

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6430523号
(P6430523)

(45) 発行日 平成30年11月28日(2018.11.28)

(24) 登録日 平成30年11月9日(2018.11.9)

(51) Int. Cl.	F I
B 2 3 K 26/067 (2006.01)	B 2 3 K 26/067
B 2 3 K 26/00 (2014.01)	B 2 3 K 26/00 N
B 2 3 K 26/064 (2014.01)	B 2 3 K 26/064 G
B 2 3 K 26/082 (2014.01)	B 2 3 K 26/064 Z
G O 2 B 26/10 (2006.01)	B 2 3 K 26/082

請求項の数 43 (全 33 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2016-546429 (P2016-546429)	(73) 特許権者	515230084
(86) (22) 出願日	平成27年1月13日 (2015.1.13)		フラウンホーファーゲゼルシャフト ツ
(65) 公表番号	特表2017-504483 (P2017-504483A)		ウァ フェアデルング デア アンゲヴァ
(43) 公表日	平成29年2月9日 (2017.2.9)		ンドテン フォアシュング エー. ファウ
(86) 国際出願番号	PCT/EP2015/050489		.
(87) 国際公開番号	W02015/107044		ドイツ連邦共和国 80686 ミュンヘ
(87) 国際公開日	平成27年7月23日 (2015.7.23)		ン, ハンザシュトラーセ 27ツェー
審査請求日	平成29年6月22日 (2017.6.22)	(74) 代理人	100103894
(31) 優先権主張番号	102014200633.3		弁理士 冢入 健
(32) 優先日	平成26年1月15日 (2014.1.15)	(72) 発明者	アイフェル シュテファン
(33) 優先権主張国	ドイツ (DE)		ドイツ連邦共和国 50679 ケルン,
		(72) 発明者	ブスィング ラッセ
			ドイツ連邦共和国 52072 アーヘン
			, リュジャー シュトラーセ 4
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 表面のレーザ加工のための機械加工装置及び方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

表面のレーザ加工のための機械加工装置であって、
 レーザ光線が光軸上の放射方向で放射されるレーザ光線入口部と、
 前記放射方向で前記レーザ光線入口部の後ろに配置された回転部であって、該回転部によって前記レーザ光線が前記光軸に対して平行にオフセット方向の間隔で配置され、前記オフセット方向が前記光軸周りに一時的に回転する、前記回転部と、
 前記放射方向で前記回転部の後ろに配置された少なくとも1つの拡散部であって、該拡散部によって前記レーザ光線が複数の部分光線にファンアウトされ、該複数の部分光線が前記光軸に対して径方向に、連続又は不連続の強度分布を形成し、該複数の部分光線が全光線を表す、前記拡散部と、
 前記放射方向で前記拡散部の後ろに配置された第1モジュールであって、該第1モジュールによって、前記部分光線がそれぞれ集束される、前記第1モジュールと、
 前記放射方向で前記第1モジュールの後ろに配置された選択部であって、該選択部によって、前記部分光線の一部が前記全光線から除去される、前記選択部と、
 前記放射方向で前記第1モジュールの後ろに配置された第2モジュールであって、該第2モジュールによって、前記部分光線の光線角度がそれぞれ相互に対してより小さくなる、前記第2モジュールと、
 前記放射方向で前記第2モジュールの後ろに配置された偏向部であって、該偏向部によって、前記部分光線が時間の関数として偏向される、前記偏向部と、

前記放射方向で前記第 2 モジュールの後ろに配置された集束部であって、該集束部によって、前記全光線の残りの部分光線がそれぞれ集束される、前記集束部と、
を備える、機械加工装置。

【請求項 2】

請求項 1 記載の機械加工装置であって、

前記第 2 モジュールは、前記放射方向で、前記選択部の後ろに配置されている、機械加工装置。

【請求項 3】

請求項 1 又は 2 に記載の機械加工装置であって、

前記放射方向で前記拡散部の後ろ、又は前記第 1 モジュールの後ろに配置された拡大システムをさらに有し、前記拡大システムによって、前記全光線の部分光線間、及び / 又は前記部分光線の主光線間、の間隔が拡縮される、機械加工装置。

10

【請求項 4】

請求項 3 記載の機械加工装置であって、

前記拡大システムは、前記光軸に沿って、前記選択部と前記第 2 モジュールとの間に配置される、機械加工装置。

【請求項 5】

請求項 1 乃至 4 のうちいずれか 1 項記載の機械加工装置であって、

前記レーザ光線は、前記拡散部によって、複数のそれぞれ平行な部分光線にファンアウトされ、

20

前記第 1 モジュールは、前記部分光線をそれぞれ共通のプレートに集束し、前記部分光線は前記光軸に平行であり、前記部分光線は領域内で放射方向に前記共通のプレート前後で重複せず、

前記選択部は、前記部分光線が重複しない前記領域内に配置される、
機械加工装置。

【請求項 6】

請求項 1 乃至 5 のうちいずれか 1 項記載の機械加工装置であって、

前記複数の部分光線の主光線間の角度は、前記第 1 モジュールによって変更され、前記部分光線の主光線は、前記第 1 モジュールによって、相互に平行になる、機械加工装置。

【請求項 7】

30

請求項 1 乃至 6 のうちいずれか 1 項記載の機械加工装置であって、

前記拡散部は、前記光軸周りに、及び / 又は、前記光軸に対して垂直な軸周りに、回転可能に設けられている、

機械加工装置。

【請求項 8】

請求項 1 乃至 7 のうちいずれか 1 項記載の機械加工装置であって、

前記拡散部は、1 又はそれ以上の回折光学要素、1 又はそれ以上のダイクロイック分光器、1 又はそれ以上の屈折光学要素、1 又はそれ以上のマイクロレンズアレイ、1 又はそれ以上の固定又は動的な回折格子、1 又はそれ以上の空間光変調器、1 又はそれ以上のホログラム、および / または、1 又はそれ以上の回折格子光バルブ、を有するグループの中から選択された、1 又はそれ以上のものを有する、または、ものである、

40

機械加工装置。

【請求項 9】

請求項 1 乃至 8 のうちいずれか 1 項記載の機械加工装置であって、

前記選択部は、前記除去される部分光線の放射路に導入される吸収部を有する、または、

前記選択部は、前記除去される部分光線の放射路に導入されるミラーを有し、該ミラーによって前記除去される部分光線が吸収部に偏向される、

機械加工装置。

【請求項 10】

50

請求項 1 乃至 9 のうちいずれか 1 項記載の機械加工装置であって、

前記選択部は、多数のマイクロミラーを有する静的又は動的なマイクロミラーアレイを有し、1 又はそれ以上の除去される部分光線は、それぞれ、マイクロミラーによって吸収部上に偏向される、

機械加工装置。

【請求項 1 1】

請求項 1 乃至 1 0 のうちいずれか 1 項記載の機械加工装置であって、

前記選択部は、前記除去される部分光線をマスク及び / 又は吸収するマスクを有し、

前記マスクは、好ましくは移動可能であり、前記除去される部分光線の放射路に移動される、

機械加工装置。

【請求項 1 2】

請求項 1 乃至 1 1 のうちいずれか 1 項記載の機械加工装置であって、

前記放射方向で、前記第 1 モジュールの前に配置された選択部をさらに有し、

前記選択部によって、前記部分光線の一部がマスクされる、

機械加工装置。

【請求項 1 3】

請求項 1 乃至 1 2 のうちいずれか 1 項記載の機械加工装置であって、

前記拡散部は、回折光学要素、好ましくは、回折格子であり、

前記拡散部によって、前記回折光学要素により生成される回折パターンの全次数は、前記光線から除去され、前記次数は主次数ではなく、または 0 次数でない、

機械加工装置。

【請求項 1 4】

請求項 1 乃至 1 3 のうちいずれか 1 項記載の機械加工装置であって、

前記拡散部は、回折光学要素、好ましくは、回折格子であり、

前記選択部によって、少なくとも 1 つの部分光線は除去され、該部分光線は、前記回折光学要素により生成される回折パターンの主次数である、

機械加工装置。

【請求項 1 5】

請求項 1 乃至 1 4 のうちいずれか 1 項記載の機械加工装置であって、

前記拡散部は、相互に対して前記残りの部分光線の主光線を集束する前記第 1 モジュール及び / 又は前記第 2 モジュールの入射ひとみに配置されており、

前記主光線は、前記光軸に沿った前記第 2 モジュールと前記集束部との間の面内において、相互に対して最小の間隔をとり、前記面の後ろで前記集束部まで離れて移動する、

機械加工装置。

【請求項 1 6】

請求項 1 乃至 1 5 のうちいずれか 1 項記載の機械加工装置であって、

前記第 2 モジュールによって、前記部分光線の光線角度は、前記光軸上で点反射した対向する角度のような光線角度に対して、相互にそれぞれより小さくなり、

前記対応する部分光線の光線が、相互に対し、前記第 1 モジュールへの入射時に、前記部分光線を夫々有し、該部分光線が好ましくは平行である、

機械加工装置。

【請求項 1 7】

請求項 1 乃至 1 6 のうちいずれか 1 項記載の機械加工装置であって、

前記集束部は、前記残りの部分光線の主光線を相互に平行にする、

機械加工装置。

【請求項 1 8】

請求項 1 乃至 1 7 のうちいずれか 1 項記載の機械加工装置であって、

前記集束部は、前記残りの部分光線の主光線を前記機械加工する表面上に集束する、

機械加工装置。

10

20

30

40

50

【請求項 19】

請求項 1 乃至 18 のうちいずれか 1 項記載の機械加工装置であって、
レーザシステムを更に有し、
前記レーザシステムによって、レーザ光線は、前記放射方向に前記光軸上に生成され、
前記レーザ光線は、前記レーザ光線入口部に入射する、
機械加工装置。

【請求項 20】

請求項 19 に記載の機械加工装置であって、
前記レーザシステムは、前記レーザ光線を生成するために、非パルス状レーザ、マイクロ秒レーザ、ナノ秒レーザ、ピコ秒レーザ、又はフェムト秒レーザを有する、
機械加工装置。

10

【請求項 21】

請求項 1 乃至 20 のうちいずれか 1 項記載の機械加工装置であって、
前記第 1 及び / 又は第 2 モジュールは、定義されたペッツヴァルの和又は該ペッツヴァルの和で構成されている、少なくとも 1 つの正レンズ、及び、少なくとも 1 つの負レンズ、を有する、
機械加工装置。

【請求項 22】

請求項 1 乃至 21 のうちいずれか 1 項記載の機械加工装置であって、
前記光軸に沿って、前記放射方向に、前記レーザ光線入口部の後ろで前記回転部の前に
、配置された焦点変更部を更に有し、
前記焦点変更部により、前記レーザ光線の光線間の角度が調整され、前記光線は、前記光軸上で前記焦点変更部の後ろの点に向けて先細りになり、あるいは、前記光軸上で前記焦点変更部の前又は中における点からの光線の放射で離れて移動し、前記対応する点の間隔は、前記焦点変更部によって、前記光軸に沿って変化する、
機械加工装置。

20

【請求項 23】

請求項 3 又は 4 記載の機械加工装置であって、
前記拡大システムは、複数の回転対称のレンズを有し、該レンズは、前記光軸に対して同軸のレンズ軸で配置され、相互に前記光軸に沿って移動可能である、
機械加工装置。

30

【請求項 24】

請求項 3 又は 4 記載の機械加工装置であって、
前記拡大システムは、第 1 グループのアナモフィックプリズム、及び、前記第 1 グループに対し光軸周りに 90° 回転した第 2 グループのアナモフィックプリズムを有し、
前記第 1 グループのプリズム及び前記第 2 グループのプリズムは、前記光軸に対し垂直であり前記プリズムの非平行面に平行な軸周りにそれぞれ相互に回転可能であり、
前記第 1 グループは前記拡散部と前記第 1 モジュールとの間に配置され、前記第 2 グループは前記選択部と前記第 2 モジュールとの間に配置されている、
機械加工装置。

40

【請求項 25】

請求項 3 又は 4 記載の機械加工装置であって、
前記拡大システムは、第 1 グループの円柱レンズと、前記第 1 グループに対し光軸周りに 90° 回転した第 2 グループの円柱レンズと、を有し、
前記第 1 グループの円柱レンズ及び前記第 2 グループの円柱レンズは、前記光軸に沿って相互にそれぞれ配置され、
前記第 1 グループは前記拡散部と前記第 1 モジュールとの間に配置され、前記第 2 グループは前記選択部と前記第 2 モジュールとの間に配置されている、
機械加工装置。

【請求項 26】

50

請求項 1 乃至 2 5 のうちいずれか 1 項記載の機械加工装置であって、
前記回転部は、前記光軸に対し傾斜して配置され、前記光軸周りに回転可能な平面平行
プレートを有する、
機械加工装置。

【請求項 2 7】

請求項 1 乃至 2 6 のうちいずれか 1 項記載の機械加工装置であって、
前記回転部は、少なくとも 2 つのくさびプレートを有する構成を有しており、前記くさ
びプレートは、前記光軸周りに回転可能である、
機械加工装置。

【請求項 2 8】

請求項 1 乃至 2 7 のうちいずれか 1 項記載の機械加工装置であって、
前記回転部は、Schmidt-Pechanプリズム、回転 K - ミラー、又は回転ドーププリズムを
有し、前記プリズムは前記光軸周りに回転可能である、
機械加工装置。

10

【請求項 2 9】

請求項 1 乃至 2 8 のうちいずれか 1 項記載の機械加工装置であって、
前記回転部は、2 つのミラー間に配置された面平行プレートを有し、
前記光軸に沿った前記ミラーの一方上に入射したレーザー光線が、該ミラーによって前記
面平行プレートへ反射され、該面平行プレートを通過し、他の前記ミラー上に入射し、そ
こから、前記光軸に対し平行方向で、前記光軸に対して 0 よりも大きい間隔で、反射され
るように、前記ミラーと前記面平行プレートは、配置され、

20

前記面平行プレートは回転可能であり、前記ミラーは前記光軸に対して平行方向で配置
されている、
機械加工装置。

【請求項 3 0】

請求項 1 乃至 2 9 のうちいずれか 1 項記載の機械加工装置であって、
前記光軸に対し回転可能な偏光部を更に有し、
該偏光部によって前記レーザー光線の偏光状態は変化し、前記光線の偏光方向は前記偏光
部によって前記光軸周りに回転可能であり、前記偏光部は前記回転部の前に前記放射方向
で配置されている、

30

機械加工装置。

【請求項 3 1】

請求項 3 0 記載の機械加工装置であって、
前記偏光部が前記光軸周りに回転する回転周期は、前記回転部の前記オフセット方向が
前記光軸周りに回転する回転周期の半分の大きさである、

機械加工装置。

【請求項 3 2】

請求項 3 0 又は 3 1 に記載の機械加工装置であって、
前記偏光部は、半波プレート、1 / 4 波プレート、接線方向偏光部、半径方向偏光部、
又は、リターダープレートの組合せ、である、

