

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7235656号
(P7235656)

(45)発行日 令和5年3月8日(2023.3.8)

(24)登録日 令和5年2月28日(2023.2.28)

(51)国際特許分類	F I	
G 0 2 C 7/04 (2006.01)	G 0 2 C 7/04	
B 2 3 K 26/36 (2014.01)	B 2 3 K 26/36	
B 2 3 K 26/00 (2014.01)	B 2 3 K 26/00	N
B 2 3 K 26/352 (2014.01)	B 2 3 K 26/352	
G 0 2 C 13/00 (2006.01)	G 0 2 C 13/00	
請求項の数 37 (全23頁) 最終頁に続く		

(21)出願番号	特願2019-531259(P2019-531259)	(73)特許権者	519204928 アイクスレンズ ゲーエムベーハー ドイツ国 5 2 4 7 7 アルスドルフ, ヴ エルナー - ハイゼンベルグ通り 5
(86)(22)出願日	平成29年10月12日(2017.10.12)	(74)代理人	100091683 弁理士 吉 川 俊雄
(65)公表番号	特表2020-503542(P2020-503542 A)	(72)発明者	ヴォン ヴアルフェルド, アクセル ドイツ国 5 2 1 3 4 ヘルツォーゲンラ ート, アム エーゼルス通り 3
(43)公表日	令和2年1月30日(2020.1.30)	(72)発明者	ポップラウエ, ラインハルト ドイツ国 5 2 0 7 4 アーヘン, フィン ケンハグ 2 4
(86)国際出願番号	PCT/DE2017/000337	(72)発明者	フォルナロリ, クリスチャン ドイツ国 5 7 0 7 2 アーヘン, ルール モンダー通り 3 4 2
(87)国際公開番号	WO2018/108192		
(87)国際公開日	平成30年6月21日(2018.6.21)		
審査請求日	令和2年9月8日(2020.9.8)		
(31)優先権主張番号	102016014747.4		
(32)優先日	平成28年12月13日(2016.12.13)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	ドイツ(DE)		
(31)優先権主張番号	102017002986.5		
(32)優先日	平成29年3月28日(2017.3.28)		
	最終頁に続く		最終頁に続く

(54)【発明の名称】 透過型光学系の製造方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】

アクリレートから製造されるブランク(2)から透過型光学系である眼内レンズ(1)を製造する方法であって、材料アブレーション(4)を、アブレーションレーザ(3)により前記ブランク(2)上に実現し、前記アブレーションレーザ(3)によって処理された前記ブランク(2)が研磨加工レーザ(20)によってさらに加工処理される方法において、

前記研磨加工レーザ(20)の波長は1~12 μmであり、

前記材料アブレーション(4)は、前記ブランク(2)に照射される領域で前記ブランク(2)を蒸発させることにより行われ、

前記アブレーションレーザ(3)のパルスエネルギーが1パルスあたり0.1 μJ~10 μJ、パルス幅は1 ns未満、波長は193~370 nm、焦点径は5~50 μmの間で、1パルスあたり0.01~10 μmの材料アブレーションが行われ、

前記ブランク(2)の表面の初期形状および目標形状を比較し、アブレーション深さを決定し、単位表面積当りのレーザパルスの回数を決定することを特徴とする方法。

【請求項 2】

前記ブランク(2)は、射出成形または押出成形を用いて製造されることを特徴とする、請求項1に記載の方法。

【請求項 3】

前記ブランクは、付加的製造により粉末形態、液体、または気体材料から製造されるこ

とを特徴とする、請求項 1 または 2 に記載の方法。

【請求項 4】

密度勾配を有するブランクを使用することを特徴とする、請求項 1 ~ 3 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 5】

円形の横断面を備えたブランク (40) を使用し、前記ブランク (40) は端部 (42) の方の光学密度とは異なる中心部 (41) の方の光学密度を有することを特徴とする、請求項 1 ~ 4 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 6】

パルスエネルギーは、アブレーションおよび / または研磨の間に変化することを特徴とする、請求項 1 ~ 5 のいずれか一項に記載の方法。

10

【請求項 7】

各レーザーパルスの後、加工処理された表面領域における前記眼内レンズ (1) の形状 (6) を測定することを特徴とする、請求項 1 ~ 6 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 8】

加工処理の間、加工処理温度は、パイロメータ (7) によって監視および / または制御されることを特徴とする、請求項 1 ~ 7 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 9】

パルスのパルスエネルギー分布は、局所的に非対称であることを特徴とする、請求項 1 ~ 8 のいずれか一項に記載の方法。

20

【請求項 10】

円形または楕円形表面上のパルス (70) のパルスエネルギー分布は、半径方向に少なくとも 1 つの最大値 (71) を有することを特徴とする、請求項 1 ~ 9 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 11】

加工処理の間、パルスエネルギー分布は、照射方向に対して横方向に変化することを特徴とする、請求項 1 ~ 10 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 12】

湾曲した光学系の前記加工処理の間、レーザービーム (82) の配置は、前記レーザービーム (82) および前記光学系の交点 (84) の位置に、接線 (83) に対して基本的には直角に維持されることを特徴とする、請求項 1 ~ 11 のいずれか一項に記載の方法。

30

【請求項 13】

加工処理の間、前記ブランクは移動することを特徴とする、請求項 1 ~ 12 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 14】

前記ブランクは片面に対称的に形成され、別面には非対称に、または自由な形状の方法で加工処理されることを特徴とする、請求項 1 ~ 13 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 15】

患者の目を最初に測定して、それによってデータセットが生じ、その後、前記アブレーションレーザーおよび / または前記研磨加工レーザーは、このデータセットのデータに基づいて制御されることを特徴とする、請求項 1 ~ 14 のいずれか一項に記載の方法。

40

【請求項 16】

前記光学系の表面の光学密度は、変更した屈折率が反射を防止するように、アブレーションおよび / または研磨加工によってシステムティックに変更されることを特徴とする、請求項 1 ~ 15 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 17】

レーザー放射線によって前記ブランクの材料は、フィニッシュトレンズが光学密度勾配を有するように変更されることを特徴とする、請求項 1 ~ 16 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 18】

前記アブレーションレーザーは、パルス当たり $0.02 \mu\text{m} \sim 0.5 \mu\text{m}$ の材料アブレーション

50

ションをもたらすように作動させることを特徴とする、請求項 1 ~ 17のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 19】

前記アブレーションレーザの焦点径は、 $20\ \mu\text{m}$ に見いだされることを特徴とする、請求項 1 ~ 18のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 20】

前記アブレーションレーザの走査速度は、 $500 \sim 5,000\ \text{mm/s}$ の間に見いだされることを特徴とする、請求項 1 ~ 19のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 21】

前記アブレーションレーザの前記パルスエネルギーは、 $1\ \mu\text{J}$ に見いだされることを特徴とする、請求項 1 ~ 20のいずれか一項に記載の方法。

10

【請求項 22】

前記アブレーションレーザの繰り返し周波数は、 $5\ \text{kHz} \sim 5,000\ \text{kHz}$ の間に見いだされることを特徴とする、請求項 1 ~ 21のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 23】

前記アブレーションレーザのレーザビームによって、まず材料は、少なくとも前記材料の 50%が除去され、続いて、目標形状により近い領域で除去された材料のみになるまで、前記目標形状から距離をとって除去されることを特徴とする、請求項 1 ~ 22のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 24】

1つのアブレーション層内で表面上の個々のレーザパルスによって作られる前記アブレーションのくぼみ間の距離は、一定ではないことを特徴とする、請求項 1 ~ 23のいずれか一項に記載の方法。

20

【請求項 25】

前記研磨加工レーザは、 $1\ \mu\text{s}$ 以上のパルス幅によってパルス化または調整されることを特徴とする、請求項 1 ~ 24のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 26】

前記研磨加工レーザは、連続的に作動させることを特徴とする、請求項 1 ~ 25のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 27】

前記研磨加工レーザは、 $0.1\ \text{mm} \sim 8\ \text{mm}$ の間の前記ブランク(2)におけるビーム直径を有することを特徴とする、請求項 1 ~ 26のいずれか一項に記載の方法。

30

【請求項 28】

前記研磨加工レーザは、研磨される前記表面のビーム直径以上の前記ブランク(2)におけるビーム直径を有することを特徴とする、請求項 1 ~ 27のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 29】

前記研磨加工レーザは、 $1 \sim 100\ \text{mm/s}$ の送り動作速度で移動することを特徴とする、請求項 1 ~ 28のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 30】

前記研磨加工レーザは、 $500\ \text{mm/s} \sim 20,000\ \text{mm/s}$ の走査速度で、走査動作による疑似ラインに形成されることを特徴とする、請求項 1 ~ 29のいずれか一項に記載の方法。

40

【請求項 31】

前記研磨加工レーザは、 $1 \sim 500\ \text{W}$ の平均レーザ出力で作動させることを特徴とする、請求項 1 ~ 30のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 32】

前記研磨加工レーザによるパスは、30回未満、実行されることを特徴とする、請求項 1 ~ 31のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 33】

50

前記研磨加工レーザは、少なくとも研磨される表面を十分にカバーする程度に長いライン長で作動させることを特徴とする、請求項 1 ~ 3.2 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 3.4】

アクリレートから製造されるブランク (2) から透過型光学系である眼内レンズ (1) を製造する方法であって、材料アブレーション (4) を、アブレーションレーザ (3) により前記ブランク (2) 上に実現し、前記アブレーションレーザ (3) によって処理された前記ブランク (2) が研磨加工レーザ (2.0) によってさらに加工処理される方法において、

前記研磨加工レーザ (2.0) の波長は 1 ~ 1.2 μm であり、

前記材料アブレーション (4) は、前記ブランク (2) に照射される領域で前記ブランク (2) を蒸発させることにより行われ、

前記アブレーションレーザ (3) のパルスエネルギーが 1 パルスあたり 0.1 μJ ~ 10 μJ 、パルス幅は 1 ns 未満、波長は 193 ~ 370 nm、焦点径は 5 ~ 50 μm の間で、1 パルス当たり 0.01 ~ 10 μm の材料アブレーションが行われ、

前記ブランク (2) の表面の初期形状および目標形状を比較し、アブレーション深さを決定し、単位表面積当りのレーザパルスの回数を決定することを特徴とする方法、であって

前記眼内レンズ (1) は、ある領域において、前記眼内レンズ (1) の別の領域よりも少なくとも 1% 低い密度を有することを特徴とする、眼内レンズを製造する方法。

【請求項 3.5】

前記眼内レンズ (1) は表面領域およびコア領域を有し、前記表面領域の前記密度は前記コア領域の前記密度よりも高いことを特徴とする、請求項 3.4 に記載の眼内レンズを製造する方法。

【請求項 3.6】

前記眼内レンズ (1) は、円形の横断面および半径方向の密度勾配を有することを特徴とする、請求項 3.4 または 3.5 に記載の眼内レンズを製造する方法。

【請求項 3.7】

前記眼内レンズ (1) は、入射光の 5% 未満を反射することを特徴とする、請求項 3.4 ~ 3.6 のいずれか一項に記載の眼内レンズを製造する方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ブランクによる透過型光学系の製造方法に関する。ここでは、透過型光学系は通常レンズである。本発明は、特に眼内レンズ、コンタクトレンズ、屈折インプラント、または眼鏡レンズの製造に関する。本発明は光学面の加工処理にも関し、それは放射線に対して部分的に反射され、部分的に光を通過させる。

【背景技術】

【0002】

国際公開第 96 / 31315 号 (特許文献 1) には、レーザを用いた任意の 3D - 形状表面の処置法が記載されている。特に、これは成形型上の精密な封止表面の製造を必要とする。

【0003】

国際公開第 2012 / 119761 号 (特許文献 2) は、強力な放射線、好ましくはレーザ放射線による加工処理を用いた光学素子の生産方法に関する。本方法では、石英ガラスのブランクが、粗いアブレーションによって最初に処理され、その後、研磨および細密なアブレーションによって処理される。複数の工程を有するこの反復法は、ガラスまたは鋼鉄といった硬い材料にとって特に適している。

【0004】

独国特許出願公開第 102007058105 号明細書 (特許文献 3) には、アブレーションレーザによる透過型光学系の製造方法が記載されている。しかしながら、この方法では、材料アブレーションは、ブランク上のレーザでは実現されないが、加工処理される

10

20

30

40

50

表面上へ蒸発装置によって別途供給されるアブレーション媒体によって実現される。この方法では、材料アブレーションは、アブレーション媒体により実現され、レーザがブランクの表面に、むしろアブレーション媒体に作用せず、蒸気相として、または、凝縮された液相中にて、レーザとブランクとの間でレーザ放射線を吸収する。この出願に明記されている500 fs未満のパルス幅は、蒸気または液体のアブレーション媒体上におけるレーザ放射線の当たりに関係があり、ブランク上での材料アブレーションに帰着するレーザビームには関係がない。このような方法は、特に硬い材料に適している。

【0005】

米国特許第5143660号明細書(特許文献4)には、プラスチックレンズ製造のための射出成形加工が記載されている。ここでは、特別な穴がレンズに形成され、それは特に薬剤のような液体を収容するのに役立つ。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【文献】国際公開第96/31315号

国際公開第2012/119761号

独国特許出願公開第102007058105号明細書

米国特許第5143660号明細書

欧州特許第0954255号明細書

【発明の概要】

20

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

それゆえ、本発明は、その目的として、より柔軟な材料でできているブランクにも使用することができる一般的な方法を開示する。特に、本方法は、迅速で費用効果の高い製造を可能にするはずである。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本目的は、請求項1の特徴を備えた方法によって実現される。有益な展開については、主題として従属請求項に存在する。

【0009】

30

アブレーションレーザの極めて短いパルス幅には、パルス間に蒸発するブランクの材料が、蒸発後のエネルギーの流入を妨げず、かつ、各パルスの後に、2つのパルス間の短い途絶の範囲内で、蒸気が加工処理域から大部分が流出することもでき、または、レーザを別の加工処理域上へ誘導することができるといった重要性がある。これは精密な表面仕上げを可能にし、互いに非常に近接して位置する小さなくぼみをブランクの表面上に作ることができる。

【0010】

短いパルス幅には、実質的に、相互作用がレーザ放射線下で蒸発するブランクの溶融物または材料間に発生しないといった重要性がある。材料アブレーションを直接的な蒸発によって実現することで、処理材料はほとんど損傷を受けることはない。2、3フェムト秒から2、3ピコ秒またはナノ秒までの範囲に及ぶ長さを備える超短波レーザパルスは、従来の装置では不可能である新たな加工処理方法を可能にする。これらレーザの閃光は、極めて高いピーク強度に帰着し、大きな時間的圧縮によって比較的により低いパルスエネルギーで実現させることができる。これは、非常に精密な材料アブレーションおよび温度に対して敏感な材料の加工処理を可能にする。

40

【0011】

それは、ブランクがプラスチックから製造される場合に有利である。特定の透明プラスチックにおけるモノマーおよびポリマー、さらにはこれらの組み合わせは、本目的に適している。

【0012】

50

ブランクは、特に好ましくはアクリレートを含む。同時に、ブランクを、多様なプラスチックから製造することもできる。アクリレートは好ましくは透明または部分的に透明である。可塑剤の有無にかかわらずアクリレートを使用できる。好適な材料は、例えば、H I 5 6 S P E C S (登録商標)、P M M A、C I 2 6 (登録商標)若しくはC o n t a f l e x C I 1 8 (登録商標)、ヒドロゲル、シリコン、またはC o l l a m e r (登録商標)のようなコラーゲンおよびポリマーの組み合わせである。

【0013】

ブランクを、基体、例えば、特に円筒形ロッドまたはプレートから、または、それから外して切断できる。それは、ブランクを射出成形または押出成形を用いて製造する場合、特に有利である。

【0014】

特に有利なことに、実施形態の別形体は、ブランクが付加的製造(3Dプリント)によって、粉末形態、液体、または気体材料から製造されることを想定する。ここでは、ブランクは、最終形状と合致する三次元形状をすでに有することができ、非対称設計の形状であることもできる。積上げ法、さらには記載されるアブレーション法との組み合わせの両方を、ここで適用できる。

【0015】

実施形態の有利な別形体は、密度勾配を有するブランクを使用することを想定している。このような密度勾配は、ブランク中にて局所的に多様で光学的な屈折挙動に帰着する。ブランク中で光学密度を調整することによって、ブランクを製造して使用できる結果、下部表面の湾曲部により、均一なブランクとして同一の光屈折をもたらす。

【0016】

代替的にまたは累積的に、ブランクは異材質または種々の材料でできていることが提案される。これは、結果としてマルチ材料ブランクになり、材料選択および材料の局所的な配置による特定の屈折挙動に帰着する。密度勾配は、多様な密度を備えた特定の材料選定の結果として、実現されることもでき、ブランクおよび光学系の屈折挙動を決定づける。

【0017】

例えば、シリンダの外殻領域が、コア領域とは異なる光学密度を有するならば、シリンダ平面上の放射線の入射は、表面が湾曲した設計でなければならぬことはなく、材料の光学密度にしたがって屈折する。したがって、円形レンズについて言えば、半径方向の密度勾配は、表面の曲率の低減を可能にする。これには、下部湾曲部により、レーザビームを、表面の湾曲部上の法線に対してほぼ直角に、より容易に誘導することができるので、レーザビームによる少ない曲面の加工処理を容易にするという重要性がある。しかしながら、ブランクは、所望の目標レンズ形状に近い屈折挙動をすでに有することができる。この方法によると、レンズの加工処理効果は低下する。

【0018】

それゆえに、円形の横断面を備えたブランクを使用し、端部の方の光学密度とは異なる中心部の方の光学密度を有するブランクをさらに提案する。

【0019】

レンズ上の密度勾配は、少ない湾曲部、あるいは湾曲部なしでレンズを製造することを可能にする。これは、レンズが柔軟であり、巻き上げられることができるように、製造できるレンズに帰着する。この方法によって、非常に小さく、特に小さな開口部を通して目に挿入できるように、レンズを折りたたむか、または巻き上げることができる。このように、角膜内の非常に小さな切り込みは、古く壊れやすいレンズを取り除き、新たなレンズを目に挿入するのに十分であり、それから、眼内で開くかまたは広げるのみである。

【0020】

異材質および密度勾配に関する記載は、それ自体で本発明に対して、また、請求項1に明記されているパルス幅とは独立してそれぞれ必要不可欠である。

【0021】

パルスエネルギーがアブレーションおよび/または研磨加工の間に変化する場合は有利

10

20

30

40

50

である。したがって、レーザのエネルギーが経時的に変化することを提案する。これは、他の表面領域よりも大きなパルスエネルギーによって特定の表面領域を削摩または研磨することを可能にする。例えば、レーザビームをブランク表面の上の蛇行ラインに沿って誘導する場合、エネルギーの投入を、例えば旋回領域で減らすことができる。

【 0 0 2 2 】

物質のアブレーションがブランクの形状を変更するための主要な機構である場合は、アブレーション加工処理またはアブレーションレーザを参照する。一方では、形状が不変のままであり、表面がスムージングされることになるだけの場合、研磨加工処理または研磨加工レーザを参照する。

【 0 0 2 3 】

それは、加工処理された表面領域において加工処理された光学系の形状が各レーザパルス後に測定される場合、特に有利である。表面領域当たりの総アブレーションを決定できるか、または、実際のくぼみ形状を決定できる。光コヒーレンス断層撮影法は、好ましくは本目的の役に立つ。これは、続く表面の加工処理、または隣接面の加工処理において考慮される当該データのために、位置データを保存することを可能にする。測定値は、パルス直後、または、測定された表面の加工処理を繰り返すまで、若しくは隣接面を加工処理するまでの時間内のいずれかにて実行される。これは、マイクロメートル範囲内、あるいはサブミクロン範囲内の精度を可能にする。

【 0 0 2 4 】

加工処理された表面の測定に加えて、それは、加工処理中に加工処理温度を測定システムによって、好ましくはパイロメータまたはサーマルカメラによって監視する場合に有利である。これは、画成した帯域幅内で保つように加工処理温度を制御することも可能にする。

【 0 0 2 5 】

レーザパルスは、通常、表面上でガウシアン強度分布を有する。しかしながら、パルスのパルスエネルギー分布が局所的に非対称である場合、特定の精度が表面加工処理で実現される。したがって、矩形パルスからのずれにおいて、矩形端部が異なって形成されることができる。特に、片側でパルスが、反対側で中心から低下するよりも中心に向かってより急激に上昇することができる。これによって、ビームが曲面に当たるときに、曲面に適合した蒸発を実現するように、レーザビームの表面上のエネルギー分布が変化することが可能となる。特に、レーザパルスによって作られるくぼみの深さは、パルス間の蒸発量を減らすことなしに小さくするもできる。

【 0 0 2 6 】

これは、処理すべき表面上でほぼ一定のアブレーションを可能にする。加えて、アブレーションの輪郭を、必要に応じて変化させ操作することができる。

【 0 0 2 7 】

さらに、くぼみの深さは、加工処理されることになる全表面上で基本的に一定でなければならない。基本的には、これは、例えば、半径 r の円領域を照射するとき、半径 $r/2$ の円領域上の平均くぼみ深さは、 $r/2$ から r の領域における環状領域の平均くぼみ深さの多くとも2倍の深さであるように、レーザビームの強度分布を調整するという重要性を有する。ずれは、サブ μm の範囲で安定していることが好ましい。

【 0 0 2 8 】

実施形態のある形態は、円形または楕円形表面上のパルス間のパルスエネルギー分布は、半径方向に少なくとも1つの最大値を有することを想定する。例えば、パルスの強度分布を、火口の形状のように表すことができ、そのため、高い強度は、中央領域よりも円形楕円形表面の端部領域に作用する。これは、作業に応じて、個々の方法のパルスによって影響を与えられる表面上のパルスの強度分布を変化させることを可能にする。このパルス波形を、一度設定することができるか、または加工処理の間に変更することができる。そのゆえに、パルスエネルギー分布を、加工処理中の照射方向に対して横方向に変化させることを提案する。

10

20

30

40

50

【0029】

局所および時間的エネルギー分布に関する記載は、それ自体で本発明に対して、また、請求項1に明記されているパルス幅とは独立してそれぞれ必要不可欠である。

【0030】

レーザービームが直角または他の角度で加工処理される表面上に影響を及ぼすどうかによって、レーザービームの効果は変化する。その結果、加工処理された表面と関連するレーザービームの配置は、アブレーション結果に影響する。これらの違いを制限するために、湾曲した光学系の加工処理中に、レーザービームの配置を、レーザービームおよび光学系が交差する所で接平面に対して基本的には直角に維持することを提案する。ここで「基本的には」とは、40%未満および好ましくは10%未満のずれを伴うことを意味する。「直角に」とは、接平面に対して90°のレーザービームの角度を表現するので、例えば「基本的には直角に」とは、70°を超える接平面に対するレーザービームの角度を表現する。代替的にまたは累積的に、レーザービームの強度または強度分布は、入射角の関数として変化するこ

10

【0031】

レーザービームが、できうる限り直角に加工処理される表面上に影響を及ぼすことを確実にするために、ビームはミラーを介してずらすことができる。しかしながら、加工処理されるレーザーおよび光学系の位置を、互いに比較して変更することもできる。ゆえに、ブランクまたはレーザーの位置および/もしくは配置を加工処理中に移動させることを提案する。

【0032】

加工処理の労力は、特に凸または凹形状のような、片面または複数の面上で画成した形状を有し、片面上でレーザーによって加工処理されるだけのブランクの使用によって大いに減らすことができる。実施形態の好適な別形体は、ブランクは、片面に対称的に形成され、別面には非対称的に、または自由な形状の方法で加工処理されるであろうことを想定する。

20

【0033】

レーザービームの配置およびブランクの形状に関する記載は、それ自体で本発明に対して、また、請求項1に明記されているパルス幅とは独立してそれぞれ必要不可欠である。

【0034】

光学系の精密な加工処理は、個々の方法にて患者のために、眼内レンズまたはコンタクトレンズのような視覚補助材を作り出すことを可能にする。このために、患者の目を最初に測定し、それによって、データセットが作られ、その後、アブレーションレーザーおよび/または研磨加工レーザーをこのデータセットのデータに基づいて制御することを提案する。

30

【0035】

眼球の軸長、角膜前面、角膜後面、角膜厚、および/または角膜の屈折率を確定するために、目を生物測定法および/または局所測定法を用いて測定することができる。中心半径に加えて、例えばコンタクトレンズまたは眼内レンズのカスタム化のための重要な表面パラメータを得るために、局所測定法によって、周辺角膜半径をオフサルモメータまたは角膜計により測定することを可能にする。局所測定法は個々の測定値を提供し、それにより表面の特徴に近づくことができ、角膜形状測定は完全な表面状態を届ける。これは、結果として目標形状用のデータセットになり、レンズの個々の製造または他の視覚補助材を使用可能にする。視覚欠損は、目のすべての要素から生じることができる。個別要素の測定、または、目を通過する放射線ビームの回折を確定する光線追跡の使用は、視覚補正媒体によりこれらの誤差を補正するために、視覚補正を画成することを可能にする。

40

【0036】

データセットが測定の間すでに作られている場合、それは有利であり、レンズ生産用のコンピュータ制御プログラムに容易に変換させることができる。

【0037】

各種個別に製造された視覚補助材または視力補正補助材を使用することができ、または、標準的な視覚補助材を、個々に製造された視力補正補助材と組み合わせることができる

50

。しかしながら、可能な限り多くの目の誤差を補正するために、まさにそのレンズを補正眼内レンズに置き換えることも可能である。

【 0 0 3 8 】

このような方法は、欧州特許第 0 9 5 4 2 5 5 B 1 号（特許文献 5）に記載されている。人工水晶体をレーザーで切断しなければならないものを提案している。この方法は、特定の目標形状と正確に一致するようにレンズをレーザーで切断することに時間を要するので、経済的に実行不可能であるが、不必要な光の屈折が発生しないほど滑らかである。特にアクリレートのようなプラスチック材料、およびプラスチックを気化させるレーザーを備えた方法の組み合わせのみ、経済的な方法に帰着している。この方法は、上記で挙げた方法の工程とはさらに独立して、特に、材料アブレーションに使用されるアブレーションレーザーおよび研磨作業に使用される研磨加工レーザーによる二段階法として、本発明に不可欠である。

10

【 0 0 3 9 】

ここで、レンズは、多焦点機能も有することができる。さらに、レンズを、特に硝子体の年齢による散乱中心によって生じるような、目の散乱によって生じる誤差を補正するために使用することができる。加えて、目に映った映像、局所吸収、目における偏光の変更、および個々の視覚障害を、補正の特質が網膜の光分解能に達するか、あるいは超える（網膜質 I O L）ように補正することができる。

【 0 0 4 0 】

さらに、変更した屈折率が反射を防止するように、アブレーションおよび/または研磨によって、光学系表面の光学密度をシステムティックに変更することを提案する。特に、極限の研磨は、ファブリペロー効果および多重反射のように光屈折を最小にすることができる。同時に、研磨は、反射防止膜のような働きをする。特に、これは、異なる層の屈折率を変更することによって実現させることができる。

20

【 0 0 4 1 】

特に、散乱放射線を除去して、拡大した焦点深度および多焦点 I O L を備えたレンズを製造することが可能となるために、レーザー放射線によりブランク材料を、フィニッシュトレンズが光学的密度勾配を有するように修正することが提案される。密度勾配の変更は、アブレーションおよび付加的方法によって実現させることができる。例えば、密度勾配は、レーザー光スポットまたはレーザー焦点の放射状に相互に回転した方向によって実現させることができる。特に、密度勾配は、画成したビーム分布を用いて実現させることもできる。このように、異なる密度の密度勾配または領域を実現するために、半径方向外側領域よりも半径方向内側領域において、より高い強度のレーザービームで加工処理を行うことができる。それに応じて、異なる密度の密度勾配または領域を実現するために、半径方向外側領域よりも半径方向内側領域において、より低い強度のレーザービームで加工処理を行うこともできる。透過型光学系の屈折挙動を計算するときには、この勾配または密度差を考慮することができる。少なくとも 0 . 0 1 のレンズの 2 つの領域間における光学密度差は有利であり、いずれの屈折率勾配も、好ましくは放射状に対称的な屈折率勾配も、密度の段階的変位として、または連続的密度遷移として生じることが可能である。

30

【 0 0 4 2 】

それゆえ、この方法にとって特に重要な応用分野は、眼内レンズの光学系の製造である。

40

【 0 0 4 3 】

技術的には、パルス当たり 0 . 0 1、~ 1 0 μ m、好ましくはパルス当たり 0 . 0 2 μ m ~ 5 μ m、特に好ましくはパルス当たり 0 . 0 2 μ m ~ 0 . 5 μ m の材料アブレーションをもたらすようにアブレーションレーザーが作動する場合、有利であることは証明されている。必要とされる材料アブレーションに応じて、アブレーションは複数の層で実施されることもでき、それによって、層当たりのアブレーションは、2 0 μ m 未満、好ましくは 2 μ m 未満、特に好ましくは 1 μ m 未満でなければならない。最初のうちは、大量の材料のアブレーションで動作することが可能であるが、目標形状に近づいてきたときには、層当たりのアブレーションを減らすことができる。その結果、まずより大きなアブレーション

50

ンが、より大きな強度またはより広い照射領域にももたらされ、その後、パルス当たりのより小さなアブレーションがもたらされる。そのため、表面は限りなく滑らかになり、研磨を必要とするほどではなくなる。

【0044】

アブレーションレーザが100nm～1,200nm、好ましくは400nm未満、特に193nm～370nmのレーザ波長で作動させる場合に有利であることが示されている。好適な波長は、193、248、266、343、および355nmである。

【0045】

アブレーションの間、アブレーションレーザの焦点径は、5～50μm、好ましくは約20μmでなければならない。

【0046】

アブレーションレーザの走査速度は、100～5,000mm/sの間、好ましくは500～5,000mm/sの間、特に好ましくは約1,000mm/sに見いだされる。

【0047】

アブレーションレーザのパルスエネルギーは、0.1μJ～10μJの間、好ましくは約1μJに見いだされることできる。

【0048】

アブレーションレーザの繰り返し周波数は、5kHz～5,000kHzの間、好ましくは50～200または10～500kHzの間に見いだされることできる。

【0049】

方法の有利な別形体は、少なくとも材料の50%が取り除かれ、続いて目標形状により近い領域で取り除かれた材料のみになるまで、まずアブレーションレーザのレーザビームが目標形状から若干の距離をおいて材料を取り除くことを想定する。ここでは、レーザを上下方向に誘導することができる。レーザの上方への誘導によって、まず1つ要素のみを、最も外側に半径方向に削摩し、続いて、通例は、より小さな要素が、さらに半径方向内向きに到達する。「下方へ」とは、まず大きな要素が、最終形状まで外側から半径方向に削摩され、続いて、小さな要素が下側で削摩されることを意味する。

【0050】

さらに、1つのアブレーション層内で表面上の個々のレーザパルスによって作られるアブレーションのくぼみ間の距離が一定でない場合に、有利であることを証明している。この距離を、平均的に削磨した層の密度を調整するように変更することもできる。この手段によって、表面当たりのアブレーションは、加工処理されることになる光学系上のパルス削磨範囲の間の距離によって変更される。密接した間隔のパルス削磨範囲は、結果としてより強いアブレーションになり、その一方で、広い間隔のパルス削磨範囲は、結果として弱いアブレーションになる。

【0051】

研磨に対して、1μs以上のパルス幅によってパルス化されまたは調整された方法で作動する研磨加工レーザを提案する。この手段によって、例えばプラスチックの最適な研磨を実現することができる。

【0052】

研磨処理のための好ましいレーザ波長は、0.1μm～100μmの間、好ましくは9μm～11μmの間、または0.1μm～0.4μmの間、もしくは1～12μmの間に見いだされる。

【0053】

方法管理の特定の形態は、研磨加工レーザを連続的に作動することを想定する。そのため、レーザは、研磨処理の間、パルス化されず、むしろビームは、光学系の表面に対して、好ましくは様々な強度で移動する。パルスレーザとは対照的に、この場合、特定のレーザ出力が常に存在している。

【0054】

研磨処理に対して、研磨加工レーザは、10mm未満、好ましくは0.1mm～8mm

10

20

30

40

50

の間の加工物でのビーム直径を有する場合に有利であることを証明している。研磨加工レーザーが、研磨される表面以上のビーム直径を加工物にて有するという点で、研磨加工処理を簡略化することができる。この手段によって、表面上でレーザーを前後に移動せずに、上記表面を一度に研磨すること可能である。

【0055】

研磨加工レーザーの有利な送り動作速度は、1～100mm/sの間に見いだされる。

【0056】

さらに、研磨加工レーザーが500mm/s～20,000mm/sの走査速度による走査動作を用いて「疑似ライン」に形成される場合は有利である。レーザービームを前後に移動することによって、パルスレーザーさえ、個々のくぼみでなく、むしろ深くなった表面または溝を作り出す。

10

【0057】

研磨加工レーザーは、1～500W、好ましくは約100～300Wの平均レーザー出力で作動させることができる。光学系を研磨するために、30回未満、好ましくは1～10回未満の研磨加工レーザーによるパスを行う場合は有利である。

【0058】

研磨加工レーザーは、少なくとも研磨される表面の範囲程度に長いライン長によって作動させることもできる。したがって、レーザービームは研磨される表面上のラインとして誘導されて、同時に、全表面がレーザービームによってカバーされることを確実にするためにケアがなされる。

20

【0059】

本目的の基礎をなす本発明は、レンズによっても実現され、レンズは、ある領域において、レンズの別の領域の密度よりも1%小さな密度を有する。このような密度勾配は、特定の屈折挙動に帰着し、それによって、レンズは、その形状だけでなく、特に様々な領域におけるその密度によってもまた、異なる光屈折を生じさせる。2～5%、あるいはより大きな、例えば10%を超えるような差がある場合は有利である。

【0060】

レンズが表面領域およびコア領域を有し、表面領域の密度がコア領域よりも高い場合はさらに有利である。累積的に又は代替的に、レンズは、円形の横断面および半径方向の密度勾配を有することができる。

30

【0061】

用途によっては、レンズが入射光の5%未満、好ましくは1%未満を反射する場合は有利である。

【0062】

アブレーションおよび研磨の間のレーザーのパラメータに関する記載は、それ自体で本発明に対して、また、請求項1に明記されているパルス幅および上記を引用したその他の特徴とは独立してそれぞれ必要不可欠である。実施形態の発明の実施例は、以下に図示され記載される。

【図面の簡単な説明】

【0063】

40

【図1】レンズ製造用のブランク品を図によって示す。

【図2】レーザー加工処理中のブランク品を図によって示す。

【図3】レーザー加工後の処理したブランク品を図によって示す。

【図4】レンズ面上へレーザービームが当たるところを図によって示す。

【図5】レーザービームが表面上へ当たった後に生じる溶融物および蒸気を図によって示す。

【図6】生じた蒸気の蒸発を図によって示す。

【図7】レンズ面に作られるくぼみを図によって示す。

【図8】レーザービームによるレンズ面のスムージングを図によって示す。

【図9】未処理のレンズブランクの表面を図によって示す。

【図10】レーザーアブレーション後のレンズ面を図によって示す。

50

【図 1 1】研磨後のレンズ面を図によって示す。

【図 1 2】加工処理中のレーザの送り動作を図によって示す。

【図 1 3】レーザ出力に関する送り動作速度の依存関係を図によって示す。

【図 1 4】密度勾配によるレンズ上の平面図を図によって示す。

【図 1 5】図 1 4 に示されるレンズを通る断面を図によって示す。

【図 1 6】時間の経過に伴うパルス強度の変動を図によって示す。

【図 1 7】パルス強度の局所的変動を図によって示す。

【図 1 8】中心強度の落ち込みを有するパルスを図によって示す。

【図 1 9】レンズと関連するレーザビームの配置を図によって示す。

【図 2 0】レンズ内部のレーザ加工を図によって示す。

【図 2 1】レンズ面上の相違する空間分離によるアブレーションのくぼみを図によって示す。

10

【図 2 2】レンズ内部で密度が増加したレンズを図によって示す。

【図 2 3】レンズ表面で密度が増加したレンズを図によって示す。

【図 2 4】図 2 3 に示されるレンズ上の平面図を図によって示す。

【図 2 5】レンズの半径方向外側の領域で密度が増加したレンズを図によって示す。

【図 2 6】図 2 5 に示されるレンズ上の平面図を図によって示す。

【図 2 7】半径方向に変更している密度を備えたレンズを図によって示す。

【図 2 8】図 2 7 に示されるレンズ上の平面図を図によって示す。

【発明を実施するための形態】

20

【0064】

図 1 は、透過型光学系 1 としてレンズブランク 2 を示す。図 2 は、このブランク 2 がアブレーションレーザ 3 を用いて加工処理される方法について示す。図 2 に示される実施例では、表された材料アブレーション 4 が、レーザ 3 によってレンズ 2 の左側にすでに実現されている。材料を削磨した後、測定装置 5 は、加工処理された表面領域におけるレンズ 2 の形状 6 を測定する。測定値に基づいて、これは、好ましくはまだ加工処理の間にその間中、レーザ 3 のパルスの種類を調整することを可能にする。加えて、加工処理温度は、パイロメータ 7 により加工処理中にすでに監視される。レーザ 3 のレーザビームの性質の調整によって、加工処理温度に影響を与えることも、必要である場合、制御することさえできる。

30

【0065】

アブレーション後、ブランク 2 は、図 3 に示される形状を有し、材料アブレーション 4 に起因して体積が減少することになる。

【0066】

ブランクはプラスチックであり、この場合はアクリレート 8 である。上記ブランクは、他の材料、例えば他のプラスチックまたはガラスを含むこともできる。しかしながら、再加工されるブランク表面は、プラスチックでできている。図 4 は、レーザビーム 9 がアクリレート 8 の表面 10 上へ当たる方法について示し、それによって、領域 11 におけるカップの形状をしたアクリレートに深く入りこむ。アブレーションレーザのパルス幅は約 100 フェムト秒であり、それによってアクリレートは領域 11 で蒸発する。これによって、アクリレート溶融物のカップ状領域 12、およびこのカップ状領域 12 内で蒸気の領域 13 が作られる。

40

【0067】

図 6 は、溶融物 12 が再び凝固して、蒸気 13 が蒸発する状態を示す。したがって、加工処理終了後、図 7 に示されるくぼみ 14 はアクリレート領域 8 で状態を維持する。

【0068】

互いに隣接したこのタイプの複数のくぼみの配置によって、平面的な材料アブレーション 4 を実現させている。得られる表面構造は、くぼみを互いに連結する結果として粗れている。くぼみの深さを最小にし、くぼみ間の距離を最小にすることによって、プラスチック表面の粗さを低減することができる。

50

【 0 0 6 9 】

それは、レーザ強度を最小にし、および/または、加工処理される表面上でレーザの削磨範囲を増やす場合、表面のスムージングにとって有利であるため、材料を溶融するだけで、可能な限り材料を蒸発させない。この為に研磨加工レーザ 20 を通常使用し、表面 24 上で走査速度 (V s c a n) および削磨範囲幅 22、23 でライン 21 に沿って研磨加工レーザを走査する。研磨加工レーザ 20 は、矢印 25 の方向に送り動作速度 (V f e e d) で、ライン 21 に対して直角に前進する。

【 0 0 7 0 】

図 9 ~ 11 に示すように、ブランク 2 はアブレーションレーザによって最初に加工処理され、材料アブレーション 4 を実現し、結果としてブランク 2 の粗面になる。続くレーザ研磨によって、図 11 に示されるブランク 2 の平滑面 26 が作り出される。

10

【 0 0 7 1 】

実施形態の実施例では、図 10 に示される材料表面は、図 9 に示される初期形状から、眼内レンズ 2 の選択的な材料アブレーションによって作られ、続いて、上記材料表面は、それが透過するまでレーザ研磨によってスムージングされる。これによって、図 11 に示される材料表面が作られる。

