

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7612828号
(P7612828)

(45)発行日 令和7年1月14日(2025.1.14)

(24)登録日 令和6年12月27日(2024.12.27)

(51)国際特許分類		F I	
B 2 3 K	26/386 (2014.01)	B 2 3 K	26/386
B 2 3 K	26/00 (2014.01)	B 2 3 K	26/00 N
B 2 3 K	26/0622(2014.01)	B 2 3 K	26/0622
H 0 5 K	3/00 (2006.01)	B 2 3 K	26/00 P
H 0 5 K	3/46 (2006.01)	H 0 5 K	3/00 N
請求項の数 9 (全25頁) 最終頁に続く			
(21)出願番号	特願2023-501778(P2023-501778)	(73)特許権者	390040660
(86)(22)出願日	令和3年6月15日(2021.6.15)		アプライド マテリアルズ インコーポレ
(65)公表番号	特表2023-534234(P2023-534234		イテッド
	A)		APPLIED MATERIALS ,
(43)公表日	令和5年8月8日(2023.8.8)		INCORPORATED
(86)国際出願番号	PCT/US2021/037375		アメリカ合衆国 カリフォルニア 9 5 0
(87)国際公開番号	WO2022/015449		5 4 , サンタ クララ , パウアーズ ア
(87)国際公開日	令和4年1月20日(2022.1.20)		ヴェニュー 3 0 5 0
審査請求日	令和5年3月9日(2023.3.9)		3 0 5 0 Bowers Avenue
(31)優先権主張番号	16/928,252		Santa Clara CA 9 5 0 5 4
(32)優先日	令和2年7月14日(2020.7.14)		U . S . A .
(33)優先権主張国・地域又は機関	米国(US)	(74)代理人	110002077
			園田・小林弁理士法人
		(72)発明者	レイ , ウェイ - ション
			アメリカ合衆国 カリフォルニア 9 5 0
			最終頁に続く

(54)【発明の名称】 ブラインドピアをレーザ穿孔するための方法および装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板にブラインドピアを形成する方法であって、
前記基板をスキャンチャンバに搬送することであって、前記基板は、導電層と、前記導電層の少なくとも一部の上に配置された誘電体層と、前記誘電体層の少なくとも一部の上に配置されたマスク層とを備え、前記マスク層は基板表面を提供する、前記基板をスキャンチャンバに搬送することと、
前記ブラインドピアの1つまたは複数の特性を判定することであって、前記1つまたは複数の特性は、
前記ブラインドピアの頂部直径および前記ブラインドピアの底部直径であって、前記ブラインドピアは前記頂部直径から前記底部直径までの高さを有し、前記頂部直径は前記底部直径よりも大きい、前記ブラインドピアの頂部直径および前記ブラインドピアの底部直径、
前記頂部直径、前記底部直径、および前記高さに対応する前記ブラインドピアの体積、または
約80度以上のテーパ角度を含む、1つまたは複数の特性を判定することと、
レーザプロセスパラメータの下で、レーザ源から放射されたレーザビームを前記基板表面に集束させて、前記マスク層の少なくとも一部を除去することと、
前記マスク層の前記少なくとも一部を除去することの後に、前記1つまたは複数の特性に基づいて前記レーザプロセスパラメータを調整することと、

10

20

前記ブラインドビアを形成するために、前記調整されたレーザプロセスパラメータの下で、前記レーザビームを集束させて、前記体積内の前記誘電体層の少なくとも一部を除去することを含む、方法。

【請求項 2】

前記レーザプロセスパラメータは、レーザ出力、バーストにおけるレーザエネルギー、焦点ビーム直径、焦点高さ、バーストエネルギー、パルスエネルギー、バーストにおけるパルス数、パルス周波数、バースト周波数、ビームスポットサイズ、M2 値、基板表面からのビーム集束のオフセット、またはこれらの組合せを含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記レーザプロセスパラメータは、

約 5 μJ 以上のバーストにおけるレーザエネルギー量、

直径 5 μm のビアを穿孔するための、約 2 μm から約 10 μm である焦点ビーム直径、

直径 10 μm のビアを穿孔するための、約 7 μm から約 12 μm である焦点ビーム直径、

約 0 μm から約 50 μm の焦点高さ、

約 500 MHz 以上のパルス周波数、

約 2 以上であるバーストにおけるパルス数、

約 2 以上であるバースト数、

約 100 kHz 以上のバースト周波数、または

これらの組合せを含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 4】

前記頂部直径は、約 10 μm 以下である、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 5】

前記マスク層を前記基板から除去することをさらに含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 6】

前記マスク層は、Al、Cu、W、Mo、Cr またはこれらの組合せを含む、

前記マスク層は、約 2 μm 以下の高さを有する、または

これらの組合せである、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 7】

前記マスク層が Mo または W を含む場合、前記方法はさらに、前記マスク層の上に銅の層を堆積させることを含む、請求項 6 に記載の方法。

【請求項 8】

前記レーザ源は、約 400 nm 以下の波長を有するフェムト秒紫外レーザである、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 9】

前記マスク層は、Cr を含む、請求項 1 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示の実施形態は、一般に、ブラインドビアを穿孔するための方法および装置に関する。

【背景技術】

【0002】

小型化された電子デバイスおよび構成要素に対する需要が高まるにつれて、より高い回路密度を伴う、より高速な処理能力に対する需要が、集積回路チップおよびプリント回路基板の製造に使用される材料、構造、およびプロセスに関する需要を課している。ブラインドビアを組み込むことで、より多くの接続と、より高い回路密度とが可能になる。レーザ穿孔は、ブラインドビアを形成するための確立された方法である。

【0003】

より高い相互接続密度のために、たとえば 5 μm から 10 μm の直径のようなより小さなビアに向かう傾向に沿って、特定のブラインドビアの品質パラメータは変わらない。品

10

20

30

40

50

質パラメータは、ビア頂部直径と真円度、ビア底部直径と真円度、ビアテーパ角度（ 80° 以上）、およびビアパッドの清浄度を含む。しかしながら、従来のレーザ穿孔技術は、大量生産のために、そのような小さな直径を有する高品質のブラインドビアを形成できない。

【0004】

ブラインドビアをレーザ穿孔するための従来のアプローチは、ナノ秒パルスの355nm紫外（UV）レーザまたはパルスCO₂レーザを使用して、パネルにブラインドビアを直接穿孔する。しかしながら、これらアプローチは両方とも、レーザ源によって放射されるガウスレーザビームプロファイルを、トップハット形状のビームプロファイルに変換するために、複雑なビーム整形光学系を必要とする。さらに、トップハット形状のレーザビームプロファイルは、一般に、レーザビームプロファイルが強度において等しいままである非常に短い被写界深度を有する。さらに、そのようなトップハットビームプロファイルは、40μm未満、特に5μmから10μmの直径を、一貫して費用対効果の高い方式で穿孔することはできない。さらに、従来のレーザ穿孔方法は、テーパ角度が 80° 以上のブラインドビアを実現できない。

10

【0005】

高品質で小径のブラインドビアを大量に穿孔するための新しい改良された方法および装置が必要とされている。

【発明の概要】

【0006】

20

本開示の実施形態は、一般に、ブラインドビアを穿孔するための方法および装置に関する。実施形態では、基板をスキャンチャンバに搬送することを含む、基板にブラインドビアを形成する方法が提供され、基板は、導電層と、導電層の少なくとも一部の上に配置された誘電体層と、誘電体層の少なくとも一部の上に配置されたマスク層とを備え、マスク層は、基板表面を提供する。方法はさらに、ブラインドビアの1つまたは複数の特性を判定することを含み、1つまたは複数の特性は、ブラインドビアの頂部直径およびブラインドビアの底部直径であって、ブラインドビアは頂部直径から底部直径までの高さを有し、頂部直径は底部直径よりも大きい、ブラインドビアの頂部直径およびブラインドビアの底部直径、頂部直径、底部直径、および高さに対応するブラインドビアの体積、または、約 80° 以上のテーパ角度を含む。この方法はさらに、マスク層の少なくとも一部を除去するために、レーザプロセスパラメータの下で、レーザ源から放射されたレーザビームを、基板表面に集束させることと、1つまたは複数の特性に基づいてレーザプロセスパラメータを調整することと、体積内の誘電体層の少なくとも一部を除去して、ブラインドビアを形成するために、調整されたレーザプロセスパラメータの下で、レーザビームを集束させることとを含む。

30

【0007】

別の実施形態では、基板をスキャンチャンバに搬送することを含む、基板にブラインドビアを形成する方法が提供され、基板は、高さが約2μm以上の導電層と、導電層の少なくとも一部の上に配置された誘電体層と、誘電体層の少なくとも一部の上に配置されたプレエッチングされたマスク層とを備え、プレエッチングされたマスク層は、誘電体層の少なくとも一部を露出させるためのブラインドビア開口部を有し、誘電体層は、基板表面を提供する。方法はさらに、ブラインドビアの1つまたは複数の特性を判定することを含み、1つまたは複数の特性は、ブラインドビアの頂部直径およびブラインドビアの底部直径であって、ブラインドビアは頂部直径から底部直径までの高さを有し、頂部直径は底部直径よりも大きく、頂部直径はブラインドビア開口部に対応する、ブラインドビアの頂部直径およびブラインドビアの底部直径、頂部直径、底部直径、および高さに対応するブラインドビアの体積、または、約 80° 以上のテーパ角度を含む。方法はさらに、プレエッチングされたマスク層に対して、マスク層の厚さの半分以上の損傷を引き起こすことなく、体積内の誘電体層の第1の部分の除去のために、レーザプロセスパラメータの下で、レーザ源から放射されたレーザビームを基板表面に集束させることと、1つまたは複数の特

40

50

性に基づいて、レーザプロセスパラメータを調整することと、体積内の誘電体層の第2の部分を除くして、ブラインドビアを形成するために、調整されたレーザプロセスパラメータの下で、レーザビームを集束させることとを含む。

【0008】

別の実施形態では、複数の反射ファセットおよび回転軸を有するガルバノメータスキャナと、ビーム拡大器およびコリメータとを備える光学デバイスを含み、基板にブラインドビアを形成するための装置が提供される。この装置はさらに、電磁放射線をビーム拡大器に向けるように構成されたフェムト秒レーザビーム源と、ガルバノメータスキャナの反射ファセットのうちの少なくとも1つの反射ファセットから反射された電磁放射線を受け取るように基板を配置するように構成された移送アセンブリと、基板の1つまたは複数の層の高さを検出するように構成された高さセンサと、高さセンサからの信号を受信し、高さセンサから受信した信号に基づいて、フェムト秒ビームレーザ源および移送アセンブリを制御するように構成されたコントローラとを備える。

10

【0009】

本開示の上記の特徴を詳細に理解できるように、上記で簡単に要約した本開示のより特定の説明が、添付図面にいくつかの例示されている実施形態を参照することによってなされ得る。しかしながら、添付図面は例示的な実施形態のみを示しており、したがって、その範囲を限定するものと見なされるべきではなく、他の同等に効果的な実施形態を認め得ることに留意されたい。

