

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2013年5月2日(02.05.2013)



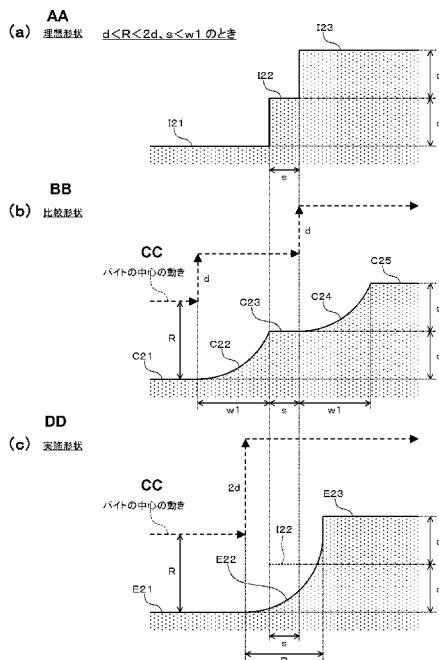
(10) 国際公開番号
WO 2013/062012 A1

- (51) 国際特許分類:
G02B 5/18 (2006.01) G11B 7/135 (2012.01)
G02B 3/00 (2006.01) G11B 7/22 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2012/077504
- (22) 国際出願日: 2012年10月24日(24.10.2012)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2011-236819 2011年10月28日(28.10.2011) JP
- (71) 出願人: 三洋電機株式会社 (SANYO ELECTRIC CO., LTD.) [JP/JP]; 〒5708677 大阪府守口市京阪本通二丁目5番5号 Osaka (JP).
- (72) 発明者: 中川 洋平 (NAKAGAWA Yohei); 〒5708677 大阪府守口市京阪本通二丁目5番5号 三洋電機株式会社内 Osaka (JP). 村西 智行 (MURANISHI Tomoyuki); 〒5708677 大阪府守口市京阪本通二丁目5番5号 三洋電機株式会社内 Osaka (JP).
- (74) 代理人: 芝野 正雅, 外 (SHIBANO Masanori et al.); 〒6500032 兵庫県神戸市中央区伊藤町119 三井生命神戸三宮ビル9階 芝野特許事務所 Hyogo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT,

[続葉有]

(54) Title: METHOD FOR PRODUCING LENS, OBJECTIVE LENS, AND OPTICAL PICKUP DEVICE

(54) 発明の名称: レンズの製造方法、対物レンズおよび光ピックアップ装置



AA Ideal shape When $d < R < 2d$, $s < w1$
 BB Comparative shape
 CC Movement of cutting tool center
 DD Effective shape

(57) Abstract: [Problem] To provide a method for producing a lens whereby it is possible to minimize decline in optical capabilities, an objective lens manufactured by the manufacturing method, and an optical pickup device incorporating the objective lens. [Solution] A die for forming the lens is formed by a cutting tool bit having a curved surface. The die has a plurality of transferred surfaces for forming diffracting structures on the surface of the lens. The plurality of transferred surfaces are constituted so as to omit a surface (I22) smaller than a predetermined width, from among a plurality of ideal surfaces designed to impart predetermined diffracting action to the lens. This reduces the width of a phase mismatch section having a curved surface (E22) formed in proximity to the ideally shaped surface (I22), minimizing the decline in optical characteristics of a lens formed by the die.

(57) 要約: 【課題】 光学的な性能の低下を抑制可能なレンズの製造方法、その製造方法によって製造された対物レンズ、および、当該対物レンズを搭載した光ピックアップ装置を提供する。 【解決手段】 レンズを形成するための金型は、曲面を有する切削用のバイトにより形成される。この金型は、回折構造をレンズの表面に形成するための複数段の被転写面を有している。複数段の被転写面は、所定の回折作用をレンズに付与するために設計された複数段の理想面のうち所定の幅よりも小さい面 I 2 2 を省略するよう構成されている。これにより、理想形状の面 I 2 2 近傍において形成された曲面 E 2 2 を有する位相不整合部分の幅が小さくなり、金型によって形成されるレンズの光学的な特性の低下が抑制される。

WO 2013/062012 A1

NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI 添付公開書類:
(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, — 国際調査報告 (条約第 21 条(3))
NE, SN, TD, TG).

明 細 書

発明の名称：

レンズの製造方法、対物レンズおよび光ピックアップ装置

技術分野

[0001] 本発明は、レンズの製造方法、対物レンズ、および、対物レンズを搭載した光ピックアップ装置に関するものである。

背景技術

[0002] 1つの対物レンズによって、複数の波長帯のレーザ光を各レーザ光に対応するディスク上に収束させる光ピックアップ装置が知られている。かかる対物レンズには、たとえば、複数の回折パターンが重畳された回折構造が形成される（特許文献1参照）。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特許第4562645号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 上記対物レンズの回折構造は、金型に樹脂を流入させることにより形成される。また、かかる金型は、曲面形状を有する切削用のバイトにより形成される。しかしながら、バイトにより形成された金型は、設計時の理想形状とは異なり、丸みを帯びた形状を有することになる。このため、成型された対物レンズも、設計時の理想形状とは異なったものとなる。対物レンズの理想形状と異なる部分に光が入射すると、かかる光はフレア光となるため、対物レンズの光学的な性能が低下する惧れがある。

[0005] 本発明は、かかる課題を解消するために為されたものであり、光学的な性能の低下を抑制可能なレンズの製造方法、その製造方法によって製造された対物レンズ、および、当該対物レンズを搭載した光ピックアップ装置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、曲面を有する切削用のバイトにより形成された金型によってレンズを形成するレンズの製造方法に関する。この態様において、前記金型は、回折構造を前記レンズの表面に形成するための複数段の被転写面を有する。前記複数段の被転写面は、所定の回折作用を前記レンズに付与するために設計された複数段の理想面のうち所定の幅よりも小さい理想面を省略するよう構成されている。
- [0007] 本態様に係るレンズの製造方法によれば、金型に形成される被転写面は、所定の幅よりも小さい理想面を省略するよう構成されている。ここで、バイトにより形成される金型の形状は曲面を有するため、金型に所定の幅よりも小さい被転写面を形成しようとする、却って、理想形状と異なる部分の範囲が広がってしまう。このため、この金型によって形成されるレンズの光学的な特性が低下する結果となる。本態様に係るレンズの製造方法によれば、所定の幅よりも小さい理想面を省略して被転写面を形成することで、理想形状と異なる部分の範囲が抑制される。よって、当該金型によって形成されるレンズの光学的な特性の低下を抑制することができる。
- [0008] 本態様に係るレンズの製造方法において、前記省略対象の理想面が、当該省略対象の理想面よりも低い第1理想面と、当該省略対象の理想面よりも高い第2理想面との間にあるとき、前記第1理想面と前記第2理想面とを繋ぐ面形状を設けることにより、前記省略対象の理想面が省略されているよう構成され得る。こうすると、第1理想面と第2理想面とを繋ぐ面形状が、省略された理想面に近づけられるため、形成されるレンズの光学的な特性の低下が抑制される。
- [0009] この場合、前記第1理想面と前記第2理想面とを繋ぐ前記面形状は、前記バイトの曲面に対応する形状となっているよう構成され得る。こうすると、理想面と異なるように形成された金型部分の幅を最小に設定することができるため、形成されるレンズの光学的な特性の低下が抑制される。
- [0010] また、この場合、前記第1理想面と前記第2理想面とを繋ぐ前記面形状の

少なくとも一部が、前記省略対象の理想面に対応する仮想面に交わるよう構成され得る。こうすると、理想面に置き換えられた金型部分の面形状を理想面に近づけることができるため、形成されるレンズの光学的な特性の低下が抑制される。

[0011] また、本態様に係るレンズの製造方法において、前記第1理想面と前記第2理想面とを繋ぐ前記面形状は、少なくとも2つの曲面部分を有し、2つの前記曲面部分の接続部が、前記省略対象の理想面に対応する高さの位置に位置づけられるよう構成され得る。こうすると、接続部付近が理想面に近づけられるため、形成されるレンズの光学的な特性の低下が抑制される。

[0012] また、本態様に係るレンズの製造方法において、前記理想面を残すように金型を切削する場合に前記レンズに生じる位相不整合部分の幅が、前記理想面を省略するように金型を切削する場合に前記レンズに生じる位相不整合部分の幅よりも大きくなる場合に、当該理想面を省略するよう、前記複数段の被転写面が構成され得る。

[0013] 本発明の第2の態様は、対物レンズに関する。この態様に係る対物レンズは、光の透過面に複数段の面からなる回折構造を有する。ここで、前記複数段の面は、所定の回折作用を付与するために設計された複数段の理想面のうち所定の幅よりも小さい理想面を省略するよう構成されている。

[0014] 本態様に係る対物レンズによれば、上記第1の態様と同様、レンズの光学的な特性の低下が抑制され得る。

[0015] 本態様に係る対物レンズにおいて、前記理想面を残す場合に生じる位相不整合部分の幅が、前記理想面を省略する場合に生じる位相不整合部分の幅よりも大きくなる場合に、当該理想面を省略するよう、前記複数段の面が構成され得る。

[0016] 本発明の第3の態様は、光ピックアップ装置に関する。この態様に係る光ピックアップ装置には、上記第2の態様に係る対物レンズが搭載されている。

[0017] 本態様に係る光ピックアップ装置によれば、対物レンズの光学的な特性の

低下が抑制されるため、光ピックアップ装置における特性を高めることができる。

[0018] 本態様に係る光ピックアップ装置において、前記理想面を残す場合に前記対物レンズに生じる位相不整合部分の幅が、前記理想面を省略する場合に前記対物レンズに生じる位相不整合部分の幅よりも大きくなる場合に、当該理想面を省略するよう、前記複数段の面が構成され得る。

発明の効果

[0019] 以上のとおり、本発明によれば、光学的な性能の低下を抑制可能なレンズの製造方法、その製造方法によって製造された対物レンズ、および、当該対物レンズを搭載した光ピックアップ装置を提供することができる。

[0020] 本発明の効果ないし意義は、以下に示す実施の形態の説明により更に明らかとなる。ただし、以下の実施の形態は、あくまでも、本発明を実施化する場合の一つの例示であって、本発明は、以下の実施の形態に記載されたものに何ら制限されるものではない。

図面の簡単な説明

[0021] [図1]実施の形態に係る対物レンズの構成を示す模式図および光源側レンズ面に対応する金型の被転写面のパターンを示す図である。

[図2]実施の形態に係る対物レンズの光源側レンズ面に対応する金型の被転写面を形成する際に用いるバイトの構成を示す模式図である。

[図3]実施の形態に係る対物レンズを形成する際に用いる金型の切削形状を説明する図である。

[図4]実施の形態に係る対物レンズを形成する際に用いる金型の切削形状を説明する図である。

[図5]実施の形態に係る対物レンズを形成する際に用いる金型の切削形状を説明する図である。

[図6]実施の形態に係る対物レンズを形成する際に用いる金型の切削形状を説明する図である。

[図7]実施の形態に係る対物レンズを形成する際に用いる金型の切削形状を説

明する図である。

[図8]実施の形態に係る対物レンズを形成する際に用いる金型の切削形状を説明する図である。

[図9]実施の形態に係る対物レンズを形成する際に用いる金型の切削形状を説明する図である。

[図10]実施の形態に係る対物レンズを形成する際に用いる金型の切削形状を説明する図である。

[図11]実施の形態に係る対物レンズを形成する際に用いる金型の切削形状を説明する図である。

[図12]実施の形態に係る対物レンズを形成する際に用いる金型の切削形状を説明する図である。

[図13]実施の形態に係る対物レンズを形成する際に用いる金型の切削形状を説明する図である。

[図14]実施の形態に係る対物レンズを形成する際に用いる金型の切削形状を説明する図である。

[図15]実施の形態に係る対物レンズを形成する際に用いる金型の切削形状を説明する図である。

[図16]実施の形態に係る対物レンズを形成する際に用いる金型の切削形状を説明する図である。

[図17]実施の形態に係る対物レンズを形成する際に用いる金型の切削形状を説明する図である。

[図18]実施の形態に係る対物レンズを形成する際に用いる金型の切削形状を説明する図である。

[図19]実施の形態に係る対物レンズを形成する際に用いる金型の他の切削形状を説明する図である。

[図20]実施の形態に係る光ピックアップ装置の光学系を示す図である。

[図21]変更例に係る金型を切削する際の手順を示す図およびバイトの先端部分を示す図である。

[図22]変更例に係る対物レンズを形成する際に用いる金型の切削形状を説明する図である。

[図23]変更例に係る対物レンズを形成する際に用いる金型の切削形状を説明する図である。

[図24]変更例に係る対物レンズを形成する際に用いる金型の切削形状を説明する図である。

[図25]変更例に係る対物レンズを形成する際に用いる金型の切削形状を説明する図である。

[0022] ただし、図面はもっぱら説明のためのものであって、この発明の範囲を限定するものではない。

発明を実施するための形態

[0023] 以下、本発明の実施の形態について、図面を参照して説明する。

[0024] 以下に示す実施の形態において、対物レンズ10、109は、本発明の「レンズ」に相当する。光源側レンズ面11は、本発明の「透過面」に相当する。面101、111、121は、本発明の「理想面」、「第1理想面」に相当する。面102、112、122は、本発明の「理想面」、「省略対象の理想面」に相当する。面103、113、123は、本発明の「理想面」、「第2理想面」に相当する。面E11、E13、E21、E23は、本発明の「被転写面」、「面形状」に相当する。曲面E12、E14、E22、E22a、E22bは、本発明の「面」、「被転写面」、「面形状」に相当する。面E31、E41、E51、E61は、本発明の「被転写面」に相当する。面131~133、141~143、151~153、161~163は、本発明の「理想面」に相当する。本発明と本実施の形態との対応の記載はあくまで一例であって、本発明を本実施の形態に限定するものではない。

[0025] <対物レンズ>

図1(a)は、本実施の形態の対物レンズ10の構成を示す模式図である。図1(a)には、対物レンズ10の光軸を含む当該光軸に平行な面によっ

て対物レンズ10を切断したときの断面図が模式的に示されている。

[0026] 対物レンズ10の光源側とディスク側には、それぞれ、光源側レンズ面11と、ディスク側レンズ面12が形成されている。光源側レンズ面11の曲率は、ディスク側レンズ面12よりも大きくなっている。また、光源側レンズ面11には、光軸を中心に同心円状に回折構造が形成されている。かかる回折構造は、CDに対応するレーザ光（以下、「CD光」という）と、DVDに対応するレーザ光（以下、「DVD光」という）と、BDに対応するレーザ光（以下、「BD光」という）を、それぞれ、CD、DVD、BD上に適正に収束させることができるよう構成されている。