40

機械加工装置。

【請求項 3 3】

請求項 1 乃至 3 2 のうちいずれか 1 項記載の機械加工装置であって、
前記偏向部は、前記光軸周りに回転可能に設けられた、1 又はそれ以上のガルバノメー
タスキャナー、1 又はそれ以上のポリゴンスキャナー、1 又はそれ以上の共鳴スキャナー
、1 又はそれ以上の圧電スキャナー、1 又はそれ以上の MEM ミラー、1 又はそれ以上の
マイクロミラー スキャナー、1 又はそれ以上の音響光偏光器あるいは電光偏向器、及び /
又は、くさびプレート又は面平行プレートの組合せ、を有する グループ の中から選択され
た 1 又はそれ以上のものを有する、

機械加工装置。

50

【請求項 34】

請求項 1 乃至 33 のうちいずれか 1 項記載の機械加工装置であって、
前記偏向部の回転の有効点が前記第 1 及び第 2 モジュールにより生成された前記拡散部
のイメージに合うように、前記偏向部は位置している、
機械加工装置。

【請求項 35】

請求項 1 乃至 34 のうちいずれか 1 項記載の機械加工装置であって、
前記集束部は、F - レンズを有する、又は、である、
機械加工装置。

【請求項 36】

請求項 1 乃至 35 のうちいずれか 1 項記載の機械加工装置であって、
前記偏向部は、前記光軸に沿って、前記集束部の前に配置されている、
機械加工装置。

10

【請求項 37】

請求項 1 乃至 36 のうちいずれか 1 項記載の機械加工装置であって、
少なくとも 1 つの処理気体ノズルをさらに有し、
前記処理気体ノズルによって、少なくとも 1 つの気体噴射は、1 又はそれ以上の前記部
分光線により加工された前記表面の領域上を目標とする、
機械加工装置。

【請求項 38】

請求項 37 に記載の機械加工装置であって、
前記処理気体ノズルは、前記部分光線によって加工される表面をそれぞれ目標にした複
数の部分ノズルを有する、
機械加工装置。

20

【請求項 39】

表面のレーザ加工のための方法であって、
レーザ光線が光軸上の放射方向で放射され、
前記レーザ光線が前記光軸に対してオフセット方向の間隔で平行に配置され、前記オフ
セット方向が前記光軸周りに一時的に回転し、
前記レーザ光線が複数の部分光線にファンアウトされ、該複数の部分光線が前記光軸に
対して径方向に、連続又は不連続の強度分布を形成し、
該複数の部分光線が全光線を表し、
前記部分光線がそれぞれ集束され、
前記部分光線の一部が前記全光線から除去され、
前記部分光線の光線間の角度がそれぞれより小さくなり、
前記部分光線が時間の関数として偏向され、それぞれ、前記部分光線の光線間の角度が
減少し、
前記全光線の残りの部分光線がそれぞれ集束される、
方法。

30

【請求項 40】

請求項 39 に記載の方法であって、
偏向部が前記光線の円偏向を導く動作を行う、
方法。

40

【請求項 41】

請求項 40 に記載の方法であって、
回転部の前記回転は、前記偏向部の偏向と同期している、
方法。

【請求項 42】

請求項 39 乃至 41 のうちいずれか 1 項記載の方法であって、
前記部分光線は、前記加工される表面上の周期で、焦点の周期的な配置を形成し、

50

レーザ加工は、第1加工工程で前記焦点で実施され、その後、さらなる加工工程で、前記表面は、前記焦点に対して、ある距離で前記表面の面内に前記焦点の周期配置の方向で配置され、前記配置後、前記表面のさらなるレーザ加工が実施され、前記周期は前記距離の整数倍である、

方法。

【請求項43】

請求項42に記載の方法であって、

前記方法は、請求項1乃至38のうちいずれか1項記載の機械加工装置で実施される、方法。

【発明の詳細な説明】

10

【技術分野】

【0001】

本発明は、表面のレーザ加工のための機械加工装置に関するものであり、レーザ光が回転部によって、光軸周りに平行に回転し移動可能であり、移動したレーザ光は、拡散部によって、複数の部分光線にファンアウトされ、複数の部分光線は、それぞれ、集束され、部分光線の一部は、その結果の全光線から除去され、部分光線の光線角度は相互に相対的に小さくなり、残りの部分光線は、時間の関数として偏向され、残りの部分光線は、それぞれ、集束され得る。

本発明は、さらに、対応する方法に関するものでもある。

【背景技術】

20

【0002】

パルス状あるいは連続的な(連続波)レーザ放射でレーザ加工を行う場合、レーザ放射源の一定の開発によって、より高い平均レーザ出力が利用可能である。長短波レーザ放射源の市場では、ここ数年、産業上利用可能なレーザシステムの平均レーザ出力が大きく増加している。50 - 150 W範囲の出力を有する、商業上利用可能で、今日、産業上適した超短波レーザ放射源が存在する。400 W及びそれ以上の出力を有するレーザ源は、次の数年で市場を支配するであろう。より高い平均出力は、より高い強度あるいはより広い表面の放射によって、レーザ処理を加速させるために、利用され得る。多くの用途、特に、マイクロ機械加工では、しばしば、小スポット径の需要があり、その形状において、より高精度を達成している。一貫した小スポット形状を有する平均レーザ出力の増加で、非常に大きなエネルギー入力という条件で、機械加工の一貫した質を有する処理率の増加が達成され得る。したがって、一般に、定義された機械加工点に対する有用なレーザ出力又はレーザ強度の最大制限は、各処理に対して存在する。にもかかわらず、一貫したスポット径で処理率を増加させるために、一般に、2つの手法が追求されている。第1の手法は、加工物又はレーザスポットの迅速な移動によって、加工物上のレーザエネルギーを一時的に速く移動させることである。第2手法は、より広い表面上でレーザ力を分割することである。複数の加工点で平行に機械加工を行うことが、第2の手法の一例として、考え得る。

30

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

40

【0003】

その述べられた手法は、迅速な光線移動及び/又は光線形成を行うことができる走査システムによって用いることができる。この目的のために、一部の走査システム、例えば、ガルバノメータースキャナー、ポリゴンスキャナーなど、が市場に存在する。平均レーザ力のさらなる増加で、標準的な走査システムの走査速度は、近年、もはや、1つの光線におけるレーザ力を用いるのに十分ではなくなっている。

したがって、本発明の目的は、レーザで非常に高いレーザ出力で、高精度な表面の再加工を可能にする、表面のレーザ加工のための機械加工装置を示すことである。

さらに、その目的は、レーザ加工のための、対応する方法を示すことである。

【課題を解決するための手段】

50

【 0 0 0 4 】

この目的は、請求項 1 に係る、表面のレーザ加工のための機械加工装置、および、請求項 3 9 に係る、表面のレーザ加工のための方法、によって達成される。従属請求項は、本発明に係る機械加工装置、及び本発明に係る方法、の有利な展開を示している。

本発明によれば、表面のレーザ加工のための機械加工装置が示され、複数の部分光線が加工される面上を移動する。

機械加工装置は、レーザ光線が放射されるレーザ光線入口部を有する。レーザ光線が放射される方向は、ここで、放射方向と称される。放射されたレーザ光線の放射方向は、このシステムの光軸を定義する。このシステムの光軸は、ここで連続直線として理解されるべきで、しかし、おそらく現在の偏向ミラーの場合には、対応して曲げられる。

ここでは、光線、例えば、特に、レーザ光線、部分光線、好ましくは、主光線から、対応する光線の主光線周りに特定角度範囲で、あるいは、特定の間隔範囲（好ましくは、主光線に垂直方向で計測される）で、広がっている、ある量の光線、と理解すべきである。したがって、好ましくは、主光線、及びこの主光線周りのある量の光線は、各光線に割り当てられる。その角度範囲及び間隔範囲は、有限次元あるいは微小であってもよい。部分光線が平行にされた場合、その部分光線は、好ましくは、角度範囲の代わりに間隔範囲で定義される。ここで、光線、好ましくは、光子の飛行路又は光線の波面に垂直な直線によって理解される。

また、光線は、幾何光学のイメージで、多数の光線として記載されており、主光線に対して、それぞれ、自由伝搬で変化しない角度をそれぞれ有している。全体で、主光線と他の光線間の全角度の総計から、角度分布は定義され得る。主光線は、入射ひとみの中心を通り広がる光線であり得る。好ましくは、入射ひとみは、この光学システムへのレーザ放射入口の自由開口部である。レーザ光線は、光軸に垂直な面内に、強度分布を形成し、その強度分布は、一時的な平均として、レーザ光線の局所エネルギー分布を表す。

本発明によれば、前記放射方向で前記レーザ光線入口部の後ろに回転部が配置され、該回転部によって前記レーザ光線が前記光軸に対して平行にオフセット方向の間隔で配置され、前記オフセット方向が前記光軸周りに一時的に回転する。この間隔は、好ましくは、0 より大きく、しかし 0 でもあり得る。

回転部が放射方向でレーザ光線入口部の後ろに配置されているということは、レーザ入口で放射方向で光軸上で出射されたレーザ光線が、機械加工装置に入射した後、回転部に到達することを意味する。回転部は、上記した間隔で、光軸に対して平行にレーザ光線を配置する。したがって、レーザ光線が光軸上の回転部に入射し、光軸に対して上記間隔で、しかし、回転部に対して平行に、その回転部から去る。回転部を去る光線に対する光軸の方向は、ここで、オフセット方向として示されるべきである。本発明によれば、オフセット方向は、一時的に光軸周りに回転する。回転部から現れるレーザ光線は、したがって、光軸に対して垂直な面内の光路として記載され、光軸周りに回転する。上記した間隔が 0 の場合、オフセット方向は定義されない。

好ましくは、オフセット方向は、光軸周りに閉じられた路に沿って、特に、好ましくは、円で回転し、上記した路は円である。

本発明に係る機械加工装置は、さらに、前記放射方向で前記回転部の後ろに配置された拡散部を有する。該拡散部によって前記レーザ光線が複数の部分光線にファンアウトされる。拡散部は、好ましくは、分光器として考えてもよい。部分光線は、それにより、前記光軸に対して垂直な面内に、連続の強度分布を形成してもよく、しかし、好ましくは、各部分光線が上記した光軸に垂直な面内において、強度の局所最大値を有する強度分布を有していてもよい。この場合、部分光線は、それぞれ、個別のレーザ光線として、考えられ、あるいは、構成され得る。部分光線は、それにより、光軸に沿って、部分領域内のその端領域で部分光線と隣接して、重畳される、あるいは、相互から完全に離れて、存在してもよい。後者の場合、上記した面の強度分布は、不連続である。部分光線の分布は、分光器の構成によって決定される。

前記レーザ光線が複数の部分光線にファンアウトされるということは、好ましくは、部

10

20

30

40

50

分光線の主光線が拡散して拡散部の後ろで広がるという意味である。拡散部のこの機能は、好ましくは、拡散部が、主光線を、光軸に対する方向でそれぞれ異なる、有限数あるいは無限数の新主光線に分割するように記載され得る。各新主光線に対して、ある量の光線が存在し、その光線は、新主光線に対して、拡散部に入射するレーザ光線の光線と同一の角度分布を有している。新主光線は、このある量の光線と共に、部分光線として、考慮され得る。拡散部は、したがって、角度アパーチャにおける入射レーザ光線の強度分布において、変化をもたらす。

連続強度分布は、それ自体で、拡散部により形成される一貫した光度分布であり得る。第1モジュールによって、各部分光線は、近軸の幾何光学の意味で、光軸に対し垂直方向で共通の焦点面上の点に集束され得る。その連続の場合、したがって、無限数の点が焦点面に存在し、したがって、無限数の部分光線が存在する。

10

不連続強度分布の例は、レーザ光線を有限数の部分光線に分割する分光器（4倍の4つの部分光線の回折格子に分解する）である。第1モジュールの焦点面において、局所的に、分けられた焦点は、したがって、近軸光学の概念で集束することで生成され得る。屈折制限光学の概念では、焦点領域は焦点面上に生成され得る。

連続強度分布及び不連続強度分布の組合せは、拡散部によって影響され得る。この例として、4倍の4つの領域の形成が述べられ、それぞれ、“F”を形成している。

拡散部により生成された部分光線の総計は、ここで、全光線と称されるべきである。

拡散部は、しかし、上記の光軸に垂直な面内にいかなる強度分布を生成することができる。最も簡単な場合で、例えば、拡散部は、回折格子式に従って、光線を生成することができる。

20

【数1】

$$\sin(\theta_n) = n \cdot \frac{\lambda}{g}$$

n は回折格子の整数の次数、 λ はレーザ光線の波長、 g は回折格子定数、 θ_n は光軸に対する部分光線の主光線の角度、 θ_n を示す。分光器の構成に従って、1つの強度分布又は複雑な複数の強度分布の2次元回折格子が、ここで生成され得る。

上述したように、拡散部は、光軸に対し垂直なイメージ面内に、連続強度分布を形成する部分光線を、形成することができる。この場合、隣接する部分光線は、一方を他方に統合する。強度分布は、それにより、いかなる形状をも想定でき、強度分布のその形状は、拡散部により定められる。部分光線の上述した定義は、いかなる拡散部に対しても利用可能である。拡散部により形成される各全光線は、いかなる部分光線の数、角度範囲、又は間隔範囲、から構成されるものとして、表現され得て、対応する主光線周りに広がる一定の部分光線の光線は、無限小であり得る。他の拡散部は、しかし、不連続部分光線を生成でき、その不連続部分光線は、重複することなく、との光線は、対応する主光線まわりで、有限、失消しない角度範囲又は間隔範囲内で広がる。

30

拡散部は、好ましくは、マイクロ及び/又はナノ構成のパターンを有する回折光学要素であり得る。分光器は、さらに、ダイクロイック分光器、屈折光学要素、例えば、マイクロレンズアレイ、または固定又は動的な回折格子のようなもの、例えば、空間光変調器、ホログラム、回折格子光バルブのようなもの、であり得る。

40

好ましくは、拡散部は、平行な部分光線を生成する。

本発明の好ましい実施形態では、拡散部は、少なくとも1つの軸、特に光軸周り、好ましくは、相互に垂直である2又は3つの軸で、特に好ましくは光軸を含む軸周りに回転可能に設けられていてもよい。

本発明に係る機械加工装置は、さらに、第1モジュールを有し、第1モジュールは放射方向で拡散部の後ろに配置され、それにより、複数の部分光線は、それぞれ、集束される。したがって、拡散部により生成された各部分光線において、対応する部分光線の光線は、相互に対して偏向され、1つの焦点でそれぞれ交差する。