【図面の簡単な説明】

20

【0010】

【図1A】本開示の少なくとも1つの実施形態による、例示的な基板を示す図である。

【図1B】本開示の少なくとも1つの実施形態による、例示的な基板を示す図である。

【図1C】本開示の少なくとも1つの実施形態による、ブランクマスク層を有する例示的な基板を示す図である。

【図1D】本開示の少なくとも1つの実施形態による、プレエッチングされたマスク層を有する例示的な基板を示す図である。

【図2A】本開示の少なくとも1つの実施形態による、ブラインドビアを形成した後の例示的な基板を示す図である。

【図2B】本開示の少なくとも1つの実施形態による、ブランクマスク層を有する基板へブラインドビアを形成した後の例示的な基板を示す図である。

30

【図2C】本開示の少なくとも1つの実施形態による、プレエッチングされたマスク層を有する基板にブラインドビアを形成した後の例示的な基板を示す図である。

【図3】本開示の少なくとも1つの実施形態による、基板にブラインドビアを形成する例示的な方法を示す図である。

【図4】本開示の少なくとも1つの実施形態による、基板にブラインドビアを形成する例示的な方法を示す図である。

【図5】本開示の少なくとも1つの実施形態による、本明細書に開示される装置および方法によって形成された複数のブラインドビアを有する例示的な基板の概略平面図である。

【図6A】本開示の少なくとも1つの実施形態による、例示的なレーザ穿孔システムの概略側面図である。

40

【図6B】本開示の少なくとも1つの実施形態による、図6Aの例示的な光学デバイスの拡大側面図である。

【図7】本開示の少なくとも1つの実施形態による、中に配置された図6Aの例示的なレーザ穿孔システムを有する例示的なレーザ穿孔工具の等角図である。

【図8】本開示の少なくとも1つの実施形態による、図7の光学整列デバイスの例示的な実施形態の側面図である。

【図9】本開示の少なくとも1つの実施形態による、図8の例示的な光学整列デバイスの等角図である。

【発明を実施するための形態】

50

【 0 0 1 1 】

理解を容易にするために、可能な場合、図に共通の同一の要素を示すために、同一の参照番号が使用されている。1つの実施形態の要素および特徴は、さらに詳述することなく、他の実施形態に有益に組み込まれ得ると考えられる。

【 0 0 1 2 】

本開示の実施形態は、一般に、ブラインドピアを穿孔するための方法および装置に関する。本発明者らは、導電層および絶縁層を含むパネルに、ブラインドピアをレーザ穿孔するための方法および装置を発見した。従来のレーザ穿孔方法および装置とは異なり、本明細書に記載の方法および装置は、約80°を超えるテーパ角度を有するブラインドピアの形成を可能にすることができ、約5 μmから約10 μmなど、約40 μm未満の直径を有するブラインドピアの形成を可能にすることができる。本明細書に記載の方法および装置は、大量生産のための高品質のブラインドピアの形成を可能にする。

10

【 0 0 1 3 】

より高い相互接続密度のために、たとえば5 μmから10 μmの直径のような、より小さな直径のブラインドピアに向かう傾向に沿って、特定のブラインドピアの品質パラメータは変わらない。これらは、ピア頂部直径と真円度、ピア底部直径と真円度、ピアテーパ角度(80°以上)、およびピアパッドの清浄度を含む。しかしながら、従来のレーザ穿孔技術は、大量生産のために、そのような小さな直径を有する高品質のブラインドピアを形成することができない。

【 0 0 1 4 】

ブラインドピアをレーザ穿孔するための従来のアプローチは、ナノ秒パルスの355 nm紫外(UV)レーザまたはパルスCO₂レーザを使用して、パネルにブラインドピアを直接穿孔する。これらアプローチは、一定の制限を有する。第1に、レーザ源によって放射されるガウスレーザビームプロファイルは、ビームをトップハット形状のビームプロファイルに変換するための複雑なビーム整形光学系を必要とする。第2に、適用されているビーム整形光学系により、約40%の光エネルギー損失が発生する。第3に、トップハット形状のビームの強度プロファイルは、非常に短い被写界深度(DOF)を有し、DOFの範囲内では、レーザビームプロファイルは強度が等しいままである。ここで、出力トップハットビームの強度プロファイルは、不均一な位相分布のために、ビーム伝播軸に沿って像面から急速に変形/劣化し、大きなDOFでのイメージングへの適用を制限する。トップハットイメージビームの直径が小さいほど、DOFが短くなり、DOFが、パネル厚さ/チャック平面度の変動範囲よりも短くなるため、各ピア穿孔場所で、常にトップハットビームが、パネル表面と交差するようにすることは困難であり、そのため、特に大量生産の場合、ピア品質に一貫性がない。より高いスループットで一貫性のあるピア品質を達成できないことは、費用対効果が悪い。別の従来の方法は、193から308 nmの波長を有する深紫外(DUV)光エキシマレーザを適用する。マスクプロジェクションは、レーザビームを、トップハット形状のビームプロファイルに変換する。この方法も、一定の制限を有する。第1に、たとえばレーザおよび光学系などの機器、およびそれらの保守が、高価になる可能性がある。第2に、トップハット形状のビームの強度プロファイルは、非常に短いDOFであるので、その用途が制限される。第3に、マスクは消耗品である。本明細書に記載の方法および装置は、ブラインドピアをレーザ穿孔するための従来のアプローチの前述の欠点を排除(または、少なくとも軽減)することができる。

20

30

40

【 0 0 1 5 】

基板

図1Aは、少なくとも1つの実施形態による、例示的な基板100である。例示的な基板100は、半導体パッケージの構造的支持および電氣的相互接続のために利用できる。例示的な基板100は、一般に、コア構造102、導電層104、および絶縁層106を含む。

【 0 0 1 6 】

少なくとも1つの実施形態では、コア構造102は、任意の適切な基板材料で形成され

50

たパターン化された（たとえば、構造化された）基板を含む。たとえば、コア構造 102 は、III-V 族化合物半導体材料、シリコン、結晶シリコン（たとえば、 $\text{Si} \langle 100 \rangle$ または $\text{Si} \langle 111 \rangle$ ）、酸化シリコン、シリコンゲルマニウム、ドーブまたは非ドーブのシリコン、ドーブまたは非ドーブのポリシリコン、窒化シリコン、石英、ガラス（たとえば、ホウケイ酸ガラス）、サファイア、アルミナ、および/またはセラミック材料から形成される基板を含むことができる。少なくとも 1 つの実施形態では、コア構造 102 は、単結晶 p 型または n 型のシリコン基板を含む。いくつかの実施形態では、コア構造 102 は、多結晶 p 型または n 型のシリコン基板を含む。別の実施形態では、コア構造 102 は、p 型または n 型のシリコンソーラ基板を含む。コア構造 102 を形成するために利用される基板はさらに、多角形または円形の形状を有することができる。たとえば、コア構造 102 は、約 120 から約 180 mm の横方向の寸法を有し、面取りされた、または面取りされていないエッジを有する、実質的に正方形のシリコン基板を含むことができる。別の例では、コア構造 102 は、約 100 mm から約 50 mm、たとえば約 300 mm など、約 20 mm から約 700 mm の直径を有する円形のシリコン含有ウェーハを含む。

【0017】

10

導電層 104 は、コア構造 102 の 1 つまたは複数の表面上に形成される。導電層 104 は、銅 (Cu)、タングステン (W)、クロム (Cr)、モリブデン (Mo)、アルミニウム (Al)、金 (Au)、ニッケル (Ni)、パラジウム (Pd) など、またはこれらの組合せのような金属材料で形成することができる。少なくとも 1 つの実施形態では、導電層は、銅の上にタングステンの層を含む。少なくとも 1 つの実施形態では、導電層 104 は、約 50 μm 以下、25 μm 以下など、約 100 μm 以下の高さ H_0 を有する。たとえば、導電層 104 は、約 7 μm から約 18 μm 、約 10 μm から約 15 μm などの高さ H_0 のような、約 5 μm から約 20 μm の高さ H_0 を有することができる。少なくとも 1 つの実施形態では、高さ H_0 は、 H_{0a} から H_{0b} の範囲であり、 H_{0a} から H_{0b} は、 $H_{0a} < H_{0b}$ である限り、独立して、たとえば、約 1 μm 、約 2 μm 、約 3 μm 、約 4 μm 、約 5 μm 、約 6 μm 、約 7 μm 、約 8 μm 、約 9 μm 、約 10 μm 、約 11 μm 、約 12 μm 、約 13 μm 、約 14 μm 、約 15 μm 、約 16 μm 、約 17 μm 、約 18 μm 、約 19 μm 、または約 20 μm とできる。

20

【0018】

絶縁層 106 は、導電層 104 の 1 つまたは複数の表面上に形成される。少なくとも 1 つの実施形態では、絶縁層 106 は、ポリマベースの誘電材料で形成される。たとえば、絶縁層 106 は、流動性のビルドアップ材料から、典型的には、ドライフィルムの形態で形成される。したがって、以下では「絶縁層」と呼ばれるが、絶縁層 106 は、誘電体層として記載することもできる。いくつかの実施形態では、絶縁層 106 は、シリカ (SiO_2) 粒子などのセラミックフィラを有するエポキシ樹脂材料から形成される。絶縁層 106 を形成するために利用できるセラミックフィラの他の例は、窒化アルミニウム (AlN)、酸化アルミニウム (Al_2O_3)、炭化ケイ素 (SiC)、窒化ケイ素 (Si_3N_4)、 $\text{Sr}_2\text{Ce}_2\text{Ti}_5\text{O}_{16}$ 、ケイ酸ジルコニウム (ZrSiO_4)、珪灰石 (CaSiO_3)、酸化ベリリウム (BeO)、二酸化セリウム (CeO_2)、窒化ホウ素 (BN)、カルシウム銅チタン酸化物 ($\text{CaCu}_3\text{Ti}_4\text{O}_{12}$)、酸化マグネシウム (MgO)、二酸化チタン (TiO_2)、酸化亜鉛 (ZnO) などを含む。いくつかの例では、絶縁層 106 を形成するために利用されるセラミックフィラは、約 80 nm から約 1 μm の間など、約 40 nm から約 1.5 μm の間のサイズの範囲の粒子を有する。たとえば、セラミックフィラは、約 300 nm から約 600 nm の間など、約 200 nm から約 800 nm の間のサイズの範囲の粒子を有する。いくつかの実施形態では、絶縁層は、粒子補強剤を伴うか、または伴わないポリマである。絶縁層は、ドライ誘電体フィルムまたは液体誘電体フィルムとすることができる。

30

40

【0019】

少なくとも 1 つの実施形態では、絶縁層 106 は、約 50 μm 以下、25 μm 以下など、約 100 μm 以下の高さ H_1 を有する。たとえば、絶縁層 106 は、約 7 μm から約 1

50

8 μm 、約 10 μm から約 15 μm などの高さ H_1 のように、約 5 μm から約 20 μm の高さ H_1 を有することができる。少なくとも 1 つの実施形態において、高さ H_1 は、 H_{1a} から H_{1b} の範囲であり、 H_{1a} から H_{1b} は、 $H_{1a} < H_{1b}$ である限り、独立して、たとえば、約 1 μm 、約 2 μm 、約 3 μm 、約 4 μm 、約 5 μm 、約 6 μm 、約 7 μm 、約 8 μm 、約 9 μm 、約 10 μm 、約 11 μm 、約 12 μm 、約 13 μm 、約 14 μm 、約 15 μm 、約 16 μm 、約 17 μm 、約 18 μm 、約 19 μm 、または約 20 μm とできる。