[0027] 本実施の形態において、対物レンズ10は、光透過性に優れる樹脂材料からなり、射出成形またはプレス成形により形成される。射出成形の場合、たとえば、光源側レンズ面11に対応する金型と、ディスク側レンズ面12に対応する金型との間の空間に、溶融した樹脂がゲートから流入され、流入された樹脂と金型が冷却される。その後、2つの金型が離間され、対物レンズ10が取り出される。プレス成形の場合、変形可能なレンズ中間体が、加熱されながら2つの金型でプレスされ、プレスされたレンズ中間体と2つの金型が冷却される。しかる後、2つの金型を離間させて、対物レンズ10が取り出される。

[0028] 射出成形およびプレス成形において、2つの金型には、それぞれ、対物レンズ10の各レンズ面に対応する被転写面が形成されている。なお、対物レンズ10に対する被転写面の転写精度は、射出成形よりもプレス成形の方が高い。

[0029] ここで、光源側レンズ面11に対応する金型の被転写面は、複数のパターンを重ね合わせることにより設計される。たとえば、図1(b)に示すようにピッチが p_1 のパターン1と、図1(c)に示すようにピッチが p_2 のパターン2とが重ね合わされて、図1(d)に示すパターン3が設計される。このとき、パターン3には、破線で囲まれた領域のように、幅が非常に狭いパターンが含まれることがある。

[0030] 図2(a)～(c)は、光源側レンズ面11に対応する金型の被転写面を形成する際に用いるバイトの構成を示す模式図である。

[0031] 上述した金型の形成は、切削用のバイトにより行われる。かかるバイトの先端部は、球面状となっており、バイト先端部が、金型に対して左側から右側へ移動することにより金型の表面が切削される。すなわち、リング状の被転写面を金型に形成する際、バイトは、金型の中心から外側方向に移動する。かかる切削は、図1(d)のパターン3に基づいて行われる。

[0032] しかしながら、バイト先端部の断面は、図2(a)～(c)に示すように円形状となっているため、図1(d)のパターン3に従って設計通りに金型の切削を行うことは困難である。また、図1(d)の破線で囲まれた領域のように、幅が非常に狭いパターンがあると、さらに設計通りに切削を行うことが困難になる。このように、バイト先端部の断面の円形状によって生じる金型部分は、図2(a)～(c)の斜線で示すように、「位相不整合部分」となる。位相不整合部分を含む金型によって対物レンズ10が形成される場合に、位相不整合部分に応じた部分に光が入射すると、この光はフレア光となり所望の回折光が得られなくなる。すなわち、図2(a)～(c)のように、対物レンズ10の回折構造に設計とは異なる曲面が含まれる場合、対物レンズ10の光学的な性能は、位相不整合部分の幅に応じて低下してしまう。

[0033] ここで、バイト先端部の半径を R 、切削される金型の高さを d とする。図2(a)、(b)は、それぞれ、 R と d の関係が、 $d < R < 2d$ の場合と、 $R \leq d$ の場合を示している。図2(c)は、 R と d の関係が、 $R \geq 2d$ の場合を示している。

[0034] 図2(a)において、位相不整合部分の幅 w_1 は、以下の式(1)の演算により取得することができる。図2(b)において、位相不整合部分の幅は、バイト先端部の半径 R に等しくなる。図2(c)において、位相不整合部分の幅 w_2 は、以下の式(2)により取得することができる。

[0035]

[数1]

$$w1 = \sqrt{2Rd - d^2} \quad \dots \quad (1)$$

$$w2 = 2\sqrt{Rd - d^2} \quad \dots \quad (2)$$

[0036] 次に、上述したバイトにより、図1(d)に示すような形状（理想形状）に従って形成される形状（比較形状）について説明する。

[0037] 図3(a-1)、(b-1)、(c-1)は、下段、中段、上段の面からなる理想形状を示す断面図である。図3(a-1)、(b-1)、(c-1)には、それぞれ、面111~113と、面101~103と、面121~123が形成されている。面101、111、121の高さ位置は同じである。面102、112、122の高さは同じであり、面112、102、122は、この順に横幅が広がっている。面103、113、123の高さ位置は同じである。

[0038] なお、図3(a-1)、(b-1)、(c-1)において、紙面左側は、各金型によって形成される対物レンズの光軸側であり、紙面右側は、各金型によって形成される対物レンズの外周側である。紙面上における金型と対物レンズとの位置関係は、他の図面についても同様である。

[0039] 比較形状では、以下のルールに従って、3段（下段、中段、上段）の面が形成される。

[0040] （原則ルール）

各面の左端が理想形状の対応する面の左端に揃うように、一つ前（左側）の面の右端にバイトの曲面に対応する曲面部分（位相不整合部分）を形成する。

[0041] （例外ルール）

理想面の幅が狭いため、上記原則ルールでは当該理想面に対応する面が形成できない場合は、当該理想面に対応する面がそのまま残るように、この面

の一つ前（左側）の面の右端と一つ後（右側）の面の左端にバイトの曲面に対応する曲面部分（位相不整合部分）を形成する。

[0042] 図3（a-1）の理想形状を金型に形成する場合、上記原則ルールが適用される。この場合、図3（a-2）に示すように、面I11の右端は形成しないようにして、面C11と曲面C12を形成する。次に、面I12の左端は形成し、面I12の右端は形成しないようにして、面C13と曲面C14を形成する。次に、面I13の左端を形成するようにして、面C15を形成する。

[0043] 図3（b-1）の理想形状を金型に形成する場合、上記原則ルールが適用される。この場合、図3（b-2）に示すように、面I01の右端は形成しないようにして、面C01と曲面C02を形成する。次に、面I02の左端は形成し、面I02の右端は形成しないようにして、中段面を形成する。この場合、バイト先端部によって形成される曲面の幅と、面I02の幅とが同じ長さであるため、面I02の左端のみが形成される。次に、面I03の左端を形成するようにして、面C04を形成する。

[0044] 図3（c-1）の理想形状を金型に形成する場合、上記例外ルールが適用される。この場合、図3（c-2）に示すように、面I21の右端は形成しないようにして、面C21と曲面C22を形成する。次に、原則ルールでは面I22を形成できないため、例外ルールに従って面I22に対応する面を形成する。すなわち、面I22の右端を形成し、面I23の左端は形成しないようにして、面I22と同じ面C23を形成する。次に、面I23の左端以外の部分に相当する面C25を形成する。

[0045] このように比較形状では、金型に各面を形成する際に、バイトの曲面に対応する曲面部分（位相不整合部分）が形成される。本実施の形態では、かかる曲面部分（位相不整合部分）の幅をなるべく小さく抑えることができるように、金型の切削形状に改良がなされる。

[0046] 次に、Rとdが図2（a）～（c）に示す関係のときの金型の切削形状について説明する。

[0047] <理想形状が階段状である場合>

(1) $d < R < 2d$ 、 $s \geq w_1$ のとき

図4 (a) は、 R と d が図2 (a) に示す関係のとき ($d < R < 2d$)、切削される金型の理想形状を示す図である。かかる理想形状は、図1 (d) に示す設計時のパターンの一部拡大図であり、図3 (a-1) と同様である。面I12の幅は s であり、面I12の幅 s と、バイト先端部によって切削される曲面の幅 w_1 (図2 (a) 参照) との関係は、 $s \geq w_1$ である。 $s \geq w_1$ であるため、図4 (a) の理想形状から比較形状を切削する場合には、上記原則ルールが適用される。

[0048] 図4 (b) は、図4 (a) の理想形状を上記原則ルールに従って切削する場合の比較形状を示す図であり、図3 (a-2) と同様である。この場合、上記原則ルールに従って破線矢印に沿ってバイトの中心が動かされると、理想形状の面I12の一部と同様の面C13を形成することができるものの、面C11、C13の間と、面C13、C15の間に、曲面C12、C14を有する位相不整合部分が生じる。この場合の位相不整合部分の幅の和は $2w_1$ となる。

[0049] 図4 (c) は、図4 (a) の理想形状を切削する場合に、上記ルールによらず、面I12を形成しない場合の実施形状を示す図である。かかる実施形状は、面E11、E13と、曲面E12を有する。この場合、破線矢印に沿ってバイトの中心が動かされると、理想形状の面I12は形成されず、面I11と面I13の間に、曲面E12を含む位相不整合部分が生じる。この場合の位相不整合部分の幅は、 $s \geq R$ とすると、形成されなかった面I12の幅 s となる。

[0050] 本実施の形態では、理想形状を切削する場合に、比較形状と実施形状のうち、位相不整合部分の幅が小さい方の切削形状が用いられる。よって、 R と d の関係が $d < R < 2d$ であり、 s と w_1 の関係が $s \geq w_1$ であるとき、図4 (a) の理想形状を切削する場合に、図4 (b) の比較形状に替えて、図4 (c) の実施形状を用いる条件は、 $s < 2w_1$ となる。かかる条件が成り

立つとき、比較形状に替えて、実施形状のように面 112 を形成せずに、面 112 の範囲に曲面 E12 の範囲が含まれるようにする。こうすると、位相不整合部分の幅を小さくすることができるため、形成される対物レンズの光学的な性能の低下が抑制される。

[0051] なお、図 4 (c) では、 $s \geq R$ の場合の実施形状が示されたが、 $s < R$ の場合、面 112 の範囲が曲面 E12 の範囲に含まれこととなる。この場合、実施形状の位相不整合部分の幅は R となる。よって、 $d < R < 2d$ であり、 $w1 \leq s < R$ であるとき、比較形状に替えて実施形状を用いる条件は、 $R < 2w1$ となる。

[0052] なお、図 4 (c) の実施形状のように、面 112 の範囲に曲面 E12 の範囲が含まれるようにする場合、図 5 (b) に示すように、面 111 の右端と面 113 の左端とを、2つの曲面からなる曲面 E12 で結び、2つの曲面の接続部分を面 112 の高さ位置に設定するのが望ましい。こうすると、位相不整合部分の幅は、図 4 (c) と同様の s でありながら、曲面 E12 が、図 4 (c) よりも理想形状の面 112 に近づけられるため、形成される対物レンズの光学的な性能の低下がさらに抑制される。なお、この場合の曲面 E12 は、 R よりも大きい半径の曲面として形成されても良い。また、この場合の曲面 E12 の中間部分には、平面形状が含まれても良い。この平面形状は、面 112 と同じ高さにあるのが望ましい。

[0053] (2) $d < R < 2d$ 、 $s < w1$ のとき

図 6 (a) は、 R と d が図 2 (a) に示す関係のとき ($d < R < 2d$)、切削される金型の理想形状を示す図である。かかる理想形状は、図 1 (d) に示す設計時のパターンの一部拡大図であり、図 3 (b-1) または図 3 (c-1) と同様である。面 122 の幅は s であり、面 122 の幅 s と、バイト先端部によって切削される曲面の幅 $w1$ (図 2 (a) 参照) との関係は、 $s < w1$ である。 $s < w1$ であるため、図 6 (a) の理想形状から比較形状を切削する場合には、上記例外ルールが適用される。

[0054] 図 6 (b) は、図 6 (a) の理想形状を上記例外ルールに従って切削する

場合の比較形状を示す図であり、図3 (b-2) または図3 (c-2) と同様である。この場合、上記例外ルールに従って破線矢印に沿ってバイトの中心が動かされると、理想形状の面122と同様の面C23を形成することができるものの、面C23の左右に、曲面C22、C24を有する位相不整合部分が生じる。この場合の位相不整合部分の幅の和は $2w_1$ となる。

[0055] 図6 (c) は、図6 (a) の理想形状を切削する場合に、上記ルールによらず、面122を形成しない場合の実施形状を示す図である。かかる実施形状は、面E21、E23と、曲面E22を有する。この場合、破線矢印に沿ってバイトの中心が動かされると、理想形状の面122は形成されず、面E21、E23の間に、曲面E22を有する位相不整合部分が生じる。この場合の位相不整合部分の幅は R となる。

[0056] よって、 R と d の関係が $d < R < 2d$ であり、 s と w_1 の関係が $s < w_1$ であるとき、図6 (a) の理想形状を切削する場合に、図6 (b) の比較形状に替えて、図6 (c) の実施形状を用いる条件は、 $R < 2w_1$ となる。かかる条件が成り立つとき、比較形状に替えて、実施形状のように面122を形成せずに、面122の範囲が曲面E22の範囲に含まれるようにする。こうすると、位相不整合部分の幅を小さくすることができるため、形成される対物レンズの光学的な性能の低下が抑制される。

[0057] なお、図6 (c) の実施形状のように、面122の範囲が曲面E22の範囲に含まれるようにする場合、図7 (b) に示すように、面122の位置に曲面E22が交わるようにするのが望ましい。こうすると、位相不整合部分の幅は、図6 (c) と同様の R でありながら、曲面E22が、図6 (c) よりも理想形状の面122に近づけられるため、形成される対物レンズの光学的な性能の低下がさらに抑制される。

[0058] (3) $R \leq d$ 、 $s \geq R$ のとき

図8 (a) は、 R と d が図2 (b) に示す関係のとき ($R \leq d$)、切削される金型の理想形状を示す図である。かかる理想形状は、図1 (d) に示す設計時のパターンの一部拡大図であり、図3 (a-1) と同様である。面1

12の幅は s であり、面112の幅 s と、バイト先端部の半径 R との関係は、 $s \geq R$ である。 $s \geq R$ であるため、図8(a)の理想形状から比較形状を切削する場合には、上記原則ルールが適用される。

[0059] 図8(b)は、図8(a)の理想形状を上記原則ルールに従って切削する場合の比較形状を示す図であり、図3(a-2)と同様である。この場合、上記原則ルールに従って破線矢印に沿ってバイトの中心が動かされると、理想形状の面112の一部と同様の面C13を形成することができるものの、面C11、C13の間と、面C13、C15の間に、曲面C12、C14を有する位相不整合部分が生じる。この場合の位相不整合部分の幅の和は $2R$ となる。

[0060] 図8(c)は、図8(a)の理想形状を切削する場合に、上記原則ルールによらず、面112を形成しない場合の実施形状を示す図である。かかる実施形状は、面E11、E13と、曲面E12を有する。この場合、破線矢印に沿ってバイトの中心が動かされると、理想形状の面112は形成されず、面111と面113の間に、曲面E12を含む位相不整合部分が生じる。この場合の位相不整合部分の幅は、形成されなかった面112の幅 s となる。

