

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2020-530666
(P2020-530666A)

(43) 公表日 令和2年10月22日(2020.10.22)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO1S 5/183 (2006.01)	HO1S 5/183	5F173
HO1S 5/42 (2006.01)	HO1S 5/42	

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 42 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)
 (85) 翻訳文提出日 令和2年4月9日 (2020. 4. 9)
 (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)
 (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)

(71) 出願人 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・87
 106、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
 特許業務法人川口国際特許事務所
 (72) 発明者 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・87
 123、アルバカーキ、ピエドラス・ロー
 ド・ノースイースト・14300
 Fターム(参考) 5F173 AC03 AC13 AC42 AC46 AC52
 AC53 AD05 AD20 AG03 AP33
 AR52

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) 【要約】

本明細書では、レーザ装置のための多様な実施形態が開示される。例示の実施形態では、レーザ装置が、(1) 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、各レーザ領域がアパーチャを有し、レーザビームがアパ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と、(2) レーザ発光エピタキシャル構造の背面上に位置す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と、(3) アパ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る。

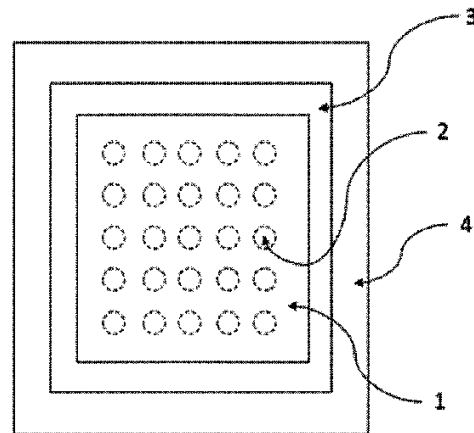


Figure 1

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

装置であって、

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、各レーザ領域がアパーチャを有し、レーザビームがアパ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と、

レーザ発光エピタキシャル構造の背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と、

アパ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。

【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後方に反射する、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である、請求項 1 から 5 のいずれか一項に記載の装置。

【請求項 7】

マイクロレンズアレイが複数のグラフェンレンズ構造を備える、請求項 1 から 6 のいずれか一項に記載の装置。

【請求項 8】

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を備える、請求項 1 から 7 のいずれか一項に記載の装置。

【請求項 9】

非コヒーレントなビームコンバイナが、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 7 のいずれか一項に記載の装置。

【請求項 10】

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る、請求項 1 から 9 のいずれか一項に記載の装置。

【請求項 11】

各レーザ領域が、単一メサ構造内で、単一メサ構造の他のレーザ領域に対し、電氣的に絶縁される、請求項 10 に記載の装置。

【請求項 12】

レーザ発光エピタキシャル構造が、垂直共振器面発光レーザ (VCSEL) エピタキシャル構造を備える、請求項 1 から 11 のいずれか一項に記載の装置。

【請求項 13】

レーザ発光エピタキシャル構造が、垂直延長共振器面発光レーザ (VECSEL) エピ

10

20

30

40

50

タキシャル構造を備える、請求項 1 から 1 1 のいずれか一項に記載の装置。

【請求項 1 4】

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 1 3 のいずれか一項に記載の装置。

【請求項 1 5】

装置が、ドローン防衛用の指向性エネルギー兵器として、レーザ領域からレーザビームを制御可能に放射するように構成される、請求項 1 から 1 4 のいずれか一項に記載の装置。

【請求項 1 6】

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ステップであって、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る、ステップと、

レーザ発光エピタキシャル構造の背面上に置かれるマイクロレンズアレイまで、発生されたレーザビームを導くステップであって、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、ステップと、

アパーチャから放射されるレーザビームを非コヒーレントに結合するステップとを含む、

方法。

【請求項 1 7】

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 6 に記載の方法。

【請求項 1 8】

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 1 7 に記載の方法。

【請求項 1 9】

マイクロレンズアレイのマイクロレンズを覆う反射コーティングを介して、レーザキャビティを通過するように、放射されたレーザビームからのレーザ光を反射するステップをさらに含む、請求項 1 7 または 1 8 に記載の方法。

【請求項 2 0】

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 1 9 に記載の方法。

【請求項 2 1】

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である、請求項 1 6 から 2 0 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 2 2】

マイクロレンズアレイが複数のグラフェンレンズ構造を備える、請求項 1 6 から 2 1 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 2 3】

非コヒーレントに結合するステップが、重複する集束点を用いて二次元 (2D) の非コヒーレントなビーム結合を実施するステップを含む、請求項 1 6 から 2 2 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 2 4】

非コヒーレントに結合するステップが、複数の重複する集束点を用いて三次元 (3D) の非コヒーレントなビーム結合を実施するステップを含む、請求項 1 6 から 2 2 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 2 5】

電気導波管を介してレーザ発光エピタキシャル構造に電流を印加するステップをさらに

10

20

30

40

50

含む、請求項 16 から 24 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 26】

各レーザ領域が、単一メサ構造内で、単一メサ構造の他のレーザ領域に対して電氣的に絶縁される、請求項 25 に記載の方法。

【請求項 27】

レーザ発光エピタキシャル構造が、垂直共振面発光レーザ (VCSEL) エピタキシャル構造を備える、請求項 16 から 26 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 28】

レーザ発光エピタキシャル構造が、垂直延長共振面発光レーザ (VECSEL) エピタキシャル構造を備える、請求項 16 から 26 のいずれか一項に記載の方法。

10

【請求項 29】

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 16 から 28 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 30】

結合されるレーザビームがドローン防衛用の指向性エネルギー兵器として機能する、請求項 16 から 29 のいずれか一項に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【背景技術】

【0001】

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ルアップ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

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0002】

【特許文献 1】米国特許出願公開第 2011/0176567 号明細書

【特許文献 2】米国特許出願公開第 2017/0033535 号明細書

【特許文献 3】米国特許第 5,978,408 号明細書

【非特許文献】

【0003】

【非特許文献 1】Yoshikawa 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】

【0004】

当技術分野のこれらの問題に対する解決策として、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

50

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し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パ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パ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、アパーチャに戻るフィ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。

10

【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方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パーチャサイズが得られるが、この小さいアパーチャサイズは、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パ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ナが、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、これらのアパ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。

20

【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ーは、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。

30

【0007】

本明細書において以下で、本発明のこれらの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。

40

【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。

50

- 【図 1 0】例示の底面発光の酸化の実施形態を示す図である。
- 【図 1 0 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 0 A 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 0 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 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。 10
- 【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 (p a t t e r n d i f f r a c t i v e g r a t i n g) 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。 20
- 【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 2 0 1 1 / 0 1 7 6 5 6 7 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。
- 【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】レーザウエ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】例示の実施形態の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。
- 【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。 40
- 【図 3 4】レーザ構造において回折光学素子 (D O E : d i f f r a c t i v e o p t i c a l e l e m e n t) 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】
- 【0 0 0 9】
- 図 2 5 は、マイクロレンズアレイ 2 5 0 4 および非コヒーレントなビームコンバイナ 2 5 1 0 との組み合わせで、レーザ構造 2 5 0 2 を含む例示のレーザ装置 2 5 0 0 の断面図を示す。レーザ構造 2 5 0 2 が、前面 (頂部) 2 5 0 4 および背面 2 5 0 6 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、各レーザ領域がアパーチ 50

ャを有し、このアパーチャを通してレーザービームが制御可能に放射される。図 25 によって示されるように、マイクロレンズアレイ 2502 がレーザー構造 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ー発光エピタキシャル構造 2502 のレーザー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ンバイナ 2510 が、アパーチャから放射される複数のレーザー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】

レーザー構造 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 として含まれる。付録 A は、複数の導電グリッドから形成されるレーザー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ー構造が、メサ構造の中にある半導体レーザーの単一のユニットと、高周波数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。レーザー構造 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。

【0011】

さらに、レーザー構造 2502 は複数のレーザー発光エピタキシャル構造のアレイとしても構成され得、各レーザー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ー領域を含む。このようなアレイの中では、レーザー構造 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ー領域を含む。このようなレーザーグリッド構造は、小さいチップ上にいくつかのレーザー放射体を呈することができる。