【0020】

図 1 B は、少なくとも 1 つの実施形態による例示的な基板 150 である。例示的な基板 150 は、半導体パッケージの構造的支持および電氣的相互接続に利用することができる。例示的な基板 150 は、一般に、コア構造 152、コア構造 152 の対向する表面上に形成された導電層 154 a、154 b、導電層 154 a の表面上に形成された絶縁層 156 a、および導電層 154 b の表面上に形成された絶縁層 156 b を含む。コア構造 152、導電層 154 a、154 b、および絶縁層 156 a、156 b の例示的な特性および特徴は、それぞれコア構造 102、導電層 104、および絶縁層 106 に関して上述したものと同様である。

10

【0021】

図 1 C は、少なくとも 1 つの実施形態による、（たとえば、ブレイチングされていない）ブランクマスク層を有する例示的な基板 170 である。例示的な基板 170 は、半導体パッケージの構造的支持および電氣的相互接続に利用することができる。例示的な基板 170 は、一般に、コア構造 172、コア構造 172 の表面上に形成された導電層 174、導電層 174 の表面上に形成された絶縁層 176、および絶縁層 176 の表面上に形成されたマスク層 178 を含む。コア構造 172、導電層 174、および絶縁層 176 の例示的な特性および特徴は、それぞれコア構造 102、導電層 104、および絶縁層 106 に関して上述したものと同様である。

20

【0022】

少なくとも 1 つの実施形態では、マスク層 178 は、Al、Cu、W、Mo、Cr またはこれらの組合せを含む。いくつかの実施形態では、（開口部の有無に関わらず）マスク層は、約 0.03 μm から約 2 μm 、または約 0.05 μm から約 1 μm など、約 2 μm 以下の高さ H_2 を有する。少なくとも 1 つの実施形態では、高さ H_2 は、 H_{2a} から H_{2b} の範囲であり、 H_{2a} から H_{2b} は、 $H_{2a} < H_{2b}$ である限り、独立して、たとえば、約 0.1 μm 、約 0.2 μm 、約 0.3 μm 、約 0.4 μm 、約 0.5 μm 、約 0.6 μm 、約 0.7 μm 、約 0.8 μm 、約 0.9 μm 、約 1 μm 、約 1.1 μm 、約 1.2 μm 、約 1.3 μm 、約 1.4 μm 、約 1.5 μm 、約 1.6 μm 、約 1.7 μm 、約 1.8 μm 、約 1.9 μm 、または約 2 μm とできる。

30

【0023】

マスク層 178 は、たとえば、堆積、スパッタ、または電気めっきによって形成することができる。少なくとも 1 つの実施形態では、マスク層は、レーザアブレーションされる。いくつかの実施形態では、マスク層 178 は、本明細書に記載のプロセスによってブラインドピアが形成された後、エッチング動作によって除去される。いくつかの実施形態では、マスク層 178 が Mo および / または W である場合など、マスクは、ブラインドピアが形成された後に維持され、堆積される導電層（たとえば、Cu）と組み合わせられて、相互接続層として機能する。

40

【0024】

少なくとも 1 つの実施形態では、再び図 1 B を参照して示すように、例示的な基板は、絶縁層 156 a の表面および / または絶縁層 156 b の表面上にマスクを含む。マスク層はブランクであるか、または、ピア開口部を形成するためにブレイチングすることができる。各マスク層の特徴は、マスク層 178 に関して上述したものと同様である。

【0025】

図 1 D は、少なくとも 1 つの実施形態による、ブレイチングされた（または、事前に

50

開口された)マスク層を有する例示的な基板180である。ここで、例示的な基板180は、ビア開口部を形成するためにプレエッチングされる。例示的な基板180は、半導体パッケージの構造的支持および電氣的相互接続に利用することができる。例示的な基板180は、一般に、コア構造182、コア構造182の表面上に形成された導電層184、導電層184の表面上に形成された絶縁層186、および絶縁層186の表面上に形成されたマスク層188を含む。コア構造182、導電層184、および絶縁層186の例示的な特性および特徴は、それぞれコア構造102、導電層104、および絶縁層106に関して上述したものと同様である。マスク層188の例示的な特性および特徴は、上述したマスク層178のものと同様である。

【0026】

10

図2Aは、少なくとも1つの実施形態による、(図1Aに示される)例示的な基板100に、ブラインドビアを形成した後の例示的な基板200である。例示的な基板200は、一般に、コア構造202、導電層204、および絶縁層206を含む。ブラインドビア208は、絶縁層206の表面から導電層204まで延びる。ブラインドビア208は、頂部直径 D_1 、底部直径 D_2 、テーパ角度(A_1)、および体積 V_1 を有する。いくつかの実施形態では、ブラインドビア208は、導電層204を貫通するか、または最小限に貫通する。いくつかの実施形態では、ブラインドビアは、導電層204を貫通しないか、または実質的に貫通しない。

【0027】

頂部直径 D_1 および底部直径 D_2 の直径は、約 $15\mu\text{m}$ 以下、約 $5\mu\text{m}$ から約 $10\mu\text{m}$ など、約 $20\mu\text{m}$ 以下とできる。少なくとも1つの実施形態では、頂部直径 D_1 は、 D_{1a} から D_{1b} の範囲であり、 D_{1a} から D_{1b} は、 $D_{1a} < D_{1b}$ である限り、独立して、たとえば、約 $1\mu\text{m}$ 、約 $2\mu\text{m}$ 、約 $3\mu\text{m}$ 、約 $4\mu\text{m}$ 、約 $5\mu\text{m}$ 、約 $6\mu\text{m}$ 、約 $7\mu\text{m}$ 、約 $8\mu\text{m}$ 、約 $9\mu\text{m}$ 、約 $10\mu\text{m}$ 、約 $11\mu\text{m}$ 、約 $12\mu\text{m}$ 、約 $13\mu\text{m}$ 、約 $14\mu\text{m}$ 、約 $15\mu\text{mm}$ 、約 $16\mu\text{m}$ 、約 $17\mu\text{m}$ 、約 $18\mu\text{m}$ 、約 $19\mu\text{m}$ 、または約 $20\mu\text{m}$ とできる。少なくとも1つの実施形態では、底部直径 D_2 は、 D_{2a} から D_{2b} の範囲であり、 D_{2a} から D_{2b} は、 $D_{2a} < D_{2b}$ である限り、独立して、たとえば、約 $1\mu\text{m}$ 、約 $2\mu\text{m}$ 、約 $3\mu\text{m}$ 、約 $4\mu\text{m}$ 、約 $5\mu\text{m}$ 、約 $6\mu\text{m}$ 、約 $7\mu\text{m}$ 、約 $8\mu\text{m}$ 、約 $9\mu\text{m}$ 、約 $10\mu\text{m}$ 、約 $11\mu\text{m}$ 、約 $12\mu\text{m}$ 、約 $13\mu\text{m}$ 、約 $14\mu\text{m}$ 、約 $15\mu\text{mm}$ 、約 $16\mu\text{m}$ 、約 $17\mu\text{m}$ 、約 $18\mu\text{m}$ 、約 $19\mu\text{m}$ 、または約 $20\mu\text{m}$ とできる。

20

30

【0028】

いくつかの実施形態では、ブラインドビアがテーパを有するように、底部直径 D_2 は、頂部直径 D_1 よりも小さい。テーパは、底部直径 D_2 と頂部直径 D_1 との比率に対応する。少なくとも1つの実施形態では、底部直径 D_2 と頂部直径 D_1 との比率は、約 $0.4 * H_1$ から約1、約 $0.5 * H_1$ から約1などのように、約 $0.353 * H_{IL}$ (ここで、 H_{IL} は、絶縁層、たとえば絶縁層206の高さである)から約1である。

【0029】

少なくとも1つの実施形態では、ブラインドビア208は、ブラインドビア208の内壁と、導電層204の表面との間の角度に対応するテーパ角度 A_1 を有する。少なくとも1つの実施形態では、テーパ角度 A_1 は、約 80° から約 89° など、約 75° から 90° である。少なくとも1つの実施形態では、テーパ角度 A_1 は、 A_{1a} から A_{1b} の範囲であり、 A_{1a} から A_{1b} は、 $A_{1a} < A_{1b}$ である限り、独立して、たとえば、約 71° 、約 72° 、約 73° 、約 74° 、約 75° 、約 76° 、約 77° 、約 78° 、約 79° 、約 80° 、約 81° 、約 82° 、約 83° 、約 84° 、約 85° 、約 86° 、約 87° 、約 88° 、約 89° または約 90° とできる。

40

【0030】

図2Bは、少なくとも1つの実施形態による、(図1Cに示される)ブランクマスクを有する例示的な基板170に、ブラインドビアを形成した後の例示的な基板250である。例示的な基板250は、一般に、コア構造252、導電層254、絶縁層256、およびマスク層260を含む。ブラインドビアは、参照番号258によって示される。コア構

50

造 2 5 2、導電層 2 5 4、絶縁層 2 5 6、高さ H_0 、高さ H_1 、直径 D_1 、直径 D_2 、およびテーパ角度 A_1 の特徴は、上述したものと同様である。角度 A_2 は、テーパ角度 A_1 に実質的に対応することができ、および/または、テーパ角度 A_1 と同様の特徴を有することができる。少なくとも 1 つの実施形態では、 A_2 は、 A_1 以下である。少なくとも 1 つの実施形態では、テーパ角度 A_2 は、 A_{2a} から A_{2b} の範囲であり、 A_{2a} から A_{2b} は、 $A_{2a} < A_{2b}$ である限り、独立して、たとえば、約 71° 、約 72° 、約 73° 、約 74° 、約 75° 、約 76° 、約 77° 、約 78° 、約 79° 、約 80° 、約 81° 、約 82° 、約 83° 、約 84° 、約 85° 、約 86° 、約 87° 、約 88° 、約 89° 、または約 90° とできる。

【0031】

いくつかの実施形態では、マスク層 2 6 0 の直径 D_3 は、たとえば、直径約 $D_1 + 4 \mu\text{m}$ 、直径約 $D_1 + 3 \mu\text{m}$ 、直径約 $D_1 + 2 \mu\text{m}$ 、または直径約 $D_1 + 1 \mu\text{m}$ など、直径約 D_1 から直径約 $D_1 + 5 \mu\text{m}$ のように、直径 D_1 とほぼ等しいか、または直径 D_1 よりも大きい。少なくとも 1 つの実施形態では、直径 D_3 直径 D_1 直径 D_2 である。ブラインドビアは、プロセス後にマスク層が基板から除去されるとき、参照番号 2 5 8 に対応することができ、またはプロセス後にマスク層が基板上に維持されるとき、参照番号 2 6 2 に対応することができる。

【0032】

図 2 C は、少なくとも 1 つの実施形態による、(図 1 D に示される) プレエッチング/事前開口されたマスクを有する例示的な基板 1 8 0 にブラインドビアを形成した後の例示的な基板 2 7 0 である。例示的な基板 2 7 0 は、一般に、コア構造 2 7 2、導電層 2 7 4、絶縁層 2 7 6、およびマスク層 2 8 0 を含む。ブラインドビアは、参照番号 2 7 8 によって示される。コア構造 2 7 2、導電層 2 7 4、絶縁層 2 7 6、高さ H_0 、高さ H_1 、直径 D_1 、直径 D_2 、テーパ角度 A_1 、およびテーパ角度 A_2 の特性は、上述のものと同様である。少なくとも 1 つの実施形態では、テーパ角度 A_2 は実質的に 90° であるか、またはテーパ角度 A_1 に実質的に対応する。少なくとも 1 つの実施形態では、テーパ角度 A_1 、 A_2 は、独立して、たとえば、約 71° 、約 72° 、約 73° 、約 74° 、約 75° 、約 76° 、約 77° 、約 78° 、約 79° 、約 80° 、約 81° 、約 82° 、約 83° 、約 84° 、約 85° 、約 86° 、約 87° 、約 88° 、約 89° 、または約 90° である。テーパ角度 A_1 は、テーパ角度 A_2 と等しいか、それより小さいか、または大きくできる。マスク層 2 8 0 の直径 D_3 (μm 単位) は、約 D_1 から約 $(D_1 + (1/4)H_2)$ 、約 D_1 から約 $(D_1 + (1/3)H_2)$ 、約 D_1 から約 $(D_1 + (1/2)H_2)$ など、約 $(D_1 + H_2)$ 以下とできる。少なくとも 1 つの実施形態では、直径 D_3 直径 D_1 である。