[0061] よって、 R と d の関係が $R \leq d$ であり、 s と R の関係が $s \geq R$ であるとき、図8(a)の理想形状を切削する場合に、図8(b)の比較形状に替えて、図8(c)の実施形状を用いる条件は、 $s < 2R$ となる。かかる条件が成り立つとき、比較形状に替えて、実施形状のように面112を形成せずに、面112の範囲に曲面E12の範囲が含まれるようにする。こうすると、位相不整合部分の幅を小さくすることができるため、形成される対物レンズの光学的な性能の低下が抑制される。

[0062] なお、図8(c)の実施形状のように、面112の範囲に曲面E12の範囲が含まれるようにする場合、図5(b)と同様、面111の右端と面113の左端とを結ぶように曲面E12が形成されるのが望ましい。また、図5(b)と同様、面112の範囲の一部が曲面E12の範囲に含まれるようにしても良い。

[0063] (4) $R \leq d$ 、 $s < R$ のとき

図9(a)は、 R と d が図2(b)に示す関係のとき($R \leq d$)、切削される金型の理想形状を示す図である。かかる理想形状は、図1(d)に示す設計時のパターンの一部拡大図であり、図3(b-1)または図3(c-1)と同様である。面122の幅は s であり、面122の幅 s と、バイト先端部の半径 R との関係は、 $s < R$ である。 $s < R$ であるため、図9(a)の理想形状から比較形状を切削する場合には、上記例外ルールが適用される。

[0064] 図9(b)は、図9(a)の理想形状を上記例外ルールに従って切削する場合の比較形状を示す図であり、図3(b-2)または図3(c-2)と同様である。かかる比較形状は、面C21、C23、C25と、曲面C22、C24を有する。この場合、上記ルールに従って破線矢印に沿ってバイトの中心が動かされると、理想形状の面122と同様の面C23を形成することができるものの、面C23の左右に、曲面C22、C24を有する位相不整合部分が生じる。この場合の位相不整合部分の幅の和は $2R$ となる。

[0065] 図9(c)は、図9(a)の理想形状を切削する場合に、上記ルールによらず、面122を形成しない場合の実施形状を示す図である。かかる実施形状は、面E21、E23と、曲面E22を有する。この場合、破線矢印に沿ってバイトの中心が動かされると、理想形状の面122は形成されず、面E21、E23の間に、曲面E22を有する位相不整合部分が生じる。この場合の位相不整合部分の幅は R となる。

[0066] よって、 R と d の関係が $R \leq d$ であり、 R と s の関係が $s < R$ であるとき、図9(a)の理想形状を切削する場合に、図9(b)の比較形状に替えて、図9(c)の実施形状を用いる条件は、 $R < 2R$ となる。なお、この条件は常に成立するため、 $R \leq d$ 、 $s < R$ であるとき、比較形状に替えて実施形状を用いる方が、位相不整合部分の幅が小さくなる。このように、面122の範囲が曲面E22の範囲に含まれるようにすると、位相不整合部分の幅を小さくすることができるため、形成される対物レンズの光学的な性能の低下が抑制される。

[0067] なお、図9(c)の実施形状のように、面122の範囲が曲面E22の範囲に含まれるようにする場合、図9(c)に示すように、曲面E22の右端が理想形状の面123の左端に合わせられるようにするのが望ましい。こうすると、曲面E22の左端が理想形状の面121の右端に合わせられるようにする場合に比べて、曲面E22が理想形状の面122に近づけられるため、形成される対物レンズの光学的な性能の低下がさらに抑制される。また、この場合も、図7(b)と同様、面122の範囲の一部が曲面E22の範囲に含まれるようにしても良い。

[0068] (5) $R \geq 2d$ 、 $s < w_1$ のとき

図10(a)は、 R と d が図2(c)に示す関係のとき($R \geq 2d$)、切削される金型の理想形状を示す図である。かかる理想形状は、図1(d)に示す設計時のパターンの一部拡大図であり、図3(b-1)または図3(c-1)と同様である。面122の幅は s であり、面122の幅 s と、バイト先端部によって切削される曲面の幅 w_1 (図2(c)参照)との関係は、 $s < w_1$ であるとする。 $s < w_1$ であるため、図10(a)の理想形状から比較形状を切削する場合には、上記例外ルールが適用される。

[0069] 図10(b)は、図10(a)の理想形状を上記例外ルールに従って切削する場合の比較形状を示す図であり、図3(b-2)または図3(c-2)と同様である。この場合、上記例外ルールに従って破線矢印に沿ってバイトの中心が動かされると、理想形状の面122と同様の面C23を形成することができるものの、面C23の左右に、曲面C22、C24を有する位相不整合部分が生じる。この場合の位相不整合部分の幅の和は $2w_1$ となる。

[0070] 図10(c)は、図10(a)の理想形状を切削する場合に、上記ルールによらず、面122を形成しない場合の実施形状を示す図である。かかる実施形状は、面E21、E23と、曲面E22を有する。この場合、破線矢印に沿ってバイトの中心が動かされると、理想形状の面122は形成されず、面E21、E23の間に、曲面E22を有する位相不整合部分が生じる。この場合の位相不整合部分の幅は w_2 となる。

[0071] よって、 R と d の関係が $R \geq 2d$ であり、 s と w_1 の関係が $s < w_1$ であるとき、図10(a)の理想形状を切削する場合に、図10(b)の比較形状に替えて、図10(c)の実施形状を用いる条件は、 $w_2 < 2w_1$ となる。なお、この条件は常に成立するため、 $R \geq 2d$ 、 $s \leq w_1$ であるとき、理想形状に替えて実施形状を用いる方が、位相不整合部分の幅が小さくなる。

[0072] なお、図10(c)の実施形状のように、面122の範囲が曲面E22の範囲に含まれるようにする場合、図10(c)に示すように、曲面E22の右端が理想形状の面123の左端に合わせられるようにするのが望ましい。こうすると、曲面E22の左端が理想形状の面121の右端に合わせられるようにする場合に比べて、曲面E22が理想形状の面122に近づけられるため、形成される対物レンズの光学的な性能の低下がさらに抑制される。また、この場合も、図7(b)と同様、面122の範囲の一部が曲面E22の範囲に含まれるようにしても良い。

[0073] なお、ここでは図示省略したが、 $R \geq 2d$ 、 $s \geq w_1$ であるとき、比較形状は、図4(b)と略同様になり、位相不整合部分の幅の和は $2w_1$ となる。実施形状は、図4(c)と略同様になり、位相不整合部分の幅は w_2 になる。このとき、実施形状を用いる条件は、 $s > w_2$ であれば、 $s < 2w_1$ となり、 $s \leq w_2$ であれば、 $w_2 < 2w_1$ となる。なお、 $s > w_2$ 場合、図5(b)と同様、下段面と上段面の間に曲面を形成する方が望ましく、 $s \leq w_2$ の場合、図7(b)と同様、曲面が理想形状の中段面に近づけられるように配置される方が望ましい。

[0074] 次に、図3(a-1)、(b-1)、(c-1)とは異なり、理想形状が凸形状または凹形状である場合について説明する。

[0075] <理想形状が凸形状の場合>

(6) $R > d$ 、 $s \geq w_1$ のとき

図11(a)は、 R と d が図2(a)、(c)に示す関係のとき($R > d$)、切削される金型の理想形状を示す図である。かかる理想形状は、図1(d)に示す設計時のパターンの一部拡大図であり、面131~133を有す

る。面 I 3 2 の幅は s であり、面 I 3 2 の幅 s と、バイト先端部によって切削される曲面の幅 w_1 (図 2 (a)、(c) 参照) との関係は、 $s \geq w_1$ である。 $s \geq w_1$ であるため、図 1 1 (a) の理想形状から比較形状を切削する場合には、上記原則ルールが適用される。

[0076] 図 1 1 (b) は、図 1 1 (a) の理想形状を上記原則ルールに従って切削する場合に、面 I 3 2 の少なくとも一部を形成する場合の比較形状を示す図である。かかる比較形状は、面 C 3 1、C 3 3、C 3 5 と、曲面 C 3 2、C 3 4 を有する。この場合、上記原則ルールに従って破線矢印に沿ってバイトの中心が動かされると、理想形状の面 I 3 2 の一部と同様の面 C 3 3 を形成することができるものの、面 C 3 3 の左右に、曲面 C 3 2、C 3 4 を有する位相不整合部分が生じる。この場合の位相不整合部分の幅の和は $2w_1$ となる。

[0077] 図 1 1 (c) は、図 1 1 (a) の理想形状を切削する場合に、上記ルールによらず、面 I 3 2 を形成しない場合の実施形状を示す図である。かかる実施形状は、面 E 3 1 のみを有する。この場合、破線矢印に沿ってバイトの中心が動かされると、理想形状の面 I 3 2 は形成されず、面 I 3 2 の範囲に位相不整合部分が生じる。この場合の位相不整合部分の幅は、形成されない面 I 3 2 の幅 s となる。

[0078] よって、 R と d の関係が $R > d$ であり、 s と w_1 の関係が $s \geq w_1$ のとき、図 1 1 (a) の理想形状を切削する場合に、図 1 1 (b) の比較形状に替えて、図 1 1 (c) の実施形状を用いる条件は、 $s < 2w_1$ となる。かかる条件が成り立つとき、比較形状に替えて、実施形状のように面 I 3 2 を形成しないようにする。こうすると、位相不整合部分の幅を小さくすることができるため、形成される対物レンズの光学的な性能の低下が抑制される。

[0079] なお、図 1 1 (b) の比較形状のように金型を形成すると、樹脂が固化する際に、面 C 3 3 近傍の幅の小さい突出部分を樹脂が噛んでしまい、樹脂 (対物レンズ 1 0) を金型から剥離し難くなる。これに対し、図 1 1 (c) の実施形状では、このような突出部分が存在しないため、樹脂 (対物レンズ 1

0) を金型から円滑に剥離することができ、突出部分における剥離時の欠損等を抑制することができる。

[0080] (7) $R > d$ 、 $s < w_1$ のとき

図12(a)は、 R と d が図2(a)、(c)に示す関係のとき($R > d$)、切削される金型の理想形状を示す図である。かかる理想形状は、図1(d)に示す設計時のパターンの一部拡大図であり、面141~143を有する。面142の幅は s であり、面142の幅 s と、バイト先端部によって切削される曲面の幅 w_1 (図2(a)、(c)参照)との関係は、 $s < w_1$ である。

[0081] 図12(b)は、図12(a)の理想形状を切削する場合の比較形状を示す図である。この場合の比較形状は、上記ルールによらず、以下のように切削される。まず、面141の右端を形成せず、面142の左端を形成するようにして、バイトの中心が右方向に動かされる。面142の左端が形成されると、バイトの中心は上方向に d だけ動かされ、面143の左端の位置まで右方向に動かされる。続いて、面143の左端が形成されるようにして、バイトの中心が下方向に d だけ動かされる。その後、バイトの中心が右方向に動かされる。これにより、図12(b)に示すように、比較形状は、面C41、C44と、曲面C42、C43を有することとなる。この場合の位相不整合部分の幅の和は($w_1 + s$)となる。

[0082] 図12(c)は、図12(a)の理想形状を切削場合の実施形状を示す図である。かかる実施形状は、面E41のみを有する。この場合、破線矢印に沿ってバイトの中心が動かされると、理想形状の面142は形成されず、面142の範囲に位相不整合部分が生じる。この場合の位相不整合部分の幅は s となる。

[0083] よって、 R と d の関係が $R > d$ であり、 s と w_1 の関係が $s < w_1$ のとき、図12(a)の理想形状を切削する場合に、図12(b)の比較形状に替えて、図12(c)の実施形状を用いる条件は、 $s < w_1 + s$ となる。なお、この条件は常に成立するため、 $R > d$ 、 $s < w_1$ であるとき、比較形状に

替えて実施形状を用いる方が、位相不整合部分の幅が小さくなる。こうすると、位相不整合部分の幅を小さくすることができるため、形成される対物レンズの光学的な性能の低下が抑制される。また、図12(c)の実施形状は、図12(b)の比較形状に比べ、形成される樹脂(対物レンズ10)を金型から円滑に剥離することができ、突出部分における剥離時の欠損等を抑制することができる。

[0084] (8) $R \leq d$ 、 $s \geq R$ のとき

図13(a)は、 R と d が図2(b)に示す関係のとき($R \leq d$)、切削される金型の理想形状を示す図である。かかる理想形状は、図1(d)に示す設計時のパターンの一部拡大図であり、面I31~I33を有する。面I32の幅は s であり、面I32の幅 s と、バイト先端部の半径 R との関係は、 $s \geq R$ である。 $s \geq R$ であるため、図13(a)の理想形状から比較形状を切削する場合には、上記原則ルールが適用される。

[0085] 図13(b)は、図13(a)の理想形状を上記原則ルールに従って切削する場合に、面I32の少なくとも一部を形成する場合の比較形状を示す図である。かかる比較形状は、面C31、C33、C35と、曲面C32、C34を有する。この場合、上記ルールに従って破線矢印に沿ってバイトの中心が動かされると、理想形状の面I32の一部と同様の面C33を形成することができるものの、面C33の左右に、曲面C32、C34を有する位相不整合部分が生じる。この場合の位相不整合部分の幅の和は $2R$ となる。

[0086] 図13(c)は、図13(a)の理想形状を切削する場合に、上記ルールによらず、面I32を形成しない場合の実施形状を示す図である。かかる実施形状は、面E31のみを有する。この場合、破線矢印に沿ってバイトの中心が動かされると、理想形状の面I32は形成されず、面I32の範囲に位相不整合部分が生じる。この場合の位相不整合部分の幅は s となる。

[0087] よって、 R と d の関係が $R \leq d$ であり、 s と R の関係が $s \geq R$ のとき、図13(a)の理想形状を切削する場合に、図13(b)の比較形状に替えて、図13(c)の実施形状を用いる条件は、 $s < 2R$ となる。かかる条件が

成り立つとき、比較形状に替えて、実施形状のように面132を形成しないようにする。こうすると、位相不整合部分の幅を小さくすることができるため、形成される対物レンズの光学的な性能の低下が抑制される。