好ましくは、部分光線の主光線の角度は、さらに、第1モジュールによって、相互に対

50

しより小さくなくてもよく、特に好ましくは、全部分光線の主光線は、相互に平行になってもよい。部分光線は、したがって、第1モジュールによって偏向され、第1モジュールの後ろの主光線方向は、相互に平行に広がってもよい。仮に拡散部により生成された部分光線が個別のレーザ光線または個別のレーザ光束である場合、これらは第1モジュール後ろで相互に平行に広がることのできる。第1モジュールは第1リレーモジュールと称されてもよい。

モジュールは、好ましくは、拡散部が第1モジュールの入射ひとみに位置するように配置される。

本発明に係る機械加工装置は、さらに、選択部を有し、選択部は放射方向で第1モジュールの後ろに配置され、選択部によって部分光線の一部が第1モジュールにより生成された全光線から除去される。好ましくは、選択部は光軸に沿った領域内に配置され、その領域内で、第1モジュールによる集束によって、部分光線は相互に重複することがない。

10

本発明の好ましい実施形態において、選択部は、除去される部分光線の放射路に導入される吸収部を有していてもよく、好ましくは、ミラーによって除去される部分光線が吸収部に偏向されてもよい。この目的のために、ミラーは、好ましくは、2次元上で移動可能であってもよい。結果として、特定の部分光線が全光線から選択され、残りの部分光線は、妨げられることなく選択部を通過し、機械加工装置のさらなる放射路にしたがってもよい。

また、選択部は、好ましくは、除去される部分光線の放射路に導入される吸収部を有していてもよい。

20

選択部は、除去される部分光線の放射路で移動可能なマスクを有していてもよい。このマスクは、この目的のために、好ましくは、2次元内で動的に移動可能であってもよい。

本発明の一実施形態において、選択部は、マイクロミラーアレイを有していてもよく、そこで、個別の部分光線は、1又はそれ以上の移動可能なミラーに当たり、そのミラーは、対応する部分光線を全光線の放射路から吸収部に導き、あるいは、全部分光線を反射し、その全部分光線は、機械加工装置の光軸方向の全光線から除去されず、除去される部分光線は、例えば偏向されることなく吸収部に当たってもよい。

選択部は、さらに、付加的に又は選択的に、除去される部分光線を平行にする及び/又は吸収する、マスクを有していてもよい。そのようなマスクは、全光線から部分光線を除去することができる。そのようなマスクは、ミラー、マスク、静的又は動的なマイクロミラーアレイのような、前に述べた部に加えて、放射方向でこの対応する装置の後ろで用いられ、選択部の第1部分によって除去されない部分光線から、さらに、部分光線を全光線から除去してもよい。

30

例えば、拡散部が回折格子である場合、入って来るレーザ光線は、それを主とより高い次数に分割する。さらに、0次数は存在し、拡散部に結合されるレーザ光線の回折しない光に対応している。0およびより高い回折次数は、しばしば望まれず、その理由は、拡散部の効率を下げ、加工される表面における機械加工処理を妨げる可能性があるからである。そのような0及びより高い次数は、好ましくは、全光線から、選択部、特にマスクによって除去されてもよい。

マスクは、例えば、金属シートの、被覆の、及び透明の基板であってもよく、その場合不透明の被覆は、穿孔からなる適切な回折格子を有する適切な開口部又はミラーを有していてもよい。そのマスクにより、望まれる主次数が影響を受けずに伝搬し、0及びより高い回折次数が、選択され、吸収部に吸収又は偏向される。

40

好ましくは、少なくとも1つの部分光線は、選択部により除去され、部分光線は回折光学要素によって生成される回折パターンの主次数であってもよい。

本発明の好ましい実施形態において、選択部は、ミラー又はマスクを有し、これらは上記したように、光軸に対し垂直に移動可能であり、さらに、開口部を有するマスクであってもよい。開口部を有するマスクは、それにより、移動可能なミラー又は移動可能なマスクの前、又は好ましくは後ろに、配置されてもよい。

本発明に係る機械加工装置は、さらに、第2モジュールを有し、その第2モジュールは

50

放射方向で第1モジュールの後ろ、好ましくは選択部の後ろに配置されてもよく、それにより、部分光線の光線角度はそれぞれ相互に対しより小さくなる。したがって、光線角度は、第2モジュール上に入射する各部分光線において、第2モジュールによって、相互により小さくなる。好ましくは、部分光線は、第2モジュールで平行になってもよい。

好ましくは、さらに、本発明の実施形態において、部分光線の光線角度は、相互に対して、第2モジュールによって、それぞれより小さくなり、それら角度に対する部分光線は、光軸上の対応する角度のように、点反射され、対応する部分光線の光線は、相互に対し、第1モジュール内に入射してもよい。したがって、部分光線の1つを考える場合、その光線は相互に対して特定角度で第1モジュールに入射する。この好ましい実施形態において、光線は、相互に対して同一角度で第2モジュールを去り、しかし、光軸上で点反射される。したがって、部分光線は、第2モジュールを去った後、第1モジュールに入射するのに対し、さかさまになる。

10

本発明の好ましい実施形態において、部分光線の主光線は、第2モジュールによって、集束できる。主光線が集束され得るということは、それら主光線が第2モジュールによって偏向され、相互に近づくという、意味である。部分光線の主放射方向は、したがって、第2モジュールによって変更され、部分光線の主光線間の間隔は、光軸に対し垂直方向に、光軸に沿って、最小間隔の点まで、より小さくなる。

第2モジュールは、第2リレーモジュールと称されてもよい。リレーモジュールは、放射方向の前に位置する要素と共に、特に全光線内において、第1モジュールによって、低減されてもよく、選択部によって、除去された部分光線を光線面内にイメージし、その光線面内では、主光線が相互に対して最小間隔を有していてもよい。全光線は、ここで、最小径を有している。この面内において、各部分光線の主光線は、交差することができる。

20

本発明に係る機械加工装置は、放射方向に第2モジュールの後ろで、好ましくは集束部の前に、偏向部を有しており、これにより、部分光線は時間関数として偏向されてもよい。

偏向部によって、部分光線の主光線の放射方向は、偏向されてもよい。好ましくは、偏向部によって、その点で、部分光線の効率的な偏向が可能となり、その点で主光線は、第2モジュールによる集束により、相互からの最小間隔を有する。

偏向部により、好ましくは、加工物の加工面内、例えば、機械加工される面上、に高度な力学で、部分光線の調整可能な偏向が可能となる。好ましくは、偏向部は、2つの偏向部を有し、それら偏向部は、相互に対し垂直に配置され、2つの空間方向で光線偏向が可能となる。好ましくは、ガルバノメータスキャナーは、偏向部として用いられる。他の動的な光線偏向部、例えば、ポリゴンスキャナー、共鳴スキャナー、圧電スキャナー、MEM反射部、音響あるいは電光偏向器(AOD又はEOD)などを用いることができる。

30

本発明に係る機械加工装置は、さらに、集束部を有し、それにより、全光線の残りの部分光線は夫々集束され得る。好ましくは、それら部分光線は、それにより、加工される表面上に集束され得る。

集束部は、好ましくは、放射方向で、偏向部の後ろに配置される。好ましくは、集束部は、さらに、放射方向の点の後ろに配置され、その点で、部分光線の主光線は第2モジュールによって集束され、相互に対して最小間隔を有する。この場合、集束部は、したがって、光軸に沿って、第2モジュールに対してある間隔で配置され、第2モジュール内で、部分光線の主光線は再度離れて移動する。集束部の後ろで、部分光線は、相互に平行に広がることができる。

40

集束部は、例えば、テレセントリック特性を有するF補正レンズであってもよい。光線偏向部によって、結果の焦点は、好ましくは、加工される表面上のいかなる2次元路上に偏向されてもよい。回転部によって生じる回転光線オフセットは、部分光線の移動を、放射面内で半径 r の軌道で生じさせ、その放射面内では、部分光線の主光線が、相互に対する最小間隔を、第2モジュールの後ろで、有する。この光線オフセットは、集束部の光軸に対する光線の位置を導き、その光線は、光軸に対する主光線の角度で加工物に当たる。

50

平行レーザ光線が機械加工装置のレーザ光線入口で入射する場合、それは好ましい。好ましくは、レーザ光線は、拡散部により、複数のそれぞれ平行な部分光線にファンアウトされる。

本発明の好ましい実施形態において、第1モジュールは、部分光線を、それぞれ、好ましくは共通の面に集束し、その共通の面は、特に好ましくは放射方向に垂直である。結果として、全光線の部分光線が放射方向で第1モジュールの後ろで重複しない領域が生じる。

好ましくは、選択部は、この領域内に配置され、その領域では、部分光線が重複しない。

本発明のこの実施形態において、上記面の後ろでは、部分光線がそれぞれ初期に発散して広がる。好ましくは、部分光線は、それぞれ、第2モジュールによって平行になり、部分光線は、それぞれ、平行に、第2モジュールの後ろで、広がる。部分光線は、この場合、特に、その部分光線が、第2モジュールによる偏向のため、集束する場合に、平行に広がる。

10

本発明の好ましい実施形態において、拡散部、第1モジュール及び第2モジュールは、相互に対する間隔で配置され、拡散部は、上記した面内で、イメージされ、その面内で、部分光線が、第2モジュールの後、相互に対する最小間隔を有する。

好ましい実施形態において、第1モジュール及び第2モジュールは、それぞれ、2つの正のレンズ及び1つの負のレンズを有することができ、それらレンズは、ベッツヴァルの和で定義され、その値は好ましくは0に近い又は0に等しい。第1モジュールは、それにより、好ましくは、正確に、第2モジュールに対し逆に、配置されている。

20

本発明の好ましい実施形態において、機械加工装置は拡大システムを有していてもよく、さらに、拡大システムは、放射方向で拡散部の後ろ、好ましくは第1モジュールの後ろに配置され、それにより、部分光線間又は部分光線の主光線間の間隔は変更されてもよい。拡大システムは、したがって、好ましくは、部分光線が、主光線が相互に平行な状態で、相互に対し主光線の特定の区間で、拡大システム内に入射し、主光線が相互に対し平行で主光線の異なる区間で出射するように、設計されている。

特に好ましいものとして、拡大システムは、光軸に沿って、選択部と第2モジュールとの間に配置されてもよい。

拡大システムは、好ましくは、全光線を拡縮し、相互に対する部分光線の間隔における変化に影響を与えてもよい。有限又は微小の部分光線の任意の連続強度分布の場合に、これは拡大システムによって拡縮され得る。

30

好ましくは、拡大システムは、選択部と第2モジュールとの間に、放射方向に配置される。

拡大システムは、例えば、固定焦点距離レンズ、自由あるいは連続した位置または動作要素を有する移動レンズ、例えば、液体レンズ、を有してもよく、特に好ましくは動力化されてもよい。好ましくは、拡大システムは、それにより、回転対称であり、特に好ましくは、球面又は非球面レンズによるものであってもよい。それは、結果として、光軸に垂直な両空間方向に共通で、拡縮され得る。また、拡大システムは、例えば、円柱又は非円柱の表面によって設計されてよく、その拡縮は、光軸に対して夫々垂直方向で別に変化され得る。さらに、この拡大機能は、好ましくは、アナモフィックプリズムによって生成されてもよい。

40

可能な拡大範囲は、数10%であるより大きい範囲を有していてもよい。

さらに、拡大システムを拡散部と集束部との間のいずれの位置に、位置させることもできる。さらに、それは、この領域内のレンズ群の整数要素であってもよい。

本発明の好ましい実施形態において、拡大システムは、複数の回転対称レンズを有し、このレンズは、レンズ軸が光軸に対し同軸であり、特に好ましくは、相互に光軸に沿って移動可能である。相互に対するレンズの間隔を調整することで、相互に対する部分光線の間隔は、調整されてもよい。好ましくは、偶数、特に好ましくは4、のこれらレンズが用いられる。その理由は、結果として、部分光線は、相互に平行に入射し、拡大システムを

50

相互に平行に去るからである。

本発明のさらなる好ましい実施形態において、拡大システムは、第1グループのアナモフィックプリズム又はくさびプレート及び、好ましくは、さらに、第2グループのアナモフィックプリズム又はくさびプレート、を有することができる。第2グループのアナモフィックプリズム又はくさびプレートは、第1グループに対する光軸周りに90°回転されたものである。第2グループに対し第1グループは光軸周りに90°回転されるということは、それにより、その回転が、光軸が第1グループから第2グループまで直線として延びているという仮定の元で、示されている、ことを意味している。仮に光軸が第1グループと第2グループとの間で曲がっている場合、例えば、偏向ミラーによって、そのグループは、相互に対して回転し、その曲りが無い場合に、それらは、90°、光軸周りに相互に回転される。

10

本発明のさらなる好ましい実施形態において、拡大システムは、第1グループの円柱レンズおよび、好ましくは、さらに、第1グループに対し光軸周りに90°回転した第2グループの円柱レンズを有することができる。第1グループは90°、光軸周りに第2グループに対して回転されるということは、その回転が、光軸が第1グループから第2グループまで直線として延びているという仮定の元で、示されている、ことを意味している。仮に、光軸は、第1グループと第2グループとの間で曲がっている場合、例えば、偏向ミラーによって、そのグループは、相互に対して回転し、その曲りが無い場合に、それらは、90°、光軸周りに相互に回転される。

この実施形態において、第1対のプリズム又は円柱レンズおよび、第2対のプリズム又は円柱レンズは、それぞれ、相互に対して軸周りに回転可能であり、その軸は、光軸に垂直で、プリズム又はくさびプレートの平行でない表面に平行に、あるいは、円柱レンズの曲面に平行に配置されている。それにより、部分光線は、プリズム又はくさびプレートの平行でない表面の1つによって、後段に入射し、そのプリズム又はくさびプレートを、平行でない表面の異なる1つを介して去る、ということが仮定され、それは、放射方向が結果として変化し得るからである。同一のことが、円柱レンズの曲面に対して適用される。

20

そのグループのプリズムは、それぞれ、プリズムが回転可能な軸が相互に各グループで平行となるように、配置されている。これら軸は、第2グループの場合、90°、光軸周りに、第1対の軸に対して、上記したように、回転する。

本発明の好ましい実施形態において、各グループは、正確には、2つのプリズム、又は、2つのくさびプレート、又は、4つの円柱レンズを有する。

30

本発明のさらなる好ましい実施形態において、機械加工装置は、さらに、レーザシステムを有し、それにより、平行なレーザ光線が生成され、レーザ光線は、放射方向で、光軸上で、レーザ光線入口で放射されてもよい。好ましくは、レーザシステムは、レーザ光線を生成するために、非パルス状レーザ、マイクロ秒レーザ、ナノ秒レーザ、ピコ秒レーザ、フェムト秒レーザを有していてもよい。レーザ光線の波長は、赤外線範囲で例えば1064nm又は1030nmであり、可視線範囲で例えば532nm又は515nmであり、紫外線範囲で例えば355nm又は348nmであり得る。