【0033】

いくつかの実施形態では、テーパ角度 A_2 の許容変動範囲は、テーパ角度 A_1 の許容変動範囲よりも広く、たとえば、 70° A_2 90° 、 75° A_1 90° である。いくつかの例では、直径 $5 \sim 10 \mu\text{m}$ のビアの場合、 80° A_1 であり、 $10 \mu\text{m}$ を超えるビアの場合、 75° A_1 である。

【0034】

少なくとも 1 つの実施形態では、(開口部の有無に関わらず) マスク層は、約 $0.03 \mu\text{m}$ から約 $2 \mu\text{m}$ 、または約 $0.05 \mu\text{m}$ から約 $1 \mu\text{m}$ など、約 $2 \mu\text{m}$ 以下の高さを有する。

【0035】

本明細書に記載のマスク層は、フォトリソグラフィによって開口することができる。いくつかの実施形態では、金属マスクの頂部にフォトレジスト層が塗布される。フォトレジスト層は、金属マスク層上のビア開口部のサイズおよび位置を画定するように、フォトリソグラフィによってパターン化できる。金属マスク層上の開口部は、プラズマエッチングおよび湿式化学エッチングなどのエッチングプロセスによって形成することができる。リソグラフィで画定された開口部により、位置精度が緩和され、レーザスループットが向上

10

20

30

40

50

する。

【 0 0 3 6 】

プロセス

本明細書に記載の実施形態はまた、ブラインドビアをレーザ穿孔するためのプロセスを含む。ブラインドビアをレーザ穿孔するためのレーザ源は、フェムト秒レーザとできる。適切なフェムト秒ベースのレーザプロセスは、通常、様々な材料の非直線的な相互作用をもたらす高いピーク強度（放射照度）によって特徴付けることができる。

【 0 0 3 7 】

図 3 は、少なくとも 1 つの実施形態による、基板にブラインドビアを形成する例示的な方法 3 0 0 を示す。少なくとも 1 つの実施形態では、例示的な方法 3 0 0 は、開口部のないマスク層（すなわち、ブランク）を有する基板上で使用される。例示的な方法 3 0 0 は、動作 3 0 2 で、基板をスキャンチャンバに搬送することを含む。ここで、基板は、導電層（たとえば、銅層）、導電層の少なくとも一部の上に配置された誘電体層、および誘電体層の少なくとも一部の上に配置されたマスク層を含むことができ、マスク層は、基板表面を提供する。例示的な方法 3 0 0 はさらに、動作 3 0 4 で、ブラインドビアの 1 つまたは複数の特性を判定することを含む。1 つまたは複数の特性は、ブラインドビアの頂部直径、ブラインドビアの底部直径、ブラインドビアの高さ、ブラインドビアの体積、およびブラインドビアのテーパ角度を含むことができる。少なくとも 1 つの実施形態では、テーパ角度は、上述したように 75 ° より大きい、または 80 ° より大きい。いくつかの実施形態では、頂部直径は、底部直径よりも大きく、頂部直径は、ブラインドビア開口部に対応する。ブラインドビアの体積は、頂部直径、底部直径、および高さに対応する。例示的な方法 3 0 0 は、動作 3 0 6 で、レーザプロセスパラメータの下で、レーザ源から放射されたレーザビームを、基板表面に集束させることをさらに含む。この動作は、体積内の誘電体層の第 1 の部分を除去することになるが、誘電体層の下の導電層の表面に、穏やかな溶融および研磨しか引き起こさず、導電層のアブレーション深さは、たとえば、約 2 μ m に過ぎない。いくつかの実施形態では、動作 3 0 6 は、マスク層の厚さの約半分以下を除去することになる。したがって、いくつかの実施形態では、導電層は、動作 3 0 6 の後に実質的な損傷はない。

【 0 0 3 8 】

例示的な方法 3 0 0 は、動作 3 0 8 で、1 つまたは複数の特性に基づいて、レーザプロセスパラメータを調整することをさらに含む。いくつかの実施形態では、レーザプロセスパラメータは、レーザ出力、パーストにおけるレーザエネルギー、焦点ビーム直径、焦点高さ、パーストエネルギー、パルスエネルギー、パーストにおけるパルス数、パルス周波数、パースト周波数、ビームスポットサイズ、 M^2 値、基板表面（基板表面の上および/または下）からのビーム集束のオフセット、またはこれらの組合せを含む。 M^2 は、無単位のレーザビームの空間特徴であり、実際のレーザビームとガウスビームとの差を測定する。これらおよび他のレーザプロセスパラメータは、以下に記載される。例示的な方法 3 0 0 はさらに、動作 3 1 0 で、体積内の誘電体層の少なくとも一部を除去してブラインドビアを形成するために、調整されたレーザプロセスパラメータの下で、レーザビームを集束させることを含む。

【 0 0 3 9 】

いくつかの実施形態では、基板からマスク層を除去するなどのさらなる動作が実行される。少なくとも 1 つの実施形態では、マスク層が M および/または W を含む場合、さらなる動作は、マスク層の上に銅の層を堆積することを含む。

【 0 0 4 0 】

図 4 は、少なくとも 1 つの実施形態による、基板にブラインドビアを形成する例示的な方法 4 0 0 を示す。少なくとも 1 つの実施形態では、プレエッチングされたマスク層を有する基板上にブラインドビアを形成するために、例示的な方法 4 0 0 が使用される。例示的な方法 4 0 0 は、動作 4 0 2 で、基板をスキャンチャンバに搬送することを含む。ここで、基板は、導電層（たとえば、銅層）と、導電層の少なくとも一部の上に配置された誘

電体層と、誘電体層の少なくとも一部の上に配置されたプレエッチングされたマスク層とを含むことができ、プレエッチングされたマスク層は、誘電体層の少なくとも一部を露出させるようにブラインドビア開口部を有し、誘電体層は、基板表面を提供する。例示的な方法 400 はさらに、動作 404 で、ブラインドビアの 1 つまたは複数の特性を判定することを含む。1 つまたは複数の特性は、ブラインドビアの頂部直径、ブラインドビアの底部直径、ブラインドビアの高さ、ブラインドビアの体積、およびブラインドビアのテーパ角度を含むことができる。少なくとも 1 つの実施形態では、テーパ角度は、上述したように 75° より大きい、または 80° よりも大きい。いくつかの実施形態では、頂部直径は、底部直径よりも大きく、頂部直径は、ブラインドビア開口部に対応する。ブラインドビアの体積は、頂部直径、底部直径、および高さに対応する。例示的な方法 400 はさらに、動作 406 で、レーザプロセスパラメータの下で、レーザ源から放射されたレーザビームを基板表面に集束させることを含む。この動作は、体積内の誘電体層の第 1 の部分を除去することになり、プレエッチングされたマスク層に実質的な損傷を与えることなく、および / または、導電層に実質的な損傷を与えることなく実行することができる。「プレエッチングされたマスク層に実質的な損傷を与えることなく」とは、マスク層をわずかに溶解させてマスク表面を「磨き / 研磨」するが、頂部ビア直径の変化や、楕円形のビアの形成を引き起こすような、目に見えるアブレーションによりマスク表面から材料が除去されることはないことを意味する。マスクは、除去可能な犠牲層である。少なくとも 1 つの実施形態では、許容可能なマスク損傷は、マスクの高さに依存する。非限定的な例として、マスクの高さが約 0.3 μm である場合、マスクへの損傷 / アブレーション深さは、約 0.3 μm 未満でなければならない。別の非限定的な例として、マスクの高さが約 2 μm である場合、マスクへの損傷 / アブレーションの深さは約 2 μm 未満でなければならない。

【0041】

例示的な方法 400 はさらに、動作 408 で、1 つまたは複数の特性に基づいてレーザプロセスパラメータを調整することを含む。いくつかの実施形態では、レーザプロセスパラメータは、レーザ出力、パーストにおけるレーザエネルギー、焦点ビーム直径、焦点高さ、パーストエネルギー、パルスエネルギー、パーストにおけるパルス数、パルス周波数、パースト周波数、ビームスポットサイズ、 M^2 値、基板表面からのビーム集束のオフセット、またはこれらの組合せを含む。これらおよび他のレーザプロセスパラメータは、以下に記載される。例示的な方法 400 はさらに、動作 410 で、体積内の誘電体層の少なくとも一部を除去してブラインドビアを形成するために、調整されたレーザプロセスパラメータの下で、レーザビームを集束させることを含む。

【0042】

いくつかの実施形態では、基板からプレエッチングされたマスク層を除去するなどのさらなる動作が実行される。少なくとも 1 つの実施形態では、プレエッチングされたマスク層が M および / または W を含む場合、さらなる動作は、プレエッチングされたマスク層に銅の層を堆積することを含む。

【0043】

本明細書の少なくともいくつかの実施形態で使用されるフェムト秒レーザ源（紫外レーザなど）は、以下に記載するように、いくつかの調整可能な特徴（レーザプロセスパラメータ）を有する。少なくとも 1 つの実施形態では、レーザプロセスパラメータは、以下の特徴のうちの 1 つまたは複数を含む。

【0044】

(1) フェムト秒レーザ源は、約 100 フェムト秒 (fs) から約 750 fs、約 200 fs から約 500 fs など、約 1 fs から約 1000 fs のパルス幅またはパルス幅範囲を有する。

【0045】

(2) フェムト秒レーザ源は、約 266 ナノメートル (nm) から約 1500 nm、約 350 nm から約 540 nm など、約 250 nm から約 2000 nm の波長または波長範囲を有する。少なくとも 1 つの実施形態では、フェムト秒レーザ源は、約 400 nm 以下

10

20

30

40

50

の波長を有する。

【 0 0 4 6 】

(3) フェムト秒レーザー源および対応する光学システムは、約 3 ミクロン (μm) から約 1 0 μm 、約 4 μm から約 8 μm など、約 1 . 5 μm から約 1 2 μm の範囲の焦点または焦点範囲を加工面に提供する。加工面における空間ビームプロファイルは、シングルモード (ガウス) プロファイルとすることができる。

【 0 0 4 7 】

(4) フェムト秒レーザー源は、パルスのバーストを出力する。各バースト内で、パルス周波数またはパルス周波数の範囲は、約 1 G H z 以上、約 2 G H z 以上、約 1 G H z から約 1 0 G H z、約 2 G H z から約 9 G H z、約 3 G H z から約 8 G H z、約 4 G H z から約 7 G H z、約 5 G H z から約 6 G H z など、約 5 0 0 M H z 以上である。少なくとも 1 つの実施形態では、各バースト内のパルス周波数またはパルス周波数の範囲は、約 2 G H z から約 5 G H z である。