[0088] なお、図13(c)の実施形状は、図13(b)の比較形状に比べ、形成される樹脂(対物レンズ10)を金型から円滑に剥離することができ、突出部分における剥離時の欠損等を抑制することができる。

[0089] (9) $R \leq d$ 、 $s < R$ のとき

図14(a)は、 R と d が図2(b)に示す関係のとき($R \leq d$)、切削される金型の理想形状を示す図である。かかる理想形状は、図1(d)に示す設計時のパターンの一部拡大図であり、面141~143を有する。面142の幅は s であり、面142の幅 s と、バイト先端部の半径 R との関係は、 $s < R$ である。

[0090] 図14(b)は、図14(a)の理想形状を切削する場合の比較形状を示す図である。この場合の比較形状は、図12(b)と同様にして切削される。これにより、図14(b)に示すように、比較形状は、面C41、C44と、曲面C42、C43を有することとなる。この場合の位相不整合部分の幅の和は $(R + s)$ となる。

[0091] 図14(c)は、図14(a)の理想形状を切削する場合の実施形状を示す図である。かかる実施形状は、面E41のみを有する。この場合、破線矢印に沿ってバイトの中心が動かされると、理想形状の面142は形成されず、面142の範囲に位相不整合部分が生じる。この場合の位相不整合部分の幅は s となる。

[0092] よって、 R と d の関係が $R \leq d$ であり、 s と R の関係が $s < R$ のとき、図14(a)の理想形状を切削する場合に、図14(b)の比較形状に替えて、図14(c)の実施形状を用いる条件は、 $s < R + s$ となる。なお、この条件は常に成立するため、 $R \leq d$ 、 $s \leq R$ であるとき、比較形状に替えて実施形状を用いる方が、位相不整合部分の幅が小さくなる。こうすると、位相不整合部分の幅を小さくすることができるため、形成される対物レンズの光

学的な性能の低下が抑制される。また、図14(c)の実施形状は、図14(b)の比較形状に比べ、形成される樹脂(対物レンズ10)を金型から円滑に剥離することができ、突出部分における剥離時の欠損等を抑制することができる。

[0093] <理想形状が凹形状の場合>

(10) $R > d$ 、 $s \geq w_1$ のとき

図15(a)は、 R と d が図2(a)、(c)に示す関係のとき($R > d$)、切削される金型の理想形状を示す図である。かかる理想形状は、図1(d)に示す設計時のパターンの一部拡大図であり、面151~153を有する。面152の幅は s であり、面152の幅 s と、バイト先端部によって切削される曲面の幅 w_1 (図2(a)、(c)参照)との関係は、 $s \geq w_1$ である。 $s \geq w_1$ であるため、図15(a)の理想形状から比較形状を切削する場合には、上記原則ルールが適用される。

[0094] 図15(b)は、図15(a)の理想形状を切削する場合に、面152の少なくとも一部を形成する場合の比較形状を示す図である。かかる比較形状は、面C51、C53、C55と、曲面C52、C54を有する。この場合、上記原則ルールに従って破線矢印に沿ってバイトの中心が動かされると、理想形状の面152の一部と同様の面C53を形成することができるものの、面C53の左右に、曲面C52、C54を有する位相不整合部分が生じる。この場合の位相不整合部分の幅の和は $2w_1$ となる。

[0095] 図15(c)は、図15(a)の理想形状を切削する場合に、上記ルールによらず、面152を形成しない場合の実施形状を示す図である。かかる実施形状は、面E51のみを有する。この場合、破線矢印に沿ってバイトの中心が動かされると、理想形状の面152は形成されず、面152の範囲に位相不整合部分が生じる。この場合の位相不整合部分の幅は s となる。

[0096] よって、 R と d の関係が $R > d$ であり、 s と w_1 の関係が $s \geq w_1$ のとき、図15(a)の理想形状を切削する場合に、図15(b)の比較形状に替えて、図15(c)の実施形状を用いる条件は、 $s < 2w_1$ となる。かかる

条件が成り立つとき、比較形状に替えて、実施形状のように面152を形成しないようにする。こうすると、位相不整合部分の幅を小さくすることができるため、形成される対物レンズの光学的な性能の低下が抑制される。また、図15(b)の比較形状に替えて、図15(c)の実施形状を用いると、金型に幅が小さい窪みが生じないため、かかる窪みに樹脂が円滑に流れ込まないことによる問題を抑制することができる。

[0097] (11) $R > d$ 、 $s < w_1$ のとき

図16(a)は、 R と d が図2(a)、(c)に示す関係のとき($R > d$)、切削される金型の理想形状を示す図である。かかる理想形状は、図1(d)に示す設計時のパターンの一部拡大図であり、面161~163を有する。面162の幅は s であり、面162の幅 s と、バイト先端部によって切削される曲面の幅 w_1 (図2(a)、(c)参照)との関係は、 $s < w_1$ である。

[0098] 図16(b)は、図16(a)の理想形状を切削する場合の比較形状を示す図である。この場合の比較形状は、上記ルールによらず、以下のように切削される。まず、バイトの中心が右方向に動かされ、面162の左端の位置を形成するようにして、バイトの中心が d だけ下方向に動かされる。面162の左端が形成されると、バイトの中心は上方向に d だけ動かされた後、右方向に動かされる。これにより、図16(b)に示すように、比較形状は、面C61、C63と、曲面C62を有することとなる。この場合の位相不整合部分の幅の和は $2w_1$ となる。

[0099] 図16(c)は、図16(a)の理想形状を切削場合の実施形状を示す図である。かかる実施形状は、面E61のみを有する。この場合、破線矢印に沿ってバイトの中心が動かされると、理想形状の面162は形成されず、面162の範囲に位相不整合部分が生じる。この場合の位相不整合部分の幅は s となる。

[0100] よって、 R と d の関係が $R > d$ であり、 s と w_1 の関係が $s < w_1$ のとき、図16(a)の理想形状を切削する場合に、図16(b)の比較形状に替

えて、図16(c)の実施形状を用いる条件は、 $s < 2w_1$ となる。なお、この条件は常に成立するため、 $R > d$ 、 $s < w_1$ であるとき、比較形状に替えて実施形状を用いる方が、位相不整合部分の幅が小さくなる。こうすると、位相不整合部分の幅を小さくすることができるため、形成される対物レンズの光学的な性能の低下が抑制される。また、図16(b)の比較形状に替えて、図16(c)の実施形状を用いると、金型に幅が小さい窪みが生じないため、かかる窪みに樹脂が円滑に流れ込まないことによる問題を抑制することができる。

[0101] (12) $R \leq d$ 、 $s \geq R$ のとき

図17(a)は、 R と d が図2(b)に示す関係のとき($R \leq d$)、切削される金型の理想形状を示す図である。かかる理想形状は、図1(d)に示す設計時のパターンの一部拡大図であり、面151~153を有する。面152の幅は s であり、面152の幅 s と、バイト先端部の半径 R との関係は、 $s \geq R$ である。 $s \geq R$ であるため、図17(a)の理想形状から比較形状を切削する場合には、上記原則ルールが適用される。

[0102] 図17(b)は、図17(a)の理想形状を上記原則ルールに従って切削する場合に、面152の少なくとも一部を形成する場合の比較形状を示す図である。かかる比較形状は、面C51、C53、C55と、曲面C52、C54を有する。この場合、上記原則ルールに従って破線矢印に沿ってバイトの中心が動かされると、理想形状の面152の一部と同様の面C53を形成することができるものの、面C53の左右に、曲面C52、C54を有する位相不整合部分が生じる。この場合の位相不整合部分の幅の和は $2R$ となる。

[0103] 図17(c)は、図17(a)の理想形状を切削する場合に、上記ルールによらず、面152を形成しない場合の実施形状を示す図である。かかる実施形状は、面E51のみを有する。この場合、破線矢印に沿ってバイトの中心が動かされると、理想形状の面152は形成されず、面152の範囲に位相不整合部分が生じる。この場合の位相不整合部分の幅は s となる。

[0104] よって、 R と d の関係が $R \leq d$ であり、 s と R の関係が $s \geq R$ のとき、図17(a)の理想形状を切削する場合に、図17(b)の比較形状に替えて、図17(c)の実施形状を用いる条件は、 $s < 2R$ となる。かかる条件が成り立つとき、比較形状に替えて、実施形状のように面152を形成しないようにする。こうすると、位相不整合部分の幅を小さくすることができるため、形成される対物レンズの光学的な性能の低下が抑制される。また、図17(b)の比較形状に替えて、図17(c)の実施形状を用いると、金型に幅が小さい窪みが生じないため、かかる窪みに樹脂が円滑に流れ込まないことによる問題を抑制することができる。

[0105] (13) $R \leq d$ 、 $s < R$ のとき

図18(a)は、 R と d が図2(b)に示す関係のとき($R \leq d$)、切削される金型の理想形状を示す図である。かかる理想形状は、図1(d)に示す設計時のパターンの一部拡大図であり、面161~163を有する。面162の幅は s であり、面162の幅 s と、バイト先端部の半径 R との関係は、 $s < R$ である。

[0106] 図18(b)は、図18(a)の理想形状を切削する場合の比較形状を示す図である。この場合の比較形状は、上記ルールによらず、図16(b)の場合と同様に形成される。これにより、図18(b)に示すように、比較形状は、面C61、C63と、曲面C62を有することとなる。この場合の位相不整合部分の幅の和は $2R$ となる。

[0107] 図18(c)は、図18(a)の理想形状を切削場合の実施形状を示す図である。かかる実施形状は、面E61のみを有する。この場合、破線矢印に沿ってバイトの中心が動かされると、理想形状の面162は形成されず、面162の範囲に位相不整合部分が生じる。この場合の位相不整合部分の幅は s となる。

[0108] よって、 R と d の関係が $R \leq d$ であり、 s と R の関係が $s < R$ のとき、図18(a)の理想形状を切削する場合に、図18(b)の比較形状に替えて、図18(c)の実施形状を用いる条件は、 $s < 2R$ となる。なお、この条

件は常に成立するため、 $R \leq R$ 、 $s < R$ であるとき、比較形状に替えて実施形状を用いる方が、位相不整合部分の幅が小さくなる。こうすると、位相不整合部分の幅を小さくすることができるため、形成される対物レンズの光学的な性能の低下が抑制される。また、図18(b)の比較形状に替えて、図18(c)の実施形状を用いると、金型に幅が小さい窪みが生じないため、かかる窪みに樹脂が円滑に流れ込まないことによる問題を抑制することができる。

[0109] <実施形状の変更例>

理想形状の面122を省略する他の方法として、以下の方法を用いることができる。

[0110] 図19(a)は、図6(a)と同様、 R と d が図2(a)に示す関係のとき($d < R < 2d$)、切削される金型の理想形状を示す図である。 s と w_1 の関係は、 $s < w_1$ である。図19(b)は、図6(b)と同様、この場合の比較形状を示す図である。

[0111] 図19(c)は、図19(a)の理想形状を切削する場合に、面122を形成しない場合の実施形状を示す図である。かかる実施形状は、面E21、E23と、曲面E22a、E22bを有する。この場合、破線矢印に沿ってバイトの中心が動かされると、理想形状の面122は形成されず、面E21、E23の間に、曲面E22a、E22bを有する位相不整合部分が生じる。曲面E22aは、バイトの中心がO1にあるときのバイトの曲面に対応する形状となっており、曲面E22bは、バイトの中心がO2にあるときのバイトの曲面に対応する形状となっている。曲面E22aと曲面E22bとは、境界Bで接している。境界Bは、理想形状の面122の範囲に含まれ、面122と同じ高さに位置付けられている。この場合の位相不整合部分の和の幅は w_3 となる。

[0112] よって、 R と d の関係が $d < R < 2d$ であり、 s と w_1 の関係が $s < w_1$ であるとき、図19(a)の理想形状を切削する場合に、図19(b)の比較形状に替えて、図19(c)の実施形状を用いる条件は、 $w_3 < 2w_1$ と

なる。かかる条件が成り立つとき、比較形状に替えて、実施形状のように面 122 を形成せずに、面 122 の範囲が曲面 E22a、E22b の範囲に含まれるようにする。こうすると、位相不整合部分の幅を小さくすることができるため、形成される対物レンズの光学的な性能の低下が抑制される。

[0113] なお、境界 B は、側面図において、図 19 (c) に示すように、点となるように構成されたが、理想形状の面 122 の一部を含むように構成されても良い。また、図 19 (c) では、R と d の関係が $d < R < 2d$ である場合を示したが、これに限らず、 $R \leq d$ 、 $R \geq 2d$ であっても、図 19 (c) の場合と同様にして実施形状を形成しても良い。これらの場合も、図 19 (c) と同様に、境界 B の左右に曲面 E22a、E22b が形成される。

[0114] なお、理想形状の面 122 と曲面 E22a、E22b の間の高さ方向のギャップが、成形後の対物レンズに使用される光の波長の $1/10$ 以下である曲面 E22a、E22b の部分は、面 122 と等価な面として機能し、この部分は、位相不整合部分では無くなる。よって、図 19 (c) の実施形状では、境界 B の付近に面 122 と等価な面を形成することができ、対物レンズの光学特性を高めることができる。

[0115] <光ピックアップ装置>

以下、上記のようにして形成された対物レンズを用いた実施の形態について説明する。本実施の形態は、BD、DVD、CD に対応可能な光ピックアップ装置に本発明を適用したものである。

[0116] 図 20 は、本実施の形態に係る光ピックアップ装置の光学系を示す図である。

[0117] 光ピックアップ装置の光学系は、半導体レーザ 101a~101c と、発散レンズ 102a、102b と、偏光ビームスプリッタ 103a~103c と、コリメータレンズ 104 と、レンズアクチュエータ 105 と、立ち上げミラー 106 と、 $1/4$ 波長板 107 と、アパーチャ 108 と、対物レンズ 109 と、ホルダ 110 と、対物レンズアクチュエータ 111 と、アナモレンズ 112 と、光検出器 113 を備えている。なお、対物レンズ 109 が、