本発明の好ましい実施形態において、回転部は平面平行プレートとして設計されてもよく、それは、例えば、ガラスプレートであり、好ましくは、光軸に対し角度0°及び90°で傾斜して配置され、光軸周りに回転可能である。レーザ光線は、光軸上、面平行プレート内に当たる場合、光軸に対しオフセットして平行に後段を去る。

40

本発明のさらなる好ましい実施形態において、回転部は、少なくとも2つのくさびプレートを有することができ、それらプレートは、連続して光軸に沿って配置され、あるいは、それからなり、光軸周りに回転可能である。光軸に沿ってくさびプレートに入射するレーザ光線が、くさびプレートを通過するときに、平行にオフセットし、レーザ光線がしたがって、光軸からの間隔が0よりも大きく、しかし、光軸に平行に去る、ように、くさびプレートは配置されている。

好ましくは、くさびプレートは、同一のくさび角度及び屈折率を有する。特に、好ましくは、相互に対する各グループのくさびプレートの間隔は、それぞれ、変更可能で、それ

50

により、各グループによるオフセットは変更される。

好ましくは、くさびプレートは光軸に垂直な面のまわりで配置され、反射される。

本発明の好ましい実施形態において、回転部は、2つの面平行プレートを有することができ、それらプレートは、連続して、光軸に沿って配置され、光軸に対して相互に独立して傾斜され得る。

本発明のさらなる好ましい実施形態において、回転部は、2つのミラー間に配置された面平行プレートを有することができる。光軸に沿ったミラーの一方上に入射したレーザ光線が、該ミラーによって面平行プレートへ反射され、該面平行プレートを通過し、他のミラー上に入射し、そこから、光軸に対し平行方向で、光軸に対して0よりも大きい間隔で、反射されるように、ミラーと前記面平行プレートは、配置され、面平行プレートは回転可能である。好ましくは、ミラーは光軸に対して平行方向で配置されてもよい。好ましくは、ミラーは、さらに、光軸に対し垂直でミラー表面に対して平行な軸周りに回転可能である。この構成によって、出て行くレーザ光線が光軸に対してオフセットする、間隔が調整されてもよい。

両ミラーを動作させ、傾斜角度を適合させることで、面平行プレート上へのレーザ光線の入射角度は、調整され得る。光線オフセット及び軌道半径は、それにより、面平行プレートによって調整され、半径は入射角度を変化させることで、変化され得る。好ましくは、2つのミラーは、常時、対応して対称に配置され、面平行プレート上のレーザ光線の入射点は、回転部の回転の軸に対応し、回転光線の回転軸は第2ミラー上の反射後、全角度調整に対して、同一である。

回転部は、さらに、Schmidt-Pechanプリズム、回転K - ミラー、あるいは、ドーププリズムを有し、あるいは、それで構成され、光軸周りに回転可能である。

本発明の好ましい実施形態において、機械加工装置は、好ましくは、さらに、偏光部を有し、それにより、レーザ光線の偏光状態が変化されてもよい。レーザ光線の偏光方向は、それにより、光軸周り、好ましくは偏光部によって回転可能である。特に好ましくは、偏光部は放射方向で回転部の前に配置されている。

本発明によれば、偏光部は、本発明のこの実施形態において、光軸周りに回転可能である。偏光部の回転により、偏光部の偏光方向も、それにより光軸周りに回転する。

好ましくは、偏光部が光軸周りに回転する回転周期は、回転部のオフセット方向が光軸周りに回転する回転周期の半分の大きさである。結果として、レーザ光線の移動方向及び位置に対する、偏光ベクトルの定義された向きが達成され得る。

特に好ましくは、偏光部は、ここで、半波プレートである。また、偏光部は、円偏光の生成のために1/4波プレート、又は、他種の偏光の生成のためにリターダプレートの組合せ、を有していて、あるいは、であってもよい。特に、偏光ベクトルがレーザ光線の強度分布の中心に対して半径方向を向いている場合に、半径方向偏光がこれにより生成され得る。偏光ベクトルがレーザ光線の強度分布の中心に対して接線方向を向いている場合に、接線方向偏光を生成することもできる。これは、区分された半波あるいは1/4プレートを用いることで可能となる。偏光部は、さらに、接線方向偏光部、半径方向偏光部、又は、リターダプレートの組合せ、であってもよい。

上記した偏光部は、好ましくは、光軸周りに回転可能に設けられた、(ガルバノメータスキャナー、ポリゴンスキャナー、共鳴スキャナー、圧電スキャナー、MEMミラー)、であってもよく、及び/又は、光軸周りに回転可能に設けられた、(音響光偏向器又は電光偏向器又は、くさびプレート又は面平行プレートの組合せ、)を有していてもよい。偏向部として述べられた装置は、個別或いは組合せで生成されてもよく、1又はそれ以上の上記装置が用いられてもよい。

好ましくは、偏向部の回転の有効点が、第1及び第2モジュールにより生成された拡大部のイメージが位置する面内に位置するように、偏向部は位置している。偏向部の2つの偏向軸間の空間中心(図心)は、好ましくは、回転の有効点として考えられてもよい。

本発明の好ましい実施形態において、機械加工装置は、処理気体ノズルを有していてもよく、それにより、少なくとも1つの気体噴射が、1又はそれ以上の部分光線によって加

10

20

30

40

50

工される表面の領域を目標にする。好ましくは、処理気体ノズルは、集束部と加工される表面との間に配置される。処理気体ノズルは、気体噴射を機械加工の点上に直接当て、そこで、液体又は気体状の材料の排出を引き起こす。好ましくは、処理気体ノズルは、複数の部分ノズルを有していてもよく、それにより、部分光線の動作領域がそれぞれ目標とされ得る。

本発明に係る機械加工装置は、好ましくは、レーザアブレーションによる広領域の周期的な構成の生成、レーザアブレーションによる強度分布の生成、複数の加工点で平行レーザ穴開け、レーザ切断、および、螺旋状穴開け、のために用いられてもよい。一般に、本発明に係る機械加工装置は、加工点あるいは強度分布の固定されたパターンでのレーザ加工、または、複数の部分光線での平行加工のために用いられてもよく、異なる光線分布は、各面の除去において調整され、結果として、より大きい及び非周期的な除去の幾何の場合、部分光線の数に対応して増加した排出力が、達成される。さらに、本発明に係る装置は、薄い金属箔における周期的な構成の広い領域の生成に用いられてもよい。生成される光線の数に応じて、標準的な1の光線加工に対する少なくとも100の係数で処理速度における有効な増加がここで示されている。特に、超短パルス機械加工の分野において、日に達成されなかった生産率が達成され得る。

本発明の好ましい実施形態において、機械加工装置はさらに焦点変更部を有していてもよく、焦点変更部は、光軸に沿って、放射方向に、レーザ光線入口部の後ろで回転部の前に、配置されており、それにより、レーザ光線の光線間の角度が調整され、光線は、光軸上で焦点変更部の後ろの点に向けて先細りになり、あるいは、光軸上で焦点変更部の前又は中における点からの光線の放射で離れて移動し、焦点変更部からの光軸に沿った対応する点の間隔は変化する。その間隔は、好ましくは動的に変化してもよい。焦点変更部は、したがって、好ましくは、その間隔における変化を可能にする調整装置を有している。関連する部は、第1モジュールの前に第1モジュールの焦点を配置することから、焦点変更部という言葉が選択されている。第1モジュールは、したがって、焦点変更部と共に、第1モジュールの前にだけ第1モジュールに対して配置された焦点を有する。

本発明は、さらに、表面のレーザ加工のための方法に関するものであり、レーザ光線が光軸上の放射方向で放射され、前記レーザ光線が前記光軸に対してオフセット方向の間隔で平行に配置され、前記オフセット方向が前記光軸周りに一時的に回転し、前記レーザ光線が複数の部分光線にファンアウトされ、該複数の部分光線が前記光軸に対して径方向に、連続又は不連続の強度分布を形成し、該複数の部分光線が全光線を表し、前記部分光線がそれぞれ集束され、前記部分光線の一部が前記全光線から除去され、前記残りの部分光線の光線間の角度がそれぞれより小さくなり、前記部分光線が時間の関数として偏向され、それぞれ、前記部分光線の光線間の角度が減少し、前記全光線の残りの部分光線がそれぞれ集束される。

好ましくは、偏向部が前記光線の円偏向を導く動作を行う。部分光線は、したがって、好ましくは、螺旋状の穴開け動作を実施する。

レーザ技術で使用される言葉で、本方法は、多数の部分光線で同期的な螺旋状穴開けとして考えられ得る。

好ましくは、回転部の前記回転は、前記偏向部の偏向と同期していてもよい。偏向部は、したがって、同一周期で同一局面のファイで回転部として、移動され、軌道を描いてもよい。この方法で、表面における垂直の穴が生成され得る。

前記部分光線は、好ましくは、前記加工される表面上の周期で、焦点の周期的な配置を形成してもよく、レーザ加工は、第1加工工程で前記焦点で実施され、その後、さらなる加工工程で、前記表面は、前記焦点に対して、ある距離で前記表面の面内に前記焦点の周期配置の方向で配置され、前記配置後、前記表面のさらなるレーザ加工が実施され、前記周期は前記距離の整数倍であってもよい。この方法で、回折格子における表面の等距離加工が可能となる。

好ましい実施形態において、分光器は、機械加工中、光軸周りに回転可能であり、加工物は、機械加工装置に対して移動され、切削間隔が加工物に生成される。

続いて、本発明は、いくつかの図を参照して、例によって説明される。同一符号は、それにより、同一又は対応する特徴で特徴づけられている。例で記載された特徴は、例間で組合せることができ、独立して具体例を生成することができる。

【図面の簡単な説明】

【0005】

【図1】本発明に係る、機械加工装置の、例による、構成を示す図である。

【図2】軸対称レンズを有した拡大システムを有する、本発明に係る機械加工装置の、例による、構成を示す図である。

【図3】拡大システムとしてくさびプレートの配置を有する、本発明に係る機械加工装置の、例による、構成を示す図である。

10

【図4】回転部として回転する面平行のプレートを有する、本発明に係る機械加工装置の、例による、構成を示す図である。

【図5】傾斜可能な拡散部を有する、本発明に係る機械加工装置の、例による、構成を示す図である。

【図6】付加した偏光部を有する、本発明に係る機械加工装置の、例による、構成を示す図である。

【図7】2つのミラーおよび1つの面平行のプレートを有する、回転部の一実施形態を示す図である。

【図8】2つのグループの円柱レンズを有する、拡大部の構成を示す図である。

【図9】不連続光線の分布におけるアナモフィックプリズムの光学動作原理における説明をする図である。

20

【図10】個別のレンズ位置の異なる構成の軸対称レンズを有する一実施形態における、拡大システムを通過する3つの異なる部分光線の光線の行程を示す図である。

【図11】第1及び第2モジュールのテレセントリック構成に対する拡大システムを有しない構成における、拡散部から第1モジュールを介して第2モジュールの後ろまでの、3つの部分光線の簡略化した行程を示す図である。

【図12】第1及び第2モジュール間に拡散部を有し、拡散部から第1モジュールを介して第2モジュールの後ろまでの、3つの部分光線の簡略化した行程を示す図である。

【図13】部分光線が相互に最小の空間を有する、第2モジュールの後ろの領域における偏光部の好ましい位置の図である。

30

【図14】主光線に対する部分光線の光線間角度、部分光線の光線上および光軸に対する主光線の角度上の第2モジュールの影響、を、例によって定義した図である。

【図15】相互間の部分光線の光線角度上、および、主光線間の角度上における第2モジュールの影響を示す図である。

【図16】本発明に係る機械加工装置で、周期的パターンの生産に対する、例による、走査行程を示す図である。

【図17】連続的な強度分布をイメージした概略的な代表図である。

【図18】不連続的な強度分布をイメージした概略的な代表図である。

【発明を実施するための形態】

【0006】

40

図1は、例によって、表面23のレーザ加工のための、本発明に係る機械加工装置の、一実施形態を示している。機械加工装置はここで、レーザシステム1であり、平行レーザ光線2を放射する。レーザは、それにより、応用分野に従って、例えば、非パルス状(CWレーザ)、短パルス状、例えばナノ秒レーザ又は好ましくは超短パルスレーザ、例えば、ピコ秒レーザ及び/又はフェムト秒レーザ、それは高コヒーレンスの光を放射する、であり得る。レーザ波長は、例えば赤外線範囲で例えば1064nm又は1030nmであり、可視線範囲で例えば532nm又は515nmであり、紫外線範囲で例えば355nm又は348nmであり得る。次に、放射された光線2の径には、 d_0 が付されている。

【0007】

図1の機械加工装置は、例により、回転部28を有している。その回転部28は、放射

50

方向で、レーザシステムの後ろに配置されている。この回転部 28 により、レーザ光線は、オフセット方向で光軸に対して平行に 0 より大きな空間を空けて配置され、そのオフセット方向は、光軸周りに一時的に回転できる。

【0008】

レーザシステム 1 および回転部 28 間のその領域では、レーザ光線が放射方向で光軸上に、回転部または機械加工装置内に放射され、その領域を、ここで、レーザ光線入口と称する。

【0009】

回転部 28 は、非動作状態で、光軸に対してオフセットした平行光線を生成する。オフセット光線（その後の主光線）と光軸との間の空間は、それにより、 r と符号が付されている。光軸を X 軸とした座標系で、光軸は座標（ $z = 0$ 、 $y = 0$ ）を有している。平行レーザ光線は、回転部に当たっており、 d_1 の径を有している。回転部 28 の回転によって、オフセット光線は、一時的に光軸周りに、例えば、半径 r の軌道上で、移動される。その軌道の中心は、光軸上に存在する。光線 29 は、回転部 29 を平行な状態で行き、この例では、図 1 の図 A に示すように、光軸に対して平行軌道で移動される。図 1 の図 A は、光軸に垂直な部分を示している。回転部は、中空軸モータによって駆動される厚さ t の回転面平行プレートであるのが好ましい。回転軸に対して通常、表面は、それによって、角度 α で傾斜し、その角度は 0° 及び 90° に等しくないのが好ましい。

【0010】

この例では、プレート厚さ t 及び角度 α が、式に従って、回転部 28 から生じる光線 29 の光線オフセット r を確立する。

【数 2】

$$r = t \sin(\alpha) \left(1 - \frac{\cos(\alpha)}{\sqrt{\left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2 - \sin^2(\alpha)}} \right)$$

n_2 は、プレートの光学の屈折率であり、 n_1 は、周囲媒体の屈折率である。ミラーによって、面平行プレートが、例えば 50 - 100 Hz 又はそれ以上の範囲で高回転速度で回転する。