【0012】

例示の実施形態として、レーザー装置 2500 がビーコン照明装置レーザー内で使用され得る。このテクノロジーでは、レーザーキャビティは、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、ウエハの背面まで延在してよい。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】

レーザー構造 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クを伴い、2D フォトリソグラフィテクニクが数万個のチップを単一の 4" のウエハ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

10

20

30

40

50

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内での数1000時間のアライメントの調整を排除することになる。

【0014】

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。最初に薄いフォトリソストを用いてパターンニングを行って、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リソストを加熱して、フォトリソストが溶解し、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レーザウエ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。

10

【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に位置合わせされ得る。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に位置合わせさ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)。

20

【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、湾曲してよい。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。

30

【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。

40

50

【 0 0 1 8 】

これらのレンズ 2 6 1 0 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ックの例が図 3 0 - 3 4 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。

【 0 0 1 9 】

コヒーレントなアレイからのビームと比較すると、図 2 5 および 2 6 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ckルを作る。図 2 5 および 2 6 のアレイに対するコヒーレンス長は 1 mm 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。1 mW のアウトプットを各々が有する 1 0 0 個のレーザが 1 0 0 mW のパワーを発生させることになり、また、各々 0 . 1 W である 1 0 0 万個のレーザが 1 0 0 , 0 0 0 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 2 7 は、図 2 6 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 (w a v e - o p t i c s b e a m p r o p a g a t o r) 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ckルを発生させるものとしてシミュレートされている。

10

20

【 0 0 2 0 】

図 2 5 - 2 6 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 2 5 1 0 は、レーザ構造 2 5 0 2 およびマイクロレンズアレイ 2 5 0 4 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 2 5 0 4 から出て、ビームコンバイナ 2 5 1 0 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 2 5 1 0 が 2 D 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 2 5 1 0 は、重複する集束点を有するような 2 D

30

【 0 0 2 1 】

図 2 8 は、レーザ装置 2 5 0 0 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 2 8 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 2 8 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 2 5 0 4 は、トーラス形状レンズを採用することができる。図 2 6 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 2 9 が、図 2 8 によって示されるビーム結合の斜視図を示す。

40

【 0 0 2 2 】

したがって、図 2 5 - 2 9 は、V C S E L 半導体レーザアレイからの高速 (1 G H z 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

50

考察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、本テクノロジーは、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GaAs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。

【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、マスク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

10

20

30

40

50

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。

10

【0029】

付録 A - 米国特許出願公開第 2017 / 0033535 号

レーザアレイは、単一レーザ、ファイバレーザ、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。

20

【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。

【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。

40

【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ない、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氣的に接着される。背面発光デバイスのアレイを接着す

50

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ない、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。

【0034】

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。

【0035】

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。

【0036】

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該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、それにより当該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。

【0037】

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 (RCLD: 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 (VECSEL: 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。

【0038】

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パ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

10

20

30

40

50

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 (G S G) 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パスの間で分配される。マイクロストリップ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。

【 0 0 3 9 】

この単一の連続構造は、より大型のめっき構造内での熱分配のためのより大きいベースなどのような、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ぬ距離に起因して、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。

10

【 0 0 4 0 】

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。

20

【 0 0 4 1 】

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。

30

【 0 0 4 2 】

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。

40

【 0 0 4 3 】

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

50

レーズ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、本発明のこれらのおよび他の特徴および利点を当業者に対して説明する。

【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チ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ズングエリア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ズングエリア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、それによりレーズ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ズングエリア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ズングエリア2が形成され得ることを理解されたい。これにより、レーズングエリア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23を参照されたい) ; 非導電性エリア42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41を残すように、エッチ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チングされる孔(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、レーズングエリア2(図1ではディスクとして示されている)以外のごとくに、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チング後のチップを示している。単一のレーズ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ズング領域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】

10

20

30

40

50

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チングされた分離トレンチ
 - 4 単一のグラウンド構造
- を示す。

【 0 0 4 9 】

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 1 1 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 1 2 を付されている。図 2 は、インプラント後およびエッチング後のチップを示しており、頂部金属を示していない。エッチング領域 1 3 が「フレーム」または N 型メサ 1 4 から単一のメサ構造 1 2 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 1 4 として示されている）。図 2 は :

- 1 1 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
 - 1 2 レージングを作り出すことになり、インプラントからマスクされたエピタキシャルのエリア
 - 1 3 単一のアクティブメサ構造 1 1 および単一のグラウンド構造 1 4 を分離するエッチングされた分離トレンチ
 - 1 4 単一のグラウンド構造
 - 1 5 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場所のアクティブ領域である）
 - 1 6 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パ層を有する N 型鏡
 - 1 7 レーザ基板
- を示す。

【 0 0 5 0 】

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チ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チングの前に行われてもまたは後で行われてもよい。

【 0 0 5 1 】

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、分離されるエッチ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 :

- 4 1 下に導波管を有する、基板内にある孔
 - 4 2 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
 - 4 3 導波管基板の頂部
 - 4 4 レーザチップ上にある頂部側の延展金属
- を示す。

【 0 0 5 2 】

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

10

20

30

40

50

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、AlNi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。

【0053】

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の参照符号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-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

20

【0054】

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（参照符号717））を囲む分離トレンチ（例えば、図7Aの参照符号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の参照符号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（参照符号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。

30

【0055】

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氣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して流れ、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。

40

【0056】

単一の固体構造がエッチ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

50

ない。

【0057】

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、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くなることになる。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チングして、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：

50 非導電性の電気導波管基板

51 電気導波管の信号金属

52 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

53 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氣的に接続されるめっき金属

54 P型出力鏡 - 回折ブラッグレフレクタ (diffractive bragg reflector)

55 アクティブ領域 - 量子井戸

56 低抵抗性コンタクト層が置かれるところであるN型鏡

57 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

58 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

59 高速電気導波管上の信号パッドにコンタクトするための、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】

10

20

30

40

50

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：

601 電気導波管基板
 602 GSG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
 603 レーザチップに対してのGSG導波管のはんだ - 接着部分
 604 電気導波管の信号パッドをレーザのP型コンタクトに電氣的に接続するめっき
 金属

605 P型コンタクト金属
 606 非導電性にされた状態のインプラントされた領域
 607 P型鏡
 608 アクティブ領域(量子井戸)
 609 N型鏡
 610 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
 611 レーザ基板を通して伝播するレーザビーム
 612 N型コンタクト領域に短絡されるめっき金属
 613 N型コンタクト領域に短絡されるフレームエリア
 614 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氣的に接続する

はんだ

615 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。

【0062】

米国特許出願公開第2017/0033535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。

【0063】

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。

【0064】

ステップ2 . P型金属(通常、~2000ÅのTiPtAu)を堆積する。

【0065】

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シング。

【0066】

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

【0067】

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クング。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。

【0068】

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
 のに必要なインプラントのドーズ量およびを決定することになる)。

【0069】

10

20

30

40

50

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。

【0070】

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、F1ベースのエッチング剤）、BOE（buffered oxide etch）（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。

10

【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チングする。基板またはドーブ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。

【0073】

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

20

【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型コンタクトエッチ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のである。

30

【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のディスク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。

【0078】

ステップ16．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を使用する。

【0079】

ステップ17．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、F1ベースのエッチング剤）、BOE（buffered oxide etch）（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。

40

【0080】

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

【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。

50

【 0 0 8 2 】

ステップ 2 0 . ~ 4 - 5 μm 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。

【 0 0 8 3 】

ステップ 2 1 . 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 0 8 4 】

ステップ 2 2 . はんだ金属（通常、原子量で 8 0 % Au / 2 0 % Snである Au Sn / Au 共晶組成）を堆積させる。AuGe層の全体の厚さが ~ 4 0 0 0 0 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 ~ 5 0 0 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。

10

【 0 0 8 5 】

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 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ンインプラネ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パ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。

20

【 0 0 8 6 】

レーザウエハーのエピタキシャル材料が VCSEL 設計であってよく、ほとんどの VCSEL 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。