上記のようにして形成された対物レンズである。

- [0118] 半導体レーザ101a~101cは、それぞれ、BD用のレーザ光（波長：405nm）と、DVD用のレーザ光（波長：660nm）と、CD用のレーザ光（波長：785nm）を出射する。以下、BD用のレーザ光と、DVD用のレーザ光と、CD用のレーザ光を、それぞれ、「BD光」、「DVD光」、「CD光」と称する。半導体レーザ101a~101cは、記録・再生が行われるディスクに応じて択一的に使用される。
- [0119] 発散レンズ102a、102bは、半導体レーザ101b、101cから出射されたDVD光とCD光が、半導体レーザ101aから出射されたBD光と同様、光検出器113上に収束するように、DVD光とCD光の広がり角を調整する。
- [0120] 偏光ビームスプリッタ103a~103cは、それぞれ、BD光、DVD光、CD光（S偏光）を略全反射するとともに、コリメータレンズ104側から入射されるレーザ光（P偏光）を略全透過する。
- [0121] コリメータレンズ104は、偏光ビームスプリッタ103c側から入射されるBD光、DVD光、CD光の広がり角を変化させる。たとえば、BD光またはDVD光が用いられる場合、コリメータレンズ104は、これらのレーザ光が無限系（平行光）で対物レンズ109に入射する位置に位置づけられる。また、CD用のレーザ光が用いられる場合、コリメータレンズ104は、CD用のレーザ光が有限系（拡散光）で対物レンズ109に入射する位置に位置づけられる。
- [0122] レンズアクチュエータ105は、上記のように波長毎にコリメータレンズ104の位置を変化させるとともに、サーボ信号に応じてコリメータレンズ104を光軸方向に変位させる。これにより、各波長のレーザ光に生じる収差が補正される。立ち上げミラー106は、コリメータレンズ104側から入射された各波長のレーザ光を対物レンズ109に向かう方向に反射する。
- [0123] 1/4波長板107は、ディスクへと向かう各波長のレーザ光を円偏光に変換するとともに、ディスクからの反射光をディスクへ向かう際の偏光方向

に直交する直線偏光に変換する。これにより、ディスクによって反射された各波長のレーザ光は、偏光ビームスプリッタ103a~103cを透過する。アパーチャ108は、対物レンズ109に対する各波長のレーザ光の有効径が適正となるように、各波長のレーザ光のビーム形状を円形形状に調整する。なお、アパーチャ108には、各波長のレーザ光のみの開口を制限するよう、波長選択性の反射膜が形成されている。

[0124] 対物レンズ109は、入射面（アパーチャ108側の面）にブレード型の回折構造（ホログラム）が形成されており、各波長のレーザ光を、それぞれ各波長に対応したディスク内のターゲット記録層に適正に収束できるよう設計されている。

[0125] ホルダ110は、1/4波長板107およびアパーチャ108と対物レンズ109を一体的に保持する。対物レンズアクチュエータ111は、従来周知の電磁駆動回路によって構成され、当該回路のうち、フォーカスコイル等のコイル部がホルダ110に装着されている。

[0126] アナモレンズ112は、偏光ビームスプリッタ103a側から入射された各波長のレーザ光に非点収差を導入する。光検出器113のセンサから出力される検出信号は、光検出器113の後段の信号演算回路（図示せず）によって、上記式（1）、（2）に従って演算処理され、フォーカスエラー信号とプッシュプル信号が生成される。また、かかる信号演算回路は、これら8個のセンサから出力された検出信号を加算して再生RF信号を生成する。

[0127] <本実施の形態の効果>

本実施の形態によれば、以下の効果が奏され得る。

[0128] 理想形状の面112、122、132、142、152、162の幅が、上記のように所定の幅よりも小さい場合、これら理想形状の面が省略される。すなわち、理想形状の面を省略した方が、比較形状のように理想形状の面を残すよりも、位相不整合部分の幅を抑制できる場合には、理想形状の面が省略される。このようにして、対物レンズ10の光源側レンズ面11に対応する金型の被転写面が形成されると、比較形状のみに従って金型が形成され

る場合に比べて、位相不整合部分の幅が小さくなる。これにより、形成される対物レンズ10の光学的な性能の低下が抑制され得る。

[0129] また、面111と面113とを繋ぐ面形状（曲面E12）は、図4（c）、図8（c）に示すように、バイトの曲面に対応する形状となっている。また、面121と面123とを繋ぐ面形状（曲面E22）は、図6（c）、図7（b）、図9（c）、図10（c）に示すように、バイトの曲面に対応する形状となっている。上下の面を繋ぐ面形状の幅は、この面形状がバイトの曲面に対応する形状であるときに最小となり、この形状よりも緩やかになるほど大きくなる。したがって、上記のように上下の面を繋ぐ面形状をバイトの曲面に対応する形状とすることにより、位相不整合部分の幅を最小に設定することができ、形成される対物レンズ10の光学的な特性の低下を抑制することができる。

[0130] また、面111と面113とを繋ぐ面形状（曲面E12）が、図4（c）、図5（b）に示すように、理想形状の面112に交わっており。また、面121と面123とを繋ぐ面形状（曲面E22、E22a、E22b）が、図7（b）、図10（c）、図19（c）に示すように、理想形状の面122に交わっている。これにより、面111と面113とを繋ぐ面形状と、面121と面123とを繋ぐ面形状を、それぞれ、理想形状の面112と面122に近づけることができる。すなわち、理想形状の面が省略されても、これに置き換えられた面形状の一部が、省略された理想形状の面に接近し、この部分において、位相が整合し易くなる。よって、形成される対物レンズ10の光学的な特性の低下が抑制され得る。

[0131] 特に、面121と面123とを繋ぐ面形状が、図19（c）に示すように、曲面E22aと曲面E22bにより形成されると、面E22bの左端が、理想形状の面122にかなり接近するため、この部分が、理想面と等価な面として機能し易くなる。このため、形成される対物レンズ10の光学的な特性の低下がさらに抑制され得る。

[0132] なお、図6（c）、図7（b）、図9（c）、図10（c）において、曲

面E 2 2は、面1 2 2の範囲のうち、なるべく対物レンズ1 0の中心（金型の中心）に近づく位置に形成されるのが望ましい。このように曲面E 2 2が配置されると、曲面E 2 2が対物レンズ1 0の中心（金型の中心）から離れた位置に形成される場合に比べ、曲面E 2 2からなる輪帯の径を小さくすることができ、曲面E 2 2が占める面積を抑えることができる。その結果、曲面E 2 2によって対物レンズ1 0に転写される位相不整合部分の面積を抑制することができ、当該金型によって形成される対物レンズ1 0の光学的な特性の低下を抑制することができる。したがって、曲面E 2 2は、面1 2 2の範囲のうち、最も対物レンズ1 0の中心（金型の中心）に近づく位置に形成されるのが望ましい。

[0133] また、上記のように光ピックアップ装置が構成されると、上記対物レンズの実施の形態と同様、対物レンズ1 0 9の光学的な性能の低下が抑制される。これにより、半導体レーザ1 0 1 a～1 0 1 cから出射されたBD光、DVD光、CD光を、それぞれ、BD、DVD、CD上に精度良く収束させることが可能となる。

[0134] 以上、本発明の実施の形態について説明したが、本発明は上記実施の形態に何ら制限されるものではなく、また、本発明の実施の形態も上記以外に種々の変更が可能である。

[0135] たとえば、上記実施の形態では、図4～1 9の実施形状に示すように、本発明に係るレンズの製造方法の適用対象が対物レンズ1 0、1 0 9とされたが、本発明に係るレンズの製造方法は、対物レンズ1 0、1 0 9以外のレンズにも適用可能である。本発明に係るレンズの製造方法によれば、対物レンズ以外のレンズにおいても、光学的な特性の低下が抑制することができる。

[0136] また、上記実施の形態の対物レンズ1 0、1 0 9は、3つのレーザ光（BD光、DVD光、CD光）を、それぞれ、3つのディスク（BD、DVD、CD）上に収束させるよう構成された。しかしながら、これに限らず、複数の波長帯のレーザ光を、各レーザ光に対応するディスク上に収束させるよう構成されても良い。また、単一のレーザ光を、対応するディスク上に収束さ

せるよう構成されても良い。本発明は、特定のレーザ光とディスクに対応するものではなく、図1(d)のように、複雑な構造を有する金型を形成する場合に有効である。

[0137] また、上記実施の形態では、バイト先端部の断面は円形状とされたが、これに限らず、楕円形状であっても良い。

[0138] <変更例>

上記実施の形態では、金型の理想形状を規定する各面と、その間に生じる段とのなす角が90度となっていた。対物レンズの中心に近い領域では、レンズ面の曲率が小さく、且つ、レンズ面が水平に近いため、上記実施の形態のように、理想形状の各面と、その間に生じる段とのなす角を近似的に90度に設定して、金型を設計することも可能である。しかしながら、レンズ面の理想形状は、通常、形成される対物レンズの曲率に応じて、水平面から所定の角度だけ傾いている。このため、対物レンズの中心から離れた領域では、理想形状を規定する各面と、その間に生じる段とのなす角が、90度から大きく変化することとなる。

[0139] 図21(a)に示すように、金型を形成する際には、まず、回転軸の周りに金型が回転される。そして、図21(b)に示すバイトが所定の傾き角だけ傾けられた状態で、上下左右に駆動されることにより、金型が形成される。

[0140] この場合、金型の内側面の形状は、対物レンズのレンズ面に応じた曲面となるため、金型の理想形状を規定する面は、たとえば図21(a)に示す一部拡大図のように、金型の内側面の傾きに伴って、水平面から傾斜することとなる。したがって、金型の理想形状を規定する各面と、その間に生じる段とのなす角もまた、金型の中心から離れるに伴って、90度から大きく変化する。

[0141] したがって、金型の中心から離れた領域では、水平面から傾いた状態にある理想面に従って、金型をバイトによって切削する必要がある。この場合、図21(b)に示すように、バイトの先端部は半径Rの球面となっており、

このバイト先端部の開き角（刃先の角度）、すなわち、バイト先端部の両端に形成された端部B 1、B 2の開き角は、所定の角度 ϕ となっている。このため、理想形状に基づいて金型を形成する場合には、必然的に、理想形状の段部に対応する領域が、バイト先端部の曲面に依じて、丸められることとなる。したがって、この場合も、上記実施の形態と同様、対物レンズの光学特性の低下が抑制されるように、段部に対応する領域に対して切削が行われる必要がある。

[0142] 以下、このように、理想形状の各面と、その間に生じる段とのなす角が90度以外になる場合の、具体的な金型の切削方法について説明する。

[0143] 図22(a)は、切削される金型の理想形状を示す図である。かかる理想形状は、面I 31～I 33を有する。面I 31～I 33は、水平方向に対して θ だけ傾いている。面I 32の幅は s であり、面I 32は、面I 31、I 33に対して上下方向に幅 d だけ突出している。また、左方向と右方向が、それぞれ、形成される対物レンズの内側方向と外側方向である。

[0144] 図22(b)は、図22(a)の理想形状に従って金型を切削する際に、面I 32を残しながら面を形成する場合の金型の形状（比較形状）を示す図である。かかる比較形状では、面C 31、C 33、C 35と、曲面C 32、C 34が形成される。この場合、破線矢印に沿ってバイト先端部の中心が動かされる。このようにバイト先端部が動かされると、理想形状の面I 32と同様の面C 33を形成することができるものの、面C 33の左右に、曲面C 32、C 34による位相不整合部分が、対物レンズの被転写面に生じる。曲面C 32の幅 w_4 と、曲面C 34の幅 w_5 は、それぞれ、以下の式(3)、(4)の演算により取得することができる。よって、この場合の位相不整合部分の幅の和は $w_4 + w_5$ となる。

[0145]

[数2]

$$w4 = R - R \sin \theta \quad \dots \quad (3)$$

$$w5 = \frac{d \tan \phi}{1 + \tan \theta \tan \phi} + \frac{R \left(\cos \left(\frac{90 + \theta + \phi}{2} \right) + \sin \left(\frac{90 + \theta + \phi}{2} \right) \tan \theta \right)}{(1 + \tan^2 \theta) \sin \left(\frac{90 - \theta + \phi}{2} \right)} \quad \dots \quad (4)$$

[0146] 図22(c)は、図22(a)の理想形状を切削する際に、面132を形成せずに面を形成する場合の金型の形状(実施形状)を示す図である。かかる実施形状では、面E31のみが形成される。この場合、破線矢印に沿ってバイト先端部の中心が動かされる。このようにバイト先端部が動かされると、理想形状の面132は形成されず、面132が欠落したことによる位相不整合部分が、対物レンズの被転写面に生じる。この場合の位相不整合部分の幅は、面132に対応する幅sとなる。

[0147] よって、図22(a)の理想形状を切削する場合に、図22(b)の比較形状に替えて、図22(c)の実施形状を用いる条件は、 $s < (w4 + w5)$ となる。かかる条件が成り立つとき、比較形状に替えて、実施形状のように面132を形成しないようにする。こうすると、位相不整合部分の幅を小さくすることができるため、形成される対物レンズの光学的な性能の低下が抑制される。

[0148] 図23(a)は、切削される金型の理想形状を示す図である。かかる理想形状は、面151~153を有する。面151~153は、水平方向に対して θ だけ傾いている。面152の幅はsであり、面152は、面151、153に対して上下方向に幅dだけ凹んでいる。

[0149] 図23(b)は、図23(a)の理想形状に従って金型を切削する際に、面152を残しながら面を形成する場合の金型の形状(比較形状)を示す図である。かかる比較形状では、面C51、C53、C55と、曲面C52、C54が形成される。この場合、破線矢印に沿ってバイト先端部の中心が動

かされる。このようにバイト先端部が動かされると、理想形状の面 I 5 2 と同様の面 C 5 3 を形成することができるものの、面 C 5 3 の左右に、曲面 C 5 2、C 5 4 による位相不整合部分が、対物レンズの被転写面に生じる。曲面 C 5 2 の幅 w_5 と、曲面 C 5 4 の幅 w_4 は、それぞれ、上記式 (4)、(3) の演算により取得することができる。この場合の位相不整合部分の幅の和は、 $w_4 + w_5$ となる。

[0150] 図 2 3 (c) は、図 2 3 (a) の理想形状を切削する際に、面 I 5 2 を形成せずに面を形成する場合の金型の形状 (実施形状) を示す図である。かかる実施形状では、面 E 5 1 のみが形成される。この場合、破線矢印に沿ってバイト先端部の中心が動かされる。このようにバイト先端部が動かされると、理想形状の面 I 5 2 は形成されず、面 I 5 2 が欠落したことによる位相不整合部分が、対物レンズの被転写面に生じる。この場合の位相不整合部分の幅は、面 I 5 2 に対応する幅 s となる。

