フォトリソグラフィを使用する。

30

【 0 1 1 7 】

ステップ 1 7 . ~ 4 - 5 μ m の金属（通常は、A u ）で、または拡散バリアが先に堆積されていてよい場合には C u でエリアをめっきする。

【 0 1 1 8 】

ステップ 1 8 . はんだを堆積させないエリアをマスクするために、フォトリソグラフィを使用する。

【 0 1 1 9 】

ステップ 1 9 . はんだ金属（通常、原子量で 8 0 % A u / 2 0 % S n である A u S n / A u 共晶組成）を堆積させる。A u S n 層の全体の厚さは ~ 4 0 , 0 0 0 A (4 ミクロン) 以上であり、S n のいかなる酸化も防止するために頂部に ~ 5 0 0 A 以上の A u が用いられる。この層がパターニングされてサブマウントの上に堆積され得、ここでは電気導波管がレーザグリッドに接着されている。

40

【 0 1 2 0 】

ステップ 2 0 . クリービングまたはダイシングを用いてレーザチップをウエハーから分離する。

【 0 1 2 1 】

ステップ 2 1 . 高周波数動作を可能にする設計を用いて、レーザチップに位置合わせする電気導波管を設計および製作する。

【 0 1 2 2 】

ステップ 2 2 . レーザチップをサブマウントの電気導波管に位置合わせてフリップチ

50

ツプ接着する

【 0 1 2 3 】

米国特許出願公開第 2 0 1 7 / 0 0 3 3 5 3 5 号の実施形態 4 - 底面発光の酸化

第 4 の実施形態では、複数のレージング領域を有する酸化した単一構造がトップ放射体ではなくボトム放射体として設計される。図 8 から図 1 4 C が実施形態 4 の細部を提示しており、この実施形態を作るのに使用され得るプロセスを示している。レージンググリッドの光が基板を通して放射され、バック放射体を形成する。

【 0 1 2 4 】

光は ~ 9 0 0 nm 以上の波長において GaAs 内を透過可能である。エピタキシャル設計で処理される光の波長が ~ 9 0 0 nm 以上の範囲内にある場合、GaAs 基板は光を伝達する、つまり光に対して透過性である。このエピタキシャル設計が P 型鏡より低い反射率を有する N 型鏡を含む場合、VCSEL などのレーザが N 型鏡から基板を通して光を放射することができる。レーザビームがこの材料を通って伝播することになり、基板は、光をコリメートするか、光を広げるか、光を発散させるか、光を集束させるか、光を導くための光学部品のためのプラットフォームとなり得る。これが、非常に高い輝度パワーを有する一体型の光学回路を形成することを可能にする。この場合、この単一構造およびグラウンドコンタクトが高速電気導波管基板に一体化され得、それによりグリッド全体からの高周波数応答を可能にする。この高速電気導波管にはグラウンド - シグナル - グラウンドの電気導波管が理想的である。使用され得る別の種類の電気導波管としてマイクロストリップ導波管があり（図 1 5 を参照）、ここでは、基板上の薄い誘電層により信号パッドがグラウンドパッドから分離される。

【 0 1 2 5 】

図 8 は一般的なエピタキシャル設計の図である。VCSEL デバイスには任意の高速設計が使用され得る。図 8 は：

- 8 1 GaAs 基板
- 8 2 低抵抗性コンタクト層のための、考えられる位置
- 8 3 コンタクト領域の後の N 型鏡層
- 8 4 低抵抗性 N 型コンタクト領域
- 8 5 量子井戸の後の N 型鏡層
- 8 6 量子井戸領域
- 8 7 酸化層
- 8 8 P 型鏡
- 8 9 低抵抗性 P 型コンタクト層

を示す。

【 0 1 2 6 】

図 9 は、P 型金属の堆積である、実施された第 1 のプロセスの図である。これは、通常、オームコンタクトを形成する高濃度ドープの P 型コンタクト層の頂部にある Ti / Pt / Au 層である。図 9 は：

- 9 1 アニールプロセス後のオームコンタクトを形成する P 型金属
- 9 2 低抵抗性 P 型コンタクト層

を示す。

【 0 1 2 7 】

図 1 0 は、N 型コンタクト層までの下方向のエピタキシャル層のエッチングの上面図である。図 1 0 は以下のものを示す：

- 1 0 0 1 N 型コンタクト層までエッチングされたエリア
- 1 0 0 2 単一メサグラウンド構造
- 1 0 0 3 単一メサアクティブ構造
- 1 0 0 4 アパーチャを形成することを目的とした酸化プロセスを可能にするためのエッチング孔
- 1 0 0 5 導電性による電流閉じ込め (conductive current con

10

20

30

40

50

finement)を形成する酸化が存在するところである、すべての孔の間にあるエリア

【0128】

図10Aは酸化プロセス前に形成される図10の断面図Aであり、図10A2は酸化プロセス後に形成される図10の断面図Aである。図10A2は：

120 酸化プロセス中に露出された任意のエッチング領域の近くで導電バスを完全に遮断する酸化

を示す。

【0129】

図10Bは、示されるエリア内に電流閉じ込めアーチャが形成された場所を示している図10の断面図Bである。この図は、単一メサのセクションを示しており、その断面を孔が貫通しておらず、またこの図は、このメサ構造が接着プロセスにおいて好適である、より堅固な構造を可能にする単一メサ構造であることを明瞭に示している。図10Bは：

125 電流閉じ込めアーチャが単一メサ構造の導電性領域である

126 孔がエッチングされた場所の近くに誘電層として形成している酸化層

127 P型金属コンタクト層

を示す。

【0130】

図11は、エピタキシャルコンタクト層への電気コンタクトのための、および高い信頼性のために半導体を密封するための、開いているビア「ホール」を用いてパターニングされた、堆積された誘電層を示している。図11は：

1101 開口部または「ビア」を伴う、パターニングされた誘電層

1102 P型コンタクト金属までの、誘電層内の開口部

1103 単一メサグラウンド構造上にあるコンタクト層

を示す。

【0131】

図12は、堆積された後のN型金属コンタクトを示している。図12は：

1201 N型コンタクト金属が、孔を介して、N型コンタクト層への電気接続部を作るために、N型コンタクトの上に堆積されている

を描いている。

【0132】

図13は、単一の接地されたフレーム領域の頂部にN型コンタクト領域を短絡する金属をめっきする次のステップを示しており、単一の接地されているフレーム領域がGSG導波管のグラウンドパッドに接着されて電気的に導通している。このめっきが、静電容量を低減するアクティブ領域の高さをさらに加え、デバイスのアクティブ領域から熱を除去して、デバイスにさらに良好な性能を与える。アクティブな単一構造の上のめっきが、誘電層により、N型鏡およびN型コンタクト領域から分離される。図13は：