【 0 0 8 7 】

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 2 0 1 1 / 0 1 7 6 5 6 7 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か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。

30

【 0 0 8 8 】

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 7 0 5 まで下方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。

40

【 0 0 8 9 】

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して横方向に成長する Al_2O_3 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

50

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ビ設計構造内の高い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し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パ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7Aの参照符号707を参照)、p型鏡709とN型鏡706との間のキャビティで光がトラップされるときにレーズングを作り出す。

10

【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7A、7B、および7C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7B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。

【0091】

図7は：

20

7001 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)

7002 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

7003 エッチングされた孔を備える単一メサ構造

7004 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

7005 単一メサ構造内にあるエッチングされた孔

7006 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

7007 電流フローを可能にしない重複する酸化エリア

7008 電流が自由に流れることができるレーザアパーチャ(図7Bの761と同様)

30

7009 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。

【0092】

図7A、7A2、および7Bは、例示の図7の実施形態の側面図である。

【0093】

図7A2は酸化731を形成するのを可能にするエッチングされた孔727を示しており、これがレーザビーム763の形成のために電流を図7Bの領域761に閉じ込める。

【0094】

40

図7Aの参照符号706は、p型鏡の回折ブラッグレフレクタ(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708を中に有し、このことが、高温高湿条件に晒されるときに708を酸化させ、電流を図7Bによって示されるエリア761に閉じ込め、エリア761においてレーザビームが外に出る。N型鏡のDBR709が、めっき782(図7C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705を有し、めっき782が単一のグラウンドメサ構造718(図7Aを参照)までさらにはその上方ではんだ717まで到達し、GS導波管716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175の中まで電氣的に接続される。

【0095】

50

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】

図7Aは：

701 電気導波管基板
 702 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
 703 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
 704 N型鏡
 705 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）

706 N型コンタクト領域の上方にあるN型鏡

707 アクティブ領域（量子井戸）

708 領域内において電流を遮断する酸化層

709 P型鏡

710 誘電層

711 P型コンタクト金属の頂部にあるめっき

712 レーザビームの出口のための、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

713 電気導波管基板

714 GSG電気導波管のグラウンドコンタクト

715 GSG電気導波管の信号コンタクト

716 レーザチップへのGSG導波管のはんだ - 接着部分

717 レーザチップへのGSG導波管のはんだ - 接着部分

718 レーザチップのN型コンタクト領域に電氣的に接続されるフレーム構造

を示す。

【0097】

図7A2は上記図7Aのつづきであり、図7A2は：

721 GSG電気導波管のグラウンドコンタクト

722 GSG電気導波管のグラウンドコンタクト上のめっき

723 レーザチップへのGSG導波管のはんだ - 接着部分

724 GSG電気導波管の信号コンタクト

725 レーザチップへのGSG導波管のはんだ - 接着部分

726 GSG電気導波管の信号コンタクト上のめっき

727 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

728 P型コンタクト金属の頂部のめっき

729 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

730 誘電層

731 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。

【0098】

図7B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7B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 G S G 電気導波管のグラウンドコンタクト
- 7 5 2 G S G 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 G S G 導波管のグラウンドの接着
- 7 5 4 G S G 電気導波管の信号コンタクト
- 7 5 5 G S G 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
- 7 5 8 P 型コンタクト金属上のめっき
- 7 5 9 はんだ - レーザチップへの、G S G 導波管の信号の接着
- 7 6 0 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
- 7 6 1 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パーチャ
- 7 6 2 酸化層誘電体
- 7 6 3 金属開口部を通して伝播するレーザビーム

を示す。

【 0 0 9 9 】

図 7 C は、G S G 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ら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 G S G 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 7 C は：

- 7 8 0 誘電層
- 7 8 1 N 型オームコンタクト金属
- 7 8 2 N 型金属コンタクトを単一のグラウンドメサ構造に短絡するめっき
- 7 8 4 エピタキシャル成長側の N 型コンタクト層
- 7 8 5 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
- 7 8 6 G S G 電気導波管上の金属の信号パッドリード
- 7 8 7 G S G 電気導波管のグラウンドパッド上のめっき
- 7 8 8 電気導波管基板
- 7 8 9 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

せる

を示す。

【 0 1 0 0 】

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 3 のためのプロセス

酸化による電流閉じ込め (o x i d a t i o n c u r r e n t c o n f i n e m e n t) 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。

【 0 1 0 1 】

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 1 0 2 】

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

【 0 1 0 3 】

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 のディスクラ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 4 】

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 Å の S i N x) を使用する。

【 0 1 0 5 】

10

20

30

40

50

ステップ5．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。

【0106】

ステップ6．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、Flベースのエッチング剤）、BOE（buffered oxide etch）（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。

【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チングする。基板またはドーブ電気コンタクト層上で止める。通常、エッチングは、ある程度の量（高いパーセンテージ）のBC13を有するC1ベースである。

10

【0108】

ステップ8．マスクを洗い落とす。O2のディスクムまたはウエハーからのすべての有機物のアッシング。

【0109】

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。

【0110】

ステップ10．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~200A以上のNiを伴う全体の厚さが~3000A以上のAuGe層、および~5000A以上のAuである。

20

【0111】

ステップ11．マスクを洗い落とす（通常、リフトオフと呼ばれる）。O2のディスクムまたはウエハーからのすべての有機物のアッシング。

【0112】

ステップ12．非導電性分離バリアとして誘電堆積体（通常、~2000AのSiNx）を使用する。

【0113】

ステップ13．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。

30

【0114】

ステップ14．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、Flベースのエッチング剤）、BOE（buffered oxide etch）（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。

【0115】

ステップ15．マスクを洗い落とす。O2のディスクムまたはウエハーからのすべての有機物のアッシング。

【0116】

ステップ16．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。

40

【0117】

ステップ17．~4-5μmの金属（通常は、Au）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Cuでエリアをめっきする。

【0118】

ステップ18．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。

【0119】

ステップ19．はんだ金属（通常、原子量で80%Au/20%SnであるAuSn/

50

Au共晶組成)を堆積させる。AuSn層の全体の厚さは $\sim 40,000\text{Å}$ (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 $\sim 500\text{Å}$ 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、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。

【0120】

ステップ20．クリーニ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。

【0121】

ステップ21．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。

10

【0122】

ステップ22．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してフリップチップ接着する

【0123】

米国特許出願公開第2017/0033535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14C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。

20

【0124】

光は $\sim 900\text{nm}$ 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 $\sim 900\text{nm}$ 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し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15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。

30

【0125】

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：

- 81 GaAs基板
- 82 低抵抗性コンタクト層のための、考えられる位置
- 83 コンタクト領域の後のN型鏡層
- 84 低抵抗性N型コンタクト領域
- 85 量子井戸の後のN型鏡層
- 86 量子井戸領域
- 87 酸化層
- 88 P型鏡
- 89 低抵抗性P型コンタクト層

40

を示す。

【0126】

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パのP型コンタクト層の頂部にあるTi/Pt/Au層である。図9は：

50

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。

【0127】

図10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10は以下のものを示す：

1001 N型コンタクト層までエッチングされたエリア

1002 単一メサグラウンド構造

1003 単一メサアクティブ構造

1004 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

1005 導電性による電流閉じ込め (*conductive current confinement*) を形成する酸化が存在することがないところである、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パ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パ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 電流閉じ込めアパ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、開いているピア「ホール」を用いてパターンニングされた、堆積された誘電層を示している。図11は：

1101 開口部または「ピア」を伴う、パターン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氣的に導通している。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

10

20

30

40

50

する誘電層

1 3 0 2 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

1 3 0 3 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

1 3 0 4 G S G 電気導波管のグラウンドに接着されて電氣的に接続されるための、単一フレーム構造の上を延在するめっき金属を示す。

【 0 1 3 3 】

図 1 4 a 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 1 4 a は：

1 4 0 1 はんだ堆積体を示す。

【 0 1 3 4 】

図 1 4 b は、接着前の G S G 電気導波管のアライメントを示している。図 1 4 b は：

1 4 0 3 G S G 高速電気導波管のためのサブマウント

1 4 0 4 G S G 高速電気導波管のためのグラウンドパッド

1 4 0 5 G S G 高速電気導波管のための信号パッド

1 4 0 6 G S G 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。

【 0 1 3 5 】

図 1 4 c は、G S G 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を示す。

【 0 1 3 6 】

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 5

第 5 の実施形態では、図 1 5 に示されるように、G S G 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 1 4 c 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、レーズンググリッドのグラウンド部分に接触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、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 1 5 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：