【 0 0 7 2 】

アブレーションレーザ 3 による材料アブレーション 4 の間、規則正しく局所的な材料アブレーションを、周辺材料に対していかなる熱損傷もなしに、表面上にレーザが当たるほんの間に、約 100 または 200 フェムト秒のレーザ放射線からなる超短波パルスの作用で実現することを確実にするように取り扱われる。実施形態の実施例では、343 nm のレーザ波長を使用するため、レーザ放射線は、アクリレートにおけるこのレーザ波長の小さな光学的透過度の結果として、表面近傍で吸収される。

20

【 0 0 7 3 】

表面の初期形状および目標形状を比較することによって、表面上の各位置での必要なアブレーション深さ、したがってレーザパルスの必要な回数決定される。このようにして、材料アブレーション 4 を、レーザ放射線の性質を変更することなしに、単位表面積当たりのレーザパルスの回数によって決定することができる。ここで、レーザビーム 30 を、加工処理される表面上を蛇行する方法で、特にレーザ材料アブレーションのために誘導することができる。計算された単位表面積当たりのレーザパルスの回数に基づいて、加工処理される表面上でのその進行の間にレーザをオン/オフに切り替える。

30

【 0 0 7 4 】

図 12 に示される実施形態の実施例では、約 20 μm の材料表面上でのレーザ放射線のビーム直径 31、100 kHz の繰り返し周波数、および 1,000 mm/s の走査速度 32 が使用される。これは結果として送り動作速度 33 (V f e e d) になり、その速度でレーザ 30 はレンズ 34 を通じて誘導される。

【 0 0 7 5 】

続くレーザ研磨のために、10.6 μm の波長を備えたレーザを使用する。この波長は、材料の表面近傍でも吸収されるといった理由による。レーザが連続的に作動され、そのレーザ出力は 50 ~ 100 ワットの範囲である。結果として、材料表面は、レーザ研磨の間にレーザ放射線の作用で融解され、続いて、それを再び凝固させる前に、表面張力によってスムージングされる。

40

【 0 0 7 6 】

図 12、20 に示される実施形態の実施例では、段階的に表面を研磨するように、反復 (パス回数) を実行し、それによって、目標の粗さが実現されるまで、各反復が表面粗さを低減させる。20 秒の一時停止期間が、サンプルのオーバーヒートを防止するために、反復の間に想定されている。

【 0 0 7 7 】

図 12 に示される反復に対する加工処理方式は、5,000 mm/s の走査速度による双方向の走査方式を用いることによって特徴づけられ、それによって疑似ラインフォーカ

50

スを作り出す。上記疑似ラインフォーカス35は、研磨されるレンズ表面34上で30～40 mm/sの送り動作速度33によって誘導される。実施形態の本実施例では、加工物でのビーム直径31は6 mmである。レーザ研磨の安定性がさらに向上するように、温度制御を使用することも好ましい。

【0078】

より高い平均レーザ出力では、より大きな送り動作速度を使用することになり、より低い平均レーザ出力では、送り動作速度を落とす。したがって、本加工処理を拡大・縮小することができる。送り動作速度33と平均レーザ出力36との間の依存関係は、図13に示される。これは、結果としてハッチングした好ましい作業領域37になる。

【0079】

図14は、射出成形によって製造される特定のブランク40を示す。射出成形法の結果として、このブランクは密度勾配を有する。ここでは、中央部41は、エッジ領域42より高い密度で形成される。この密度勾配は、注入処理の間の圧力条件によって射出成形の際に生じることができ、または、相異なるプラスチックを使用する多成分射出成形加工によっても生じることができる。特に、粉末形態、液体、または気体材料による付加的製造について言えば、ブランクを、密度勾配を伴ってまたは異材質から容易に製造することができる。この密度勾配は、レンズ40による光の特定の屈折に帰着する。ブランク40の異なる密度が材料アブレーションおよび研磨加工を損なわないために、加工処理に関連する表面領域と共に加工処理される表面が一様な密度を有する一方で、異なる密度を備える領域を、レンズ40の内部にも設けることができる。

【0080】

パルスエネルギーがアブレーションおよび/または研磨の間に変化する場合は有利である。このために、図16は、異なるパルス50～55の強度を示す、時間内で互いに続いて、異なる強度56であるが、同じパルス幅57（例示的な方法で番号付けされているのみ）を有する。したがって、パルス50～55の強度56は、時間58にわたって変化する。それに応じて、個々のパルス50～55のパルス幅57は、パルス強度が一定の状態を維持する一方で、変化することもできる。最後に、最適な方法でアブレーションまたは研磨加工処理に影響を与えるために、および、オーバーヒートのない迅速な加工処理を実現するために、強度56およびパルス幅57の両方を変化させることができ、好ましくは時間の経過とともに制御することができる。

【0081】

空間軸61および63上のパルス60の局所強度分布は、図17における例示的な方法に示される。このパルスは、右側よりも左側で局所的にはね上がったより高いパルスエネルギー62を示す。例えば、パルスを表面64に沿ってゆっくりと、または曲面65に沿って素早く下げることができ、そのため、パルスの右側は、その左側より著しく低いエネルギー密度を有する。これは、例えば、レーザビームが表面上を進みながら、経時的に表面領域に照射する放射強度を変化させることを可能にする。

【0082】

図18はパルス70の特定の局所エネルギー分布を示し、その分布において、より高いエネルギーが中央領域72よりもパルス70の端部領域71に存在する。パルスがレンズの表面上へ当たるとき、これは、結果としてくぼみの中央領域よりも、得られるくぼみの端部領域に照射されるほうがより高いエネルギーになる。それゆえに、くぼみは、それほどカップ形状とはならず、むしろ矩形形状となり、そのため、並んで配置される複数のくぼみは、ほぼ平面的な表面を形成する。

【0083】

この効果を最適化するために、パルスエネルギー分布を加工処理中の照射方向に対して横向きに変化させることが提案されている。

【0084】

レンズ81のレンズ表面80の均一な加工処理を実現するために、レーザビーム82を、レーザビーム82およびレンズ81の交点84の位置に、接線83に対して基本的に直

10

20

30

40

50

角に維持する場合は有利である。これは、加工処理中のレーザービームの配置を変化させて、レンズ 8 1 の位置を一定に保つことによって、または、加工処理中のレンズ 8 1 を移動することで、レーザービーム 8 2 に対してレンズ 8 1 の配置を変更することによって実現させることができる。言うまでもなく、レンズおよびレーザーは、レンズの表面上の法線 8 3 に可能な限りほぼ直角にレーザービーム 8 2 を位置合わせするように移動することができる。さらに、レーザーを移動する代わりに、レーザービームを、ミラーを活用して位置合わせすることもでき、そのため、レーザービームは、可能な限りほぼ直角にレンズ面上に当たる。

【 0 0 8 5 】

図 1 4 および 1 5 に示されるレンズの実施例のように、レンズの密度は、選択材料によって、または、ブランクの材料加工処理によって変化することができる。しかしながら、密度を、材料アブレーションおよび/または研磨によって加工処理中に変更することもできる。これは、レーザービームの性質によって、勾配の点で異なり、局所的にはね上がったレンズ面上の密度を与えることを可能にする。変更した屈折率によって反射を防止するように、材料表面上の密度を増加させることができる。しかしながら、フィニッシュトレンズの屈折がレンズの表面形状に起因せず、むしろレンズ 9 3 の表面領域 9 4 および/またはレンズ 9 3 の内側領域 9 0 における密度勾配に起因しないように、密度を、レンズ 9 3 の内部 9 0 において、レーザービームによって、または複数のレーザービーム 9 1、9 2 を用いて変更させることもできる。

【 0 0 8 6 】

レンズ 1 0 2 の表面 1 0 1 上のアブレーションのくぼみ 1 0 0 の配置は、図 2 1 に示される。ここでは、くぼみ 1 0 0 は、中央領域 1 0 4 よりも端部領域 1 0 3 において遠く離れて間隙をあけている。これは、単位表面積当たりのくぼみの数によって、表面の加工処理から性質を変えることができる方法を示す一実施例にすぎない。

【 0 0 8 7 】

図 2 2 に示されるレンズ 1 1 0 は、中央部 1 1 1 を有し、中央部は半径方向外側領域 1 1 2 より大きな密度を有する。

【 0 0 8 8 】

逆密度分布は、図 2 3 に示されるレンズ 1 2 0 によって実装された。そこでは、外側領域は、より高い密度を表すために視覚的により暗くなるように図示され、その一方で、内側領域 1 2 2 は、より低い密度を表すためにより明るくなるように図示される。

【 0 0 8 9 】

図 2 4 に示される平面図では、まさにその可視的な表面が考慮される場合、一様な密度を認めることができる。それゆえに、実施形態の両方の実施例では、密度勾配は光軸 1 1 3 または 1 2 3 の方向に存在する。

【 0 0 9 0 】

図 2 5 は、放射密度勾配を備えるレンズ 1 3 0 を示す。光軸 1 3 3 の領域では、半径方向外側領域 1 3 1 における密度よりもより低い密度を備える領域 1 3 2 が存在する。それゆえに、図 2 6 における平面図は、より暗い半径方向外側領域 1 3 1 およびより低い密度を備えたより明るい中央領域 1 3 2 を示す。

【 0 0 9 1 】

図 2 7 は、多焦点の密度勾配を備えたレンズ 1 4 0 を示す。ここでより低い光学密度を備えた領域 1 4 3 および 1 4 4 は、光軸 1 4 2 上の中央領域 1 4 1 から半径方向において外側へ交互に並んでおり；これらの間に、より高い光学密度を備えた領域 1 4 5 が存在する。

【 0 0 9 2 】

図 2 8 は、より高くおよびより低い光学密度の領域が、形状において環状であることを平面図にて示す。

【 0 0 9 3 】

示された実施形態のすべての実施例では、光学密度は、勾配を介して変更した光学密度に転位することができ、あるいは、異なる光学濃度の領域を、明らかに境界付けて互いに

10

20

30

40

50

隣接して見いだすことができる。ここでは、様々な光学密度を、光線がレンズを通過するときのレンズの屈折作用、および光線の偏向に影響を及ぼすように使用することができる。代替的にまたは累積的に、特にレンズ面の境界面における反射特性は、レンズ面の密度および硬度によって、通常は硬度に付随して影響を受ける可能性がある。

【図面】

【図 1】

【図 2】

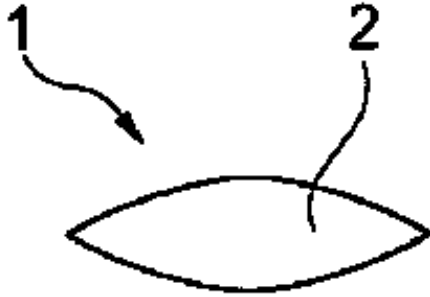


Fig. 1

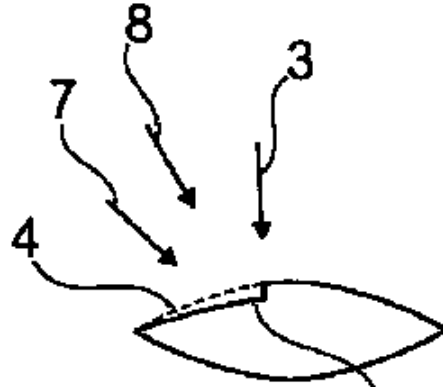


Fig. 2

【図 3】

【図 4】

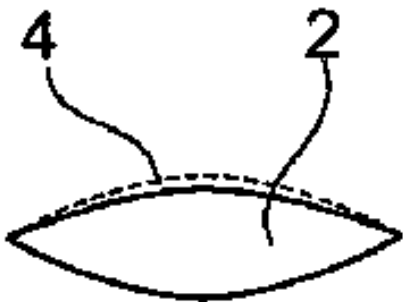


Fig. 3

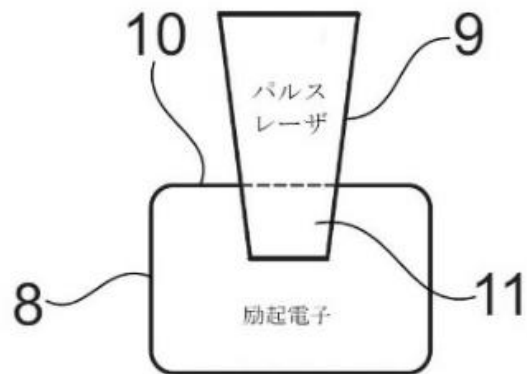


Fig. 4

10

20

30

40

50

【図 5】

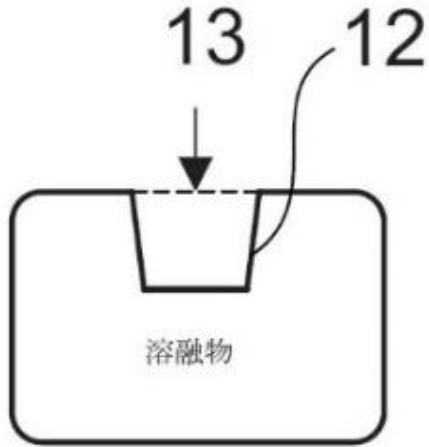


Fig. 5

【図 6】

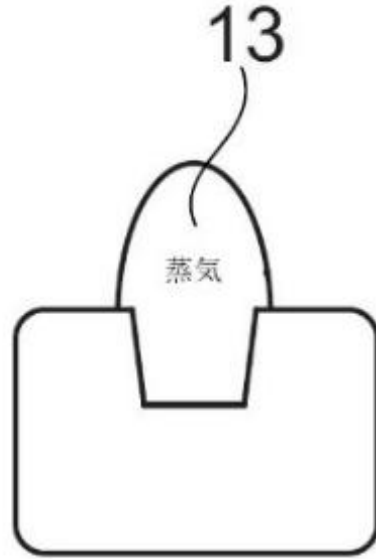


Fig. 6

【図 7】

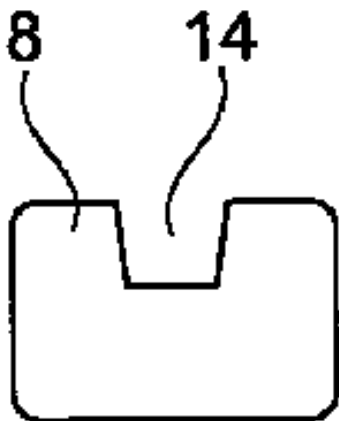


Fig. 7

【図 8】

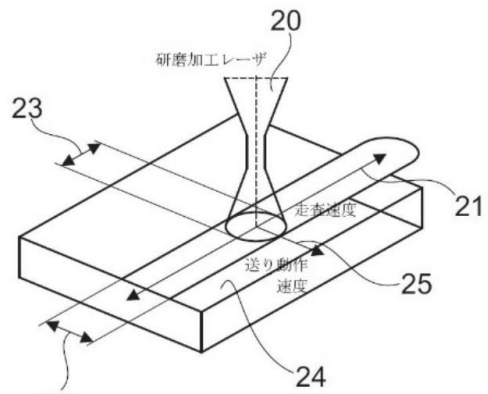


Fig. 8

10

20

30

40

50

【図 15】

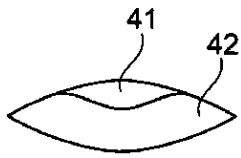


Fig. 15

【図 16】

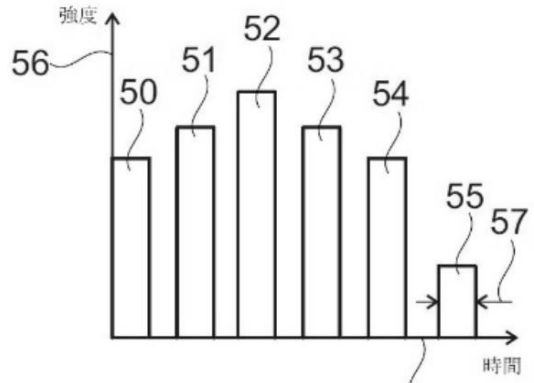


Fig. 16

【図 17】

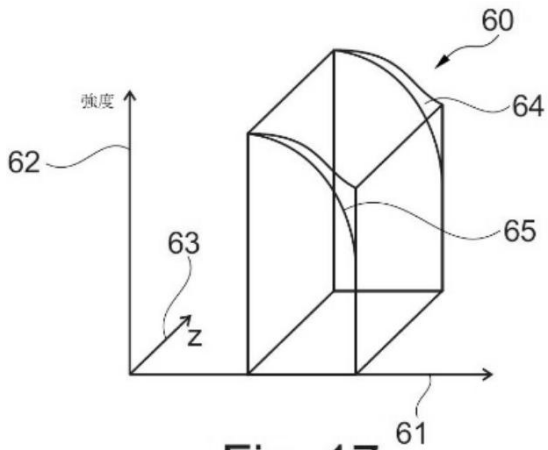


Fig. 17

【図 18】

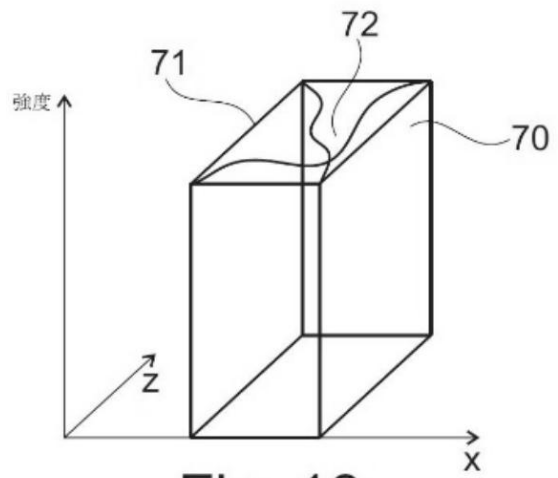


Fig. 18

10

20

30

40

50

【 図 19 】

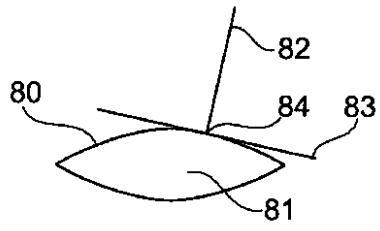


Fig. 19

【 図 20 】

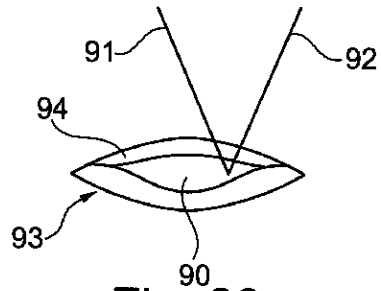


Fig. 20

10

【 図 21 】

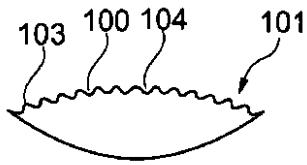


Fig. 21

【 図 22 】

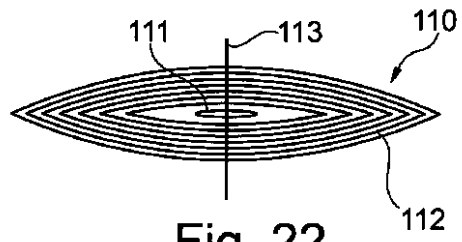


Fig. 22

20

30

40

50

【 図 2 3 】

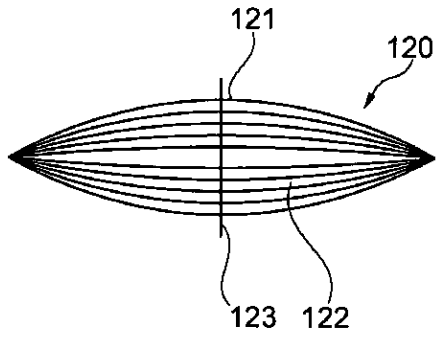


Fig. 23

【 図 2 4 】

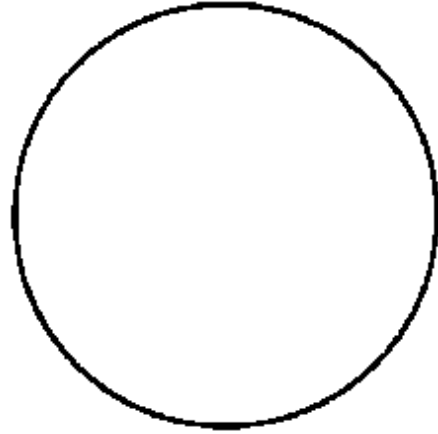


Fig. 24

10

20

【 図 2 5 】

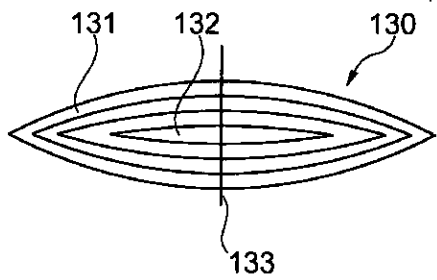


Fig. 25

【 図 2 6 】

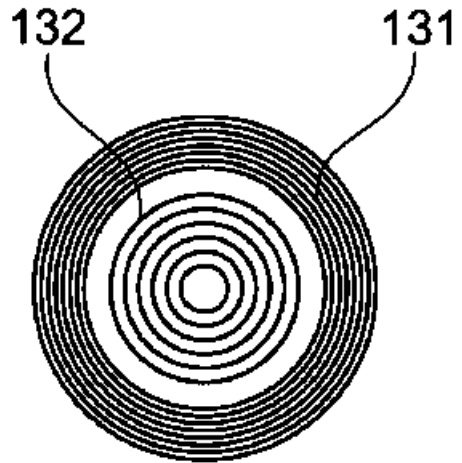


Fig. 26

30

40

50

【 図 27 】

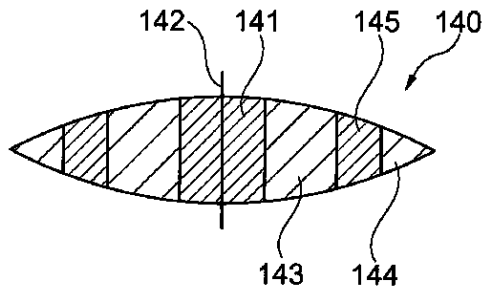


Fig. 27

【 図 28 】

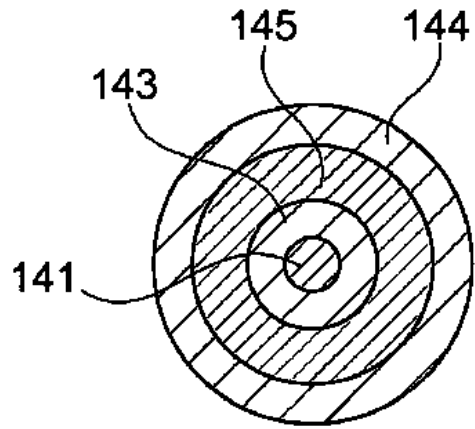


Fig. 28

10

20

30

40

50

フロントページの続き

- (51)国際特許分類 F I
B 2 9 D 11/00 (2006.01) B 2 9 D 11/00
- (33)優先権主張国・地域又は機関
 ドイツ(DE)
- 前置審査
- (72)発明者 ウィレンボルグ, エドガー
 ドイツ国 5 2 1 4 6 ヴェルゼレン, ヴェルシャー通り 5 1
- (72)発明者 ウェインガルテン, クリスチャン
 ドイツ国 5 2 0 6 4 アーヘン, ゲルラッハ通り 1 3
- (72)発明者 クラセン, ウウエ
 ドイツ国 5 2 0 7 2 アーヘン, カール - フリードリッヒ通り 1
- 審査官 小西 隆
- (56)参考文献 国際公開第 2 0 1 0 / 0 0 7 6 4 6 (W O , A 1)
 国際公開第 2 0 1 6 / 0 8 3 1 2 9 (W O , A 1)
 国際公開第 2 0 1 2 / 1 1 9 7 6 1 (W O , A 1)
 特表 2 0 0 7 - 5 2 7 7 3 1 (J P , A)
 特開 2 0 1 5 - 1 4 1 9 3 7 (J P , A)
 国際公開第 2 0 1 5 / 1 6 5 4 3 5 (W O , A 1)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., D B 名)
 G 0 2 C 1 / 0 0 - 1 3 / 0 0