【0011】

あるいは、光線オフセットが、例えば、少なくとも 2 つの同期した回転くさびプレート（アナモフィックプリズム）の組合せによって、生成され、そのくさびプレートはその位置で相互に相対的に調整され得る。さらに、回転光線のオフセットを起こすために、例えば、回転 Schmidt-Pechan プリズム、回転 K - ミラー、あるいは、回転ドーププリズムの使用が可能である。多様に半径 r を生成することもでき、その半径により、レーザ光線 29 は、光軸に対してオフセットする。これは、より複雑な構成についても可能である。

【0012】

図 1 の機械加工装置は、さらに、拡散部 3 を有している。その拡散部は回転部の後ろに放射方向で配置されている。その拡散部で、レーザ光線は、複数の部分光線 4 に扇状に広がり、光軸方向に放射状に、連続的又は自由な強度分布を有している。

【0013】

拡散部によって、主光線は、有限または無限数の新しい主光線に分割され、その新主光線は光軸に対する方向でそれぞれ異なる。各新主光線には、ある量の光線が存在し、その光線は、新主光線に対して、拡散部で起きるレーザ光線と同一の角度分布を有している。新主光線は、このある量の光線と共に、部分光線を形成している。拡散部は、したがって、角度の開きで起きるレーザ光線の強度分布に変化を生じさせる。

【0014】

例 1：連続強度分布

連続強度分布は、それ自体で、一貫した強度分布であるのが好ましく、拡散部によって

10

20

30

40

50

形成される。第1モジュールによって、各部分光線は、近軸の幾何光学で、光軸に垂直な方向で、1つの共通の焦点面に集束され得る。連続する場合においては、焦点面には無限の数の点が存在するのが好ましい。この例として、文字“F”の生成が述べられている。“F”の一貫した強度分布は拡散部によって形成される。第1モジュールで集束することで、文字“F”の形式で強度分布は、第1モジュールの焦点面に生成される。強度分布の各点は、個別の部分光線によって形成されている。

【0015】

例2：不連続強度分布

不連続強度分布の一例は、分光器（4倍の4部分光線の回折格子に分割）であり、レーザー光線を有限数の部分光線に分割する。第1モジュールの焦点面で、近軸光学の概念で集束を行った結果、局所的に分かれた焦点が生成される。回折を制限した光学の概念では、焦点領域は、焦点面に生成される。

10

【0016】

例3：不連続及び連続間の組合せ

連続強度分布および不連続強度分布の組合せは、拡散部によって影響され得る。この一例として、4倍の4領域の回折格子の形成が、述べられており、それぞれ、“F”を形成している。

【0017】

拡散部3は、例えば、分光器3である。オフセットしたレーザー光線は、回転部28の後、1又はそれ以上の拡散部上に当たり、そのレーザー光線は、拡散部を通りあるいはその拡散部で反射される。任意に、拡散部又は複数の拡散部3は、回転可能に、好ましくは3次元で設けられていてもよい。拡散部は、例えば、微細構造のパターンを有する、回折の光学要素であってもよい。

20

【0018】

拡散部3は、レーザー光線29を部分光線からなる全光線4に分割する。部分光線の分布は、拡散部3の構成によって決定される。あるいは、拡散部は、任意に強度分布を生成することもできる。

【0019】

最も簡単な場合で、分光器は、回折格子式に従って、光線を分割することができる。

【数3】

$$\sin(\theta_n) = n \cdot \frac{\lambda}{g}$$

30

【0020】

n は回折格子の全体の次数、 λ はレーザー光線の波長、 g は回折格子定数、 θ_n は光軸に対する部分光線の角度、を示している。

分光器の構成に従って、強度分布又は複雑な強度分布の2次元回折格子が生成され得る。

【0021】

好ましくは、分光器は、回折の光学要素(DOE)であり、2つの回折格子式にしたがって、2次元光線分布を生成する。

40

【数4】

$$\sin(\theta_{xn}) = n \cdot \frac{\lambda}{g_x}$$

$$\sin(\theta_{ym}) = m \cdot \frac{\lambda}{g_y}$$

【0022】

n 及び m は、整数である。

50

【数5】

$$|n| \leq N, \quad |m| \leq M$$

【0023】

レーザ出力は、ほとんど均一に部分光線に分配されるのが好ましく、下記式が適用される。

【数6】

$$P_n = \frac{P_0}{(4NM)n} + \delta P_n$$

【0024】

n は部分光線の出力、 η は分光器の効率、 P_0 は入って来るレーザ光線29の出力、 N 及び M は分光器の最も高い次数、 P_n は分光器の製造時の不均一に基づいた部分光線の出力における個別変数である。最高出力を有する部分光線の出力 P_{max} と最小出力を有する部分光線の出力 P_{min} との差は、分光器の質に対し、決定的である。

10

【数7】

$$U = P_{max} - P_{min} = \delta P_{max} - \delta P_{min}$$

【0025】

いわゆる均一性は次のように定義される。

【数8】

$$2 \frac{P_{min}}{P_{min} + P_{max}}$$

20

【0026】

均一性は、部分光線のレーザ出力の最大相対偏差を示している。

所望の部分光線に加えて、望まない高い次数の回折が分光器3で起こり得る。これらは、同様に、全光線4の一部であり得る。

【0027】

平行部分光線からなる全光線4または分光器によって設定された強度分布は、同様に、部分図Bに示すように、レーザ光線29の回転によって、回転移動する。この図Bは、光軸に垂直な面を示している。この回転移動は、この例では、さらに光線の行程に伝達され得る。

30

【0028】

図1に示す機械加工装置は、拡散部3の後ろで放射方向に、第1モジュール5を有しており、この第1モジュールをリレーモジュール5と称す。この第1モジュールで、複数の部分光線4は、放射方向に平行に広がる全光線の中で、相互に平行になり得る。これにより設計された、全光線としての、モジュール5を去る部分光線の全体性が存在する。

【0029】

リレーモジュール5は、さらに、部分光線の集束に影響を与え、各部分光線は、1つの面10に集束する。その面は、全部分光線に対して同一であり、光軸に対して垂直であるのが好ましい。

【0030】

40

図1に示す機械加工装置は、放射方向に、第1モジュール5の後ろに、光線偏向器6を有しており、この光線偏向器は、ここで簡易なミラーであり得る。光線偏向器6は、その表面が通常のものであり、光軸に対して45°の角度で配置されており、したがって、部分光線を90°の角度で反射する。そのような光線偏向器6によって、光軸および放射方向は、対応する角度に偏向され、その光軸は、図示した例において、光線偏向器6の後で、光線偏向器6の前の光軸に対して、90°をなす、ということを常時仮定すべきである。

【0031】

図1に示す機械加工装置は、放射方向に、光線偏向器6の後ろに、選択部を有している。その選択部は、一方にミラー24、他方にマスク8を有している。選択部によって、全

50

光線の部分光線のうちの一部が除去され得る。図示した例では、ミラー 24 は傾けられ、部分光線の一部は、放射方向に沿って吸収部 24* に入射する。ミラー 24 はここで移動可能な構成を有しており、結果として、一部の部分光線の光線路内に導入され得る。

【0032】

全光線の残りの部分光線 7* はマスク 8 に当たり、マスク 8 は、さらに残りの全光線 7* から部分光線を除去する。例えば、仮に拡散部 3 が回折格子に基づいている場合、そのマスク 8 で、0 及びそれより高い次数の回折が、全光線 7* から除去され得る。

【0033】

例えば、マスク 8 は、金属シートの、被覆した透明基板であり、そこでは、不透明被覆が適した開口部又はミラーを有しており、そのミラーは定義された回折の穿孔を有し、所望の主の次数のものは影響されることなく伝搬する。

10

【0034】

選択部は、図示する例で、光軸に沿った領域に配置されており、その領域では、全光線の部分光線が重複しない。これは、特に、部分光線をそれぞれ、面 10 に集束する第 1 モジュール 5 によって達成され得る。結果として、部分光線は、面 10 の前及び後の領域で重複しない。したがって、この領域において、選択部には、ミラー 24 及びマスク 8 が配置されている。

【0035】

図 1 の部分図 C には、個別の部分光線の回転が面 10 に移動されることが示されている。

20

放射方向で、マスク 8 及び面 10 の後ろで、さらに、光線偏向器 11 が配置されている。この光線偏向器 11 は、光軸に対して 45° の角度を向いており、その表面は通常のものであり、従がって、部分光線、光軸、及び放射方向を 90° 偏向する。

【0036】

放射方向で、光線偏向器 11 の後ろで、図 1 に示す機械加工装置は光学拡大システム 12 を有している。この光学拡大システム 12 によって、全光線の部分光線間の間隔を変更することができる。拡大システム 12 は、したがって、固定、自由あるいは連続した調整によって、マスク 8 を通過する部分光線の全光線 9 の拡縮を変える。それゆえ、拡大システム 12 は、強度分布の任意の拡縮の場合において、スポット間隔を変化させることができる。拡大システムは、例えば、交換可能な、固定焦点距離レンズ、自由あるいは連続した位置または動作要素を有する移動レンズ、例えば、液体レンズ、好ましくは動力化されている、ようなもの、を有している。

30

【0037】

多様な拡縮の結果が図 1 の部分図 B に示されている。二重矢印は、ここで、回転光線間の間隔を変化させることができることを示している。

符号は、拡大システムは、拡散部 3 及び集束部 20 間の位置に選択的に配置され、この領域内における装置及びレンズ群の 1 つの必須要素であり得る、という事実を表している。

【0038】

図 1 に示す機械加工装置は、放射方向に、拡大システム 12 の後ろに、さらにモジュール 14 を有している。このモジュール 14 は、第 2 リレーモジュール 14 として設計されている。この第 2 モジュールによって、拡大システム 12 から平行方向に生じた部分光線 9 は集束され、1 つの光線面 25 において相互に対し最小の間隔を有する。部分光線がそれぞれ第 1 モジュール 5 によって面 10 上に集束された場合、その部分光線は、第 2 リレーモジュール 14 上に、それぞれ、発散して当たる。仮に、モジュール 14 が部分光線をそれぞれ平行にする場合、これは有益である。

40

【0039】

第 2 モジュール 14 は、光軸に関して、第 1 モジュール 5 に対し正確に反対に向けて配置され、両者は、一緒に、分光器 3 を光線面 25 に映す。

光線面 25 において、全光線 15 の部分光線の光軸は第 2 モジュール 14 から現れ、交

50

差することができる。

【0040】

図1の機械加工装置は、さらに、偏向部を有する。その偏向部は、放射方向で第2モジュールの後ろに配置され、ここで、光線偏向器16及び18を有する。偏向部は、光線が偏向される有効点が光線面25内にあるように配置されるのが好ましい。光線偏向器16及び18によって、レーザ光線の調整可能な偏向が、高動力的に、加工物23の加工面において、可能となる。光線偏向器は、ここで、相互に垂直に配置され、2つの空間方向に光線偏向を可能にしている。光線偏向器は、ここで、ガルバノメータスキャナーであるのが好ましい。選択的に、他の力学的な光線偏向器、ポリゴンスキャナー、共鳴スキャナー、圧電スキャナー、MEMミラー、音響あるいは電光偏向器など、が用いられ得る。

10

【0041】

図1に示す機械加工装置は、放射方向に、光線偏向部の後ろに、集光部20を有している。この集光部によって、全光線の部分光線19の残りが相互に平行になることができる。第2モジュール14がそれぞれ部分光線を平行にした場合、集束部20は、さらに、部分光線をそれぞれ面23に集束し、その面は、集束部が集束レンズシステム20であるかのように、加工される。集束レンズシステムは、例えば、テレセントリック特性を有した、Fの修正レンズである。光線偏向器16及び18によって、その結果の焦点は、加工物23上のいかなる2次元の路上にも偏向され得る。回転部28によって生じた回転光線のオフセットは、光線面25内で、半径rの軌道上で部分光線の移動を引き起こす。その光線オフセットは、集束レンズシステムの光軸に対して光線の調整を行い、それにより、レーザ光線は、図1の部分図Fに示すように、光軸に対して角度で加工物に当たる。

20

【0042】

集束及び調整された全光線21は、加工物23上で、強度分布を形成し、その強度分布は、分光器及び残りの加工光学によって決定される。2次元回折格子の場合、例によって、回折格子は、等距離の回折格子点の間隔を有し、回折格子点の形式で、焦点からなり、その回折格子は、各空間方向で、加工面23内に、生成され得る。拡大部12による全光線13の拡縮によって、高精度に、加工面23内の回折格子点の間隔を変化させることができる。

【0043】

任意に、処理気体ノズルが集束部20と加工物23との間に導入され、処理気体ノズルは気体噴射を加工点に向け、液体または気体の材料の特定な排出を可能にする。処理気体ノズルは、それにより、1つの部分光線の動作領域をそれぞれカバーする複数の部分ノズルを有するように、設計され得る。

30

概要では、図1の例は、したがって、次のように生成され得る。

【0044】

平行のレーザ光線2は、レーザシステム1から現れ、続いて回転部28に当たり、回転部は光線オフセットrを引き起こし、レーザ光線は光学システム軸周りの軌道を描く(図1のイメージA)。続いて、平行の光線は回折して光学要素(DOE)を通過する。分光器は、レーザ光線29を、それぞれ、平行の部分光線の光線束(例えば、 $n \times n$ (例えば、 $n = 14$))に分割する。光軸に対する、回折した光学要素の回転は、それにより、調整され、矩形の各端は、DOEの光線分布を有し、それぞれ、光線偏向部16及び18の走査軸の1つに平行に向けられる。光線束4は、リレーモジュール5に当たり、リレーモジュール5は、面10上にその光線を集束する。光線偏向器6による光線の偏向後、集束した全光線7は、部分光線が空間的に分けられた、領域を通過する。光線選択モジュールは、それにより、2つの移動可能軸及び矩形ミラーを有するのが好ましく、そのミラーは、全光線7の部分領域を光線吸収器24*内に、軸の移動によって偏向する。光線7*はマスク8上に、光線選択モジュール24の後ろで、当たる。マスク8は、さらに部分光線を全光線7*から選択し、したがって、例えば、その処理で望まれない高い次数を除去する。マスク8の後ろでは、除去された全光線9が現れ、その部分光線はリレーモジュール5内への集束によって、光線面10内に集束される。光線偏向器11による偏向後、光線

40

50

9は、拡大システム12に結合される。拡大システム12は、空間的に個別の部分光線の間隔を加工物23上で操作する目的で、全光線9を拡縮する。拡大レンズシステム12による拡縮後、全光線13は、第2リレーモジュール14内に入り、分光器3の拡縮したイメージは、要素16及び18を有する動的な光線偏向器の回転25の有効軸において、影響される。全光線19は、光線偏向器16及び18によって偏向され、集束レンズシステム20によって、加工物23上に集束される。集束した全光線21は、加工物23上で、強度分布を形成し、その強度分布は、分光器及び残りの機械加工レンズシステムによって、決定される。加工物23(x、y面)上の完全な部分光線の回転は、それにより、分光器3の回転によって、光線広がり方向の軸(光学軸)周りに操作される。集束部の光学軸に対するレーザー光線の調整は、回転部28の光線オフセットrによって影響される。動的な光線偏向器16及び18は移動され、回転の固定周期を有する軌道が加工物23上で実現される(図1のイメージE)。この軌道は、それにより、各部分光線によって通過される。回転部28は、それにより、光線偏向器16及び18と同期して移動されるのが好ましく、回転部28の回転とその軌道の周期は一致している。これは、その軌道の各接線で一定の調整角度を形成するレーザー光線を生じさせる。

10

【0045】

図2は、表面23のレーザー加工のための、本発明に係る機械加工装置の、例による、さらなる一実施形態を示す。

図示された構成要素は、図1に示され、記載されたものに対応している。図2において、拡大システム12は、例によって、4つの回転対称レンズによって生成され、そのレンズは光軸に沿って相互に配置され得る。

20

【0046】

平行レーザー光線2は、レーザーシステム1から現れ、続いて回転部28上に当たる。回転部28は、光線オフセットrを引き起こして、そのレーザー光線は光学システム軸周りに軌道を描く。続いて、平行レーザー光線は、分光器3を通過する。分光器は、レーザー光線29をそれぞれ平行の部分光線の光線束4に分割する。その光線束4は、リレーモジュール5に当たり、そのリレーモジュール5はその光線を面10上に集束する。光線偏向器6による光線の偏向後、集束した全光線7は、部分光線が空間的に分けられる、領域を通過する。光線は、動的に位置決め可能な光線選択モジュール24によって選択され、それにより、光線吸収器24*上で、除去され、偏向される。光線7*は、マスク8上に光線選択モジュール24の後ろで、当たる。マスク8は、さらに部分光線を全光線7*から選択し、したがって、例えば、その処理で望まれないより高い次数を除去する。マスク8の後ろで、除去された全光線9が現れ、その部分光線は、リレーモジュール5内に集束することで、光線面10内に集束する。光線偏向器11による偏向後、光線9は、4つのレンズの拡大システム12に結合される。拡大システム12は、個別の光線の空間的な角度分布に影響を与え、したがって、全光線9を拡縮し、全光線13を、加工物23上で個別の部分光線の間隔を空間的に操作する目的で、形成する。拡大システム12で定義されたレンズは、それにより、動的に、モデルに基づいた所定位置上で移動され、必要な拡大を得ることができる。拡大レンズシステム12による拡縮後、拡縮した全光線13は、第2リレーモジュール12内に入り、分光器3の拡縮したイメージは、要素16及び18を有する動的な光線偏向器の回転25の有効軸において影響される。全光線19は、光線偏向器16及び18によって偏向され、集束レンズシステム20によって加工物23上に集束される。集束した全光線21は、加工物23上で、強度分布を形成し、その強度分布は、分光器及び残りの機械加工レンズシステムによって決定される。

30

40

【0047】

図3は、本発明に係る機械加工装置の、例による、さらなる実施形態を示す。再度、示された要素は、図1に示されたものと対応しており、そこで与えられる説明は、ここにも転用される。しかし、拡大システムは、図3の中で、2つのアナモフィックの対のプリズム26及び27によって、例えば、対のくさびプレート26及び27で、生成される。

【0048】

50

平行レーザ光線 2 は、レーザシステム 1 から現れ、続いて、回転部 28 上に当たる。回転部 28 は、光線オフセット r を引き起こし、レーザ光線は軌道を描く。続いて、平行レーザ光線は、分光器 3 を通過する。分光器は、レーザ光線 29 をそれぞれ平行の部分光線からなる光線束 4 に分割する。光線束 4 は、アナモフィックの対のプリズム 26 上に当たり、そのプリズムは、拡大システムとして機能する。相互に関連するプリズム 26 の相対回転を介して、角度分布は、1つの軸で操作され、したがって、光線分離における変化は、関連する軸で加工物 23 上で達成され得る。操作された光線束はリレーモジュール 5 に当たり、リレーモジュール 5 は、その光線を面 10 上に集束する。光線偏向器 6 による光線の偏向後、集束した全光線 7 は、部分光線が空間的に分けられた領域を通過する。光線は、動的に位置決め可能な光線選択モジュール 24 によって選択され、それにより、除去され、光線吸収器 24 * 上に偏向される。光線 7 * は、マスク 8 上に、光線選択モジュール 24 の後ろで、当たる。マスク 8 は、さらに部分光線を全光線 7 * から選択し、したがって、例えば、その処理で望まれない高い次数のものを除去する。マスク 8 の後ろで、除去された全光線 9 が現れ、その部分光線は、リレーモジュール 5 内に集束することで、光線面 10 内に集束される。光線偏向器 11 による偏向後、光線 9 は、第 2 のアナモフィックの対のプリズム 27 に結合されている。第 2 のアナモフィックの対のプリズム 27 は、第 1 の対のアナモフィックの対のプリズム 26 に対して垂直に配置され、したがって、加工物 23 上で光線間隔の第 2 空間軸を操作する。

【 0 0 4 9 】

プリズム拡大システム 27 による拡縮後、全光線 13 は、第 2 リレーモジュール 14 に入り、分光器 3 の拡縮したイメージは、要素 16 及び 18 を有する動的な光線偏向器の回転 25 の有効軸において、影響される。光線偏向器 16 及び 18 により偏向された全光線 19 は、集束レンズシステム 20 によって、加工物 23 上に集束される。集束した全光線 21 は、加工物 23 上で、分光器及び残りの機械加工レンズシステムによって決定される強度分布を形成する。加工物 23 上の加工面における部分光線の回転は、それにより、分光器 3 の回転を介して、光線広がり方向に対して垂直に操作される。

【 0 0 5 0 】

図 4 は、本発明に係る機械加工装置のさらなる一実施形態を示す。図示された要素は、本質的に、図 1 に示されたものに対応している。図 1 に関連する記載は、したがって、図 4 に転用され得る。図 4 において、回転部 28 は、傾斜した面平行プレートとして設計されており、拡大装置 12 は、4つのレンズによって設計されており、これらレンズは、光軸に沿って相互に移動可能である。調整された面平行プレート上の屈折によって、光線オフセットは、屈折法則に従って生じる。光線 29 は、面平行プレートを去り、光軸に対して平行になる。面平行プレートの回転は、光軸周りに回転し、円周移動を行うオフセット光線を生じさせる。光軸に対する面平行プレートの調整角度は、0 であってもよい。この場合、そのオフセットは、しかし、0 であろう。

【 0 0 5 1 】

図 5 は、本発明に係る機械加工装置の、例により、さらなる一実施形態を示す。図示された要素は、それにより、図 1 に示されたものに対応している。図 1 に関連する記載は、したがって、図 5 に転用され得る。図 5 において、拡散部 3 は、光軸に対して、傾斜され得る。拡散部 3 は、屈折の光学要素であるのが好ましい。拡散部 3 を傾斜させることで、加工物の面 23 における部分光線の配置の周期が影響され得る。これは、例えば、数マイクロメートルの解像範囲における、さらに、数ナノメートルの範囲における限りのスポット周期の精密調整のために利用され得る。

【 0 0 5 2 】

図 6 は、本発明に係る機械加工装置の、例により、さらなる一実施形態を示す。その構成は、図 1 のものに対応している。図 1 に関連する記載は、図 6 に転用され得る。図 1 に加えて、図 6 に示す構成は、しかし、偏光部 30 を有しており、この偏光部 30 は、レーザ光線の偏光状態を空間的かつ動的に変化させる。図示した例では、偏光部 30 は、レーザシステム 1 と回転部 28 との間に配置されている。直線で偏光された平行のレーザ光線

10

20

30

40

50

2は、レーザシステム1から放射され、続いて偏光部30に当たる。偏光部30は、レーザ光線の偏光状態を空間的かつ動的に変化させる。偏光部30は、それにより、多様な実施形態を有することができる。好ましい場合では、偏光部30は、回転可能に設けられた半波プレートを有し、そのプレートは、光軸周りに偏光方向の回転を行う。半波プレートは、高周波で光軸周りに回転され、直線偏光レーザの偏光の迅速な回転を可能にする。半波プレートの回転周波数は、それにより、回転部28の回転周波数の正確に半分であるのが好ましい。レーザ光線31は偏光され偏光部30を去り、続いて、回転部28に当たり、回転部28は、光線オフセット r を引き起こし、レーザ光線は軌道を描く。続いて、平行なレーザ光線は、分光器3を通過する。分光器3は、レーザ光線29を、それぞれ平行な光線からなる光線束4に分割する。光線束4は、リレーモジュール5に当たり、リレーモジュール5は、その光線を面10上に集束する。光線偏向器6による光線の偏向後、集束した全光線7は、部分光線が空間的に分けられた領域を通過する。動的に位置決め可能な光線選択モジュール24により選択された光線は、それにより、除去され、光線吸収部24*上に偏向される。その光線7*は、マスク8上に、光線選択モジュール24の後ろで当たる。マスク8は、さらに、部分光線を全光線7*から選択し、したがって、例えば、その処理で望まれない高い次数を除去する。マスク8の後ろで、除去された全光線9が現れ、その部分光線は、リレーモジュール5内に集束することで、光線面10内に集束する。光線偏向器11による偏向後、光線9は、拡大システム12に結合される。拡大システム12は、個別の部分光線の間隔を加工物23上で空間的に操作する目的で、全光線9を拡縮する。拡大レンズシステム12による拡縮後、全光線13は、第2リレーモジュール14内に入り、分光器3の拡縮したイメージは、要素16及び18を有する動的な光線偏向器の回転25の有効軸において、影響される。動的な光線偏向器16及び18により偏向された全光線19は、集束レンズシステム20によって、加工物23上に集束される。集束された全光線21は、加工物23上で、強度分布を形成し、その強度分布は、分光器及び残りの機械加工レンズシステムによって決定される。加工物23上の部分光線の回転は、それにより、分光器3の回転を介して、光線広がり方向に対して、垂直に操作される。好ましくは、偏光部30、回転部28、動的な光線偏向器16及び18の同期的動作によって、その動作方向のおよびレーザ光線を調整するための偏光ベクトルの定義した方向は、達成される。

【0053】

また、偏光部は、円偏光の生成、リターダープレートの組合せ、他の種類の偏光の生成のため、1/4波プレートとして設計されてもよい。好ましくは、この目的のために、区分された1/4波あるいは半波プレートを用いることで、偏光ベクトルがレーザ光線の強度分布の中心に対して半径方向に向いている場合の半径方向偏光、あるいは、偏光ベクトルがその強度分布の中心に対して接線方向に向いている場合の接線方向偏光、の生成が存在する。

【0054】

図7は、例によって、回転部28の生成を示している。回転部28により、入射のレーザ光線2は、数 r によって平行に配置され、示された実施形態によって間隔 r は多様に調整され得る。この構成は、第1ミラー28aを有し、第1ミラー28aは、入射のレーザ光線2を面平行プレート28bに反射する。レーザ光線は、面平行プレート28bを通過し、それにより、その入射方向に対して平行にオフセットされる。その生じたレーザ光線は、第2ミラー28cに当たる。第2ミラー28cは、出射するレーザ光線29が入射するレーザ光線2に平行に延び、しかし、数 r でオフセットするように、向けられている。面平行プレート28bは、回転構成を有している。好ましくは、面平行プレート28bは、それにより、面平行プレート上のレーザ光線の入射点を通り延びる軸周りに回転する。2つのミラー28a及び28cを動作させ、傾斜の角度を適合させることで、面平行プレートに対するレーザ光線の入射角度を調整することができる。面平行プレートにより、図1に示すように定義された光線オフセットが、それにより、設定され、したがって、軌道半径 r はその入射角度を変化させることで、変更され得る。2つのミラーは、それによ

り、常時、対応して対称に配置され、面平行プレート上のレーザ光線の入射点は、回転部の回転軸に対応し、第2ミラー28c上の反射後の回転光線の回転軸は全角度調整に対して同一となる。

【0055】

図8は、例によって、円柱レンズ12aの第1グループと円柱レンズ12bの第2グループを有する拡大部の構成を示す図である。円柱レンズ12aおよび円柱レンズ12bは、第1モジュール5と第2モジュール14との間に配置されている。その円柱レンズの円柱軸は、第1グループのレンズ12aに対し第2グループのレンズ12bにおいて光軸周りに90°回転している。第1グループの円柱レンズ12aによって、第1方向における部分光線間の間隔は、光軸に対して垂直に拡縮され、第2グループの円柱レンズ12bによって、部分光線間の間隔は、第1方向に対して垂直方向に拡縮される。

10

【0056】

図9は、不連続の光線分布におけるアナモフィックプリズムの動作の光学原理を示している。相互にプリズム91及び92を傾斜させることで、相互に部分光線93、93の間隔の拡縮が影響され得る。円柱レンズ91及び92を相互に傾斜させることが、それにより、光軸に垂直となっている傾斜の軸周りに影響される。部分光線93、93は、プリズム91及び92の傾斜軸に垂直で、かつ光軸に平行な面内にある角度で、プリズム91及び92を傾斜させることで、偏向される。仮に、プリズム91及び92が相互に特定の角度で傾斜された場合、部分光線93は、角度 θ_1 で偏向され、部分光線93として延びる。第1モジュール5を通過すると、間隔 d_1 による部分光線93の位置は、結果として、第1モジュール5の焦点面10内に生成される。図9は、プリズム91及び92の3つの異なる位置に対する部分光線93の配置を、例により、示しており、プリズム91及び92は、異なる角度 θ_2 及び θ_3 、すなわち、焦点面10において、間隔 d_2 及び d_3 で異なる配置、を生じさせる。

20

【0057】

図9の下方部分では、その焦点面は、焦点面10内にある。プリズム91及び92を傾斜させることで、1次元で焦点間の異なる間隔が生成されるということを検知できる。

【0058】

図10は、拡大システム12を通過する3つの異なる部分光線の光線の行程を示しており、拡大システム12は個別のレンズ位置の多様な構成の、4つの回転対称のレンズL4、L5、L6及びL6によって、構成されている。4つのレンズL4、L5、L6及びL6の出射における部分光線7a、7b、7cの間隔は、相互の各レンズの間隔に依存している、ということが検知できる。図10の上方の部分図において、部分光線7a、7b、7cは、出射において相互に最小間隔を有している。最下の部分図において、それら部分光線7a、7b、7cは、相互に最大間隔を有している。

30

【0059】

図10において、部分光線7a、7b、7c多数の光線の光線束として、示されている。これら光線の1つは、主光線として考えられる。拡大システムは、相互に主光線の間隔を拡縮する。

【0060】

図11は、簡易な方法で、拡散部3から、第1モジュール5を介して、第2モジュール14の後ろまでの、拡大システムがない構成における、3つの異なる部分光線の光線行程を示している。

40

【0061】

拡散部3は、不図示のレーザ光線を、図示した例の中で、3つの部分光線7a、7b、7cにファンアウトしている。各部分光線は多数の光線、図11では、それぞれ、主光線71a、71b、及び71cを有しており、また、2つの光線は、例によってさらに示される。

【0062】

図11では、部分光線7a、7b、7cは、拡散部3を平行で去り、部分光線の全光線

50

が、それぞれ、対応する主光線 7 1 a、7 1 b、又は 7 1 c に平行に延びる。部分光線 7 a では、各光線は、したがって、主光線 7 1 a に平行に延び、一方、部分光線 7 b では、各光線は、主光線 7 1 b に平行に延びる。

【 0 0 6 3 】

第 1 モジュール 5 は、図示した例で、主光線 7 1 a、7 1 b、及び 7 1 c の角度を、相互により小さくする。図 1 1 において、これは、主光線 7 1 a、7 1 b、及び 7 1 c を平行にする。同時に、第 1 モジュール 5 は、部分光線 7 a、7 b、7 c をそれぞれ集束する。焦点面 1 0 を通過した後、部分光線は、それぞれ、再度、分かれて移動し、第 2 モジュール 1 4 上に発散して当たる。図示した例では、これは、部分光線をそれぞれ平行にし、各部分光線は平行に延びる。同時に、第 2 モジュール 1 4 は、部分光線を偏向し、部分光線の主光線 7 1 a、7 1 b、及び 7 1 c は相互の方に延び、図 1 1 に示す構成の右端で交差する。

10

本発明の構成の他の要素は、明確性のためにここで省略されている。

【 0 0 6 4 】

図 1 2 は、図 1 1 に示す構成に対応する構成を示す。しかし、その構成は、さらに、拡大システム 1 2 を有している。拡大システム 1 2 は、相互に主光線 7 1 a、7 1 b、及び 7 1 c の間隔を変化させ、図示した例では、それら間隔をより小さくする。本発明に係る装置の他の要素は、明確性のために図 1 2 で省略されている。

【 0 0 6 5 】

図 1 3 は、好ましい構成における偏向部 1 6 及び 1 8 の好ましい位置の図を示しており、その構成はガルバノメータスキャナーを有し、そのガルバノメータスキャナーは、2 つの動的に移動可能なミラー 1 6 及び 1 8 を、第 2 モジュール 1 4 の後ろの領域に有している。好ましくは、偏向部のミラー 1 6 及び 1 8 は、第 2 モジュール 1 4 による偏向によって、主光線が交差する点が、正確に、ミラー 1 6 及び 1 8 間の中間に位置するように、配置される。

20

【 0 0 6 6 】

すでに上述したように、部分光線 7 a、7 b、7 c は、ミラー 1 6 及び 1 8 により偏向された後、集束部 2 0 を通過する。集束部 2 0 は、ここで、F - レンズである。集束部 2 0 は、部分光線をそれぞれ、加工される表面 2 3 上に集束する。

【 0 0 6 7 】

図 1 4 は、主光線 7 1 に対する、光線 7 2 a、7 2 b、7 2 c、7 2 d 間の角度の定義、部分光線内の光線 7 2 a、7 2 b、7 2 c、7 2 d の角度および光軸に対する主光線 7 1 の角度、における第 2 モジュール 1 4 の影響、を示している。

30

【 0 0 6 8 】

部分光線 7 は、光軸 O A に対して主光線の角度 θ_{HA} で、第 2 モジュール上に当たる。第 2 モジュール 1 4 は、光軸に対する主光線の角度を角度 θ_{HB} に変化させ、その角度 θ_{HB} は、図示する例では、 θ_{HA} よりも小さい。

【 0 0 6 9 】

主光線 7 1 に対する光線 7 2 a の角度には、 θ_{3a} の符号が付され、主光線 7 1 に対する光線 7 2 b の角度には、 θ_{2a} の符号が付され、主光線 7 1 に対する光線 7 2 c の角度には、 θ_{1a} の符号が付されている。第 1 モジュール 1 4 は、光線 7 2 a、7 2 b、7 2 c、7 2 d の角度を主光線 7 1 に対して夫々小さくし、現れた光線の角度 θ_{1b} 、 θ_{2b} 、及び θ_{3b} は、入射の主光線 θ_{1a} 、 θ_{2a} 、及び θ_{3a} に対する入射光線の角度よりも、それぞれ小さい。

40

【 0 0 7 0 】

図 1 5 は、図 1 4 に示された、光線上の第 2 モジュール、さらに、異なる部分光線の主光線間の角度、の影響を示している。対応する主光線に対する光線角度上の影響に関して、図 1 4 には符号が付されている。

上方の部分光線 7 a の主光線は、7 1 a として、下方の部分光線の主光線 7 b は 7 1 b として示されている。

50

【 0 0 7 1 】

主光線 7 1 a 及び 7 1 b は、角度 $H_1 - H_2 - A$ で、僅かに相互に対して広がり、第 2 モジュール 1 4 上に当たる。第 2 モジュール 1 4 によって、主光線 7 1 a 及び 7 1 b は、相互に偏向され、第 2 モジュール 1 4 の後ろで角度 $H_1 - H_2 - B$ で、さらに大きく相互に広がる。

各主光線 7 1 a 又は 7 1 b に対する個別の光線の角度は、図 1 4 で既に示したように、第 2 モジュール 1 4 によってより小さくなる。

【 0 0 7 2 】

図 1 6 は、本発明に係る装置に関する周期パターンの生成に対する走査方法を示している。隣接する部分光線の間隔の空間は、これにより、構成で満たされている。光線の周期は、スポット周期の整数の約数であり、例えば、機械加工する表面 2 3 上の部分光線の周期である。

10

【 0 0 7 3 】

加工点（レーザ焦点）からなるパターンは、スポット周期の空間を有し、偏向部によって、走査輪郭に沿って移動され、したがって、構成を生成する。続いて、そのパターンは、その構成の第 1 周期によって、第 1 軸方向に配置され、再度、偏向部で、同一の走査輪郭に沿って移動される。これは、第 1 軸方向に沿った、スポット周期の長さを有する領域がその構成で満たされるまで実施される。したがって、周期の構成の閉じられた線が生成される。続いて、そのパターンは、その構成の第 2 周期で、偏向部によって、第 2 軸方向に配置される。第 2 軸方向は、第 1 軸方向に対して垂直である。再度、そのパターンは、偏向部によって、走査輪郭に沿って移動され、構成の次の線が、既に説明した手順で生成される。この方法は、図 1 6 に従って、周期構成の閉じられた領域が生成されるまで、実施される。

20

【 0 0 7 4 】

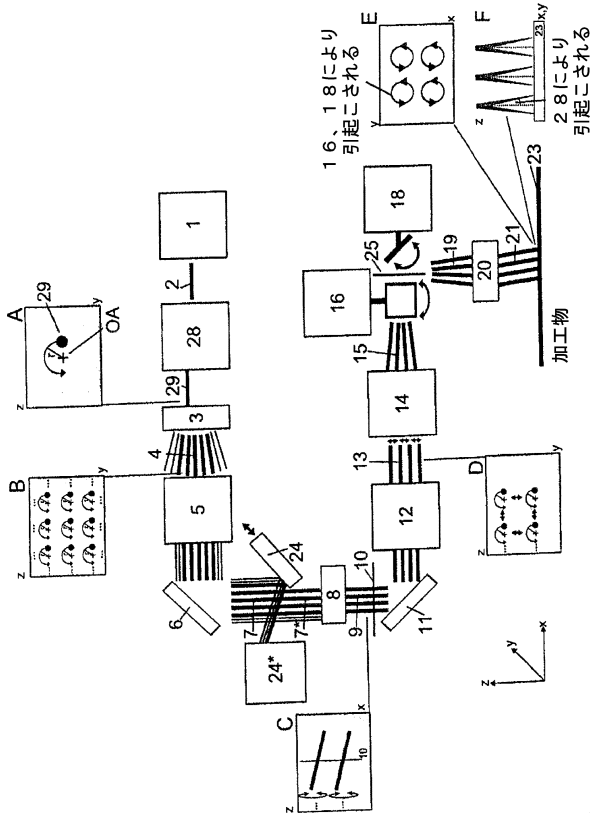
図 1 7 は、連続強度分布の代表に対する可能な光線行程を示している。その代表は、無限数の画素を有し、隣接点の間隔 Δ は、無限に小さい。部分光線は、各画素に割り当てられる。したがって、無限数の部分光線は、集束部の前で放射方向に存在し、その主光線が微小角度 θ だけその方向に異なる。

【 0 0 7 5 】

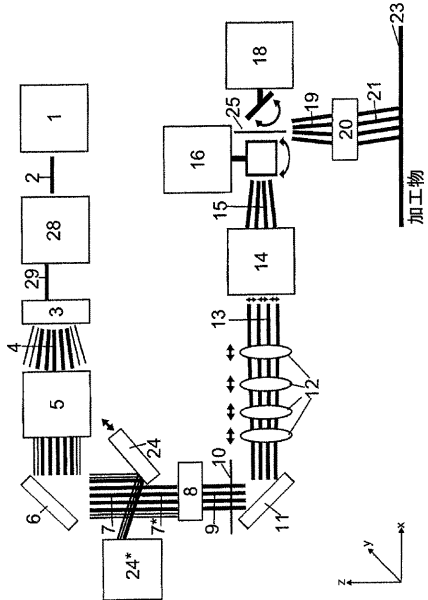
図 1 8 は、不連続強度分布の代表に対する可能な光線行程を示している。この場合、その代表は、無限数の画素を有し、 $d > 0$ の空間距離を有している。イメージ空間における各点に対して、部分光線は、放射方向で、集束部の前に存在する。部分光線の主光線は、 θ と異なる角度でその方向に異なる。