1 5 1 導波管基板

1 5 2 導波管の全体に跨る金属グラウンドパッド

1 5 3 グラウンドを信号パッドから分離する誘電層

1 5 4 金属信号パッド

1 5 5 信号パッド上にある金属めっき

1 5 6 単一のアクティブメサへ信号パッドを電氣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

1 5 7 グラウンドパッド上にある金属めっき

1 5 8 グラウンドパッドを、単一の接地されているメサに電氣的に接続するはんだ

【 0 1 3 7 】

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 6

図 1 6 は第 6 の実施形態を示している。図 1 6 では、この構造が、レーズングを同相で維持することを目的として各レーズングポイントの光の一部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のである。この例では、レーザ 1 6 1 が、その隣の

10

20

30

40

50

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ズ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ズンググリッドを可能にする。隣り合うレーズ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ズングポイントをセットアップするレーズ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、すべてのレーズ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、レーザレイの動作を回避してきた利点である。図 16 は：

- 161 光の一部のみを放射する広い発散を有する大型アパーチャのレーザ
 - 162 レーザ 161 からの光の一部がアパーチャ 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パーチャ
 - 164 光の一部のみを放射する広い発散を有する大型アパーチャのレーザ
 - 165 アウトプットアパ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 光の一部のみを放射する広い発散を有する大型アパーチャのレーザ
- 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、レーズ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して移動するときに、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、アパ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 アパ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、パターン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、レーズ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パーチャ
- 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から見るときの、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、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されたい。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場所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：

71 レーザ基板

72 N型鏡

73 N型コンタクト領域

74 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

75 アクティブ領域または量子井戸

76 アクティブ領域への電流閉じ込めを作り出す酸化層

77 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チングトレンチ

78 P型金属コンタクト

79 酸化がおきるのを可能にするために、単一メサ構造にエッチングされる孔

80 レーザチップおよび高速電気導波管を電氣的に接続するはんだ

81 GSG電気導波管の信号パッド

82 P型鏡

83 GSG導波管基板

84 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

85 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 2 3 5 のためのより基本的なモードの構造を形成する。図 2 0 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。

【 0 1 4 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 1

図 2 1 は第 1 1 の実施形態を示す。図 2 1 では、V C S E L 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 2 4 1 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 2 4 3）をより良好に形成するためにレフレクタの下に凸形状 2 4 1 または凹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 2 4 5 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 2 1 は：

- 2 4 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 4 1 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
- 2 4 2 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
- 2 4 3 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導かれている縁部からの光
- 2 4 4 図 2 0 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
- 2 4 5 高品質のシングルモードビームのアウトプット
- 2 4 6 より強く反射するエピタキシャル鏡

を示す。

【 0 1 4 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 1 2

図 2 2 は第 1 2 の実施形態を示す。図 2 2 では、V C S E L 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 D O E を使用するテクニックがある。2 5 2 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反射される光であり、他方、2 5 3 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。2 5 4 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

10

20

30

40

50

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
- 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

10

【図1】

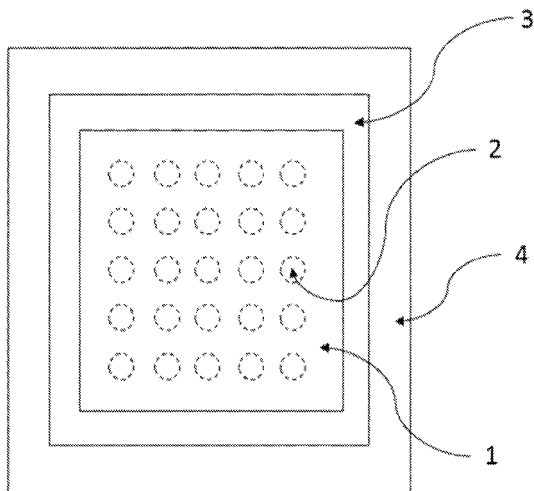


Figure 1

【図2】

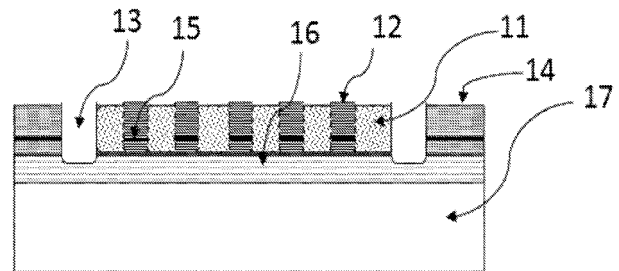


Figure 2

【図3】

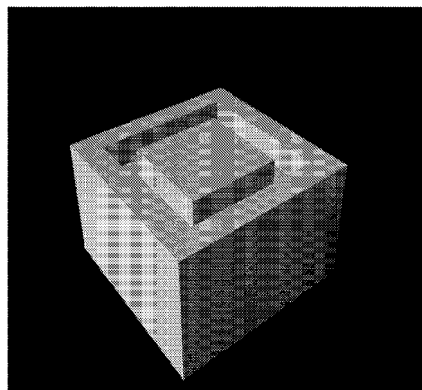


Figure 3

【 図 4 】

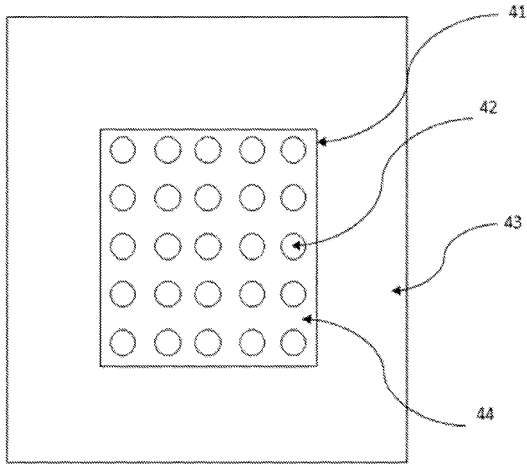


Figure 4

【 図 5 】

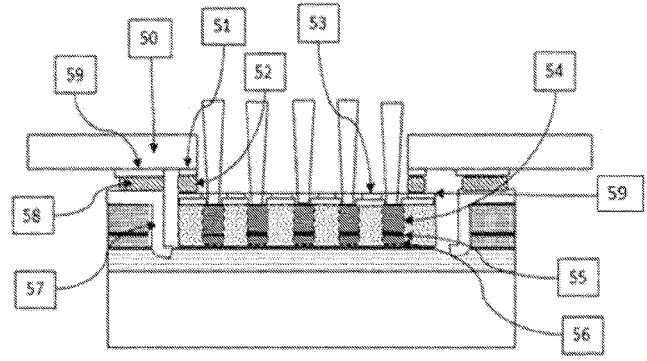


Figure 5

【 図 6 】

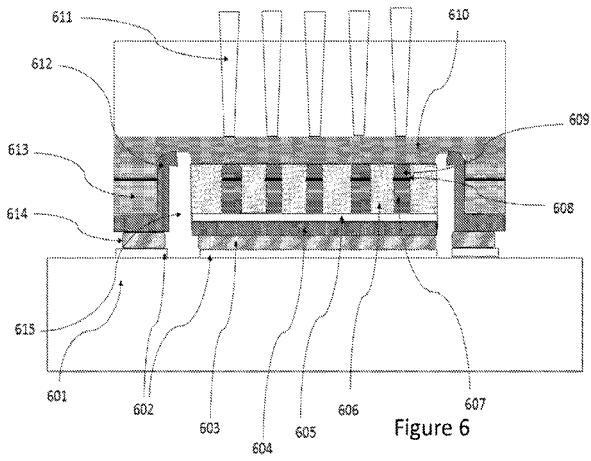


Figure 6

【 図 7 】

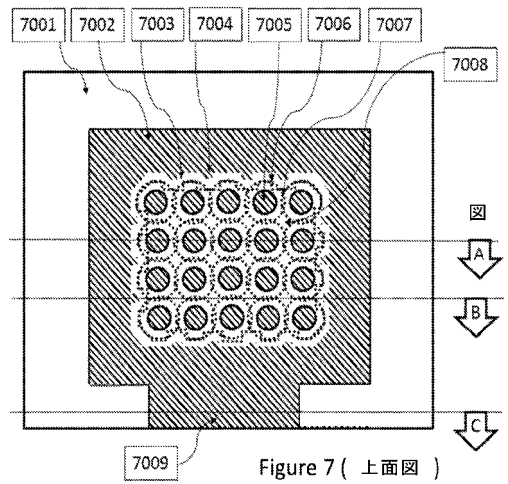


Figure 7 (上面図)