1301 アクティブ領域を覆い、および単一メサ構造の孔まで延在するめっきを防止する誘電層

1302 N型コンタクト金属を通してN型コンタクト領域に短絡される、単一の接地されているメサ構造を覆うめっき

1303 めっき金属の高い熱伝導係数を通じて冷却が生じ得るところの、アクティブ領域の孔まで延在する、アクティブ構造を覆うめっき

1304 GSG電気導波管のグラウンドに接着されて電気的に接続されるための、单一フレーム構造の上を延在するめっき金属

を示す。

【0133】

図14aはレーザチップ上に堆積されるはんだを示している。これが、レーザチップと高速電気導波管との間の電気伝導性の接着層として機能する。図14aは：

1401 はんだ堆積体

10

20

30

40

50

を示す。

【0134】

図14bは、接着前のGSG電気導波管のアライメントを示している。図14bは：

- 1403 GSG高速電気導波管のためのサブマウント
- 1404 GSG高速電気導波管のためのグラウンドパッド
- 1405 GSG高速電気導波管のための信号パッド
- 1406 GSG高速電気導波管の導電性エリア上に堆積されためっき金属

を示す。

【0135】

図14cは、GSG電気導波管への接着されたレーザチップを示している。単一の接地されているメサの中の隙間が、静電容量を低減することにより高速動作を可能にする10を示す。

【0136】

米国特許出願公開第2017/0033535号の実施形態5

第5の実施形態では、図15に示されるように、GSG導波管ではなくマイクロストリップまたはストリップラインの電気導波管が使用される。この実施形態はやはり、上記の図14cで言及した隙間を有することができる。この電気導波管は、やはり、ストリップラインまたはマイクロストリップの導波管を形成する誘電体の上に信号リードを伴い、薄い誘電体の下方にあるグラウンド層によって形成され得る。誘電体の中の開口部が、レージンググリッドのグラウンド部分にコンタクトするのに使用され得る。ラインの幅および誘電体の厚さが、特性をマッチングする回路のための固有インピーダンス値を作るように制御され得る。このテクニックが実施形態2または以下で考察される実施形態のうちの任意の実施形態、などの、他の実施形態でも使用されることを理解されたい。図15の図が、アクティブな単一メサ構造に跨る断面図を示している：

- 151 導波管基板
- 152 導波管の全体に跨る金属グラウンドパッド
- 153 グラウンドを信号パッドから分離する誘電層
- 154 金属信号パッド
- 155 信号パッド上にある金属めっき
- 156 単一のアクティブメサへ信号パッドを電気的に接続するはんだであって、その中までエッチングされる隙間または孔を有するように示される
- 157 グラウンドパッド上にある金属めっき
- 158 グラウンドパッドを、単一の接地されているメサに電気的に接続するはんだ

【0137】

米国特許出願公開第2017/0033535号の実施形態6

図16は第6の実施形態を示している。図16では、この構造が、レージングを同相で維持することを目的として各レージングポイントの光の一部分をその隣の別のレーザまで導くためのパスを残すという点で独自的である。この例では、レーザ161が、その隣のレーザアパーチャ163までの下向きの反射されたその外側モード構造162の一部を有し、レーザアパーチャ163が162と同相の光を作る。同相であるレーザが164であり、角度付き反射面165から反射され、164および161と同相であるその隣のレーザ167のアパーチャに戻り、この形が繰り返される。レンズまたはアウトプットエリアのすぐ外側にある角度付きエリアおよびまたは反射エリア164が、レンズまたはアウトプットエリアからオーバーフローする光のわずかな部分を、そこに隣接するレージンググリッドへと転じることができ、それによりコヒーレントなレージンググリッドを可能にする。隣り合うレージングポイントからの光の一部が、互いに同相関係にあるレージングポイントをセットアップするレージングポイントに注入される。これにより、この構造が各レーザからの光の一部をその隣のレーザまで導くときに、すべてのレージングポイントのコヒーレントな動作を可能にする。反射率、距離、および角度が、光学的モデル化の技術分野の当業者により非常に正確に計算される。何年にもわたって、コヒーレントな動作は

10

20

30

40

50

、レーザアレイの動作を回避してきた利点である。図16は：

- 161 光の一部分のみを放射する広い発散を有する大型アーチャのレーザ
- 162 レーザ161からの光の一部分がアーチャ163の方へ反射される
- 163 反射率が162からの光の位相に適合するところのレーザのアーチャ
- 164 光の一部分のみを放射する広い発散を有する大型アーチャのレーザ
- 165 アウトプットアーチャのすぐ外側にあるレーザチップの背面上にある角度付
き反射面
- 166 レーザグリッド164と同相である反射ビーム
- 167 光の一部分のみを放射する広い発散を有する大型アーチャのレーザ
を示す。

【0138】

米国特許出願公開第2017/0033535号の実施形態7

図17は第7の実施形態を示す。図17では、レージンググリッドチップの背面側が、特に有益なエリアの方にレーザ光172の向きを変えるための、エッチングされたパターンを有する。これが回折光学素子(DOE)171によって達成され、それはエッチングされた表面を有し、エッチングは光がこの部分を通って移動するときに、DOEの表面の角度に応じて、この表面の角度がビームまたは光の向きを変える175ようになされる。これが、光をコリメートするかまたは光を発散させるのに、あるいは光を導くかまたは均質化するのに、使用される。図17は電気導波管を示していない。モードは、アーチャのサイズならびに反射面173および174の特性によって制御される。図17は：

- 171 ビーム172からの向きを変えられたレーザグリッドビーム
- 172 アーチャから放射されたレーザグリッドビーム
- 173 背面発光のレーザグリッドのための、鏡のコンタクトおよび背面
- 174 背面発光のレーザグリッドのための、鏡のコンタクトおよび背面
- 175 レーザグリッドからの向きを変えられたビーム
を示す。

【0139】

米国特許出願公開第2017/0033535号の実施形態8

図18は第8の実施形態を示す。図18では、パターニングされた回折格子184(これは図17のDOEの反対の角度パターンである)が、背面発光VCSEL設計のレーザウエハーの背面側において、発光点181の上に設置されるか、またはエッチングされ、レージングポイントをこのグリッドの外側185に向ける。このレンズからは、すべてのレーザがチップの後方の単一のポイント186から来ているように見え、仮想的な点の源が形成され、ここでは、マイクロレンズ187が、チップの後方の仮想的な集束的な源からのビームをコリメートするのに使用され得る。図18は：