10

【 0 0 4 8 】

(5) フェムト秒レーザー源から出力される各バーストのパルス数は、調整できる。各バーストにおけるパルス数は、約 5 から約 1 0 0、約 1 0 から約 1 0 0、約 2 0 から約 9 0、約 4 0 から約 8 0、約 5 0 から約 7 0、約 5 5 から約 6 5 など、約 2 以上または約 3 以上とできる。少なくとも 1 つの実施形態では、各バーストにおけるパルス数は、約 2 0 から約 1 0 0 である。

【 0 0 4 9 】

(6) バースト周波数は、調整できる。フェムト秒レーザー源のバースト周波数は、約 5 0 0 k H z 以上など、約 1 0 0 k H z 以上とすることができる。少なくとも 1 つの実施形態では、バースト周波数は、約 3 0 0 K H z から約 2 M H z、約 1 M H z から約 2 M H z、または約 5 0 0 K H z から約 1 M H z など、約 2 0 0 k H z から約 5 M H z、または約 5 0 0 K H z から約 5 M H z である。

20

【 0 0 5 0 】

(7) フェムト秒レーザー源は、約 1 μJ から約 8 0 μJ 、約 3 μJ から約 5 0 μJ 、約 5 μJ から約 2 0 μJ など、約 1 μJ から約 1 0 0 μJ の量のレーザーエネルギーをバーストで送る。少なくとも 1 つの実施形態では、レーザーおよびバースト周波数は、約 5 μJ から約 5 0 μJ 、約 1 0 μJ から約 3 0 μJ など、約 5 μJ 以上とできる量のレーザーエネルギーをバーストで達成するように設定される。

30

【 0 0 5 1 】

(8) フェムト秒レーザー源のレーザー出力は、約 1 W から約 1 0 0 W、約 5 W から約 8 0 W、約 1 0 W から約 5 0 W など、約 1 W 以上である。

【 0 0 5 2 】

(9) レーザビーム品質を特徴付ける M^2 値は、約 1 から約 1 . 3、約 1 . 1 から約 1 . 2、または約 1 から約 1 . 1 5、または約 1 から約 1 . 1 など、約 1 . 5 以下 (M^2 は常に 1 . 0) である。

【 0 0 5 3 】

(1 0) 焦点ビーム直径は、直径 5 μm のピアを穿孔する場合、約 3 μm から約 6 μm など、約 2 μm から約 1 0 μm とすることができる。焦点ビーム直径は、直径 1 0 μm のピアを穿孔する場合、約 8 μm から約 1 1 μm など、約 7 μm から約 1 2 μm とすることができる。集束ビーム直径は、出力レーザービームが、ビーム拡大器を通過し、集束レンズによって集束された結果である、加工面でのレーザービームスポット径である。

40

【 0 0 5 4 】

(1 1) 焦点高さとも呼ばれる、基板からのビーム集束のオフセットは、約 0 μm から約 5 0 μm 、約 0 μm から約 3 0 μm など、約 0 μm から約 1 0 0 μm である。焦点高さは、調整可能なパラメータである。いくつかの実施形態では、たとえば、焦点をパネル表面の真上に設定してマスクを切り取り、絶縁層材料の一部を除去し、次に、焦点面がパネル表面より上になるように焦点高さを調整する。つまり、パネル表面と交差するレーザービ

50

ームの焦点を外して、絶縁層材料のみを除去し、ビア底部のマスク層および導電層に損傷を与えない低いフルエンスを取得する。

【0055】

(12) パースト数は、約5から約20など、約2以上である。

【0056】

(13) 集束ビームスポットサイズは、誘電体表面における孔の目標入口直径（たとえば、図2Cで画定されたように穿孔される孔の入口直径 D_1 、または図2Bで画定されたように穿孔される孔の直径 D_1 ）の約80%から約120%、たとえば、約90%から約110%、約95%から約100%などである。

【0057】

集束ビーム直径は、異なる直径のビアを穿孔するために、プログラマブルビーム拡大器を使用して調整可能である。

【0058】

フェムト秒レーザ源は、ダイオード励起固体（DPSS）レーザなどの電磁放射源、または連続ビームまたはパルスビームを提供および放射できる他の同様の放射線放射源とすることができる。レーザ媒体（結晶）構成によれば、少なくとも1つの実施形態では、DPSSレーザは、ロッド結晶レーザ、ファイバレーザ、ディスクレーザ、ロッド型フォトニック結晶ファイバレーザ、イノスラブレザ、またはそれらの混成とすることができる。いくつかの実施形態では、レーザ源は、複数のレーザダイオードを含み、各々は、同じ波長で、均一で空間的にコヒーレントな光を生成する。

【0059】

装置

本開示の実施形態はまた、一般に、ブラインドビアをレーザ穿孔するための装置に関する。図6Aは、いくつかの実施形態による、本開示の特定の態様を実行するための例示的なレーザ穿孔システム600の概略側面図である。

【0060】

レーザ穿孔システム600は、基板位置決めシステム605を内部に有する筐体602を含む。基板位置決めシステム605は、レーザ穿孔システム600によって基板510を支持および移送するためのコンベヤとすることができる。レーザ穿孔システム600は、本開示の実施形態に従って、基板510に配置された1つまたは複数の層にブラインドビア501（図5）を穿孔するために使用することができる。各基板510は、図1および図2に示される例示的な基板とすることができる。少なくとも1つの実施形態では、基板510のマスクは、レーザ穿孔システム600における処理のために上向きに面することができる。

【0061】

少なくとも1つの実施形態では、基板位置決めシステム605は、流れ経路「A」において、レーザ穿孔システム600によって基板510のラインを支持および移送するように構成された材料からなる、連続することが可能な移送ベルト615を含む、リニアコンベヤシステムである。筐体602は、基板510を提供するためのローディングステーション617Aと、処理された基板510を受け取るためのアンローディングステーション617Bとの間に配置される。ローディングステーション617Aおよびアンローディングステーション617Bは、筐体602に結合することができ、移送ベルト615に基板510を提供するロボット機器および/または転送機構を含むことができる。基板位置決めシステム605は、移送ベルト615を支持および/または駆動する支持ローラ620を含む。支持ローラ620は、モータ/チェーン駆動部などの機械式駆動部625によって駆動され、移送ベルト615を、動作中、毎秒約500ミリメートル（mm/s）から約2000mm/s、または約500mm/sから約1500mm/sなど、約100ミリメートルmm/sから約2000mm/sの直線速度で移送するように構成される。機械式駆動部625は、交流（AC）または直流（DC）のサーボモータなど、電気モータとすることができる。移送ベルト615は、たとえば、ステンレス鋼、ポリマ材料、およ

10

20

30

40

50

び／またはアルミニウムで作ることができる。少なくとも1つの実施形態では、移送ベルト615は、X方向に間隔を空けることができる2つの平行なベルトを含み、2つの平行なベルトの各々は、基板510Xの方向の寸法よりも小さいX方向の幅を有する。この構成では、レーザ穿孔システム600における各基板510は、両方の平行ベルトの一部に配置することができる。

【0062】

基板位置決めシステム605は、基板510のラインを（たとえば、流れ経路「A」内で）レーザスキャン装置630に向かって、かつレーザスキャン装置630によって順次移送するように構成された転送デバイスとすることができる。レーザスキャン装置630は、移送ベルト615および基板510の上に光学デバイス635Aを支持する支持部材640に結合された光学デバイス635Aを含む。レーザスキャン装置630はまた、基板510が移送ベルト615上を通過できるようにする光学デバイス635Aに隣接する移送ベルト615に対して定位置に固定されたスキャンチャンバ635Bを含む。

10

【0063】

図6Bは、図6Aの例示的な光学デバイス635Aの側面図であり、ここで、光学デバイス635Aは、議論の目的のために、図6Aに示す標準位置から90度回転されている。図5は、図6Aおよび図6Bの光学デバイス635Aによって形成された複数のブラインドピア501を有する例示的な基板510の概略平面図である。光学デバイス635Aは、基板510が、移送ベルト615上のスキャンチャンバ635Bを通過するときに、基板510の表面に向けられる光または電磁放射線を提供するハウジング641を含む。少なくとも1つの実施形態では、光学デバイス635Aは、移送ベルト615の移動と組み合わせられて、図5に示すように、基板510に形成されたブラインドピア501の列（R）および行（C）のパターンを含むことができるパターン（P）を形成するように構成される。いくつかの実施形態では、光学デバイス635Aは、基板510が移送ベルト615上を移動する際に基板510を高速で横切るパルスビームを提供できる光学系システムを使用して、約0.01ミリ秒（ms）から約0.1ms、または約0.001msから約0.005msなど、約0.5ms以下の時間周期で、基板510上にパターン（P）を形成する。光学デバイス635Aはまた、直径やテーパ角度など、本明細書に記載された所望の特徴を有する基板510に、たとえば約50000個のブラインドピアを提供する光学系システムによって、光または電磁放射線を放射する、フェムト秒レーザ源などのレーザ源642を含む。

20

30

【0064】

レーザ加工プロセスでは、半導体プロセスにおける典型的なプラズマ処理とは異なり、プラズマは、ウェーハ表面全体を覆うことができる雲または羽毛に似ており、レーザビームは、特に、集束された場合、ほんの小さなスポットであるので、通常、サンプル全体を処理するには、レーザビームとサンプル（たとえば、ウェーハ）との間の相対移動が必要である。相対移動は、様々な手法で実現できる。第1の手法では、いくつかの実施形態では、レーザビームは、静止したままであり、基板は、X/Y/Z（高さ）/（サンプルを回転させるためのX-Y平面上における）シータ角/（サンプルを傾斜させるためのX-Z平面およびY-Z平面における）A傾斜角度の方向の動きを伴うリニアステージによって移動される。微細加工の場合、通常、X/Y/Z/シータの移動で十分である。第2の手法では、いくつかの実施形態では、レーザ源および／またはレーザ集束ヘッドが、X/Y/Z/シータステージに取り付けられる。

40

【0065】

第3の手法では、いくつかの実施形態では、基板は、チャック上で静止状態に保たれ、レーザビームは、基板を横切ってスキャンされる。光学スキャナは、基板の所望の領域上にレーザビームを向け、位置決めし、および／または「スキャン」するために使用される。この場合、基板表面上での移動を実現するために、光ビームは、光学スキャナによって屈折、回折、および／または反射される。一般に、光学スキャナには3種類、すなわち、回折を使用してビームを偏向させる音響光学スキャナと、屈折を使用してビームを偏向さ

50

せる電気光学スキャナと、反射を利用してビームを偏向させる機械式スキャナ（共振、ポリゴン、およびガルバノメータスキャンタイプ）とがある。

【0066】

第4の手法は、レーザビームとサンプルの混成移動である。たとえば、基板をチャック／ステージ上で同時にまたは順次移動させながら、レーザビームが基板全体にわたってスキャンされる。それに加えて、またはその代わりに、スキャナは、ビームを移動およびスキャンするために、1軸移動ステージに取り付けられる。

【0067】

いくつかの実施形態では、たとえば、基板上の指定された場所にビアアレイを穿孔するために、ポリゴンおよび／またはガルボなどの機械的スキャナなどの光学スキャン技術を使用して、レーザビームを、基板表面上のある位置から別の位置に移動させる。これら機械式スキャナは、非常に高い反射率で回転ミラーから任意の波長または波長の組合せを反射するようにコーティングできる物理的ミラーを回転させることによって機能するので、高い光学スループットを実現する。光学角度で達成可能なスキャン角度は、実際のモータ回転角度の2倍である。その物理的なミラーを使用して、ポリゴンスキャナでビームを非常に広い角度でスキャンできるが、同じパターンを何度もスキャンするという制限がある。ポリゴンスキャナは1軸スキャンを実行する。2次元パターンを生成するには、リニアステージまたはガルボミラーを追加することで、他の軸移動を提供できる。