【 図 7 A 】

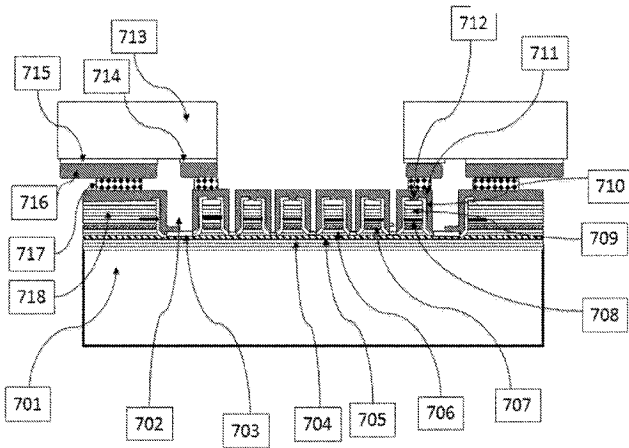


Figure 7A (図 A)

【 図 7 A 2 】

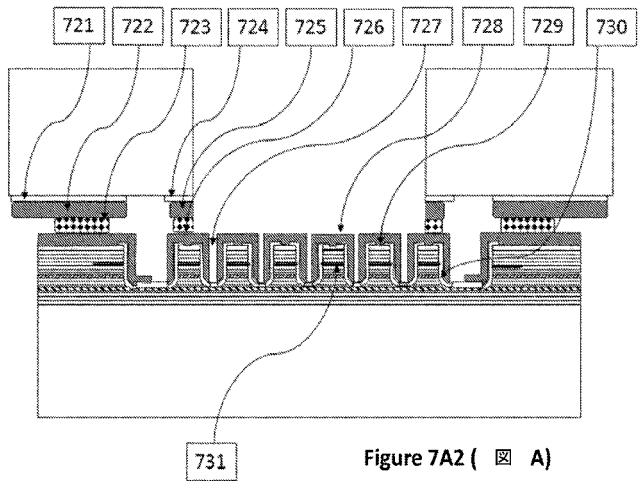


Figure 7A2 (図 A)

【 図 7 B 】

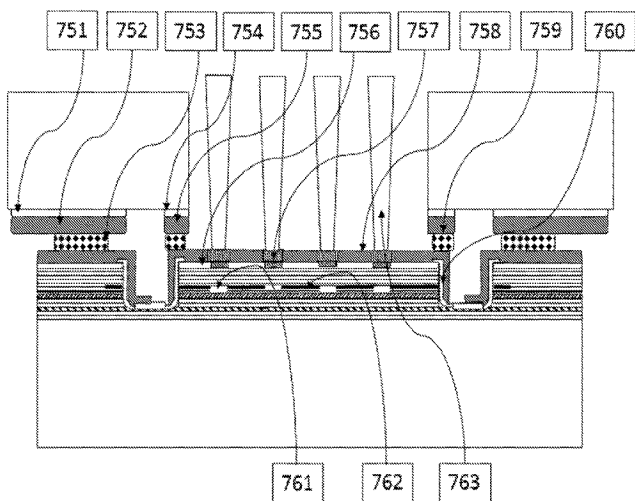


Figure 7B (図 B)

【 図 7 C 】

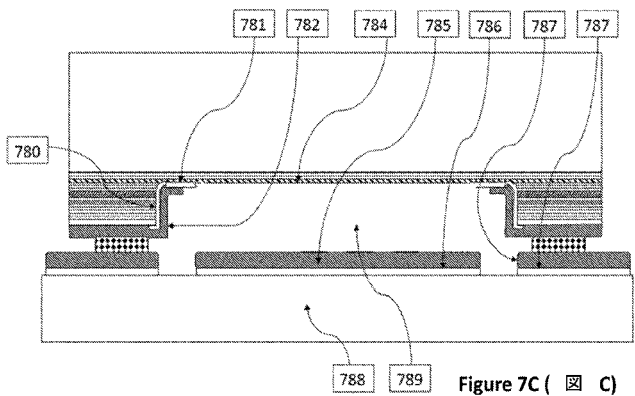


Figure 7C (図 C)