[0151] よって、図 2 3 (a) の理想形状を切削する場合に、図 2 3 (b) の比較形状に替えて、図 2 3 (c) の実施形状を用いる条件は、 $s < (w_4 + w_5)$ となる。かかる条件が成り立つとき、比較形状に替えて、実施形状のように面 I 5 2 を形成しないようにする。こうすると、位相不整合部分の幅を小さくすることができるため、形成される対物レンズの光学的な性能の低下が抑制される。

[0152] 図 2 4 (a) は、切削される金型の理想形状を示す図である。かかる理想形状は、面 I 1 1 ~ I 1 3 を有する。面 I 1 1 ~ I 1 3 は、水平方向に対して θ だけ傾いている。面 I 1 2 の幅は s であり、面 I 1 2 は、面 I 1 1 と面 I 1 3 との間にある。面 I 1 1、I 1 2 の上下方向の間隔と、面 I 1 2、I 1 3 の上下方向の間隔は、何れも幅 d である。

[0153] 図 2 4 (b) は、図 2 4 (a) の理想形状に従って金型を切削する際に、面 I 1 2 の左端と面 I 1 3 の左端を残しながら面を形成する場合の金型の形状 (比較形状) を示す図である。かかる比較形状では、面 C 1 1、C 1 3、C 1 5 と、曲面 C 1 2、C 1 4 が形成される。この場合、破線矢印に沿って

バイト先端部の中心が動かされる。このようにバイト先端部が動かされると、理想形状の面 I 1 2 と同様の面 C 1 3 を形成することができるものの、面 C 1 3 の左右に、曲面 C 1 2、C 1 4 による位相不整合部分が、対物レンズの被転写面に生じる。曲面 C 1 2、C 1 4 の幅 w_4 は、上記式 (3) の演算により取得することができる。この場合の位相不整合部分の幅の和は $2w_4$ となる。

[0154] 図 2 4 (c) は、図 2 4 (a) の理想形状を切削する際に、面 I 1 2 を形成せずに面を形成する場合の金型の形状 (実施形状) を示す図である。かかる実施形状では、面 E 1 1、E 1 3 と、曲面 E 1 2 が形成される。この場合、破線矢印に沿ってバイト先端部の中心が動かされる。このようにバイト先端部が動かされると、理想形状の面 I 1 2 は形成されず、面 I 1 2 が欠落したことによる位相不整合部分が、対物レンズの被転写面に生じる。この場合の位相不整合部分の幅は、面 I 1 2 に対応する幅 s となる。

[0155] よって、図 2 4 (a) の理想形状を切削する場合に、図 2 4 (b) の比較形状に替えて、図 2 4 (c) の実施形状を用いる条件は、 $s < 2w_4$ となる。かかる条件が成り立つとき、比較形状に替えて、実施形状のように面 I 1 2 を形成しないようにする。こうすると、位相不整合部分の幅を小さくすることができるため、形成される対物レンズの光学的な性能の低下が抑制される。

[0156] 図 2 5 (a) は、切削される金型の理想形状を示す図である。かかる理想形状は、面 I 1 1 ~ I 1 3 を有する。面 I 1 1 ~ I 1 3 は、水平方向に対して θ だけ傾いている。面 I 1 2 の幅は s であり、面 I 1 2 は、面 I 1 1 と面 I 1 3 との間にある。面 I 1 1、I 1 2 の上下方向の間隔と、面 I 1 2、I 1 3 の上下方向の間隔は、何れも幅 d である。

[0157] 図 2 5 (b) は、図 2 5 (a) の理想形状に従って金型を切削する際に、面 I 1 2 の右端と面 I 1 3 の右端を残しながら面を形成する場合の金型の形状 (比較形状) を示す図である。かかる比較形状では、面 C 1 1、C 1 3、C 1 5 と、曲面 C 1 2、C 1 4 が形成される。この場合、破線矢印に沿って

バイト先端部の中心が動かされる。このようにバイト先端部が動かされると、理想形状の面 I 1 2 と同様の面 C 1 3 を形成することができるものの、面 C 1 3 の左右に、曲面 C 1 2、C 1 4 による位相不整合部分が、対物レンズの被転写面に生じる。曲面 C 1 2、C 1 4 の幅 w_5 は、上記式 (4) の演算により取得することができる。この場合の位相不整合部分の幅の和は $2 w_5$ となる。

[0158] 図 2 5 (c) は、図 2 5 (a) の理想形状を切削する際に、面 I 1 2 を形成せずに面を形成する場合の金型の形状 (実施形状) を示す図である。かかる実施形状では、面 E 1 1、E 1 3 と、曲面 E 1 2、E 1 4 が形成される。この場合、破線矢印に沿ってバイト先端部の中心が動かされる。このようにバイト先端部が動かされると、理想形状の面 I 1 2 は形成されず、面 I 1 2 が欠落したことによる位相不整合部分が、対物レンズの被転写面に生じる。曲面 E 1 2 の幅と曲面 E 1 4 の幅との和 w_6 は、バイト先端部の端部 B 1 が水平方向に対して α だけ傾いているとすると、以下の式 (5) の演算により取得することができる。

[0159] [数3]

$$w_6 = R \cos \theta \tan \left(\frac{\theta + \alpha}{2} \right) + \frac{2d \cos \theta \cos \alpha}{\sin(\theta + \alpha)} \quad \dots \quad (5)$$

[0160] よって、図 2 5 (a) の理想形状を切削する場合に、図 2 5 (b) の比較形状に替えて、図 2 5 (c) の実施形状を用いる条件は、 $w_6 < 2 w_5$ となる。かかる条件が成り立つとき、比較形状に替えて、実施形状のように面 I 1 2 を形成しないようにする。こうすると、位相不整合部分の幅を小さくすることができるため、形成される対物レンズの光学的な性能の低下が抑制される。

[0161] なお、この場合も、曲面 E 1 2、E 1 4 は、面 I 1 2 の範囲のうち、最も対物レンズ 1 0 の中心 (金型の中心) に近づくよう、左側に形成されるのが望ましい。

[0162] この他、本発明の実施の形態は、請求の範囲に示された技術的思想の範囲内において、適宜、種々の変更が可能である。

符号の説明

- [0163] 10、109 … 対物レンズ（レンズ）
11 … 光源側レンズ面（透過面）
101、111、121 … 面（理想面、第1理想面）
102、112、122 … 面（理想面、省略対象の理想面）
103、113、123 … 面（理想面、第2理想面）
E11、E13、E21、E23 … 面（被転写面、面形状）
E12、E14、E22、E22a、E22b … 曲面（面、被転写面、面形状）
E31、E41、E51、E61 … 面（被転写面）
131～133、141～143、151～153、161～163
… 面（理想面）

請求の範囲

- [請求項1] 曲面を有する切削用のバイトにより形成された金型によってレンズを形成するレンズの製造方法において、
- 前記金型は、回折構造を前記レンズの表面に形成するための複数段の被転写面を有し、
- 前記複数段の被転写面は、所定の回折作用を前記レンズに付与するために設計された複数段の理想面のうち所定の幅よりも小さい理想面を省略するよう構成されている、
- ことを特徴とするレンズの製造方法。
- [請求項2] 請求項1に記載のレンズの製造方法において、
- 前記省略対象の理想面が、当該省略対象の理想面よりも低い第1理想面と、当該省略対象の理想面よりも高い第2理想面との間にあるとき、前記第1理想面と前記第2理想面とを繋ぐ面形状を設けることにより、前記省略対象の理想面が省略されている、
- ことを特徴とするレンズの製造方法。
- [請求項3] 請求項2に記載のレンズの製造方法において、
- 前記第1理想面と前記第2理想面とを繋ぐ前記面形状は、前記バイトの曲面に対応する形状となっている、
- ことを特徴とするレンズの製造方法。
- [請求項4] 請求項2または3に記載のレンズの製造方法において、
- 前記第1理想面と前記第2理想面とを繋ぐ前記面形状の少なくとも一部が、前記省略対象の理想面に対応する仮想面に交わる、
- ことを特徴とするレンズの製造方法。
- [請求項5] 請求項2に記載のレンズの製造方法において、

前記第1理想面と前記第2理想面とを繋ぐ前記面形状は、少なくとも2つの曲面部分を有し、2つの前記曲面部分の接続部が、前記省略対象の理想面に対応する高さの位置に位置づけられている、ことを特徴とするレンズの製造方法。

[請求項6] 請求項1に記載のレンズの製造方法において、

前記理想面を残すように金型を切削する場合に前記レンズに生じる位相不整合部分の幅が、前記理想面を省略するように金型を切削する場合に前記レンズに生じる位相不整合部分の幅よりも大きくなる場合に、当該理想面を省略するよう、前記複数段の被転写面が構成される、ことを特徴とするレンズの製造方法。

[請求項7] 対物レンズにおいて、

光の透過面に複数段の面からなる回折構造を有し、

前記複数段の面は、所定の回折作用を付与するために設計された複数段の理想面のうち所定の幅よりも小さい理想面を省略するよう構成されている、ことを特徴とする対物レンズ。

[請求項8] 請求項7に記載の対物レンズにおいて、

前記理想面を残す場合に生じる位相不整合部分の幅が、前記理想面を省略する場合に生じる位相不整合部分の幅よりも大きくなる場合に、当該理想面を省略するよう、前記複数段の面が構成される、ことを特徴とする対物レンズ。

[請求項9] 光ピックアップ装置において、

対物レンズが搭載されており、

前記対物レンズは、

光の透過面に複数段の面からなる回折構造を有し、

前記複数段の面は、所定の回折作用を付与するために設計された複数段の理想面のうち所定の幅よりも小さい理想面を省略するよう構成されている、

ことを特徴とする光ピックアップ装置。

[請求項10]

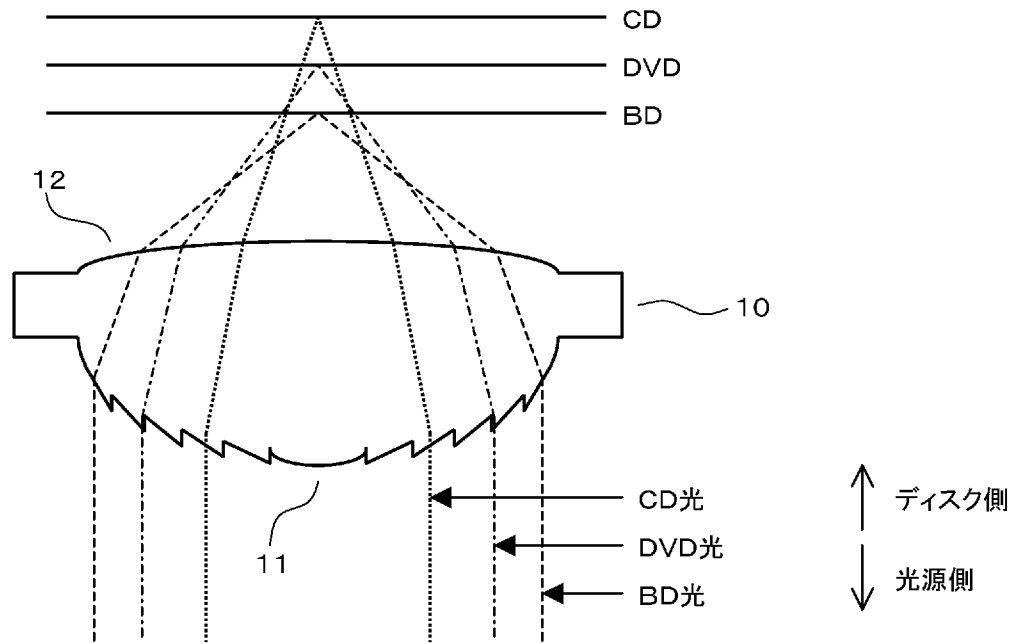
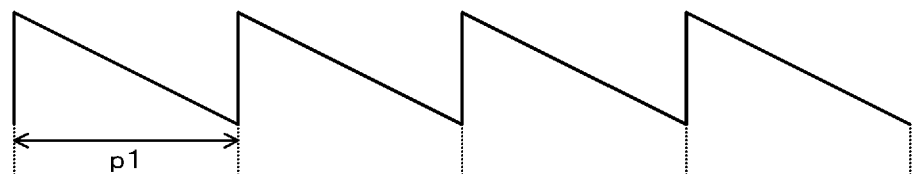
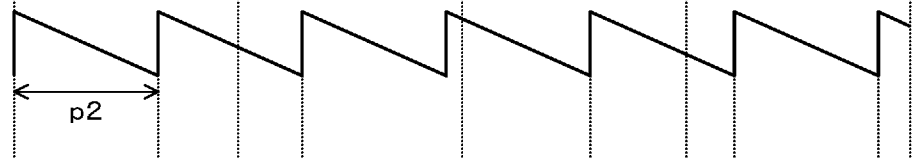
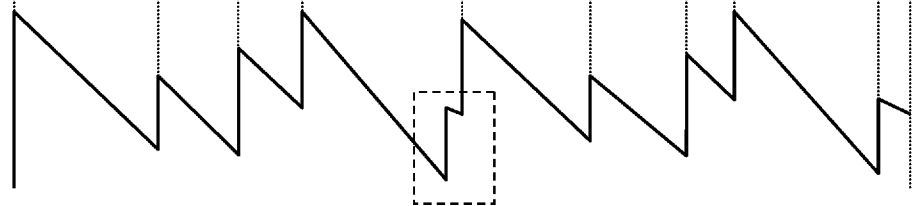
請求項9に記載の光ピックアップ装置において、

前記理想面を残す場合に前記対物レンズに生じる位相不整合部分の幅が、前記理想面を省略する場合に前記対物レンズに生じる位相不整合部分の幅よりも大きくなる場合に、当該理想面を省略するよう、前記複数段の面が構成される、