【0068】

機械式ガルバノメータベースのスキャナ（またはガルボ）は、通常、モータによって動作される物理的ミラーを含む。ほとんどの場合、ミラーは、モータのシャフトに取り付けられているが、一部の設計では、ミラーとモータとが、一体型のユニットになっている場合がある。ガルボモータは、様々な角度（通常は約 $\pm 20^\circ$ ）にわたって回転できる。ガルボモータには、別のコントローラにフィードバックを提供する高精度位置検出器を組み込むこともでき、 $5 \mu\text{rad}$ （1 kmの距離で5 mm）の位置決め再現性を実現する。2つのガルバノメータスキャナを、2軸スキャン用に構成できる。

【0069】

少なくとも1つの実施形態では、移送ベルト215の速度は、基板510が、移送ベルト615上の光学デバイス635Aの下をY方向に通過する際に、基板510上にX方向（図6A）に実質的に直線的な列で複数のブラインドビア501を形成するために、動作中、約250 mm/sから約2000 mm/s、約0.5 m/sから約1 m/sなど、約100 mm/sから約5000 mm/sで制御される。

【0070】

少なくとも1つの実施形態では、（移送ベルト215の）代替として（または移送ベルト215に加えて）、穿孔位置を1つのビアから次のビアに変更するために、ガルボスキャナが使用される。

【0071】

再び図6Bを参照して示すように、レーザ源642は、光子の誘導放射に基づく光増幅のプロセスによって、光または電磁放射線655を放射することができる。少なくとも1つの実施形態では、レーザ源642によって放射されるレーザビームはガウスビームである。いくつかの実施形態では、放射された電磁放射線655は、高度の空間的および／または時間的コヒーレンスを有する。少なくとも1つの実施形態では、レーザ源642は、ビーム拡大器644、ビームコリメータ646、およびガルバノメータスキャナ650を含む光学系システムに向けられる連続波またはパルス波の光または電磁放射線655を放射する。

【0072】

ガルバノスキャナ650は、レーザビームを誘導する可動ミラーを含むことができ、ビームの誘導は、1次元、2次元、または3次元とすることができる。レーザビームを2次元で位置決めするために、ガルバノメータスキャナ650は、1つのミラーを、2つの軸に沿って回転させるか、直交軸に取り付けられた2つの近接したミラーにレーザビームを

10

20

30

40

50

反射させることができる。レーザビームの焦点を3次元で配置するには、サーボ制御されたガルバノスキャナを使用できる。フェムト秒レーザ源などのレーザ源642の特徴は、上述された。

【0073】

いくつかの実施形態では、電磁放射線655のパルスのパルス幅および周波数は、コントローラ690から所望の周波数で提供される外部トリガ信号をレーザ源642に提供することによって制御される。

【0074】

レーザ源642から放射された電磁放射線655のパルスは、約1mmから約6mm、約2mmから約5mm、約3mmから約4mmなど、第1の直径を有するビーム拡大器644で受け取られる。ビーム拡大器644は、電磁放射線655の直径を、約2倍の倍率、約5倍の倍率、約8倍の倍率など予め設定された倍率で、第2の直径へと増加させることができるか、または、ビーム拡大器644は、約1倍から約8倍など、調整可能な倍率の範囲を有することができる。次に、電磁放射線655のパルスは、ビームを狭めるために、ビームコリメータ646に送られる。

【0075】

少なくとも1つの実施形態では、ビームコリメーション機能は、ビーム拡大器644に統合される。すなわち、そのような実施形態では、ビーム拡大器644は、それ自体がビームコリメータでもある。ここで、ビーム拡大器644は、少なくとも2つの機能、すなわち特定の倍率によるビームサイズへの拡大およびビームの平行化を有する。ビーム拡大器は、固定倍率（たとえば、2倍であれば、出力ビーム直径は、入力ビーム直径の2倍に等しい）、または倍率の調整可能な範囲（たとえば、3倍から8倍）を有することができる。たとえば、直径2mmのレーザビームが、3倍のビーム拡大器の入力側に入射ことができ、その後、ビーム拡大器の出力（出口）側において、直径6mmのビームが出力される。この6mmのビームは（光軸に沿って伝播するため）、発散ビームまたは収束ビームであり得るが、通常は十分にコリメートされたビームではない。完全にコリメートされたビームは、光軸に沿って伝搬するときに発散も収束もしない。「ビームコリメーティング」の動作により、ビームは発散または収束が非常に小さいように調整できるため、移動距離が数メートル以上の場合でも、ビーム直径は、約1%から約2%以下、またはそれ以下しか変化しない場合がある。

【0076】

ビームコリメータ646から、電磁放射線655のパルスが、ガルバノメータスキャナ650に送られ、ガルバノメータスキャナ650は、電磁放射線655のパルスを、集束レンズ652を介して基板510に誘導する。集束レンズ652は、テレセントリック集束レンズとすることができる。集束レンズ652は、1つまたは複数のレンズを有することができる。

【0077】

ガルバノスキャナ650は、光学デバイス635Aの光学系システムの一部である集束レンズ652を介して、スキャンチャンバ635B内の移送ベルト615上を、Y方向に連続的に移動する基板510の表面上に電磁放射線のパルスを誘導する（図6A）。したがって、移送ベルト615は、基板510上のブラインドピア形成プロセス中に停止/開始する必要がなく、スループットを向上させることができる。しかしながら、いくつかの実施形態では、基板の表面は、スキャンチャンバ635B内の移送ベルト615上を、Y方向に周期的に移動する（図6A）。ガルバノメータスキャナ650は、反射ファセット653の各々が、ガルバノメータスキャナ650の回転軸651に対する（図6BにおけるX方向にページに入る）方向で、反射ファセット653のうちの別の1つの反射ファセット653に対して一般に角度を付けることができるように配置された複数の反射ファセットを有するミラーを含むことができる。ガルバノメータスキャナ650の反射ファセット653の各々の角度により、ガルバノメータスキャナ650が、アクチュエータ654により回転軸651の周りを回転すると、電磁放射線655が基板510の表面を横切っ

て一方向（図 6 A における X 方向）にスキャンされることが可能になる。アクチュエータ 6 5 4 を使用して、ガルバノメータスキャナ 6 5 0 の回転速度を、約 0 . 5 m / 秒から約 1 0 m / 秒、約 1 / 秒から約 6 m / 秒、約 2 m / 秒から約 5 m / 秒など、所望の直線速度に制御することができる。スキャンの速度は、基板 5 1 0 上にパターンを作成するためのレーザ穿孔プロセス中に変更 / 固定することができる。少なくとも 1 つの実施形態では、スキャン速度は、個々のビアを穿孔するときにすべてのパルスが 1 つのスポットに向けられるように固定される。これは、パーカッション穿孔またはパンチと呼ばれることがよくある。ビアからビアへ、ガルボミラーはスキャンして穿孔位置を変更できる。

【 0 0 7 8 】

たとえば、ガルバノメータスキャナ 6 5 0 の回転速度は、1 つまたは複数の第 1 の基板上に第 1 のパターンを作成するために、第 1 の速度に設定することができ、第 1 の速度は、1 つまたは複数の第 1 の基板の各々のアブレーション中に維持することができる。1 つまたは複数の第 2 の基板上に異なるパターンが望まれる場合、ガルバノメータスキャナ 6 5 0 の回転速度は、第 1 の速度とは異なる第 2 の速度に設定することができ、第 2 の速度は、1 つまたは複数の第 2 の基板の各々のアブレーション中に維持することができる。

【 0 0 7 9 】

いくつかの実施形態では、レーザ源 6 4 2 から送られた電磁放射線 6 5 5 のパルスを反射するとき、ガルバノメータスキャナ 6 5 0 の単一のファセットの回転は、基板 5 1 0 上に形成された 1 つまたは複数の層におけるブラインドビア 5 0 1 の完全な列（R）（たとえば、X 方向における列）を作成する。電磁放射線 6 5 5 は、ガルバノメータスキャナ 6 5 0 を使用して基板 5 1 0 の表面を横切ってスキャンされる一方、基板 5 1 0 は、直角に配向された Y 方向に転送され、（たとえば、Y 方向における）基板 5 1 0 の長さ にわたる、（たとえば、X 方向における）ブラインドビア 5 0 1 の列（R）となる。別の例では、Y 方向は、X 方向に対してある角度で配置される。さらに別の例では、Y 方向は、X 方向に対して約 9 0 度 ± 数度の角度で配置される。

【 0 0 8 0 】

少なくとも 1 つの実施形態では、光学デバイス 6 3 5 A の光学系システムは、約 5 μ m に等しい入口直径 D_1 を有するブラインドビア 5 0 1 の形成のために、約 2 μ m から約 6 μ m、約 3 μ m から約 5 μ m など、約 1 . 5 μ m から約 7 μ m の集束ビーム直径を送り、約 1 0 μ m に等しい入口直径 D_1 （たとえば、図 2 B または図 2 C で定義される D_1 ）を有するブラインドビア 5 0 1 の形成のために、約 7 μ m から約 1 2 μ m、約 8 μ m から約 1 0 μ m など、約 5 μ m から約 1 4 μ m の集束ビーム直径を送るように構成される。いくつかの実施形態では、穿孔するためのパルスバースト数は、ビアあたり約 3 バーストからビアあたり約 3 0 バースト、ビアあたり約 5 バーストからビアあたり約 2 0 バーストなど、ビアあたり約 1 バーストからビアあたり約 4 0 バーストとすることができる。

【 0 0 8 1 】

再び図 6 A を参照して示すように、レーザ穿孔システム 6 0 0 は、1 つまたは複数の基板位置センサを含む基板感知システム 6 6 0 も含む。基板感知システム 6 6 0 は、基板 5 1 0 の前縁 6 6 5 を検出し、対応する信号をコントローラ 6 9 0 に送信するために、光センサ 6 6 2 を使用する。次に、コントローラ 6 9 0 は、光学デバイス 6 3 5 A に信号を送信して、レーザ源 6 4 2 の動作と、ガルバノメータスキャナ 6 5 0 の回転のタイミングを計り、基板 5 1 0 の前縁 6 6 5 が集束レンズ 6 5 2 の下にあるときに、レーザスキャン動作を開始する。コントローラ 6 9 0 はさらに、ガルバノメータスキャナ 6 5 0 の回転速度を制御して、ガルバノメータスキャナ 6 5 0 の各ファセットが、電磁放射線 6 5 5 のパルスを横切って回転するときに、基板 2 1 0 上に配置された 1 つまたは複数の層におけるブラインドビア 5 0 1 の列（R）をスキャンする。コントローラ 6 9 0 はさらに、基板位置決めシステム 6 0 5 の速度と、ガルバノメータスキャナ 6 5 0 の回転とを制御して、基板位置決めシステム 6 0 5 による基板 5 1 0 の直線移動により、（たとえば、X 方向に整列した）ブラインドビア 5 0 1 の第 1 の列（R）が終了すると、第 1 の列から所望の間隔で（たとえば、方向 A に）、ブラインドビア 5 0 1 の次の列（R）を開始できる。したがっ