【 図 8 】

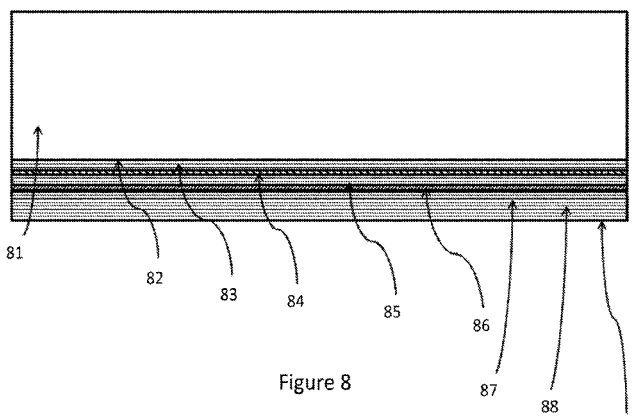


Figure 8

【 図 9 】

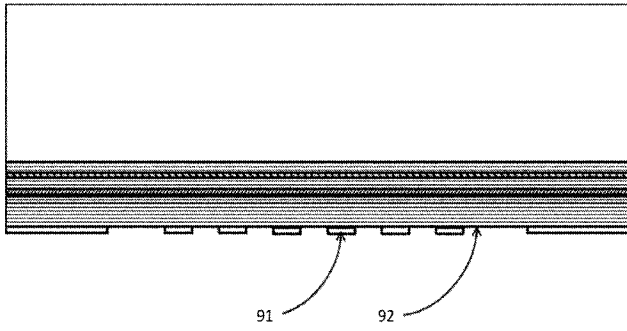


Figure 9

【 図 10 】

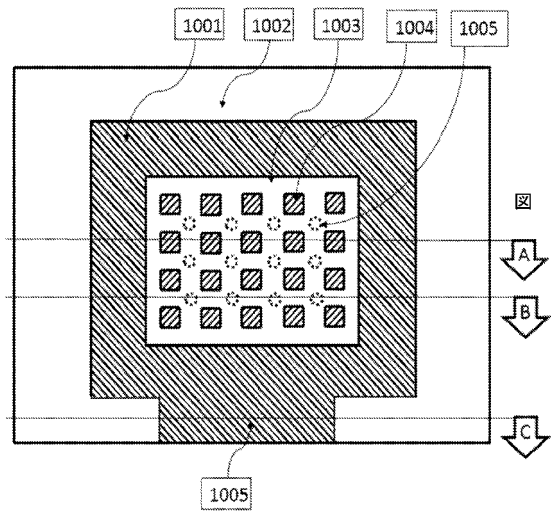


Figure 10

【 図 10 A 】

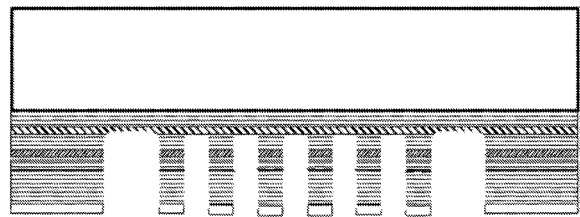


Figure 10A

【 図 10 A 2 】

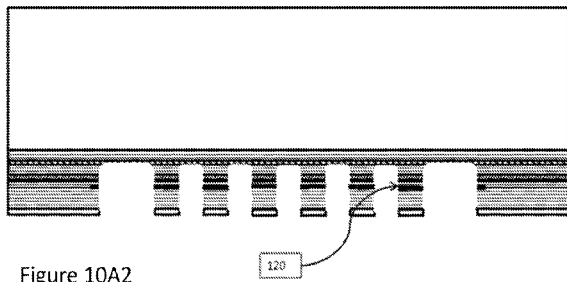


Figure 10A2

【 図 11 】

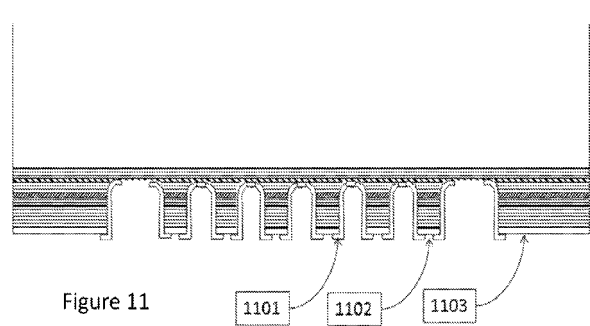


Figure 11

【 図 10 B 】

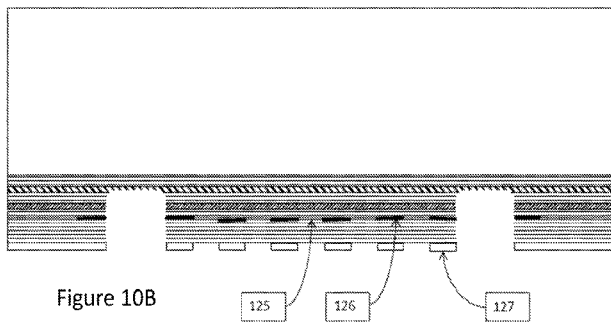


Figure 10B

【 図 12 】

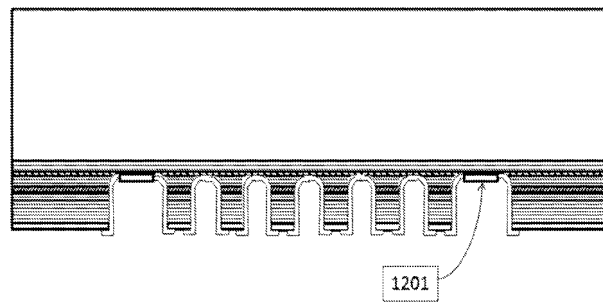


Figure 12

【 図 1 3 】

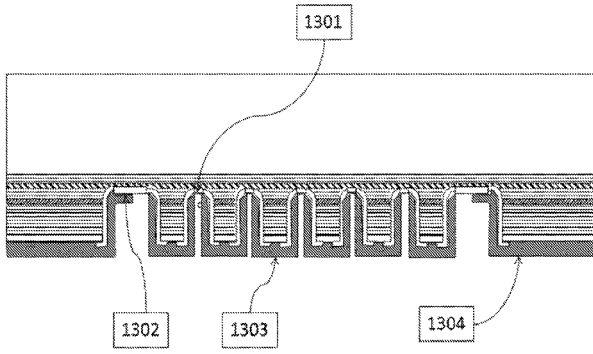


Figure 13

【 図 1 4 b 】

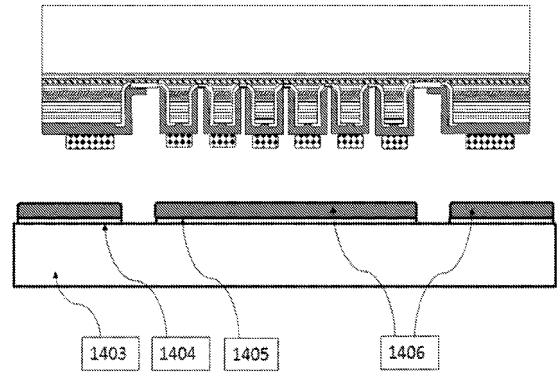


Figure 14b

【 図 1 4 a 】

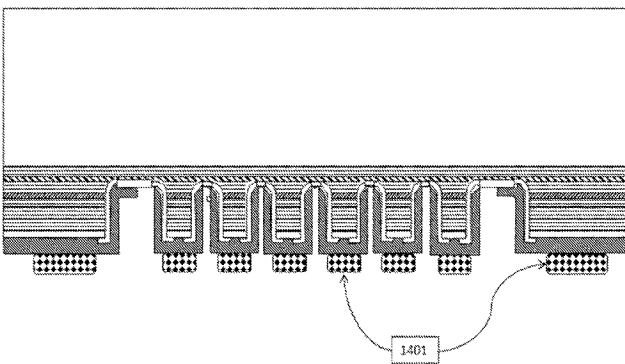


Figure 14a

【 図 1 4 c 】