- 181 背面発光レーザグリッドのための鏡のコンタクトおよび背面
- 182 レーザ特性を作るアーチャ
- 183 レーザグリッドからのレーザビーム
- 184 固有の全体のビームグリッド特性のために角度付けされる回折光学素子(DOE)の表面
- 185 レーザグリッドからの向きを変えられたビーム
- 186 レンズ187から見ると、すべてのビームからの集束的な仮想的な光源
- 187 仮想的な集束的な点186上に焦点を有するマイクロレンズ
を示す。

【0140】

米国特許出願公開第2017/0033535号の実施形態9

図19は第9の実施形態を示す。図19は、接着され、エッチングされ、および酸化が行われた実施形態3の断面を示しているが、ただし、1つのマイクロレンズを他のマイクロレンズに位置合わせして、さらにはこの単一メサ構造から放射されるレーザビームの向きを変えることを目的として1つのマイクロレンズの位置をわずかにずらすような形で、

10

20

30

40

50

位置付けされる、レーザチップの背面上に加工されているマイクロレンズを有することを除いてである。実施形態3はこの構成のために参照されるものであるが、上記の背面発光の実施形態のうちの任意の実施形態と、チップに取り付けられるかまたはアウトプットグリッドの上方に位置付けされるマイクロレンズアレイとが、使用され得ることを理解したい。このマイクロレンズアレイは光伝導グリッドポイントのピッチに関連する値を有することができるが、レージングポイントによって放射される光が、チップの前方またはチップの後方においてビームが仮想的な点源のところで一体となるか、または一体となっているように見えるようになるところの単一のエリアまで、導かれるようなわずかに異なるピッチを有するレンズ74を用いる。マイクロレンズのピッチがレーザのピッチより小さい場合、マイクロレンズが中心から離れるレーザをチップの前方の点の方向に導くかまたは内側に導く。マイクロレンズアレイのピッチがレーザのグリッドのピッチより大きい場合、光が図19のように外側に導かれることになる。図19は：

7 1 レーザ基板
 7 2 N型鏡
 7 3 N型コンタクト領域
 7 4 レーザ光を外側に導くための、レーザからわずかにオフセットされるマイクロレンズ

7 5 アクティブ領域または量子井戸
 7 6 アクティブ領域への電流閉じ込めを作り出す酸化層
 7 7 単一グラウンド構造およびアクティブな単一メサ構造からの分離を作り出すエッティングトレーナ
 7 8 P型金属コンタクト
 7 9 酸化があきるのを可能にするために、単一メサ構造にエッティングされる孔
 8 0 レーザチップおよび高速電気導波管を電気的に接続するはんだ
 8 1 GSG電気導波管の信号パッド
 8 2 P型鏡
 8 3 GSG導波管基板
 8 4 GSG電気導波管のグラウンドパッドに電気コンタクトしているN型コンタクト層、および単一グラウンドメサの上に置かれるN型金属を短絡するめっき
 8 5 GSG電気導波管のグラウンドパッド

を示す。

【0141】

米国特許出願公開第2017/0033535号の実施形態10

図20は第10の実施形態を示している。図20が、レージングしない点の方への、N型エピタキシャル出力鏡31の反射性を低減して、ついでキャビティを延長するレージンググリッドの背面において、反射面231の方への反射性を増大させることにより、単一のグリッド構造を使用して延長されたキャビティレーザ設計が実現され得ることを示している。この構造が、キャビティ内の高次モード構造233のフィードバックを低減し、それによりグリッドからのアウトプットビーム235のためのより基本的なモードの構造を形成する。図20は：

2 3 0 不完全なN型出力鏡のエピタキシャル領域を示す矢印
 2 3 1 変化する屈折率を有する誘電層で作られる反射領域
 2 3 2 レーザビームのキャビティが、ここでは、モード排除のためのキャビティを延長するレーザウエハー材料を有する
 2 3 3 キャビティの方に戻るようには反射されない、高次モードの反射
 2 3 4 キャビティ内のシングルモードまたは低次モード
 2 3 5 延長されたキャビティデバイスから出力される、シングルモードまたは低次モード

を示す。

【0142】

10

20

30

40

50

米国特許出願公開第 2017 / 0033535 号の実施形態 11

図 21 は第 11 の実施形態を示す。図 21 では、VCSEL 構造が上記の実施形態のようにレーザグリッド設計に適合され得、レージンググリッドの出力レフレクタ（レンズ形状 241 の上に堆積される）が光を放射するところのレージングチップの背面が、集束フィードバック機構（焦点の矢印 243）をより良好に形成するためにレフレクタの下に凸形形状 241 または凹形形状を有することができ、この集束フィードバック機構は高次モードを排除するものであり、各グリッドエリアからのシングルモードのレージング出力 245 を有するように設計され得る。この場合、全体のレージング構造が低い M^2 値を有することになる。アウトプットをコリメートするためにレンズまたはマイクロレンズが追加され得る。図 21 は：

- 240 不完全な N 型出力鏡のエピタキシャル領域を示す矢印
 241 レーザ基板またはウエハーにエッチングされるマイクロレンズ構造の上に堆積される、変化する屈折率を有する誘電層で作られる反射領域
 242 延長されたキャビティ内で反射されているシングルモードビーム
 243 チップの表面上にある光学素子からの、延長されたキャビティに戻るように導かれている縁部からの光
 244 図 20 のシングルモードビームよりも、より大きいパワーを有し、より高く選択的な、シングルモードである
 245 高品質のシングルモードビームのアウトプット
 246 より強く反射するエピタキシャル鏡

を示す。

【0143】

米国特許出願公開第 2017 / 0033535 号の実施形態 12

図 22 は第 12 の実施形態を示す。図 22 では、VCSEL 構造は上記の実施形態のようなレーザグリッド設計に適合され得るが、ただし、レンズから真っすぐ外に出るビームが外部のマイクロレンズアレイを通り、この外部のマイクロレンズアレイがレーザのピッチとは異なるピッチのマイクロレンズを有するように設計されており、それにより、上記の実施形態のうちの多くの実施形態と同様に、単一のロケーションまでのまたは単一のロケーションからのビームの向きを変えるのを可能にし得る、ということを除いてである。このテクニックの他の形態が、レーザグリッドに位置合わせされてレーザグリッドと等しいピッチを有する外部レンズアレイの底部に形成される凹形レンズを使用することもでき、対してレーザグリッドとは異なるピッチを有する凸形レーザアレイが頂部側にある。ビームを導くための別のテクニックとして、外部レンズアレイの上にある凸形マイクロレンズの代わりに頂部側の光学素子として DOE を使用するテクニックがある。252 はより強力なシングルモードビームを作るためにアパーチャの中心に戻るように反射される光であり、他方、253 がレーザ出力鏡のキャビティを完成する反射コーティングを有する。254 がキャビティであり、外部レンズキャビティの内側に堆積される反射防止コーティングを有し、他方で頂部側のマイクロレンズアレイ上に反射防止コーティングも堆積させる。別のテクニックは、キャビティ鏡を完成するために、図 20 のような平面的な反射特性を使用することであり、これは、ビームの向きを変えるために頂部側にあるオフセットされるマイクロレンズアレイまたは頂部側にある DOE を有するものである。図 22 が以下のものを示している：

- 250 不完全な N 型出力鏡のエピタキシャル領域を示す矢印
 251 延長されたキャビティ内で反射されているシングルモードビーム
 252 チップの表面上にある光学素子からの、強いシングルモードキャビティを作り出す中心に戻るように導かれている、縁部からの光
 253 レーザ基板またはウエハーにエッチングされるマイクロレンズ構造の上に堆積される、変化する屈折率を有する誘電層で作られる反射領域
 254 エッチングされるレンズが外部レンズアレイに触れないようにするための、キャビティ

10

20

30

40

50

- 255 外部レンズアレイの透過性材料
 256 延長されたキャビティレーザによって出力されるシングルモードビーム
 257 ビームを導くレーザのピッチとは異なるピッチを有するレンズアレイからのマ
 イクロレンズ
 258 導かれるシングルモードビーム

【図面】

【図 1】

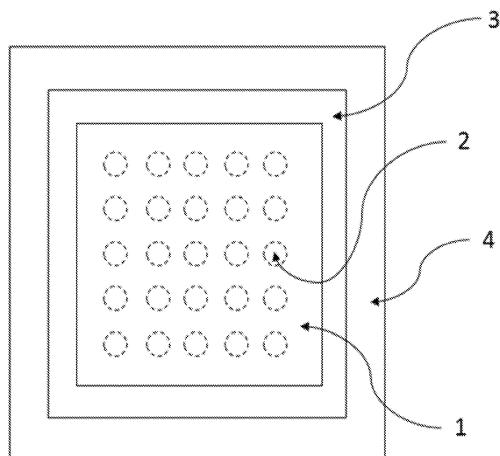


Figure 1

【図 2】

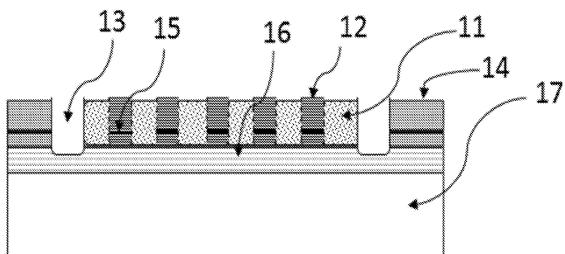


Figure 2

【図 3】

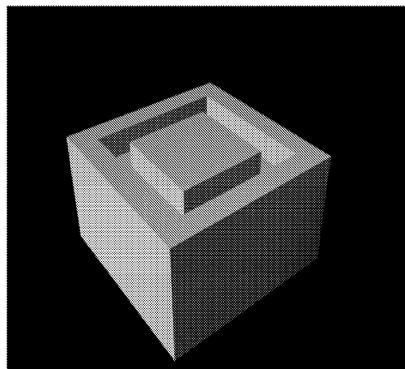


Figure 3

【図 4】

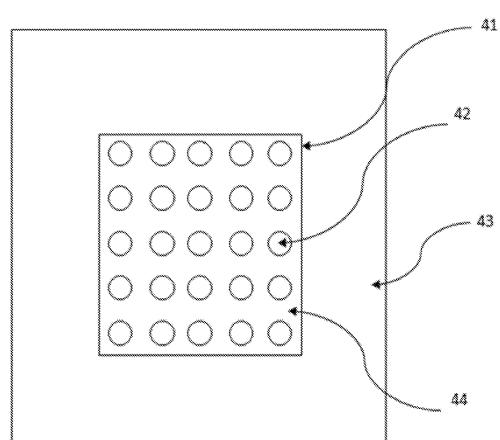


Figure 4

10

20

30

40

50

【図 5】

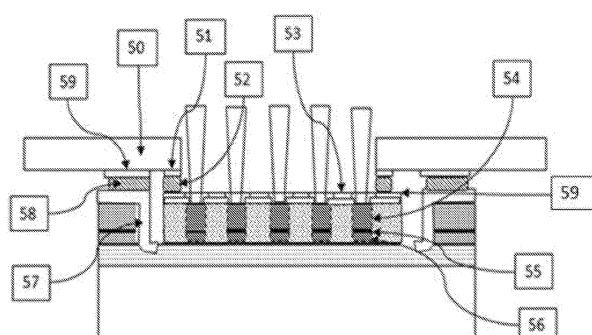


Figure 5

【図 6】

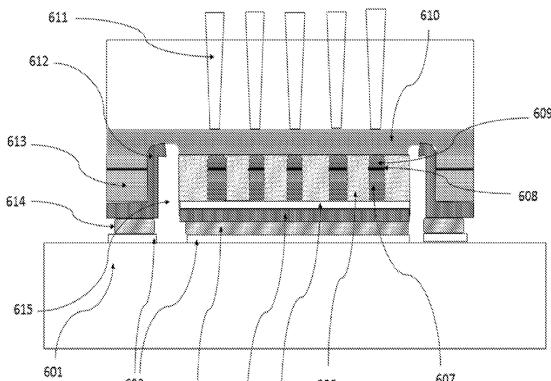


Figure 6

10

【図 7】

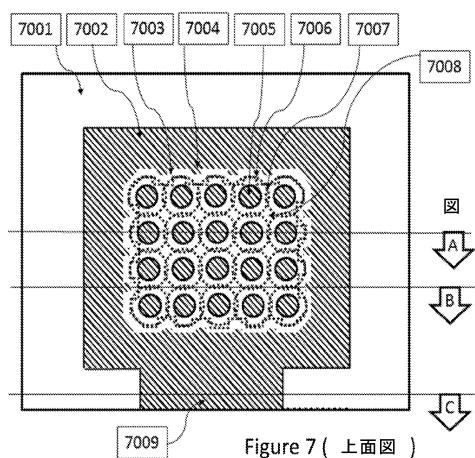


Figure 7 (上面図)

【図 7A】

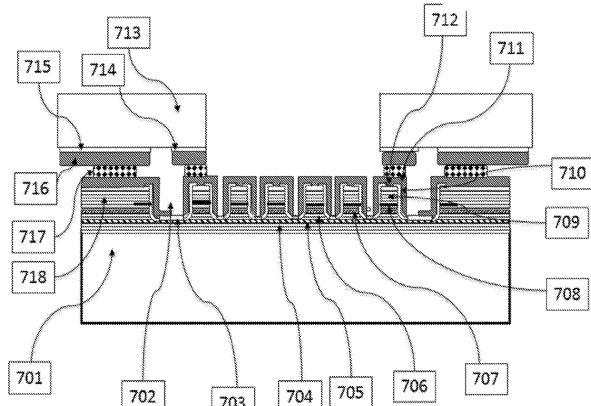


Figure 7A (図 A)

20

30

40

50

【図 7 A 2】

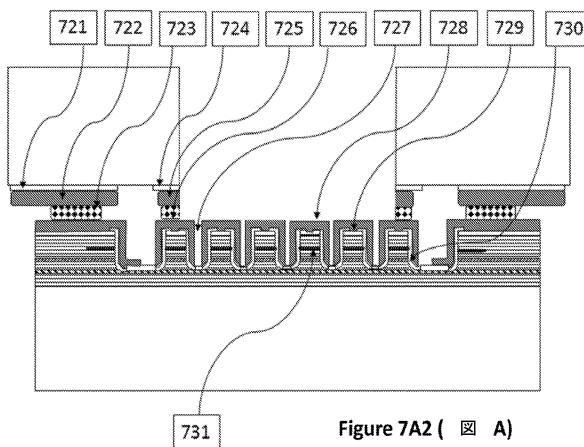


Figure 7A2 (図 A)

【図 7 B】

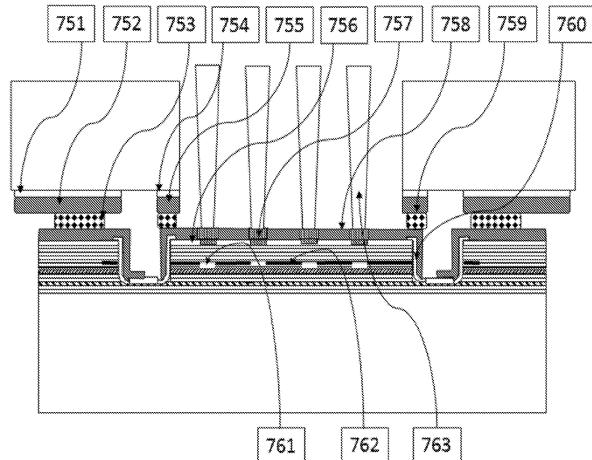


Figure 7B (図 B)

10

【図 7 C】

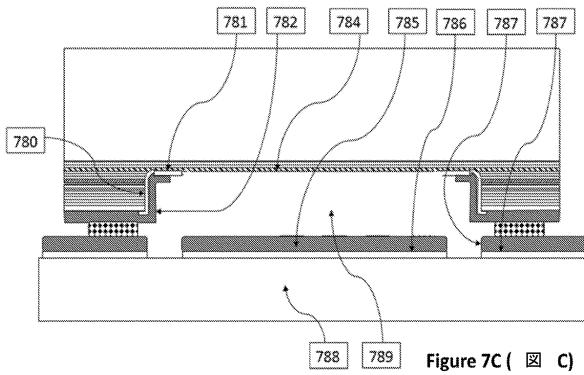


Figure 7C (図 C)

【図 8】

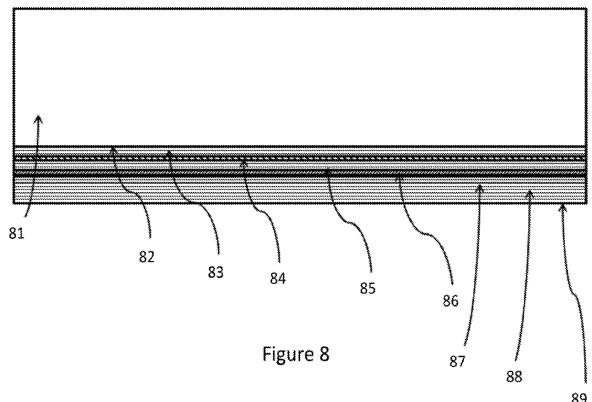


Figure 8

20

30

40

50

【図9】

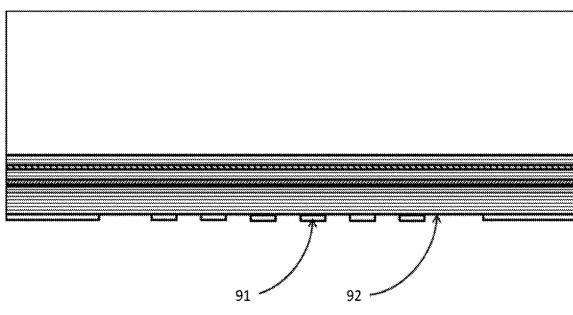


Figure 9

【図10】

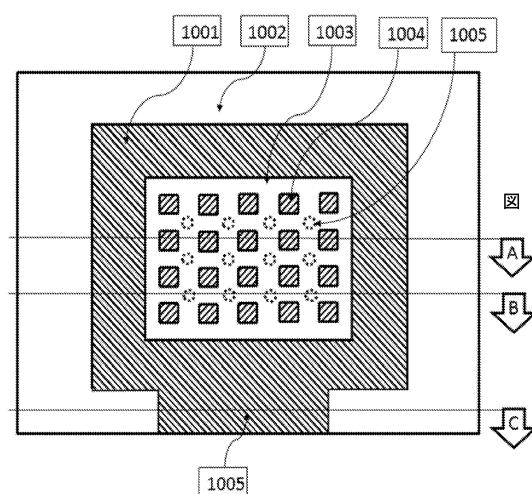


Figure 10

【図10A】

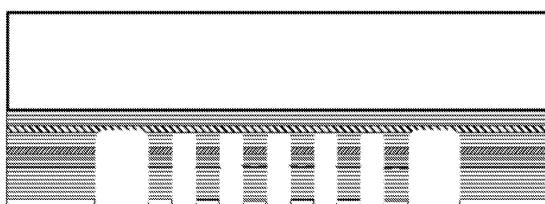


Figure 10A

【図10A2】

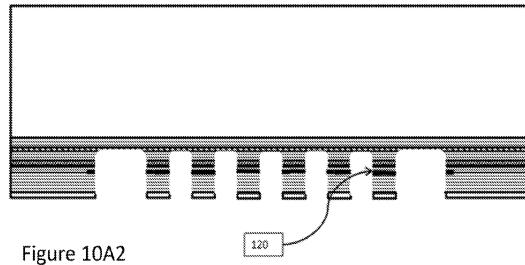


Figure 10A2

10

20

30

40

50

【図 10 B】

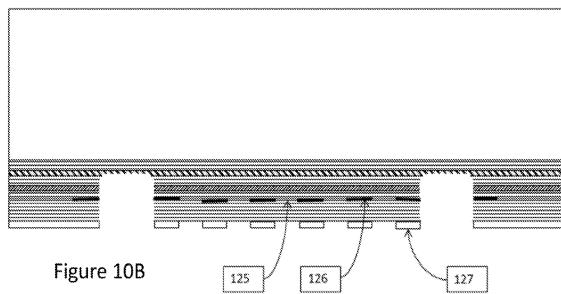


Figure 10B

【図 11】

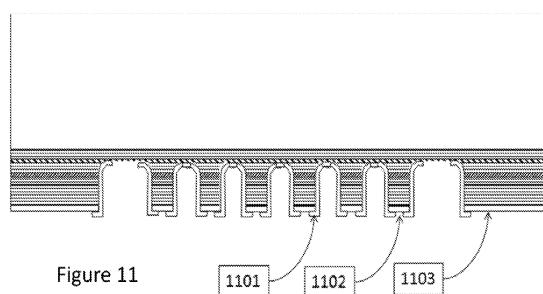


Figure 11

10

【図 12】

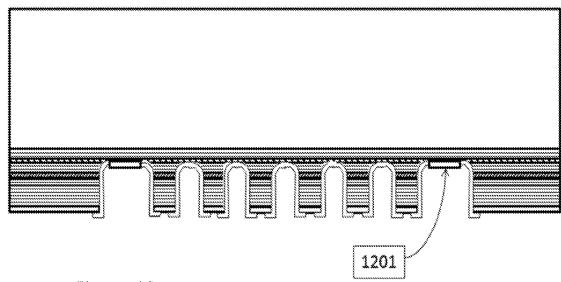


Figure 12

【図 13】

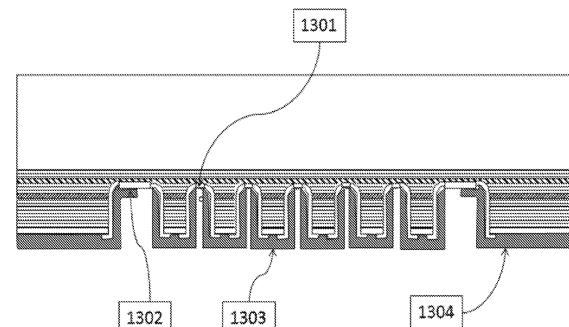


Figure 13

20

【図 14 a】

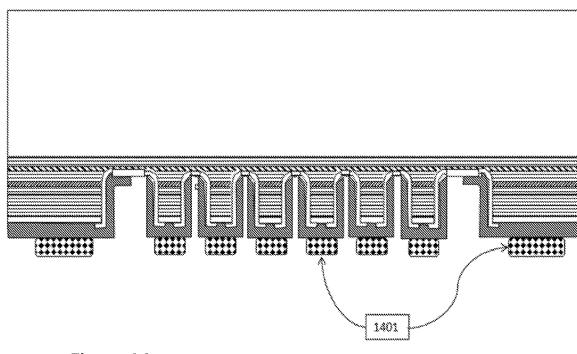


Figure 14a

【図 14 b】

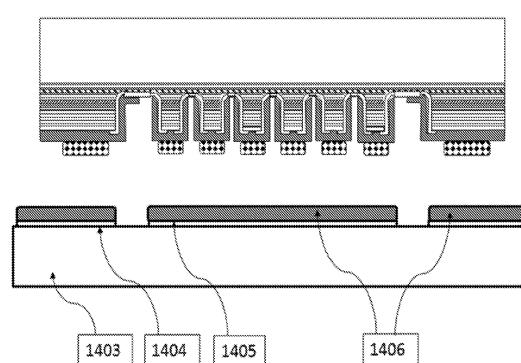


Figure 14b

30

40

50

【図 1 4 c】

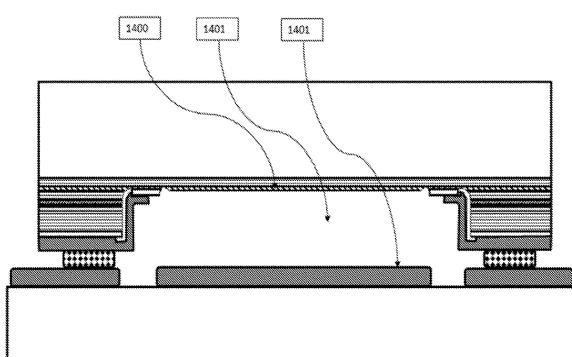
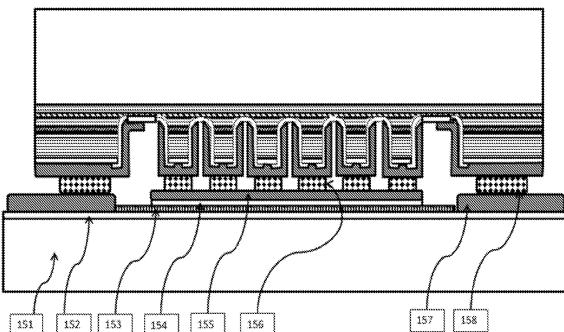


Figure 14c

【図 1 5】



10

Figure 15

【図 1 6】

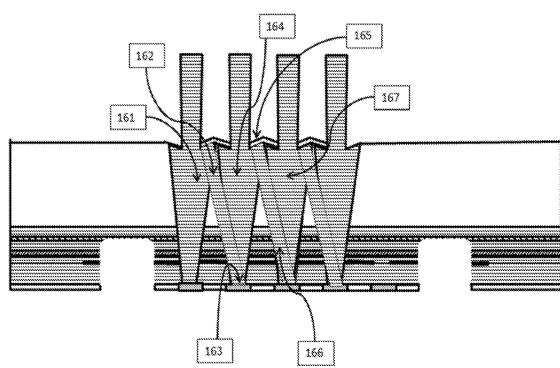


Figure 16

【図 1 7】

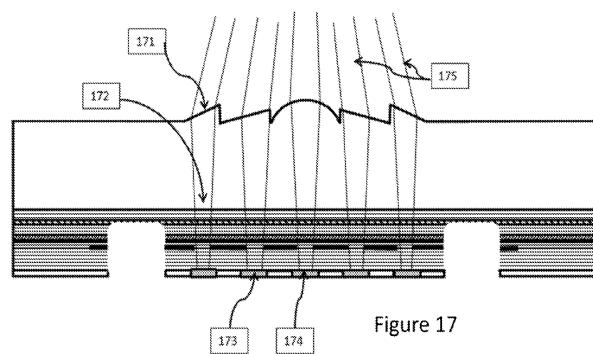


Figure 17

20

30

40

50

【図 18】

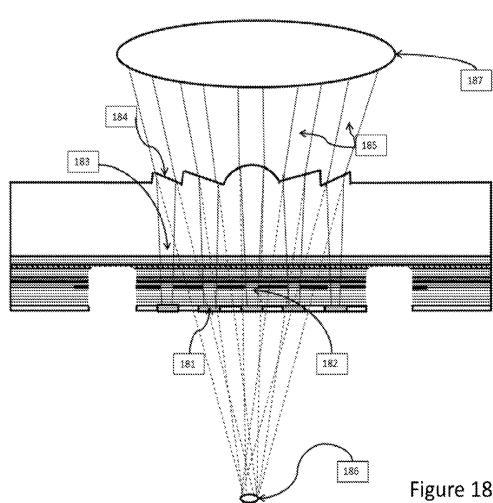


Figure 18

【図 19】

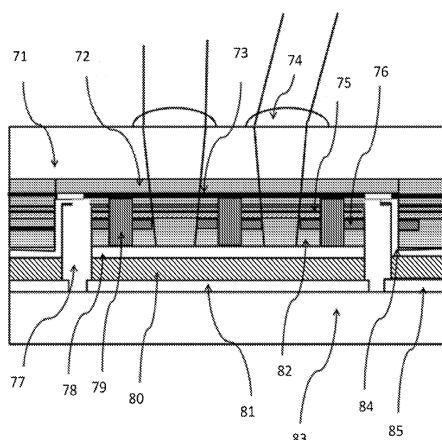


Figure 19

10

【図 20】

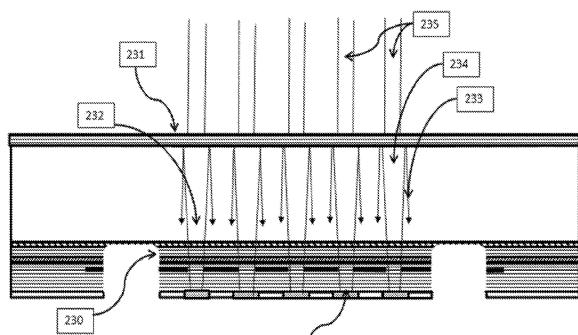
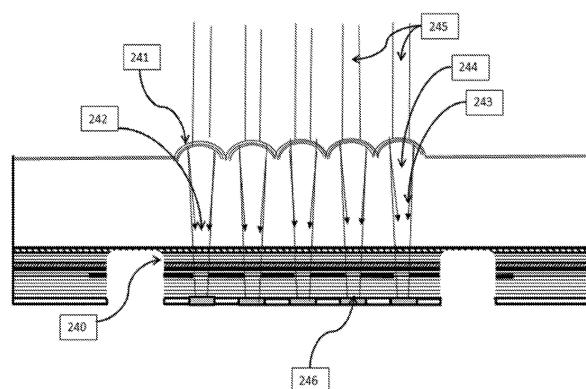


Figure 20

【図 21】



20

30

Figure 21

40

50

【図 2 2】

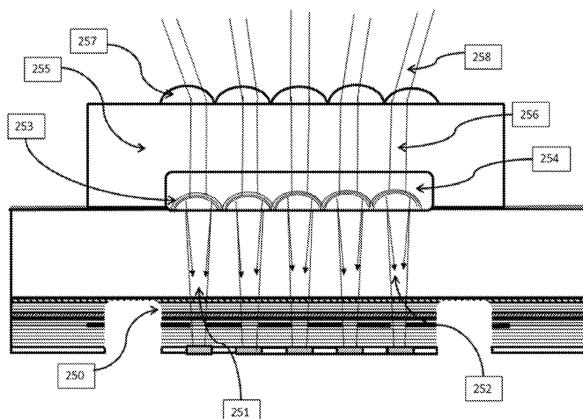


Figure 22

【図 2 3】

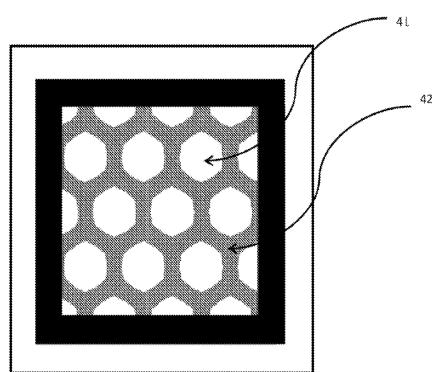
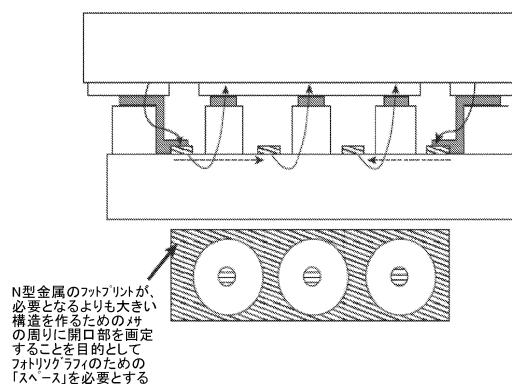


Figure 23

10

【図 2 4】

電流フローの古い手法



新しい手法の電流フロー

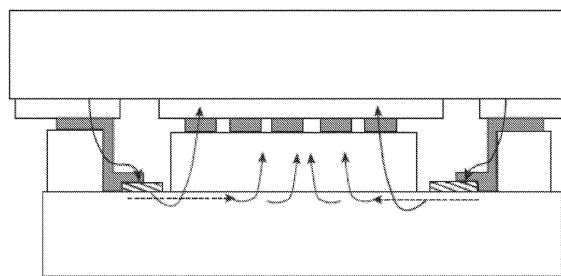


Figure 24

【図 2 5】

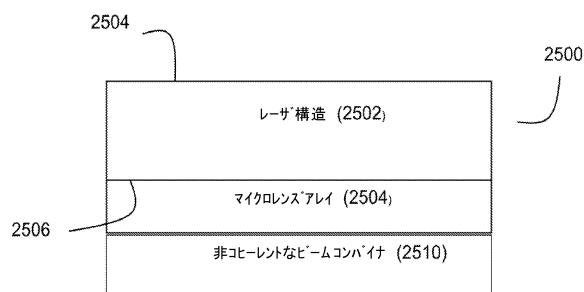


Figure 25

20

30

40

50

【図 26】

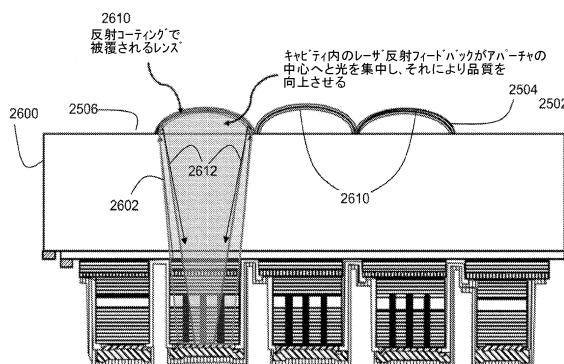


Figure 26

【図 27】

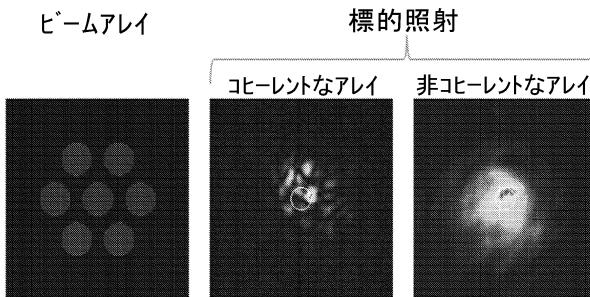


Figure 27

10

【図 28】

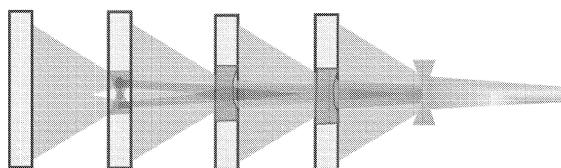


Figure 28

【図 29】

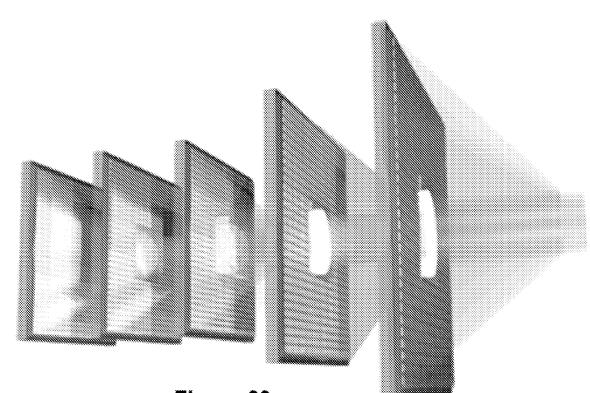


Figure 29

20

【図 30】



Figure 30

【図 31】

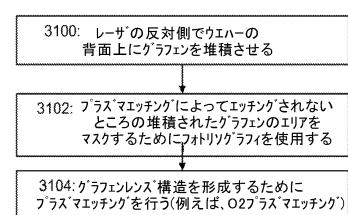


Figure 31

30

40

50

【図 3 2】

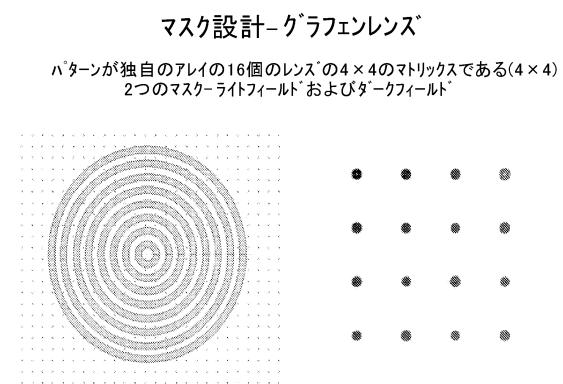
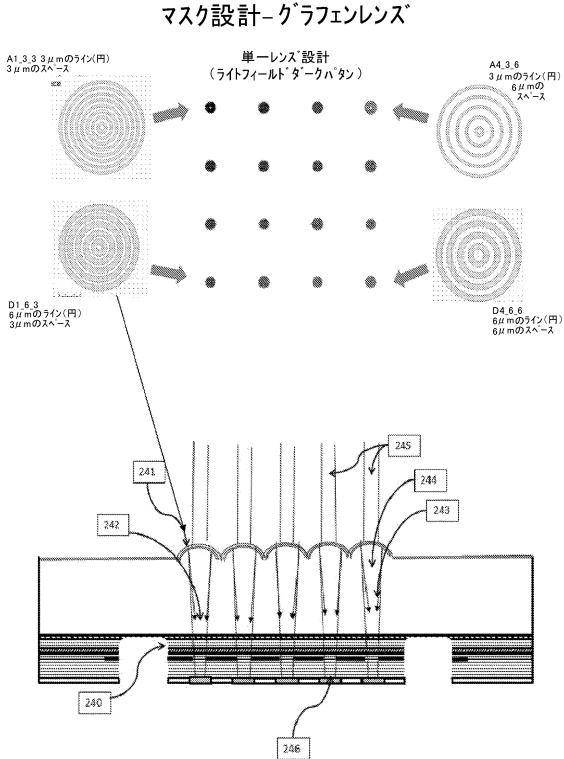


Figure 32

【図 3 3】

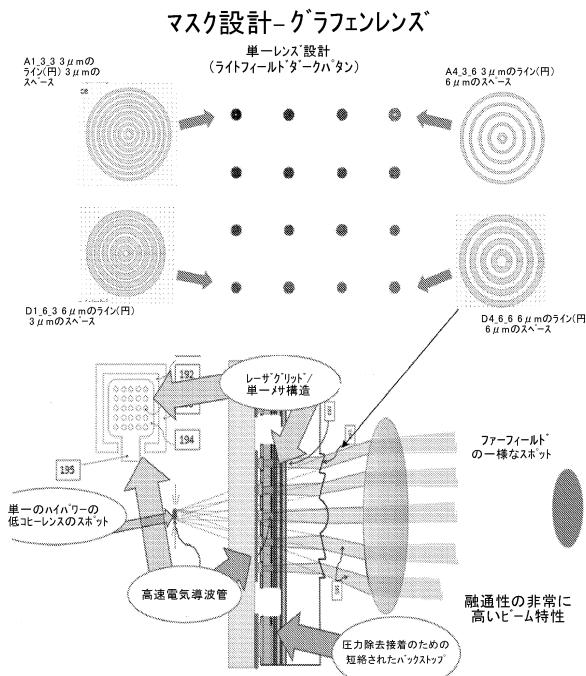


10

20

Figure 33

【図 3 4】



30

40

Figure 34

50

フロントページの続き

- (56)参考文献
- 特表 2013-541854 (JP, A)
米国特許出願公開第 2017/0033535 (US, A1)
特表 2016-519436 (JP, A)
米国特許出願公開第 2014/0079088 (US, A1)
米国特許出願公開第 2015/0171375 (US, A1)
特開 2001-083460 (JP, A)
米国特許出願公開第 2016/0164261 (US, A1)
特開平 10-229248 (JP, A)
米国特許第 05978408 (US, A)
特開 2007-173393 (JP, A)
米国特許出願公開第 2003/0026303 (US, A1)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
- H01S 5/00 - 5/50
H01L 33/00 - 33/64