10

20

30

40

50

て、いくつかの実施形態では、基板 5 1 0 が光学デバイス 6 3 5 A の下を移動すると、基板 5 1 0 の幅および長さ全体にわたって、基板 5 1 0 の 1 つまたは複数の層に、ブラインドビア 5 0 1 の列 (R) を形成することができる。コントローラ 6 9 0 はさらに、光学デバイス 6 3 5 A のタイミングを制御し、基板 5 1 0 の後縁 6 7 0 が集束レンズ 6 5 2 の下を通過すると、次の基板 5 1 0 の前縁が、集束レンズ 6 5 2 の下に配置されるまで、所望の期間が経過した後に、スキャン動作を停止させる。コントローラ 6 9 0 は、レーザ穿孔システム 6 0 0 の動作のための適切なプロセッサ、ソフトウェア、およびメモリを有する任意のコントローラとすることができる。基板感知システム 6 6 0 はまた、スキャンチャンバ 6 3 5 B に入る前に基板 5 1 0 を整列させるように構成された基板整列デバイス 6 8 0 を含む。

10

【 0 0 8 2 】

コントローラ 6 9 0 は、一般に、中央処理装置 (C P U) (図示せず)、メモリ (図示せず)、およびサポート回路 (図示せず) を含む。 C P U は、産業環境において、システムハードウェアおよびプロセスを制御するために使用される任意の形態のコンピュータプロセッサのうちの 1 つとすることができる。メモリは、 C P U に接続することができ、ランダムアクセスメモリ (R A M)、読取専用メモリ (R O M)、フロッピーディスク、ハードディスク、またはローカルまたはリモートである他の任意の形態のデジタルストレージなど、容易に利用可能なメモリのうちの 1 つまたは複数とすることができる。ソフトウェア命令およびデータは、 C P U に命令するために、コード化されて、メモリ内に格納することができる。サポート回路はまた、プロセッサを従来方式でサポートするために、 C P U に接続することもできる。サポート回路は、キャッシュ、電源、クロック回路、入力 / 出力回路構成サブシステムなどを含むことができる。コントローラ 6 9 0 によって読取り可能なプログラム (たとえば、命令) は、レーザ穿孔システム 6 0 0 で実行される様々なプロセスレシピタスクと共に、基板 5 1 0 の移動、支持、および位置決めを監視、実行、および制御することに関連するタスクを実行するためのコードを含むことができる。コントローラ 6 9 0 の少なくとも 1 つの実施形態では、基板の表面上に孔を形成するプロセスは、基板の表面上の所望される場所におけるブラインドビア 5 0 1 の形成をさらに制御するために、所望の時点で中断される、 ((図 2 C に示される) ブラインドビア 5 0 1 の完全な列 (R) を形成するための) 少なくとも 1 回のスキャンを含む。この機能により、パルスのトレインの短時間および / または選択的な停止 / 開始が可能になり、高度なパターンニング機能が可能になる。

20

30

【 0 0 8 3 】

コントローラ 6 9 0 はさらに、高さセンサ 6 6 4 を制御する。図 6 A は、高さセンサ 6 6 4 を基板感知システム 6 6 0 の一部として示しているが、高さセンサ 6 6 4 は、別個のユニットとすることができる。レーザ穿孔システム 6 0 0 の使用中、高さセンサ 6 6 4 は、図 8 および図 9 で記載したように、アブレーションの前、最中、または後に、 Z 方向に関して光学デバイス 6 3 5 A を調整する。少なくとも 1 つの実施形態では、高さセンサ 6 6 4 は、基板 5 1 0 の 1 つまたは複数の層に配置されたマスクの表面を正確に判定する。

【 0 0 8 4 】

図 7 は、光学デバイス 6 3 5 A と、その中に配置されたスキャンチャンバ 6 3 5 B とを有する、例示的なレーザ穿孔工具 7 0 0 の等角図である。レーザ穿孔工具 7 0 0 は、 (図 6 A に示される) ローディングステーション 6 1 7 A に結合できる第 1 の側面 7 0 2 A と、 (図 6 A に示される) アンローディングステーション 6 1 7 B に結合できる第 2 の側面 7 0 2 B とを有するメインフレーム 7 0 1 を含む。メインフレーム 7 0 1 は、ドアまたは取外し可能なシートとして機能できるパネル 7 0 5 を含むことができ、パネル 7 0 5 の一部は、レーザ穿孔工具 7 0 0 内の構成要素を例示するために、示されていない。パネル 7 0 5 は、レーザ穿孔工具 7 0 0 の内部への視覚的アクセスを提供するための観察窓 7 1 0 を含む。観察窓 7 1 0 は、レーザ穿孔工具 7 0 0 内でのレーザ穿孔プロセス中に、安全眼鏡を必要とせずに、電磁放射線を見ることを可能にする、レーザ安全ガラスおよび / またはフィルタを含むことができる。レーザ電源 7 1 5 (破線で示す) などの電源および制御

40

50

機器は、メインフレーム 701 内に收容される。それに加えて、光学整列デバイス 720 (図 7 および図 8) は、レーザ穿孔工具 700 内のメインフレーム 701 に結合される。光学整列デバイス 720 は、基板位置決めシステム 605 上の基板 510 の移動方向に対して光学デバイス 635 A の位置を調整することができ、それによって、基板に対して放射されるビーム経路を調整する。

【0085】

上述したように、光学デバイス 635 A は、図 8 および図 9 で記載したように、高さセンサ 664 を使用して、アブレーションの前、最中、または後に Z 方向に関して調整することができる。

【0086】

図 8 は、光学整列デバイス 720 の例示的な実施形態の側面図である。光学整列デバイスは、高さセンサ 664 (図示せず) に結合することができる。光学整列デバイス 720 は、メインフレーム 701 の 1 つまたは複数の支持部材 805 に結合されたベースプレート 800 を含む。ベースプレート 800 は、第 1 の支持プレート 810 の平面に実質的に直交する平面内で、そこから延びる第 2 の支持プレート 815 を有する、第 1 の支持プレート 810 に移動可能に結合される。第 2 の支持プレート 815 は、一般に、光学デバイス 635 A を支持する。第 1 の支持プレート 810 は、締結具、リニアガイド、またはこれらの組合せを含むことができる複数の調整デバイス 820 によってベースプレート 800 に結合される。調整デバイス 820 は、少なくとも光学デバイス 635 A の (Z 方向の) 高さ調整を可能にすることができ、X - Z 平面および / または Y - Z 平面におけるシータ調整を可能にすることができ、高さ調整を使用して、光学デバイス 635 A の集束レンズ 652 (図 6 A および図 6 B) の焦点距離を調整することができる。調整デバイス 820 はまた、移送ベルト 615 の平面に対して第 2 の支持プレート 815 を水平にするために使用することができる。調整可能なアパーチャデバイス 840 が、第 2 の支持プレート 815 と、スキャンチャンバ 635 B との間に提供される。調整可能なアパーチャデバイス 840 は、たとえば、光学デバイス 635 A によって提供されるビーム経路を受け入れるようにサイズ設定されたアパーチャが、内部に形成された、伸縮式ハウジングとすることができる。伸縮式ハウジングは、光学整列デバイス 720 の高さ調整に基づいて、上向きまたは下向きに調整できる。

【0087】

いくつかの実施形態では、光学整列デバイス 720 はまた、第 2 の支持プレート 815 と、光学デバイス 635 A の下面との間に配置された調整可能な取付プレート 825 を含む。調整可能な取付プレート 825 は、光学デバイス 635 A の下面に固定され、締結具 830 によって第 2 の支持プレート 815 に締結される。調整可能な取付プレート 825 は、処理中に光学デバイス 635 A によって放射されるビーム経路のスキャン面 835 を調整するために、光学デバイス 635 A を水平にするだけでなく、異なる角度方位に対して調整することができる。図 9 においてより詳細に記載されるように、調整可能な取付プレート 825 は、スキャン面軸 635、たとえば Z 方向を中心に回転して、光学デバイス 635 A の出力のスキャン面 (たとえば、図 5 における基板上の列 (R) 方向に整列された面) の向きを調整することができる。基板 510 (図 5) 上のブラインドピア 501 の列 (R) を整列させるために、光学デバイス 635 A のスキャン面内のビーム経路を変更するために、調整可能な取付プレート 825 の調整を行うことができる。

【0088】

図 9 は、図 8 の例示的な光学整列デバイス 720 の等角図である。光学デバイス 635 A は、この図には示されていないが、光学デバイス 635 A のスキャン面 835 が示されている。調整可能な取付プレート 825 は、図 8 に示される締結具 830 を受け入れる複数のスロット 900 を含む。スロット 900 の各々は、光学デバイス 635 A のスキャン面を調整するために、調整可能な取付プレート 825 が、Z 軸に対して回転することを可能にすることができる。たとえば、調整可能な取付プレート 825 の第 1 の整列位置 905 は、スキャン面が、(図 2 A に示される) 基板 510 の前縁 665 と実質的に平行であ

10

20

30

40

50

る方向を含むことができる。少なくとも1つの実施形態では、調整可能な取付プレート825は、角度915に対応する第2の整列位置910に調整される。角度915は、たとえば、移送ベルト615上の基板510の速度、および/または、電磁放射線655のスキャン速度に基づいて調整することができる。電磁放射線655のスキャン速度は、電磁放射線655のパルス幅、および/または、(図6Bに示す)ガルバノメータスキャナ650の移動に、少なくとも部分的に基づくことができる。

【0089】

少なくとも1つの実施形態では、角度915は、移送ベルト615の速度が、約140 mm/sから約180 mm/sであり、パルス幅が、約1 fsから約1.5 msであり、ガルバノメータスキャナ650のスキャン速度が、約1,000 RPMである場合、鏡面の法線軸から約-20度から約+20度であり、これにより、実質的に直線的、および/または、基板510の前縁665と平行な、ブラインドピア501の列(R)が得られる。

【0090】

上述の動作のいずれも、制御ユニット(たとえば、コントローラ690)または他の任意の処理システムによる実行のための命令として、コンピュータ可読媒体に含めることができる。コンピュータ可読媒体は、読取専用メモリ(ROM)、ランダムアクセスメモリ(RAM)、フラッシュメモリ、電氣的消去可能プログラマブルROM(EEPROM)、コンパクトディスクROM(CD-ROM)、フロッピーディスクなど、命令を格納するための任意の適切なメモリを備えることができる。

【0091】

簡潔のために、特定の範囲のみが本明細書に明示的に開示されている。しかしながら、任意の下限からの範囲を、任意の上限と組み合わせて、明示的に列挙されていない範囲を列挙することができ、同様に、任意の下限からの範囲を、他の任意の下限と組み合わせて、明示的に列挙されていない範囲を列挙することができ、同様に、任意の上限からの範囲を、他の任意の上限と組み合わせて、明示的に列挙されていない範囲を列挙することができる。それに加えて、範囲内には、明示的に列挙されていなくても、そのエンドポイント間のすべてのポイントまたは個々の値を含む。したがって、すべての点または個々の値は、明示的に列挙されていない範囲を列挙するために、他の任意の点または個々の値または他の任意の下限または上限と組み合わせた独自の下限または上限として機能する場合がある。

【0092】

本開示の目的のために、特に明記しない限り、本明細書の詳細な記載および特許請求の範囲内のすべての数値は、示された値の「約」または「ほぼ」によって修正され、当業者によって想定される実験誤差および変動を考慮する。