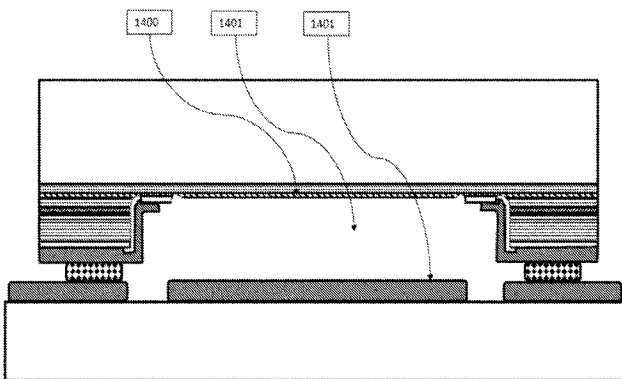


Figure 14c

【 図 1 5 】

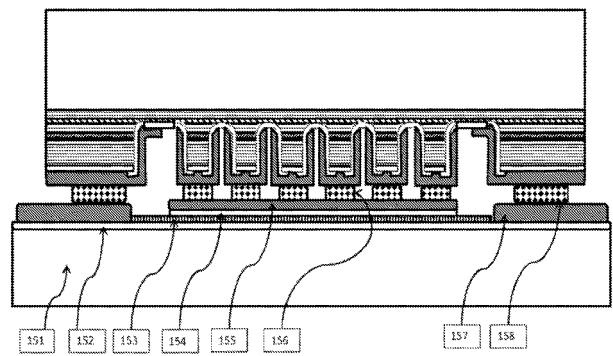


Figure 15

【 図 1 6 】

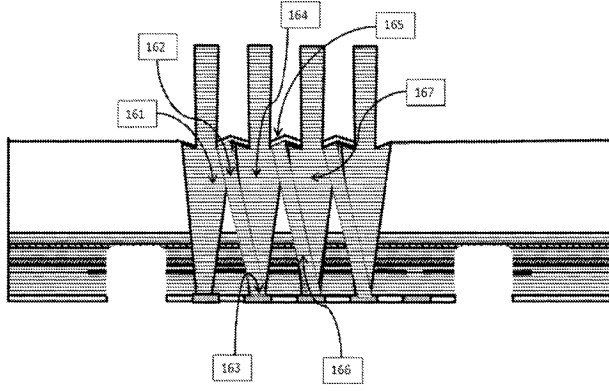


Figure 16

【 図 1 7 】

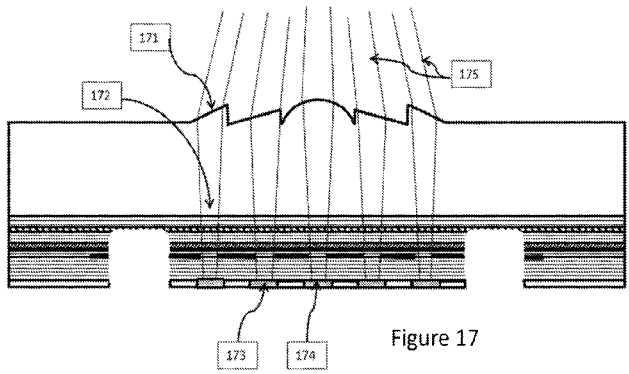


Figure 17

【 図 1 8 】

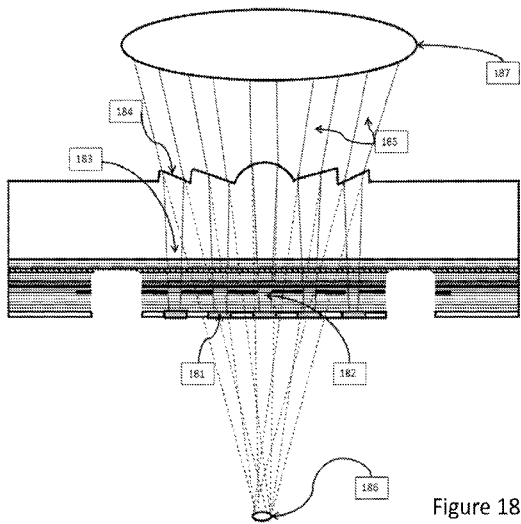


Figure 18

【 図 1 9 】

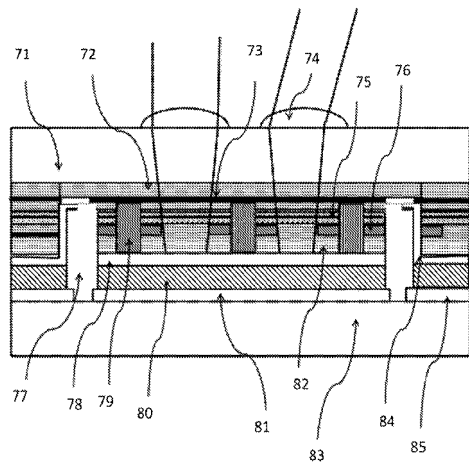


Figure 19

【 図 2 0 】

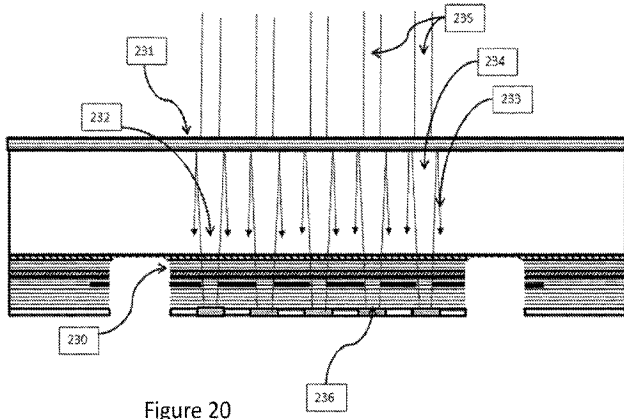


Figure 20

【 図 2 1 】

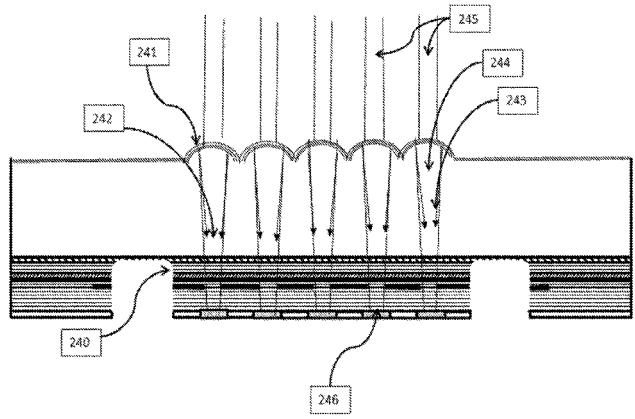


Figure 21

【 図 2 2 】

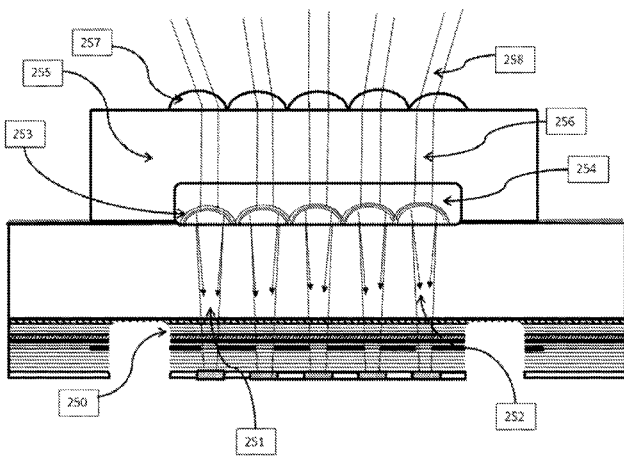


Figure 22

【 図 2 3 】

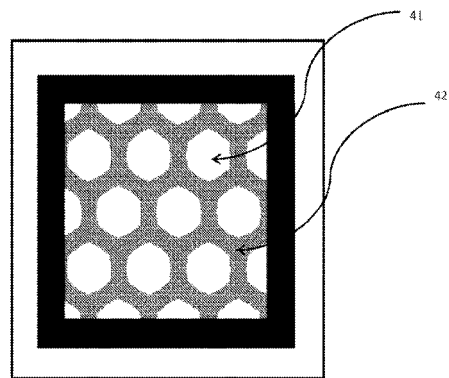


Figure 23

【 図 2 4 】

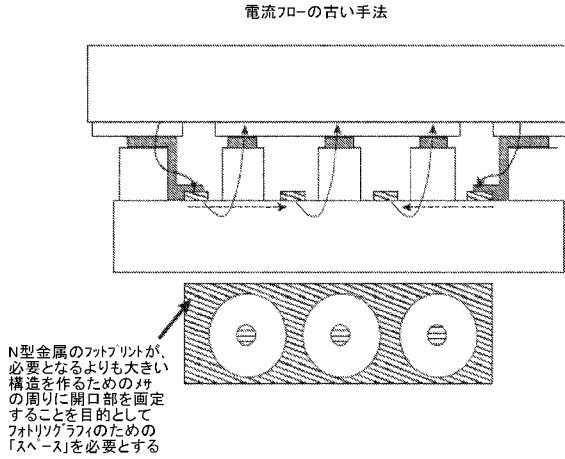
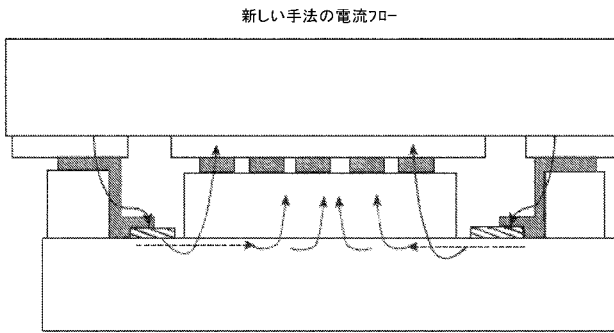