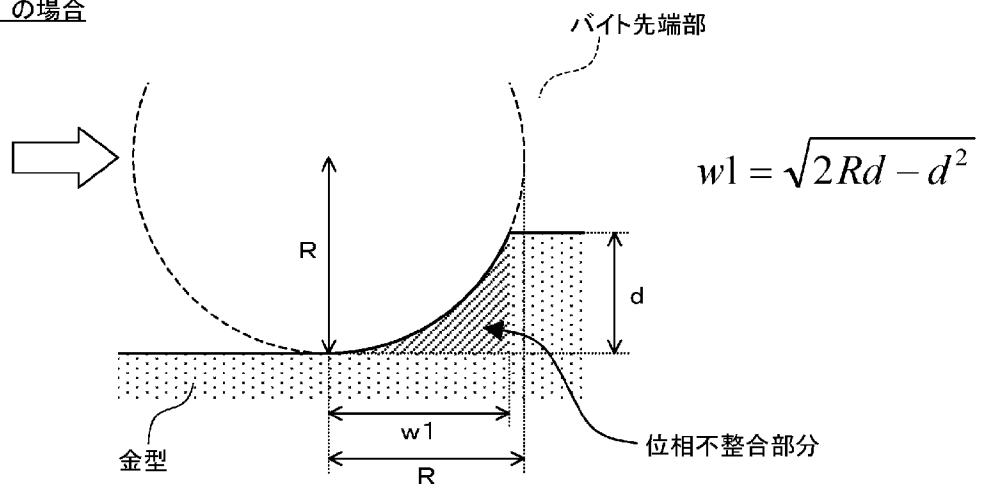
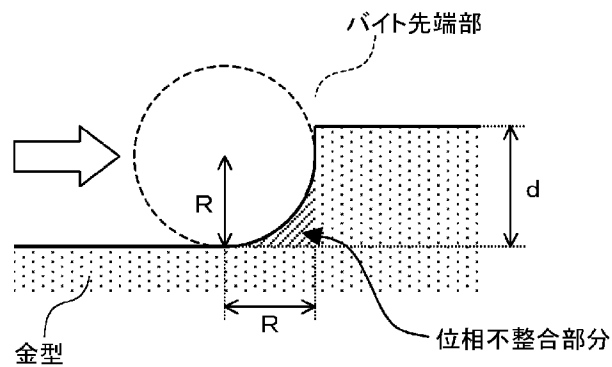
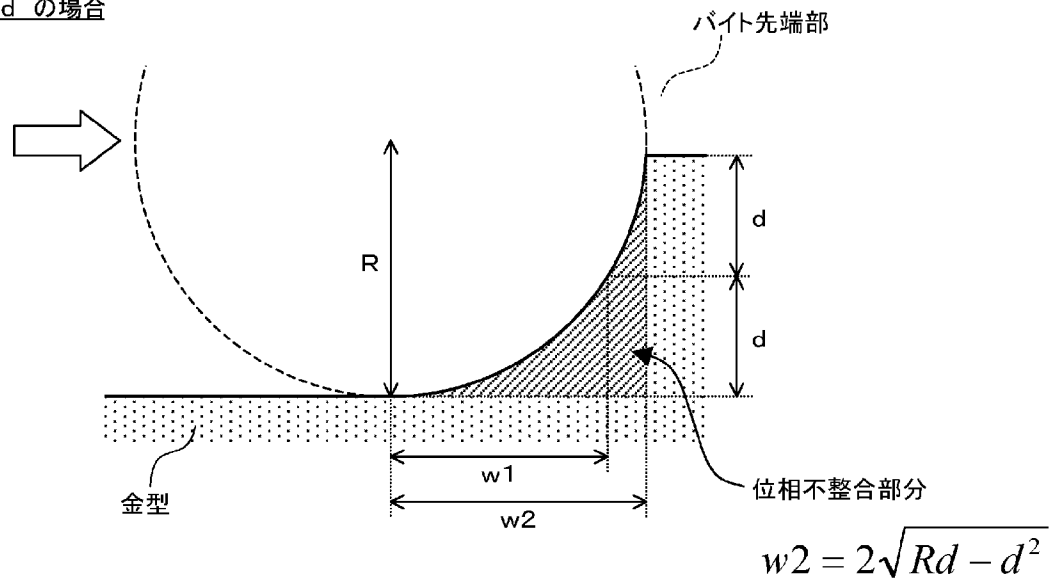
ことを特徴とする光ピックアップ装置。

[図1]

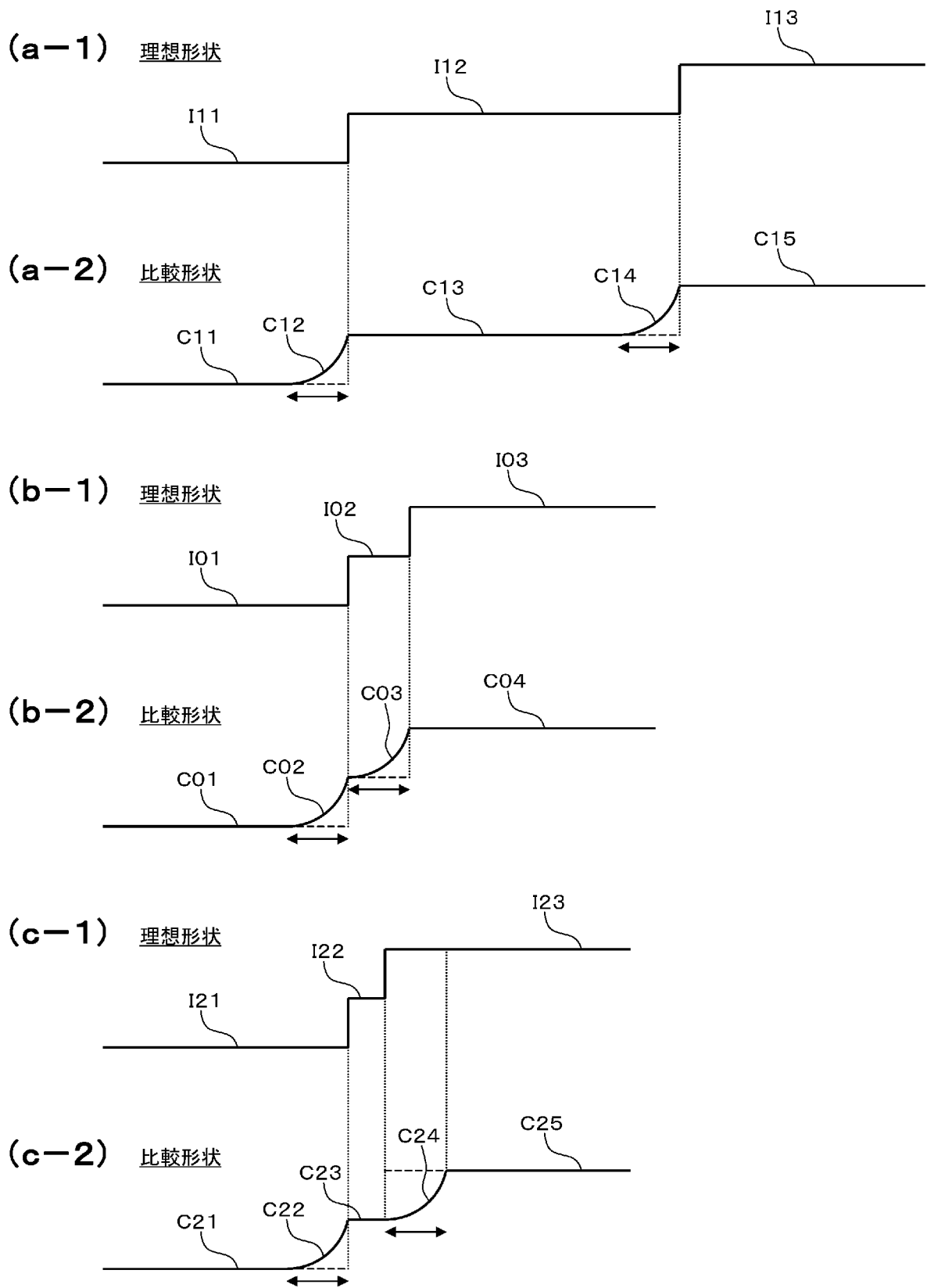
(a)

(b) パターン1(c) パターン2(d) パターン3

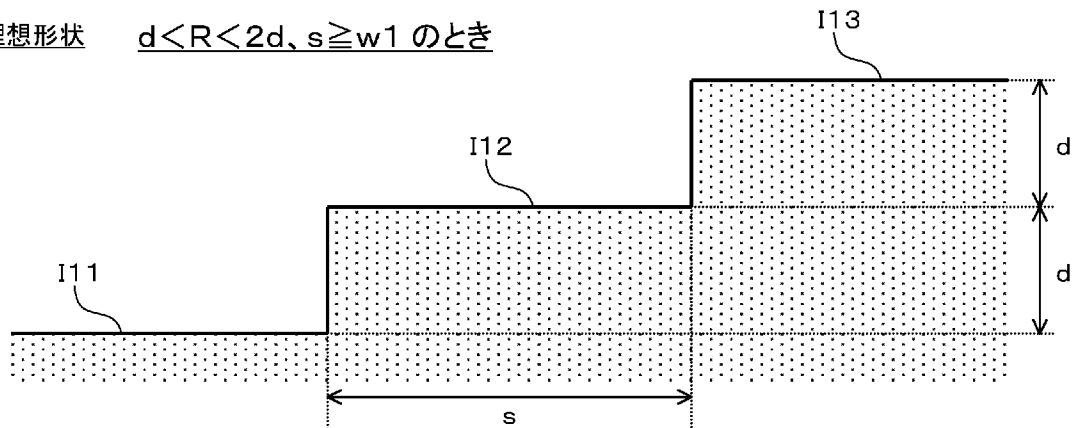
[図2]

(a) $d < R < 2d$ の場合(b) $R \leq d$ の場合(c) $R \geq 2d$ の場合

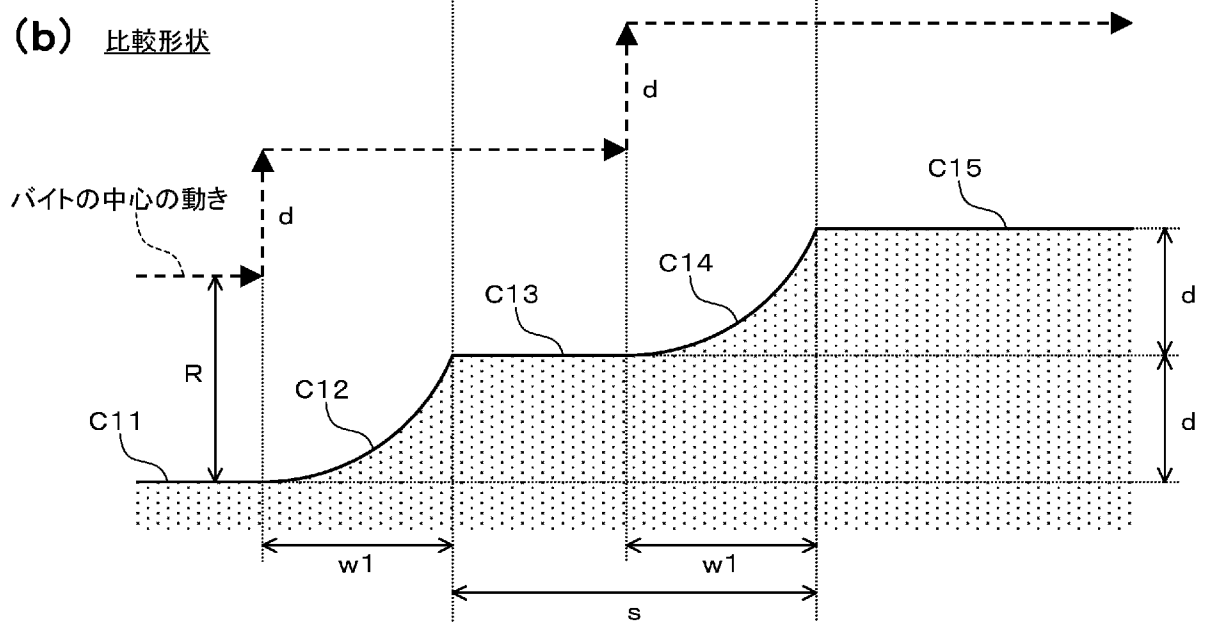
[図3]



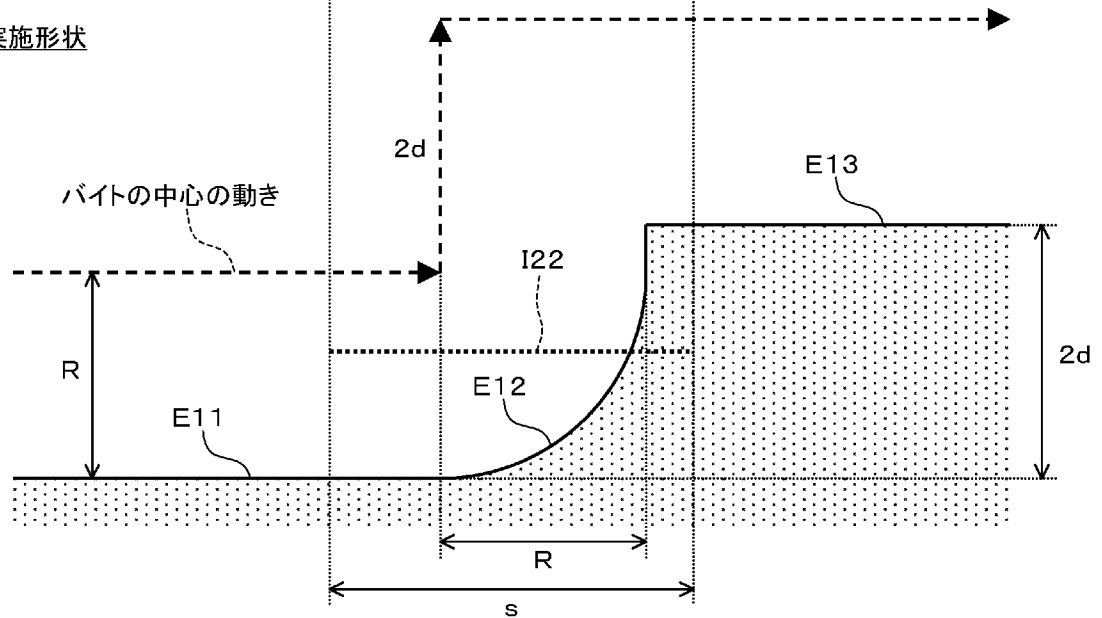
[図4]