30

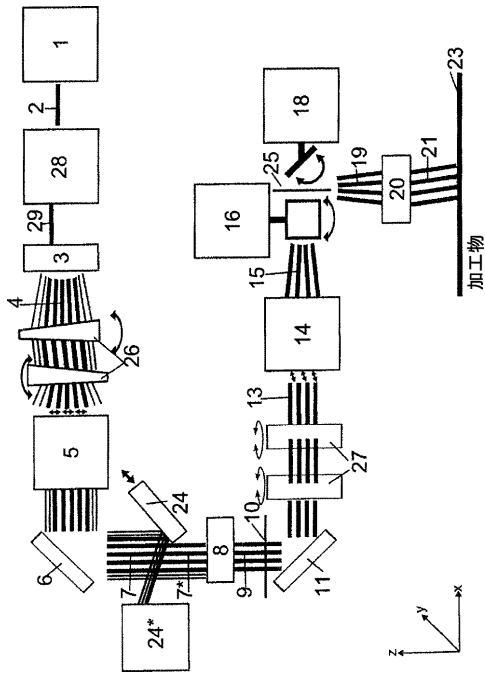
【図 1】



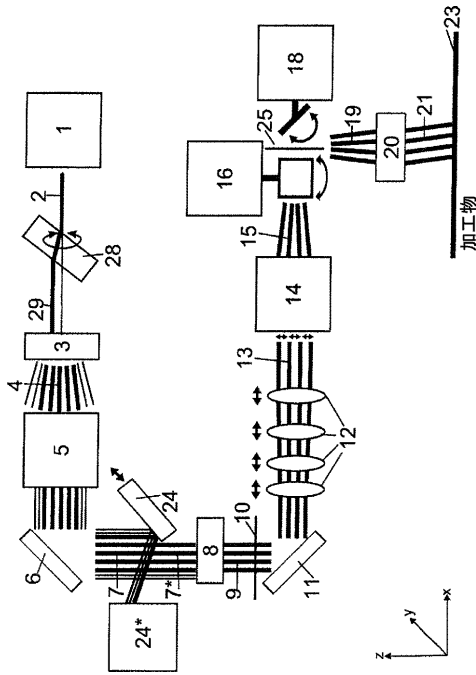
【図 2】



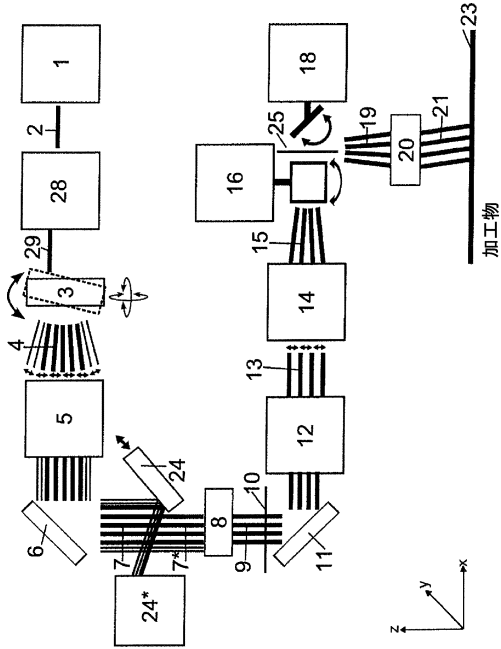
【図 3】



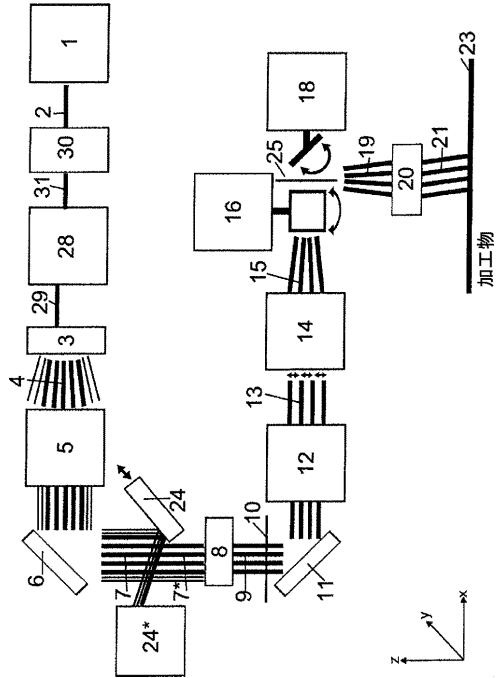
【図 4】



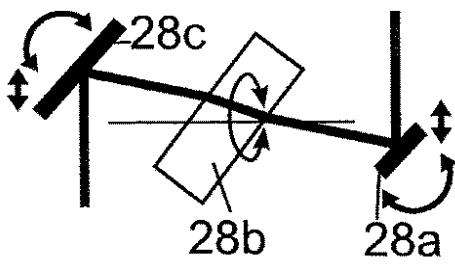
【図5】



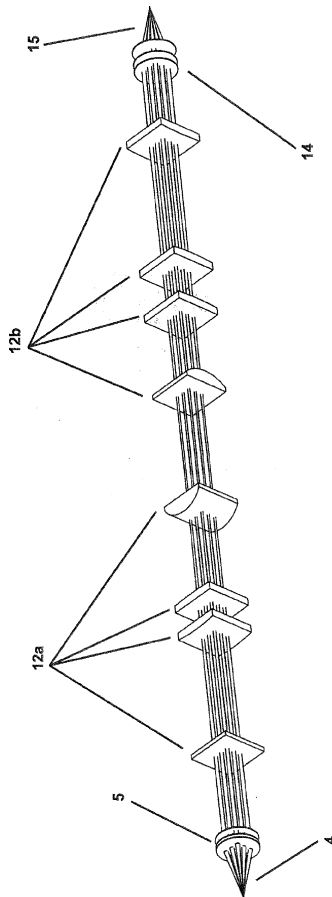
【図6】



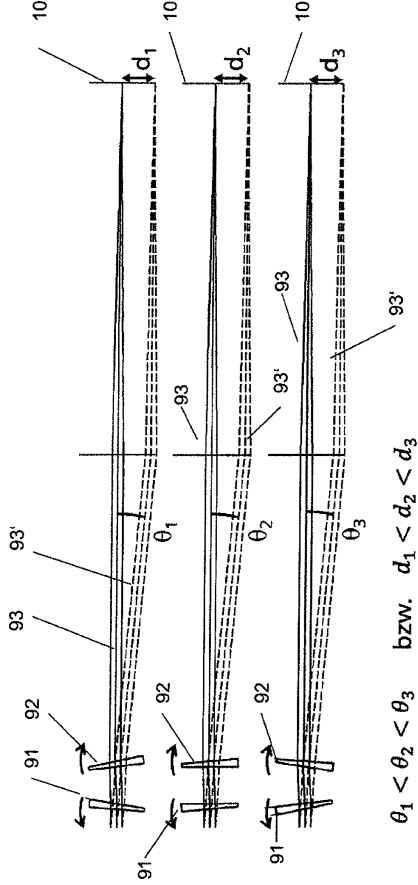
【図7】



【図8】

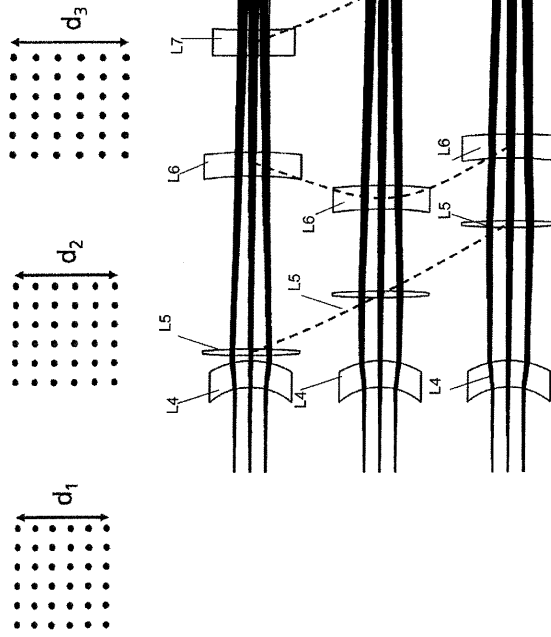


【図9】

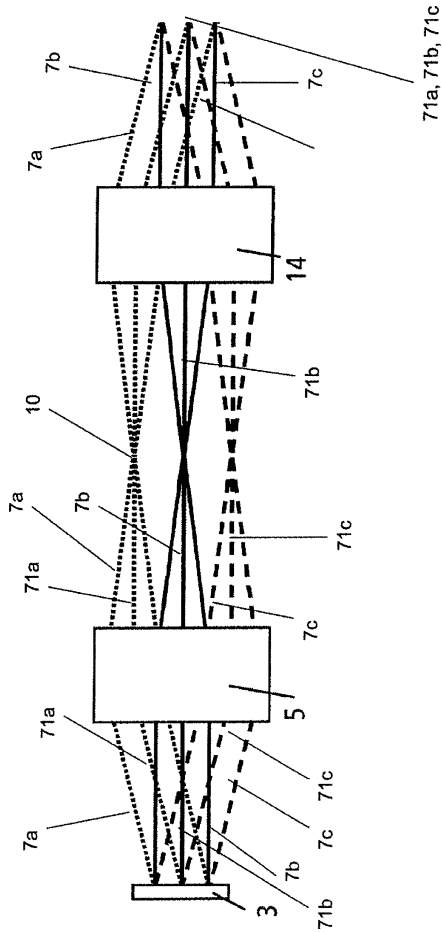


$\theta_1 < \theta_2 < \theta_3$ bzw. $d_1 < d_2 < d_3$

【図10】

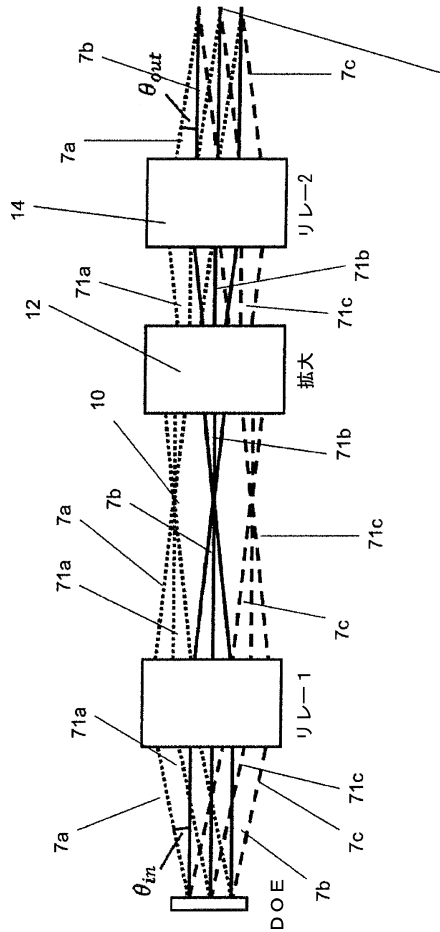


【図11】



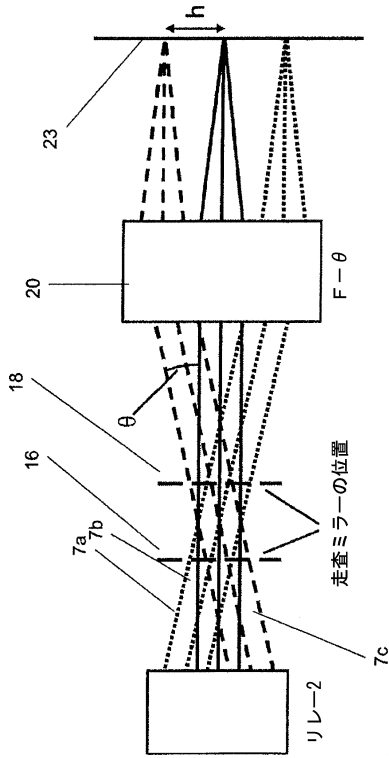
71a, 71b, 71c

【図12】

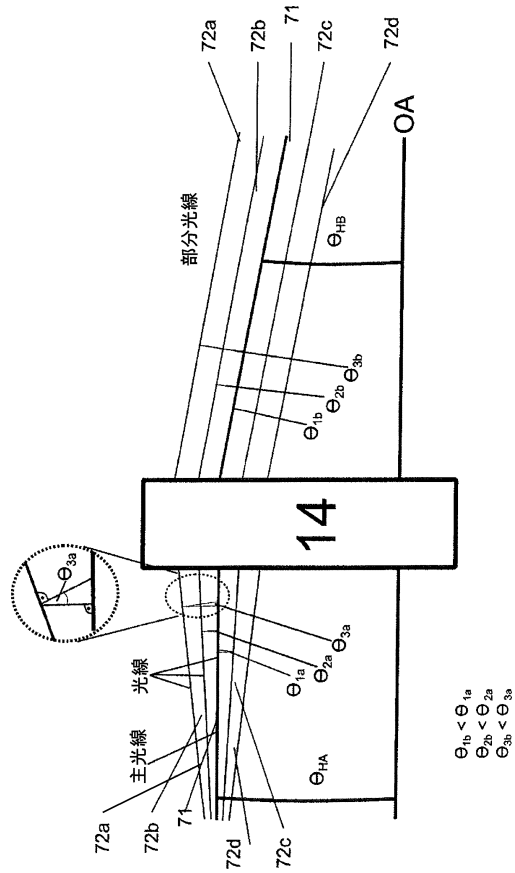


71a, 71b, 71c

【図13】



【図14】

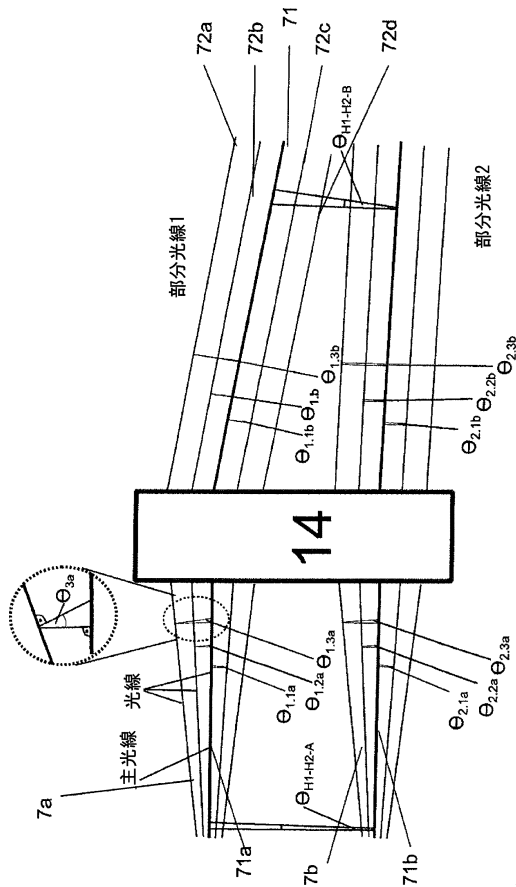


$$\theta_{1b} < \theta_{1a}$$

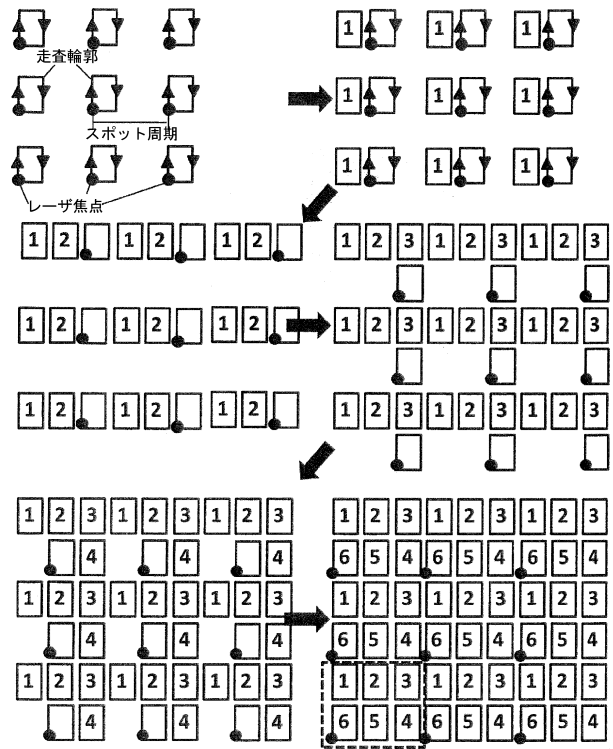
$$\theta_{2b} < \theta_{2a}$$

$$\theta_{3b} < \theta_{3a}$$

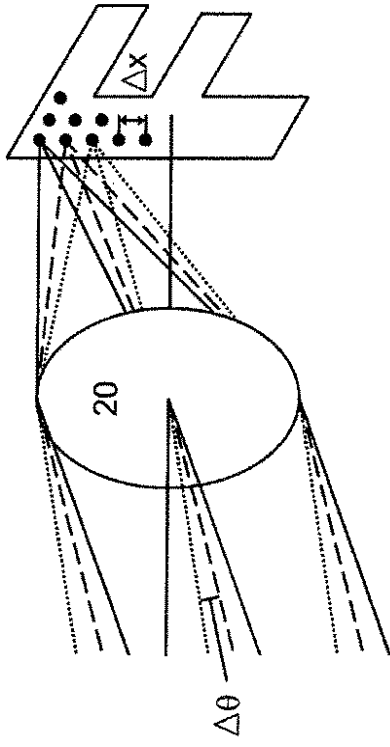
【図15】



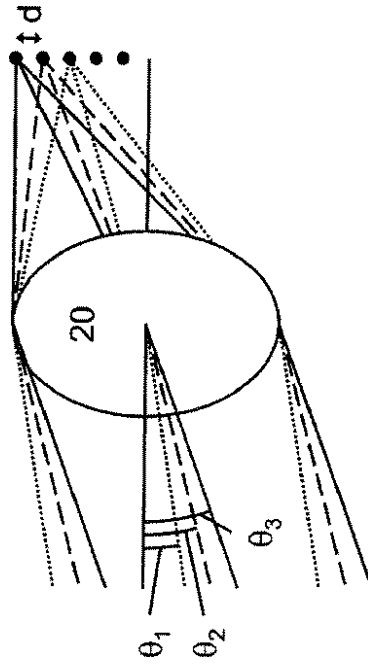
【図16】



【図 17】



【図 18】



フロントページの続き

- (51)Int.Cl. F I
 G 0 2 B 26/10 1 0 4 Z
 G 0 2 B 26/10 1 0 8
- (72)発明者 ガテイ アレクサンダー
 ドイツ連邦共和国 5 2 0 6 4 アーヘン, ゲルラッハシュトラーク 1 3
- (72)発明者 トラウブ マルティン
 ドイツ連邦共和国 5 2 1 4 6 ヴュルゼレン, レーンシュトラーク 2 5
- (72)発明者 ギルナー アルノルト
 ドイツ連邦共和国 5 2 1 5 9 レートゲン, ヴィーデフェン 2 5
- (72)発明者 ホルトカンブ イエンス
 ドイツ連邦共和国 4 1 8 4 9 ヴァッセンベルク, クルンマー ヴェーク 2 5
- (72)発明者 リイル ヨアヒム
 ドイツ連邦共和国 5 2 0 7 6 アーヘン, オーバーフォルストバッハーシュトラーク 4 0 5 ア
 ー
- (72)発明者 グレツキ パトリック
 ドイツ連邦共和国 5 2 0 7 4 アーヘン, ハインプーヘンシュトラーク 1

審査官 岩見 勤

- (56)参考文献 特表平08 - 507410 (JP, A)
 特開2012 - 243900 (JP, A)
 特開2000 - 280225 (JP, A)
 特開2012 - 121038 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
 B 2 3 K 2 6 / 0 0 - 2 6 / 7 0
 G 0 2 B 2 6 / 1 0