Figure 24



【 図 2 6 】

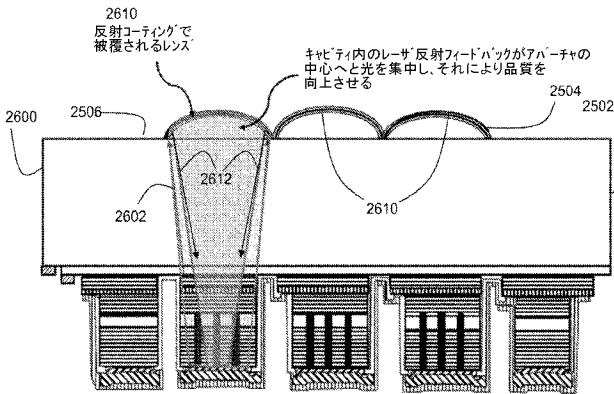


Figure 26

【 図 2 7 】

ビームアレイ

標的照射



Figure 27

【 図 2 5 】

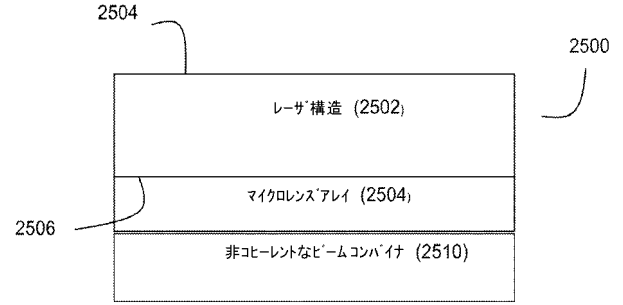


Figure 25

【 図 2 8 】

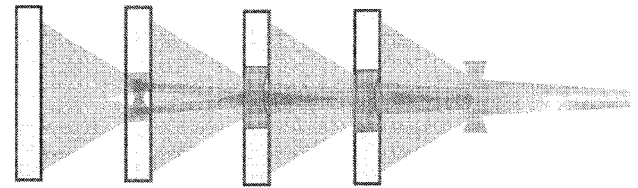


Figure 28

【 図 2 9 】

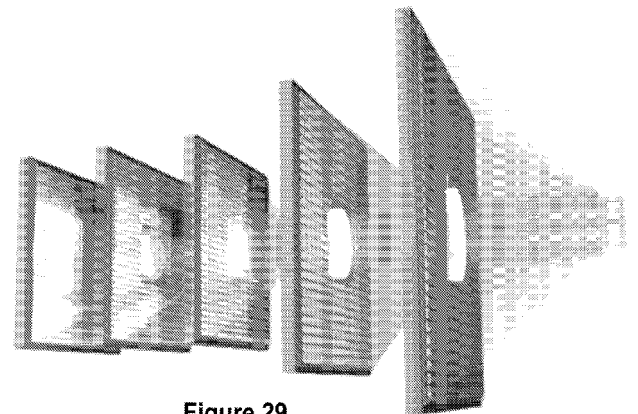


Figure 29

【 図 3 0 】

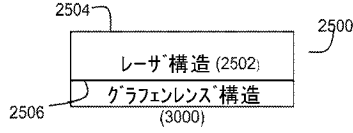


Figure 30

【 図 3 1 】

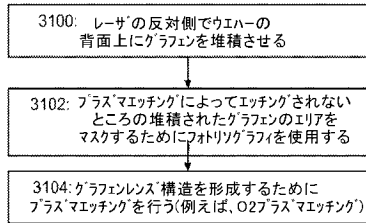


Figure 31

【 図 3 2 】

マスク設計-グラフェンレンズ

パターンが独自のアレイの16個のレンズの4×4のマトリクスである(4×4) 2つのマスク-ライトフィールドおよびダークフィールド

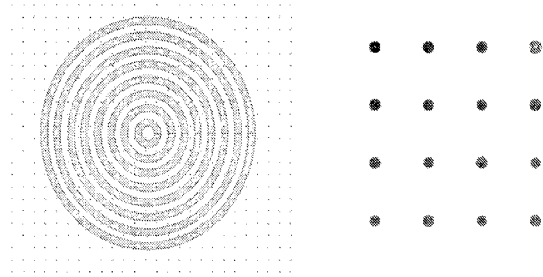


Figure 32

【 図 3 3 】

マスク設計-グラフェンレンズ

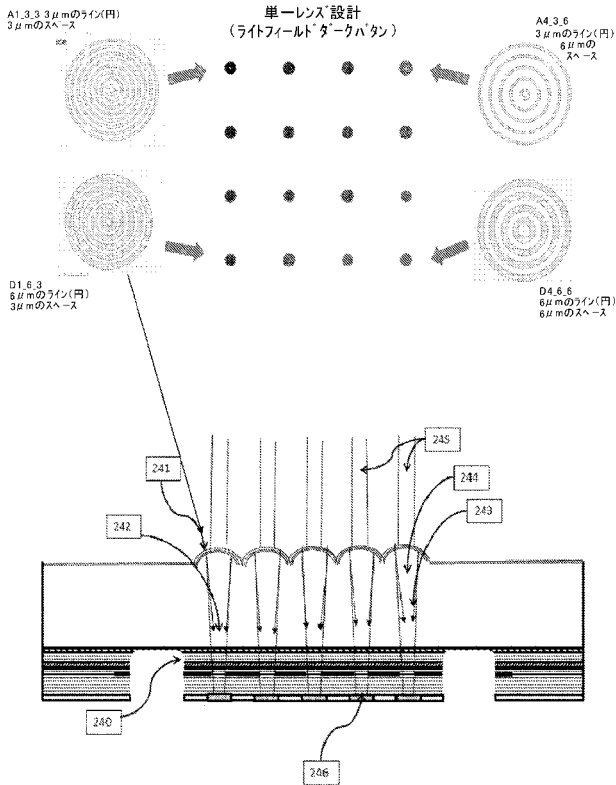


Figure 33

【 図 3 4 】

マスク設計-グラフェンレンズ

単一レンズ設計 (ライトフィールド/ダークパターン)

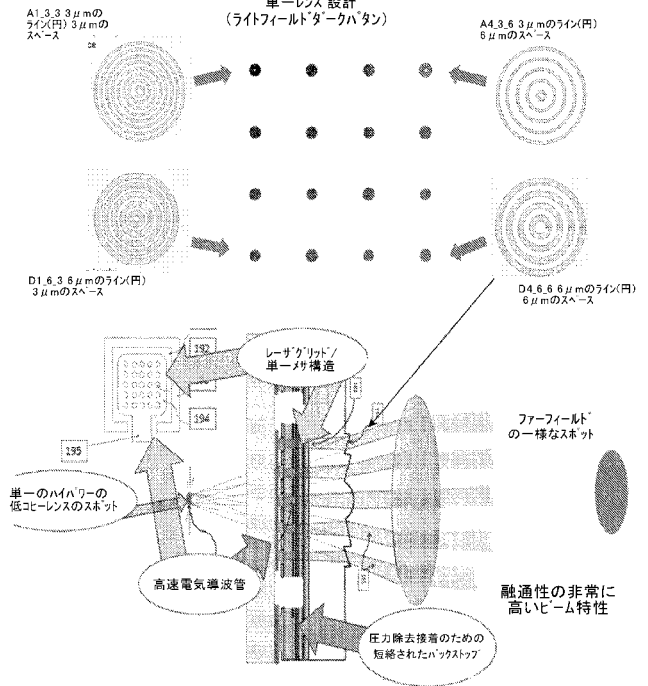


Figure 34

【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/US2018/046556

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC(8) - H01S 5/183; H01S 5/20; H01S 5/227 (2018.01) CPC - H01S 5/18388; H01S 5/18; H01S 5/183; H01S 5/187 (2018.08)		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) See Search History document		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched USPC - 372/75; 372/101; 372/50.23; 372/50.12; 372/50.124 (keyword delimited)		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) See Search History document		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 2007/0217473 A1 (ABE et al) 20 September 2007 (20.09.2007) entire document	1-5, 16-20
Y	US 2017/0033535 A1 (OPTIPULSE INC.) 02 February 2017 (02.02.2017) entire document	1-5, 16-20
Y	US 2013/0223466 A1 (GRONENBORN et al) 29 August 2013 (29.08.2013) entire document	5, 20
A	US 2006/0023757 A1 (MOORADIAN et al) 02 February 2006 (02.02.2006) entire document	1-5, 16-20
A	US 2017/0115497 A1 (PRINCETON OPTRONICS, INC.) 27 April 2017 (27.04.2017) entire document	1-5, 16-20
A	US 2015/0340841 A1 (TRILUMINA CORP) 26 November 2015 (26.11.2015) entire document	1-5, 16-20
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 08 October 2018		Date of mailing of the international search report 18 OCT 2018
Name and mailing address of the ISA/US Mail Stop PCT, Attn: ISA/US, Commissioner for Patents P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450 Facsimile No. 571-273-8300		Authorized officer Blaine R. Copenheaver PCT Helpdesk: 571-272-4300 PCT OSP: 571-272-7774

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/US2018/046556

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. Claims Nos.: 6-15, 21-30
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

1. As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- No protest accompanied the payment of additional search fees.

フロントページの続き

(81)指定国・地域 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), EP(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT