

明 細 書

発明の名称：

モールド製造方法、光学部材の製造方法および眼鏡レンズ

技術分野

[0001] 本発明は、モールド製造方法、光学部材の製造方法および眼鏡レンズに関する。

背景技術

[0002] 近年、近視等の屈折異常の進行を抑制する眼鏡レンズとして、物体側の光学面に凸状のデフォーカス部が形成されたものがある（例えば、特許文献 1 参照）。かかる眼鏡レンズは、樹脂材料の成形によって製造されるが、その際に金属製の成形型（金型）を用いて成形されることが一般的である（例えば、特許文献 2 参照）。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献 1：米国出願公開第 2 0 1 7 / 0 1 3 1 5 6 7 号
特許文献 2：国際公開第 2 0 1 9 / 1 2 4 3 5 4 号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 眼鏡レンズの成形型は、眼鏡レンズの製造コストを考慮すると、光学面が複雑な形状の場合であっても、容易に形成し得るものであることが望ましい。しかも、眼鏡レンズを構成する樹脂材料には屈折率の違い等によって様々な種類のものが存在するが、どの種類であっても適切に成形可能であることが求められる。

[0005] 本発明は、複雑な形状であっても容易に形成することができ、しかも様々な種類の樹脂材料に対応可能な成形モールドを製造するための技術を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

- [0006] 本発明の第1の態様は、
少なくとも一方の光学面に凸状のデフォーカス部を有する光学部材を製造するための成形モールドとして、ガラス材によって形成されたガラスモールドを用意する工程と、
前記ガラスモールドにおける前記光学面の形成面に短パルスレーザ光を照射して、前記デフォーカス部に対応する凹形状部を形成する工程と、
を備えるモールド製造方法である。
- [0007] 本発明の第2の態様は、
一つの前記凹形状部を前記短パルスレーザ光の複数ショットによって形成するとともに、各ショットのオーバーラップにより前記凹形状部の形成深さを制御する
第1の態様に記載のモールド製造方法である。
- [0008] 本発明の第3の態様は、
前記凹形状部の外縁側から中心側に向けて各ショットのオーバーラップ量が増大するように、前記オーバーラップ量を変化させつつ前記複数ショットの照射を行う
第2の態様に記載のモールド製造方法である。
- [0009] 本発明の第4の態様は、
前記短パルスレーザ光の照射後の前記凹形状部に研磨加工を行って前記凹形状部の面形状を整える工程
を備える第1から第3の態様のいずれか1態様に記載のモールド製造方法である。
- [0010] 本発明の第5の態様は、
第1から第4のいずれか1態様に記載の光学部材のモールド製造方法で得られる成形モールドを用いて樹脂材料を成形し、少なくとも一方の光学面にデフォーカス部を有する光学部材を製造する
光学部材の製造方法である。

- [0011] 本発明の第6の態様は、
前記樹脂材料として、屈折率1.40以上の材料を用いる
第5の態様に記載の光学部材の製造方法である。
- [0012] 本発明の第7の態様は、
前記光学部材として、透過光が眼内の所定位置で焦点を結ぶように形成されたベース領域と、前記デフォーカス部によって前記透過光が前記所定位置からデフォーカスした位置で焦点を結ぶように形成されたデフォーカス領域と、を有する眼鏡レンズを製造する
第5の態様または第6の態様に記載の光学部材の製造方法である。
- [0013] 本発明の第8の態様は、
物体側と眼球側にそれぞれ光学面を有する眼鏡レンズであって、
前記光学面の少なくとも一方に、デフォーカス部が形成されたデフォーカス領域と、前記デフォーカス部が形成されていないベース領域と、を備え、
前記デフォーカス部は、複数個所に形成され、
前記デフォーカス部がX回の回転対称の形状を有するとともに、前記デフォーカス部の配置がY回の回転対称であるとき、XとYがともに3の倍数であるか、又は、XとYがともに4の倍数である、
眼鏡レンズである。
- [0014] 本発明の第9の態様は、
前記眼鏡レンズを透過する光線が前記ベース領域によって焦点を結ぶ位置と、前記眼鏡レンズを透過する光線が前記デフォーカス部によって焦点を結ぶ位置とが、互いに異なるように構成された、
第8の態様に記載の眼鏡レンズである。

発明の効果

- [0015] 本発明によれば、複雑な形状であっても容易に形成することができ、しかも様々な種類の樹脂材料に対応可能な成形モールドを製造することができる。

図面の簡単な説明

[0016] [図1]本発明の一実施形態に係る眼鏡レンズの要部構成例を示す側断面図である。

[図2]本発明の一実施形態に係る眼鏡レンズにおけるデフォーカス部の配置例を模式的に示す説明図（その１）であり、６回対称配置の場合の例を示す図である。

[図3]本発明の一実施形態に係る眼鏡レンズにおけるデフォーカス部の配置例を模式的に示す説明図（その２）であり、４回対称配置の場合の例を示す図である。

[図4]本発明の一実施形態に係るモールド製造方法の手順の一例を示すフロー図である。

[図5]本発明の一実施形態に係るモールド製造方法における短パルスレーザー光の複数ショットの配置例を示す説明図である。

発明を実施するための形態

[0017] 以下、本発明の実施形態を、図面に基づいて説明する。

[0018] 本実施形態では、光学部材が眼鏡レンズである場合を例に挙げて、以下の説明を行う。

[0019] （１）眼鏡レンズの構成

図１は、本実施形態に係る眼鏡レンズの要部構成例を示す側断面図である。

眼鏡レンズ１は、光学面として、物体側の面２と眼球側の面３とを有する。物体側の面２は、眼鏡レンズ１を備えた眼鏡が装用者に装用された際に物体側に位置する表面である。眼球側の面３は、その反対、すなわち眼鏡レンズ１を備えた眼鏡が装用者に装用された際に眼球側に位置する表面である。

[0020] 物体側の面２と眼球側の面３との少なくとも一方、例えば本実施形態では物体側の面２には、凸状のデフォーカス部４が形成されている。つまり、眼鏡レンズ１は、少なくとも一方の光学面に凸状のデフォーカス部４を有して構成されている。これにより、眼鏡レンズ１は、デフォーカス部４が形成されていない領域であるベース領域５と、デフォーカス部４が形成されている

領域であるデフォーカス領域6と、を備えることになる。なお、デフォーカス部4は複数箇所形成されており、これによりデフォーカス領域6も離散的に複数箇所に存在することになる。

[0021] ベース領域5は、装用者の処方屈折力を実現可能な形状の部分である。つまり、ベース領域5は、眼鏡レンズ1を透過する光線が装用者の眼内の所定位置、具体的には装用者の網膜上に焦点を結ぶように、装用者の処方屈折力に応じた所定の曲率（カーブ）の曲面によって構成された領域部分である。したがって、ベース領域5は、装用者の処方情報に基づいて設計された形状をもつ。そして、該処方情報、又はそれが記録された媒体は、眼鏡レンズ1と紐づけられて管理することができる。

[0022] デフォーカス領域6は、その領域の中の少なくとも一部がベース領域5による集光位置には集光させない領域である。つまり、デフォーカス領域6は、眼鏡レンズ1を透過する光線が上記の所定位置からデフォーカスした位置、すなわち装用者の網膜上とは異なる位置に焦点を結ぶように、デフォーカス部4によって構成された領域部分である。例えば、デフォーカス部4に正のデフォーカスを与え、装用者の網膜よりも手前側に焦点を結ぶ集光スポットを設けることで、網膜が受ける刺激をコントロールし、近視進行を抑制することができる。つまり、眼鏡レンズ1を透過する光線が、ベース領域5の形状によって焦点を結ぶ位置と、デフォーカス部4の形状によって焦点を結ぶ位置とが異なるように構成する。例えば、デフォーカス部4の形状によって焦点を結ぶ位置が、ベース領域5の形状によって焦点を結ぶ位置よりも、手前側（物体側）とすることができる。

[0023] デフォーカス領域6を構成するデフォーカス部4は、ベース領域5の構成面から物体側に向けて突出するように形成されており、その突出表面がベース領域5の構成面とは異なる曲率（カーブ）の曲面によって構成されている。これにより、デフォーカス部4を透過した光は、装用者の網膜上とは異なる位置に焦点を結ぶことになる。したがって、デフォーカス部4は、ベース領域5とは異なる屈折力をもつ光学要素である。デフォーカス部4を構成す

る曲面（すなわち、デフォーカス部4の突出表面の形状）は、特に限定されるものではなく、球面形状、非球面形状、トーリック面形状、またはそれらが混在した形状のいずれであってもよい。例えば、非球面形状としては、デフォーカス部4の形状が、回転対称性をもつ非球面であって、具体的にはX回対称（Xは3または4）の形状とすることができる。より具体的には、4回対称以上の回転対称の非球面形状を、その表面形状に実質的に有するものであることができる。これらのうち、6回対称の非球面、又は8回対称の非球面の形状が好ましい例として挙げられる。上限は、12回対称以下が好ましく、より具体的には、10回対称以下とすることが好ましい。デフォーカス部4を構成する面としては、平面を含むものであってもよく、多面体であってもよい。例えば、正12面体、正40面体などを半分に分割した形状などが挙げられる。これらも回転対称な非球面形状に含まれるものとしてすることができる。この場合、実質的に上記した形状であればよく、頂点や稜線部分に丸みがあってもよい。本実施形態においては、デフォーカス部4が球面形状である場合を例示する。デフォーカス部4を平面視したときの径は、例えば、0.6～2.0 mmであり、突出高さは、例えば、0.1～10 μ mである。

[0024] 本実施形態においては、眼鏡レンズ1の光学面（本実施形態では物体側となる凸面）において、複数のデフォーカス部4が規則的に配列されているものとする。ただし、光学面上の配列領域については特に限定されるものではなく、複数のデフォーカス部4が規則的に配列されていれば、光学面上の全面にわたってデフォーカス部4が配置されていてもよいし、光学面上の一部領域に部分的にデフォーカス部4が配置されていてもよいし、レンズ中心にデフォーカス部4が形成されない領域を設け、この領域を囲うように円周状の領域部分にデフォーカス部4が配置されていてもよい。

[0025] 複数のデフォーカス部4は、それぞれが独立した島状に（すなわち、互いに隣接することなく離間した状態で）配置されている。つまり、本実施形態において、各デフォーカス部4は、それぞれが離散的（すなわち、それぞれ

が連続しておらず、ばらばらに散らばった状態で）配置されている。ただし、ここでは、各デフォーカス部4の全てが独立した島状である場合を例示するが、必ずしもこれに限定されることはなく、隣り合うデフォーカス部4の外縁同士が互いに連結するものを含む、あるいは接するものを含むように各デフォーカス部4が配置された領域を設けてもよい。

[0026] デフォーカス部4は、上記光学面上に、多数（例えば200～600個程度、より具体的には300～500個程度）設けることができる。これらの少なくとも一部が規則的に配置される場合、その配置は、Y回対称（Yは3または4の倍数）の回転対称性をもつようにすることができる。例えば、配置が3回対称とは、デフォーカス部4が多数配置された、その配置状態が、3回回転対称であることをいう。

また、個々のデフォーカス部4の形状と、複数のデフォーカス部4の配置には、相関があるように設計することも可能である。例えば、デフォーカス部4の形状がX回の回転対称であって、配置がY回の回転対称であるとき、XとYがともに3の倍数である場合、又は、XとYがともに4の倍数である場合が挙げられる。具体的には、XとYがともに6である場合、またはともに4である場合が好適に適用できる。このような相関による規則性が満たされる場合には、眼鏡レンズ1の光学的な作用に利点がある。すなわち、装用者の網膜上の像にぼけが生じる場合であっても、ぼけの生じ方が回転対称となるため、装用者には違和感が生じにくい。規則性のないぼけ像は、装用者に認識されやすいが、規則性、とくに回転対称性のぼけ像は、認識されにくく、装用者への不快感や、疲労感を生じさせにくい。

図2および図3は、デフォーカス部の配置例を模式的に示す説明図である。

例えば、図2に示すように、3回対称の立体形状（例えば三角形）をもつデフォーカス部4（図中A参照）が、3回対称（又は6回対称）の配置で配列される場合は、対称性を損なうことがないので、好ましい態様である。6回対称の立体形状（例えば六角形）をもつデフォーカス部4（図中B参照）

についても同様である。ただし、4回対称の立体形状（例えば四角形）をもつデフォーカス部4（図中C参照）については、3回対称（又は6回対称）の配置で配列されると、対称性が損なわれ得る。

また、例えば、図3に示すように、4回対称の立体形状（例えば四角形）をもつデフォーカス部4（図中C参照）が、4回対称の配置で配列される場合は、対称性を損なうことがないので、好ましい態様である。ただし、3回対称の立体形状（例えば三角形）をもつデフォーカス部4（図中A参照）または6回対称の立体形状（例えば六角形）をもつデフォーカス部4（図中B参照）については、4回対称の配置で配列されると、対称性が損なわれ得る。

[0027] 以上のような構成の眼鏡レンズ1としては、例えば、眼鏡装用者の眼の屈折異常の進行を抑制する屈折異常進行抑制レンズ、特に近視の進行を抑制する近視進行抑制レンズが例示できる。近視進行抑制レンズは、ベース領域5を透過した光線を装用者の網膜上に収束させる一方で、デフォーカス領域6を透過した光線を網膜よりも物体側寄りの位置に収束させる。つまり、近視進行抑制レンズは、装用者の処方を実現するための光線収束機能とは別の、物体側寄りの位置への光線収束機能を有する。このような光学特性を有することで、近視進行抑制レンズは、装用者の近視等の屈折異常の進行を抑制する効果（以下「近視抑制効果」という。）を発揮させることができる。

[0028] なお、眼鏡レンズ1における物体側の面2（本実施形態では凸面）と眼球側の面3（本実施形態では凹面）との少なくとも一方には、被膜が形成されていてもよい。被膜としては、例えば、ハードコート膜（HC膜）および反射防止膜（AR膜）が挙げられるが、これらに加えて、さらに他の膜が形成されていてもよい。これらの被膜については、公知技術を利用して実現すればよく、ここではその詳細な説明を省略する。

[0029] （2）眼鏡レンズの製造方法

上述した構成の眼鏡レンズ1は、以下の手順を経て製造される。具体的には、眼鏡レンズ1は、基材形成工程と、必要に応じて膜形成工程と、を経て

製造される。

[0030] 基材形成工程は、成形モールドを用いて、樹脂材料の注型成形を行うことで、眼鏡レンズ1となるレンズ基材を形成する工程である。

[0031] ここで形成されるレンズ基材は、少なくとも一方の光学面に凸状のデフォーカス部4を有したものである。このようなレンズ基材を形成するために、成形モールドとしては、光学面の形成面に、デフォーカス部4に対応する凹形状部が形成されたものを用いる。なお、成形モールドについては、詳細を後述する。

[0032] レンズ基材を形成するための樹脂材料としては、様々な種類の原料からなる樹脂を用いることができる。

具体的には、樹脂材料として、例えば、ポリカーボネート樹脂、ウレタンウレア樹脂、(チオ)ウレタン樹脂、ポリスルフィド樹脂、ポリアミド樹脂、ポリエステル樹脂、アクリルアリル樹脂、(メタ)アクリル樹脂をはじめとするスチレン樹脂、ジエチレングリコールビスアリルカーボネート樹脂(CR-39)等のアリルカーボネート樹脂、ビニル樹脂、ポリエーテル樹脂、等が挙げられる。これらの中で、ポリカーボネート樹脂(熱可塑性樹脂)は、モールド中での固化所用時間が短い(例えば、10分以下)ため、生産効率が高く、すなわち生産コスト上有利である。(チオ)ウレタン樹脂とは、イソシアネート化合物とポリチオール化合物とを反応させたチオウレタン樹脂、および、イソシアネート化合物とジエチレングリコールなどのヒドロキシ化合物との反応で得られたウレタン樹脂から選ばれる少なくとも1種を意味する。これらの中でも(チオ)ウレタン樹脂、ポリスルフィド樹脂が好ましい。これらは、高屈折率(例えば、1.6以上)の眼鏡レンズとすることができる利点をもつ。また、例えば、分子内に1つ以上のジスルフィド結合を有する(チオ)エポキシ化合物を含有する硬化性組成物を硬化した硬化物(一般に透明樹脂と呼ばれる。)であってもよい。硬化性組成物は、重合性組成物と称しても構わない。また、樹脂材料は、染色されていないもの(無色レンズ)を用いてもよく、染色されているもの(染色レンズ)を用いて

もよい。上記（チオ）ウレタン樹脂を含む、熱硬化性樹脂は、成形に要する時間が長く（例えば、10～20時間程度）、モールドの占有時間が長いいため、多数のモールドを使用して生産することが効率的である。したがって、比較的安価で製作の容易なガラスモールドが有利に使用できる。

[0033] また、レンズ基材を形成するための樹脂材料としては、例えば、屈折率（ n_D ）1.40以上1.74以下程度の樹脂材料が用いられる。ただし、屈折率は、この範囲に限定されるものではなく、この範囲内でも、この範囲から上下に離れていてもよい。本発明および本明細書において、屈折率とは、波長500nmの光に対する屈折率をいうものとする。

なお、上述した範囲内でも、屈折率は、以下のものであることが特に好ましい。すなわち、樹脂材料によって形成されるレンズ基材は、屈折率1.50以上であることが好ましく、屈折率1.60以上のいわゆる高屈折率のものであることがより好ましい。

好ましいレンズ基材の市販品としては、アリルカーボネート系プラスチックレンズ「HILUX 1.50」（HOYA株式会社製、屈折率1.50）、チオウレタン系プラスチックレンズ「MERIA」（HOYA株式会社製、屈折率1.60）、チオウレタン系プラスチックレンズ「EYAS」（HOYA株式会社製、屈折率1.60）、チオウレタン系プラスチックレンズ「EYNOA」（HOYA株式会社製、屈折率1.67）、ポリスルフィド系プラスチックレンズ「EYRY」（HOYA株式会社製、屈折率1.70）、ポリスルフィド系プラスチックレンズ「EYVIA」（HOYA株式会社製、屈折率1.74）等が挙げられる。

[0034] 注型成形については、公知技術を利用して行えばよいため、ここでは詳細な説明を省略する。

[0035] 膜形成工程は、基材形成工程で得られたレンズ基材の少なくとも一方主面上（好ましくは両主面上）に、HC膜やAR膜等の被膜を形成する工程である。

HC膜は、例えば、ケイ素化合物を含む硬化性材料を用いて構成されたも

ので、 $3\mu\text{m}\sim 4\mu\text{m}$ 程度の厚さで形成された膜である。HC膜の屈折率（ n_D ）は、上述したレンズ基材の材料の屈折率に近く、例えば $1.49\sim 1.74$ 程度であり、レンズ基材の材料に応じて膜構成が選択される。このようなHC膜の被覆によって、眼鏡レンズの耐久性向上が図れるようになる。HC膜の成膜は、例えば、ケイ素化合物を含む硬化性材料を溶解させた溶液を用いた浸漬法（Dipping method）によって行えばよい。

AR膜は、屈折率の異なる膜を積層させた多層構造を有し、干渉作用によって光の反射を防止する膜である。具体的には、AR膜は、低屈折率層と高屈折率層とが積層された多層構造を有して構成されている。低屈折率層は、例えば、屈折率 $1.43\sim 1.47$ 程度の二酸化珪素（ SiO_2 ）からなる。また、高屈折率層は、低屈折率層よりも高い屈折率を有する材料からなり、例えば、酸化ジルコニウム（ ZrO_2 ）、酸化錫（ SnO_2 ）、酸化ニオブ（ Nb_2O_5 ）、酸化タンタル（ Ta_2O_5 ）、酸化チタン（ TiO_2 ）、酸化イットリウム（ Y_2O_3 ）、酸化アルミニウム（ Al_2O_3 ）、これらの混合物（例えば酸化インジウムスズ（ ITO ））等を用いて構成される。ただし、多層構造のAR膜の最表層は、必ず低屈折率層（例えば、 SiO_2 層）となるように構成されているものとする。このようなAR膜の被覆によって、眼鏡レンズを透した像の視認性向上が図れるようになる。AR膜の成膜は、例えば、イオンアシスト蒸着を適用して行えばよい。

[0036] 以上のような工程を経ることで、上述した構成の眼鏡レンズ1が製造される。

[0037] （3）モールド製造方法

次に、基材形成工程で用いる成形モールドについて、その製造方法を説明する。

[0038] 上述したように、レンズ基材を形成するための樹脂材料には、屈折率の違いや組成の違い等によって、様々な種類のものが存在する。そのため、基材形成工程では、どの種類の樹脂材料であっても、成形モールドを用いた注型成形を適切に行えることが求められる。しかしながら、成形モールドとして

金属製の成形型（金型）を用いる場合には、製造上の問題から、樹脂材料がポリカーボネート樹脂に限定されてしまうことが懸念される。具体的には、例えば熱可塑性のポリカーボネート樹脂であれば、射出成型によって短時間での成形が実現可能であり、高価な金属金型を多数用意しなくてもレンズ基材の大量生産に対応することができる。ところが、ポリカーボネート樹脂以外の樹脂材料は、重合タイプ（熱硬化性）で反応に時間がかかるため、金型占有時間が長く、レンズ基材の大量生産に対応しようとすると、高価な金属金型を多数用意しなくてはならない。特に、レンズ基材材料に対して、微細で精密な凸部を形成するための転写面を有する金属性金型は、その製作が容易でないため、高価である。したがって、金属金型を用いる場合には、樹脂材料がポリカーボネート樹脂に限定される傾向がある。

[0039] 成形モールドとしてガラス材によって形成されたガラスモールドを用いる場合であれば、金属金型に比べると、多数用意することが比較的实现容易である。つまり、ガラスモールドを用いれば、樹脂材料がポリカーボネート樹脂に限定されることはなく、どの種類の樹脂材料であっても対応し得るようになり得る。しかしながら、ガラスモールドについては、ガラス材が脆性材料であり難加工材であるから、加工性を考慮する必要がある。特に、例えばデフォーカス部4に対応する凹形状部が形成された成形モールドのように、光学面が複雑な形状の場合、その複雑な形状を高精度に形成することが必ずしも容易ではなく、そのために複雑な加工を要することは望ましくない。つまり、成形モールドは、眼鏡レンズ1の製造コストを考慮すると、光学面が複雑な形状の場合であっても、容易に形成し得るものであることが望ましい。

[0040] 以上のことを踏まえ、本実施形態では、以下の手順を経て成形モールドが製造される。

図4は、本実施形態に係るモールド製造方法の手順の一例を示すフロー図である。

図例のように、本実施形態では、少なくとも、ガラスモールド準備工程（

ステップ11、以下ステップを「S」と略す。）と、凹形状部形成工程（S12）と、面形状研磨工程（S13）とを経て、眼鏡レンズ1を形成する成形モールドが製造される。

[0041] ガラスモールド準備工程（S11）では、眼鏡レンズ1を製造するための成形モールドとして、ガラス材によって形成されたガラスモールドを用意する。ここで用意するガラスモールドは、デフォーカス部4の形成に対応していない面形状のものである。つまり、ガラスモールドは、物体側の面2の形成に用いるためのものと、眼球側の面3の形成に用いるためのものとをそれぞれ用意するが、物体側の面2の側については、デフォーカス部4が無い場合の面形状（すなわち、ベース領域5の形成に対応した面形状）のものを用意する。ベース領域5の面形状は、装用者の処方情報をもとにして決定することができる。ベース領域5の形成に対応した面形状であれば、複雑な加工を要することなく実現することが可能である。

[0042] 次に、凹形状部形成工程（S12）では、用意したガラスモールドにおける光学面の形成面のうち、ベース領域5の形成に対応した面形状の形成面に対して、短パルスレーザ光を照射して、当該形成面にデフォーカス部4に対応する凹形状部を形成する。

[0043] ここでいう短パルスレーザ光は、パルス幅が1ナノ秒未満レーザとすることができる。具体的には、短パルスレーザは、例えば、パルス幅が0.1ピコ秒以上100ピコ秒未満であるもの、好ましくはパルス幅が0.1ピコ秒以上30ピコ秒以下であるもの、より好ましくはパルス幅が0.1ピコ秒以上15ピコ秒以下であるものをいう。パルス幅の下限值については、特に限定されるものではなく0フェムト秒を超えるものであればよいが、上述のように例えば0.1ピコ秒以上のもの（1ピコ秒以上のものを含む。）を好適に用いることができる。

短パルスレーザ光の波長は、例えば、355nmのTHG（Third Harmonic Generation）または532nmのSHG（Second Harmonic Generation）である。ただし、これに限らず、例えば、1064nmの基本波長または2

66 nmのFHG (Forth Harmonic Generation) であってもよい。短パルスレーザ光のパルスエネルギーは、例えば、50 kHzで0.1 μ J以上30 μ J以下（最大60 μ J程度）である。短パルスレーザ光のビーム径は、例えば、10 μ m以上30 μ m以下である。

[0044] このような短パルスレーザ光を用いれば、パルス幅が上記領域にあることから、非加熱加工を行うことが可能となる。

非加熱加工とは、例えばアブレーション加工とも呼ばれ、短パルスレーザ光の多光子吸収現象により非加熱で加工を行う技術である。さらに詳しくは、非加熱加工は、加工箇所周辺の熱の影響を極力抑え、大気圧下でかなりの高温でしか溶融しない材料でも短パルスレーザ光の照射箇所が瞬時に溶融し、蒸発、飛散することで行われる除去加工である。このような非加熱加工によれば、溶融された箇所が瞬時に蒸発、飛散し除去されるため、加工箇所周辺への熱影響が少なく、熱損傷（熱による変形等）を抑えた加工を行うことができる。

つまり、短パルスレーザ光を用いることで、熱影響が伝達する前に発振が終わるため熱影響がほとんど無い非加熱加工が可能となる。したがって、難加工材であるガラス材によって形成されたガラスモールドであっても、短パルスレーザ光の照射により部分的な除去加工を行って、凹形状部を形成することが可能となる。

[0045] 短パルスレーザ光の照射は、例えば、パルススプリットモードによって行う。

パルススプリットモードは、短パルスレーザ光の1パルスを一つの位置に対して照射（ショット）するとともに、各ショットの照射位置をガルバノスキャナ等の利用によって二次元または三次元で移動させるモードである。

このようなパルススプリットモードにより、短パルスレーザ光のビーム径が例えば10 μ m以上30 μ m以下であっても、平面視したときの径が例えば0.6～2.0 mmであるデフォーカス部4に対応する凹形状部を形成することが可能となる。つまり、凹形状部の形成に際しては、一つの凹形状部

を短パルスレーザー光の複数ショットによって形成することになる。

[0046] ここで、短パルスレーザー光の複数ショットについて、具体的に説明する。

図5は、本実施形態に係るモールド製造方法における短パルスレーザー光の複数ショットの配置例を示す説明図である。

図例では、平面視が円形状の凹形状部7の形成にあたり、短パルスレーザー光の複数ショット8の位置を円周状に並べてショット列を構成するとともに、円周の径が異なる複数のショット列を同心円状に並べて配置している。ここでは、個々のショットごとのサイズ（径）は同一としている。また、ショット列による同心円の中心は、得ようとする眼鏡レンズ1の光学中心に対応するものとしてもよい。

[0047] このような複数ショット8の配置例において、円周状のショット列を構成する各ショット8については、隣り合うショット8同士が重なり合う部分を有するように、各ショット8をオーバーラップさせている。各ショット8のオーバーラップ部分は、短パルスレーザー光が重複照射されるので、オーバーラップがない単発ショットの場合に比べると、照射されるエネルギー量が増大し、非加熱加工の加工深さを大きくすることができる。このことは、各ショット8のオーバーラップにより、凹形状部7の形成深さを制御し得ることを意味する。例えば、凹形状部7の形成深さを大きく（深く）する場合であれば、各ショット8のオーバーラップ量を増大させるようにし、凹形状部7の形成深さを小さく（浅く）する場合であれば、各ショット8のオーバーラップ量を減少させるか、またはオーバーラップさせないようにすればよい。

[0048] 具体的には、本実施形態のように、デフォーカス部4が球面形状であり、これに対応する球面形状の凹形状部7を形成する場合であれば、その凹形状部7の外縁側から中心側に向けて各ショット8のオーバーラップ量が増大するように、オーバーラップ量を変化させつつ各ショット8の照射を行えばよい。つまり、凹形状部7の外縁側では、各ショット8のオーバーラップ量を小さくするか、またはオーバーラップさせないようにし、凹形状部7の中心側に向けて徐々に各ショット8の配置ピッチを狭くしてオーバーラップ量を

増大させるようにする。このようにすれば、凹形状部 7 の外縁側から中心側に向けて徐々に形成深さが大きく（深く）なり、その結果として、球面形状の凹形状部 7 を形成することができる。

[0049] なお、図 5 に示した各ショット 8 の配置例では、凹形状部 7 の中心側に向けて各ショット 8 を密とするにあたり、凹形状部 7 の周方向（円周状のショット列に沿った方向）にはオーバーラップさせる一方で、凹形状部 7 の径方向にはオーバーラップさせない場合を示しているが、これに限定されるものではない。各ショット 8 は、周方向および径方向の両方向においてオーバーラップさせるようにしてもよい。さらに、形成すべき凹形状部 7 の面形状に応じて、各ショット 8 をオーバーラップさせる態様を適宜設定してもよく、特定の態様に限定されるものではない。

[0050] また、ここでは、各ショット 8 のオーバーラップにより凹形状部 7 の形成深さを制御する場合を例に挙げたが、必ずしもこれに限定されることはない。例えば、凹形状部 7 の形成深さや形状等は、各ショット 8 のレーザーパワー、周波数、ショット数、回数等を調整することによっても、制御が可能である。ただし、その場合には、各ショット 8 の制御が煩雑化してしまうおそれがある。そのため、凹形状部 7 の形成深さについては、各ショット 8 の位置制御でオーバーラップ量をコントロールして制御することが好ましい。

[0051] 凹形状部形成工程（S 1 2）では、以上のような短パルスレーザー光の照射を、凹形状部 7 を形成すべき複数個所に対して順次行う。これにより、ガラスモールドには、デフォーカス部 4 を形成するための凹形状部 7 が複数個所に形成されることになる。デフォーカス部 4 を形成するための凹形状部 7 は、ガラスモールドの成形面に、200～600個、より具体的には300～500個設けることができる。上記同心円を形成するショット列は、5～15列程度設けることができる。

[0052] その後は、面形状研磨工程（S 1 3）を行う。面形状研磨工程（S 1 3）では、短パルスレーザー光の照射後の凹形状部 7 に研磨加工を行って、その凹形状部 7 の面形状を整える。具体的には、例えば、酸化セリウム等の研磨剤

を用いて、凹形状部形成工程（S 1 2）での被加工面を研磨して、これにより被加工面の面粗さの平滑化を行う。

[0053] このような面形状研磨工程（S 1 3）を経ることで、短パルスレーザ光の照射を経る場合であっても、そのレーザ加工による面荒れの影響の懸念を排除して、凹形状部 7 の面形状を整えることが可能となる。したがって、デフォーカス部 4 を形成するための成形モールドとして、非常に好適なものとなる。

[0054] 以上に説明した各工程（S 1 1 ～ S 1 3）を経ることで、凹形状部 7 が形成されたガラスモールドが得られる。かかるガラスモールドは、既述のように、眼鏡レンズ 1 を製造するための成形モールドとして用いられる。具体的には、かかるガラスモールドを物体側の面 2 の形成用とし、眼球側の面 3 の形成用のガラスモールドと所定間隔をあけて配置し、各モールドの間に樹脂材料を流し込んで注型成形を行うことで、デフォーカス部 4 を有する眼鏡レンズ 1 を製造する。

[0055] その際に、樹脂材料としては、様々な種類のものを適用することが可能である。つまり、ガラス材によって形成されたガラスモールドを用いることから、どの種類の樹脂材料であっても注型成形を適切に行えるようになる。したがって、樹脂材料として、屈折率 1.40 以上 1.74 以下の範囲内のいずれの種類の樹脂材料であっても用いることができ、好ましくは屈折率 1.50 以上、より好ましくは屈折率 1.60 以上の高屈折率材料についても用いることができ、いずれの場合であっても注型成形を適切に行うことができる。

[0056] （4）本実施形態による効果

本実施形態によれば、以下に示す 1 つまたは複数の効果が得られる。

[0057] （a）本実施形態では、デフォーカス部 4 を有する眼鏡レンズ 1 を製造するための成形モールドとして、ガラス材によって形成されたガラスモールドを用意し、そのガラスモールドにおける光学面の形成面に短パルスレーザ光を照射して、デフォーカス部 4 に対応する凹形状部 7 を形成する。このように

、短パルスレーザー光を用いることで、難加工材であるガラス材によって形成されたガラスモールドであっても、複雑な加工を要することなく、凹形状部を容易に形成することが可能となる。また、ガラスモールドを用いることから、どの種類の樹脂材料であっても、注型成形を適切に行えるようになる。

したがって、本実施形態によれば、形成すべき光学面が複雑な形状の場合であっても、その光学面の製造に用いる成形モールドを容易に得ることができ、しかも、その成形モールドは様々な種類の樹脂材料に対応可能なものとなる。

[0058] (b) 本実施形態では、一つの凹形状部 7 を短パルスレーザー光の複数ショット 8 によって形成するとともに、各ショット 8 のオーバーラップにより凹形状部 7 の形成深さを制御する。したがって、複雑な三次元形状の凹形状部 7 の形成にも容易に対応し得るようになる。また、各ショット 8 の位置制御でオーバーラップ量をコントロールでき、1 ショットあたりのエネルギー量の変換制御が不要なので、各ショット 8 の制御が煩雑化してしまうのを抑制でき、加工箇所へのダメージについても抑制することができる。

[0059] (c) 本実施形態では、凹形状部 7 の外縁側から中心側に向けて各ショット 8 のオーバーラップ量が増大するように、オーバーラップ量を変化させつつ複数ショット 8 の照射を行う。したがって、凹形状部 7 の外縁側から中心側に向けて徐々に形成深さを大きく（深く）することが容易に実現可能となり、実質的な球面形状の凹形状部 7 を形成する上で非常に有用なものとなる。

[0060] (d) 本実施形態では、短パルスレーザー光の照射後の凹形状部 7 に研磨加工を行って、その凹形状部 7 の面形状を整えるようにする。したがって、短パルスレーザー光の照射を経る場合であっても、そのレーザー加工による面荒れの影響の懸念を排除して、凹形状部 7 の面形状を整えることが可能となり、デフォーカス部 4 を形成するための成形モールドとして非常に好適なものとなる。

[0061] (e) 本実施形態では、成形モールドとして凹形状部 7 を有するガラスモールドを用いて樹脂材料を成形し、これにより少なくとも一方の光学面にデフ

ォーカス部4を有する眼鏡レンズ1を製造する。したがって、デフォーカス部4を有する眼鏡レンズ1であっても、ガラスモールドを用いることから、様々な種類の樹脂材料によって当該眼鏡レンズ1を製造することが可能となる。特に、金属製の成形型（金型）では成形が困難であった高屈折率材料であっても、その高屈折率材料を用いてデフォーカス部4を有する眼鏡レンズ1を製造することが可能となる。

[0062] (5) 変形例等

以上に本発明の実施形態を説明したが、上述した開示内容は、本発明の例示的な実施形態を示すものである。すなわち、本発明の技術的範囲は、上述の例示的な実施形態に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で種々変更可能である。

[0063] 上述の実施形態では、物体側の面2にデフォーカス部4を有する眼鏡レンズ1を製造する場合を例に挙げて説明したが、本発明がこれに限定されることはない。つまり、デフォーカス部4は、少なくとも一方の光学面に形成されるものであれば、眼球側の面3に形成されていてもよいし、物体側の面2と眼球側の面3と両面に形成されていてもよい。

[0064] 上述の実施形態では、デフォーカス部4を有する眼鏡レンズ1が近視進行抑制レンズである場合を例に挙げて説明したが、本発明がこれに限定されることはない。つまり、眼鏡レンズ1は、少なくとも一方の光学面に凸状のデフォーカス部4を有するものであれば、近視抑制効果の発揮以外の目的のものであっても全く同様に適用することが可能である。

[0065] 上述の実施形態では、光学部材が眼鏡レンズである場合を例に挙げたが、本発明がこれに限定されることはない。つまり、眼鏡レンズ以外の光学部材についても、全く同様に適用することが可能である。

符号の説明

[0066] 1…眼鏡レンズ（光学部材）、2…物体側の面（光学面）、3…眼球側の面（光学面）、4…デフォーカス部、5…ベース領域、6…デフォーカス領域、7…凹形状部、8…ショット

請求の範囲

- [請求項1] 少なくとも一方の光学面に凸状のデフォーカス部を有する光学部材を製造するための成形モールドとして、ガラス材によって形成されたガラスモールドを用意する工程と、
- 前記ガラスモールドにおける前記光学面の形成面に短パルスレーザー光を照射して、前記デフォーカス部に対応する凹形状部を形成する工程と、
- を備えるモールド製造方法。
- [請求項2] 一つの前記凹形状部を前記短パルスレーザー光の複数ショットによって形成するとともに、各ショットのオーバーラップにより前記凹形状部の形成深さを制御する
- 請求項1に記載のモールド製造方法。
- [請求項3] 前記凹形状部の外縁側から中心側に向けて各ショットのオーバーラップ量が増大するように、前記オーバーラップ量を変化させつつ前記複数ショットの照射を行う
- 請求項2に記載のモールド製造方法。
- [請求項4] 前記短パルスレーザー光の照射後の前記凹形状部に研磨加工を行って前記凹形状部の面形状を整える工程
- を備える請求項1から3のいずれか1項に記載のモールド製造方法。
- [請求項5] 請求項1から4のいずれか1項に記載の光学部材のモールド製造方法で得られる成形モールドを用いて樹脂材料を成形し、少なくとも一方の光学面にデフォーカス部を有する光学部材を製造する
- 光学部材の製造方法。
- [請求項6] 前記樹脂材料として、屈折率1.40以上の材料を用いる
- 請求項5に記載の光学部材の製造方法。
- [請求項7] 前記光学部材として、透過光が眼内の所定位置で焦点を結ぶように形成されたベース領域と、前記デフォーカス部によって前記透過光が

前記所定位置からデフォーカスした位置で焦点を結ぶように形成されたデフォーカス領域と、を有する眼鏡レンズを製造する

請求項 5 または 6 に記載の光学部材の製造方法。

[請求項 8]

物体側と眼球側にそれぞれ光学面を有する眼鏡レンズであって、
前記光学面の少なくとも一方に、デフォーカス部が形成されたデフォーカス領域と、前記デフォーカス部が形成されていないベース領域と、を備え、

前記デフォーカス部は、複数個所に形成され、

前記デフォーカス部が X 回の回転対称の形状を有するとともに、前記デフォーカス部の配置が Y 回の回転対称であるとき、X と Y がともに 3 の倍数であるか、又は、X と Y がともに 4 の倍数である、

眼鏡レンズ。

[請求項 9]

前記眼鏡レンズを透過する光線が前記ベース領域によって焦点を結ぶ位置と、前記眼鏡レンズを透過する光線が前記デフォーカス部によって焦点を結ぶ位置とが、互いに異なるように構成された、

請求項 8 に記載の眼鏡レンズ。