【0093】

本明細書に記載されたすべての文書は、優先権文書および/または試験手順を含め、本書と矛盾しない範囲で、参照により本明細書に組み込まれる。前述の一般的な記載および特定の実施形態から明らかなように、本開示の形態が例示および記載されているが、本開示の精神および範囲から逸脱することなく様々な変更を行うことができる。したがって、それによって本開示が限定されることは意図されていない。同様に、「備える」という用語は、「含む」という用語と同義であると見なされる。同様に、構成、要素、または要素の群の前に遷移用語「備える」がある場合はいつでも、「実質的に~から構成される」、「~から構成される」、「~から構成される群から選択される」または「~である」という遷移用語を備える同じ構成または要素の群は、構成、要素、または複数の要素の列挙に先行する、およびその逆も同様であると考えられると理解される。

10

20

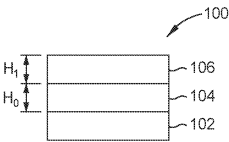
30

40

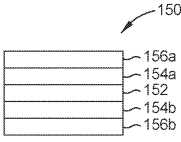
50

【図面】

【図 1 A】

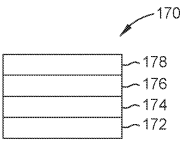


【図 1 B】

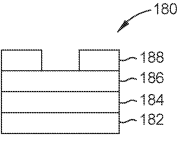


10

【図 1 C】

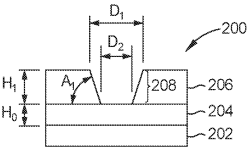


【図 1 D】

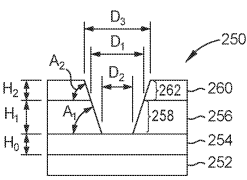


20

【図 2 A】



【図 2 B】

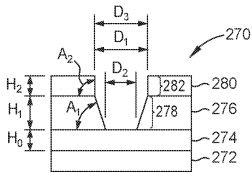


30

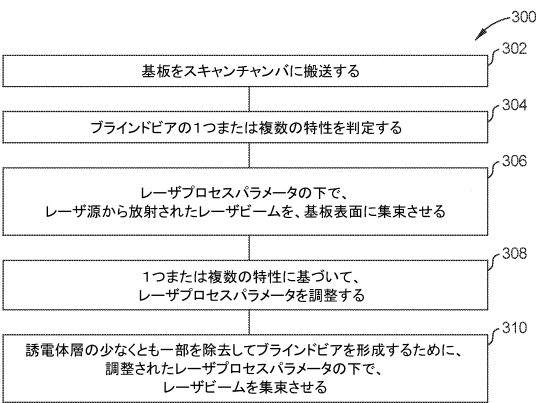
40

50

【図 2 C】

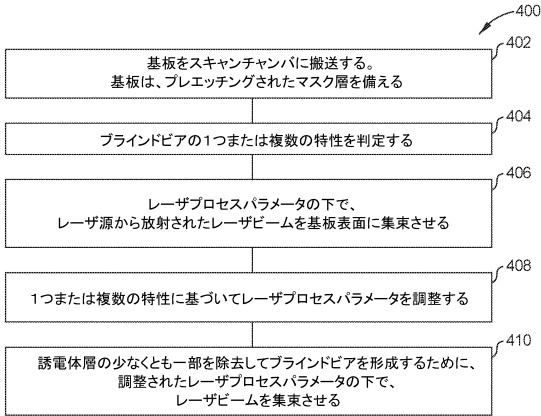


【図 3】

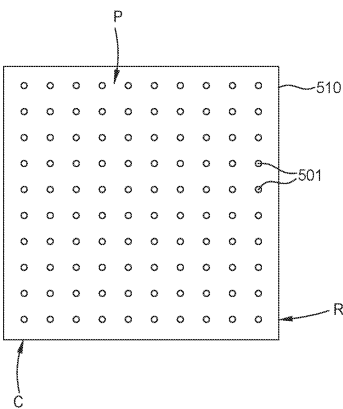


10

【図 4】



【図 5】



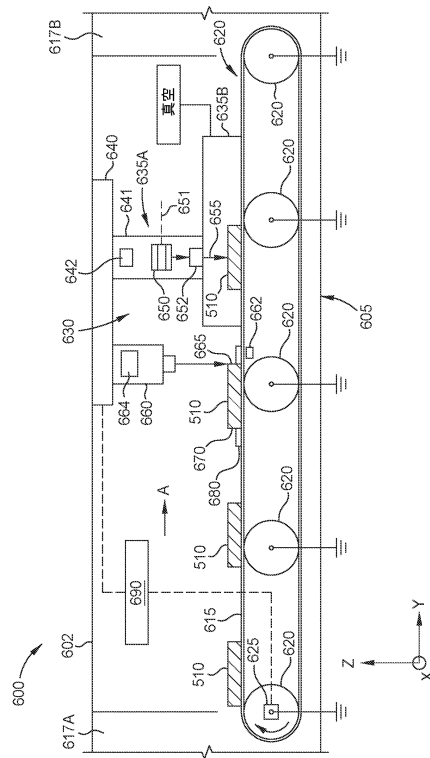
20

30

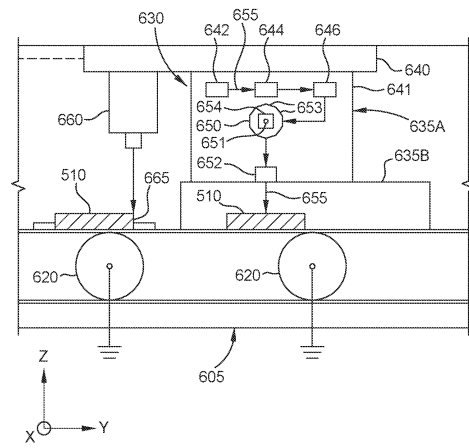
40

50

【 図 6 A 】



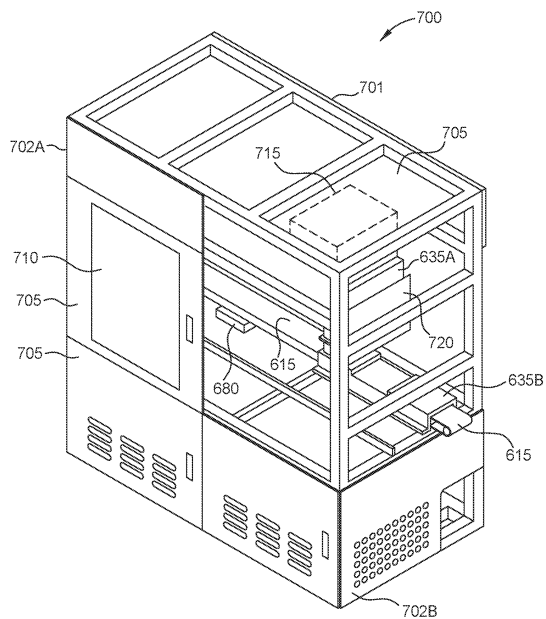
【 図 6 B 】



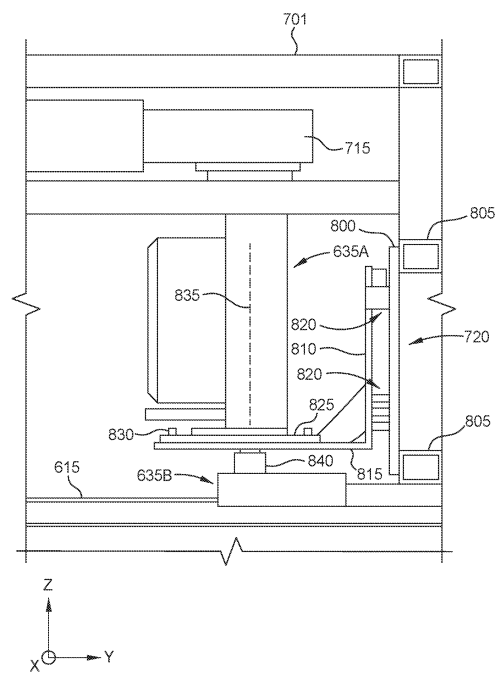
10

20

【 図 7 】



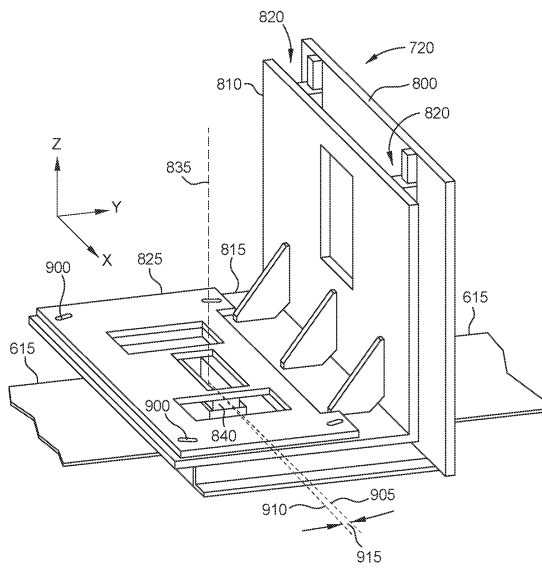
【 図 8 】



30

40

【圖 9】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

(51)国際特許分類

F I
H 0 5 K 3/46 B

5 4 , サンタ クララ , パウアーズ アヴェニュー 3 0 5 0 , エム / エス 1 2 6 9 , シー /
オー アプライド マテリアルズ インコーポレイテッド , ロー デパートメント
(72)発明者 レシュキーズ , カーティス
アメリカ合衆国 カリフォルニア 9 5 0 5 4 , サンタ クララ , パウアーズ アヴェニュー 3 0
5 0 , エム / エス 1 2 6 9 , シー / オー アプライド マテリアルズ インコーポレイテッド ,
ロー デパートメント
(72)発明者 ゴウク , ローマン
アメリカ合衆国 カリフォルニア 9 5 0 5 4 , サンタ クララ , パウアーズ アヴェニュー 3 0
5 0 , エム / エス 1 2 6 9 , シー / オー アプライド マテリアルズ インコーポレイテッド ,
ロー デパートメント
(72)発明者 ヴァハヴェルベク , スティーヴン
アメリカ合衆国 カリフォルニア 9 5 0 5 4 , サンタ クララ , パウアーズ アヴェニュー 3 0
5 0 , エム / エス 1 2 6 9 , シー / オー アプライド マテリアルズ インコーポレイテッド ,
ロー デパートメント
(72)発明者 シヴァラマクリシュナン , ヴィスウェスウォレン
アメリカ合衆国 カリフォルニア 9 5 0 5 4 , サンタ クララ , パウアーズ アヴェニュー 3 0
5 0 , エム / エス 1 2 6 9 , シー / オー アプライド マテリアルズ インコーポレイテッド ,
ロー デパートメント

審査官 岩見 勤

(56)参考文献

特表 2 0 1 0 - 5 2 8 8 6 6 (J P , A)
国際公開第 2 0 1 5 / 1 2 6 4 3 8 (WO , A 1)
特開 2 0 1 0 - 1 2 9 7 2 3 (J P , A)
特開 2 0 1 6 - 1 0 2 9 6 4 (J P , A)
特開平 1 1 - 2 3 3 9 5 0 (J P , A)

(58)調査した分野

(Int.Cl. , D B 名)
B 2 3 K 2 6 / 3 8 6
B 2 3 K 2 6 / 0 0
B 2 3 K 2 6 / 0 6 2 2
H 0 5 K 3 / 0 0
H 0 5 K 3 / 4 6