(a) 理想形状 $d < R < 2d, s \geq w1$ のとき

(b) 比較形状

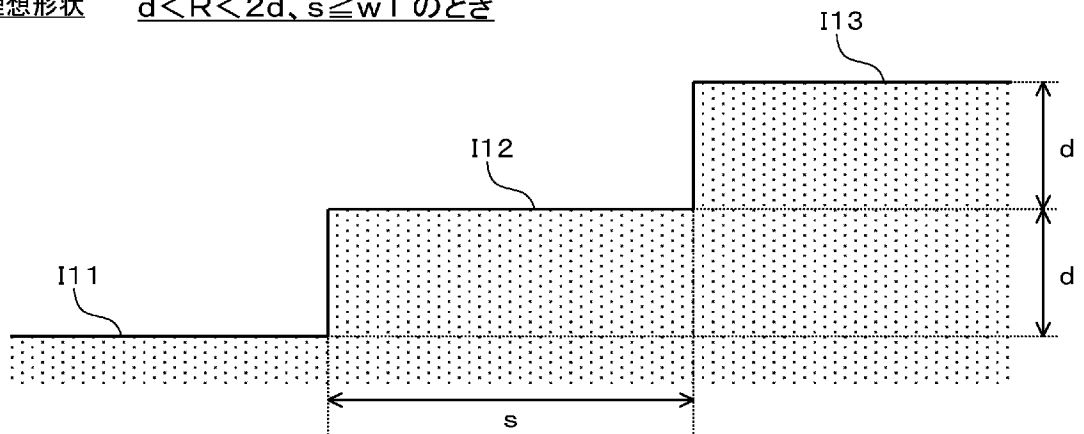


(c) 実施形状

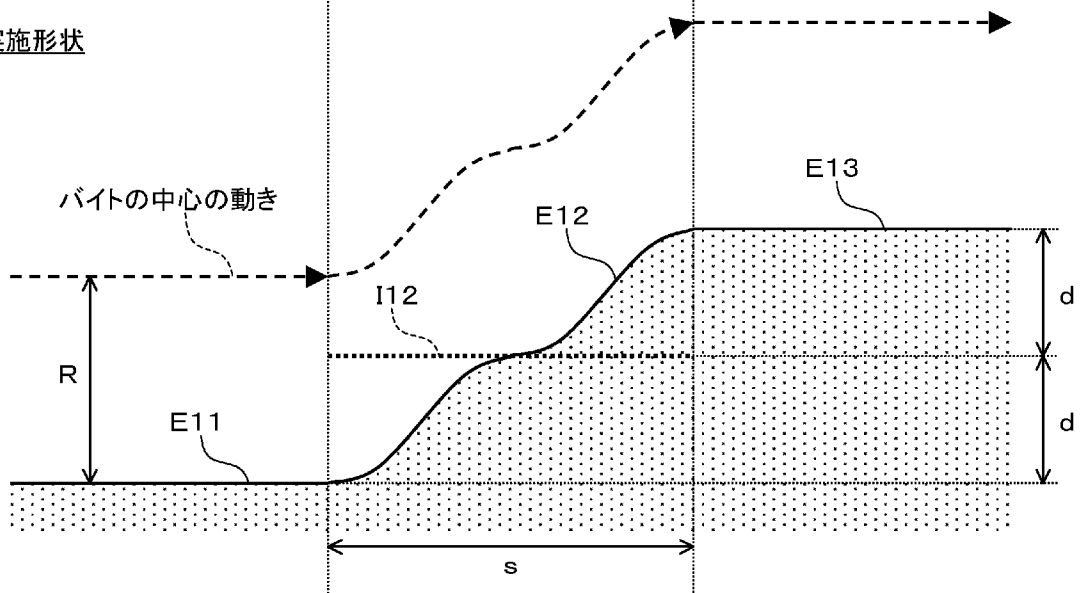


[図5]

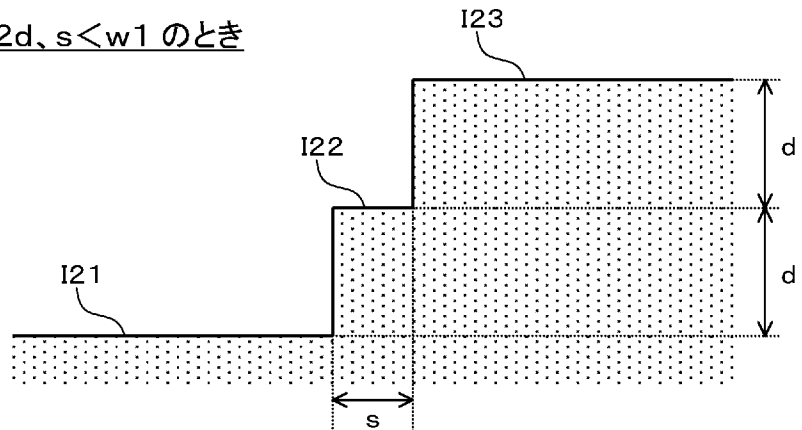
(a) 理想形状 $d < R < 2d, s \geq w1$ のとき



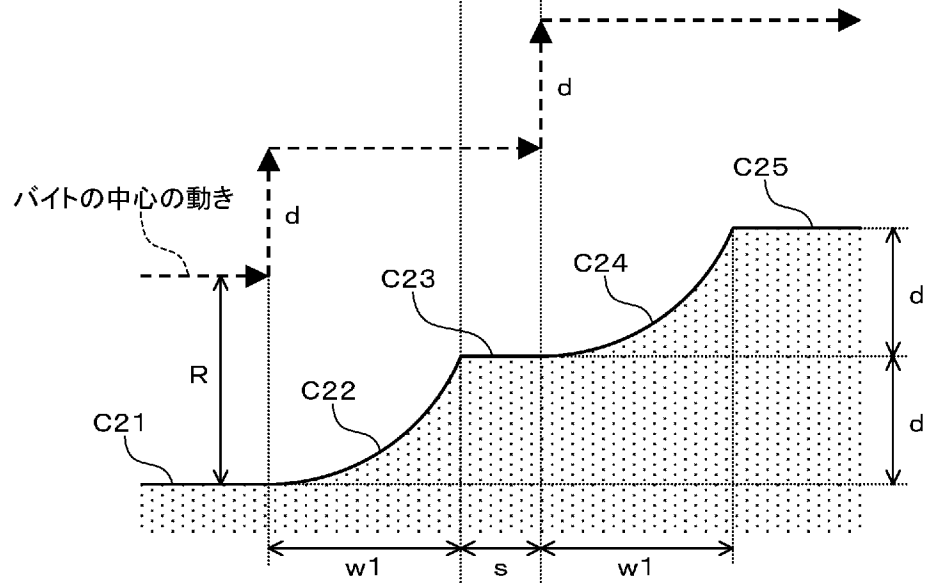
(b) 実施形状



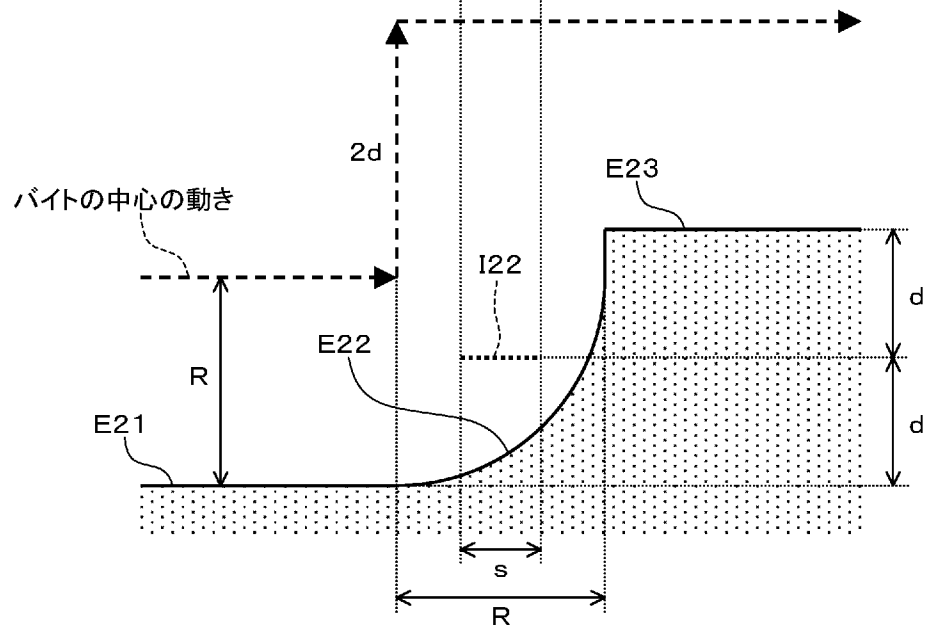
[図6]

(a) 理想形状 $d < R < 2d$ 、 $s < w1$ のとき

(b) 比較形状

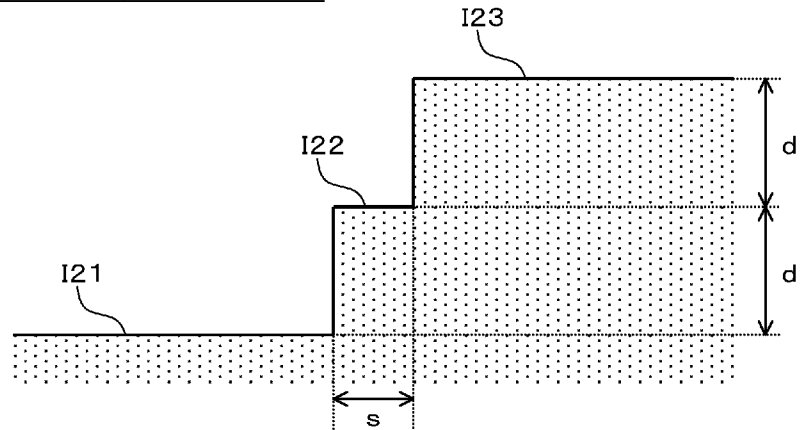


(c) 実施形状

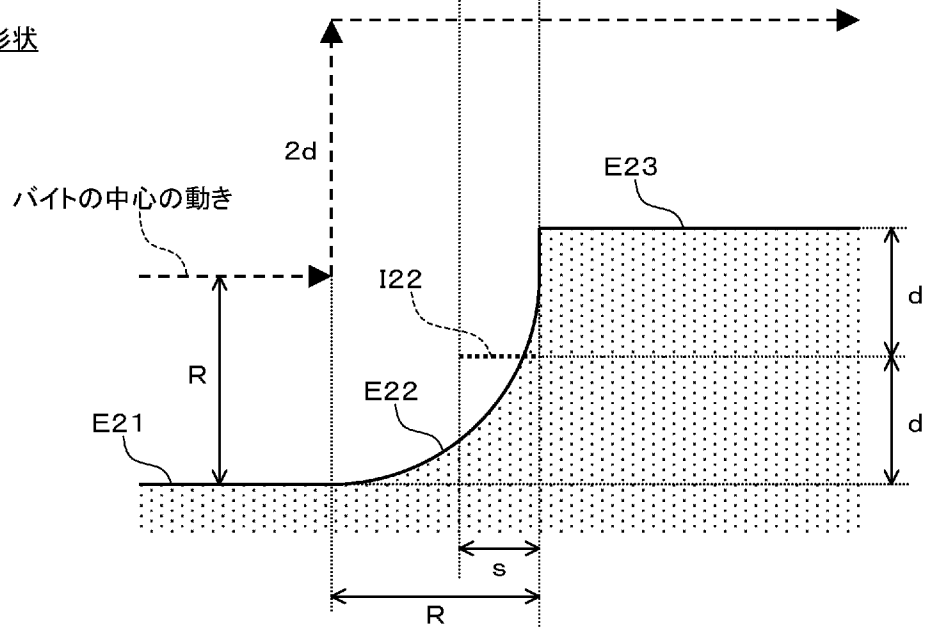


[図7]

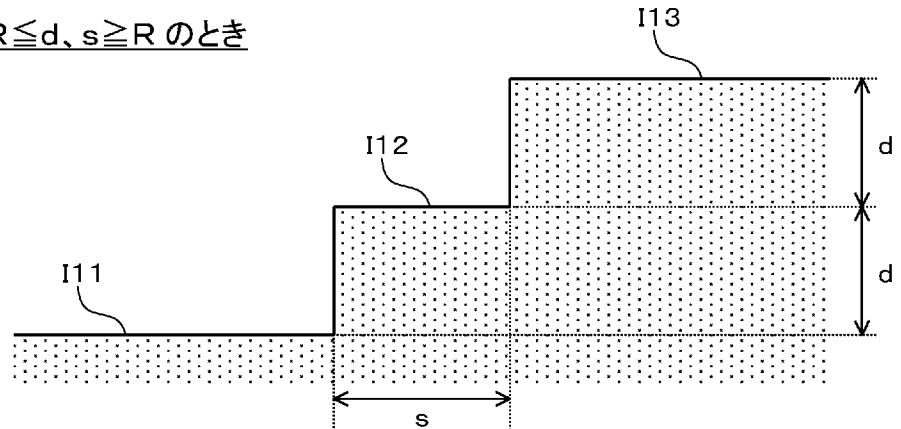
(a) 理想形状 $d < R < 2d, s < w1$ のとき



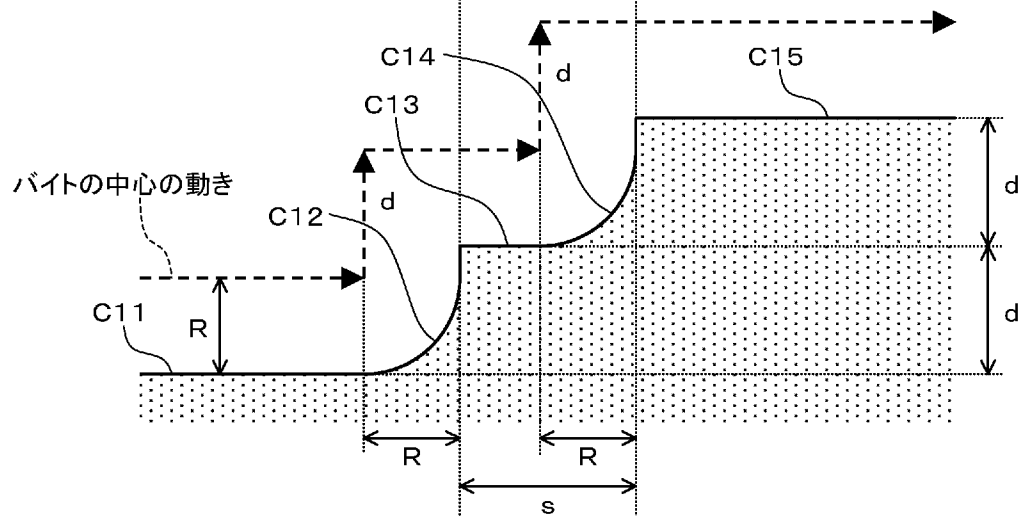
(b) 実施形状



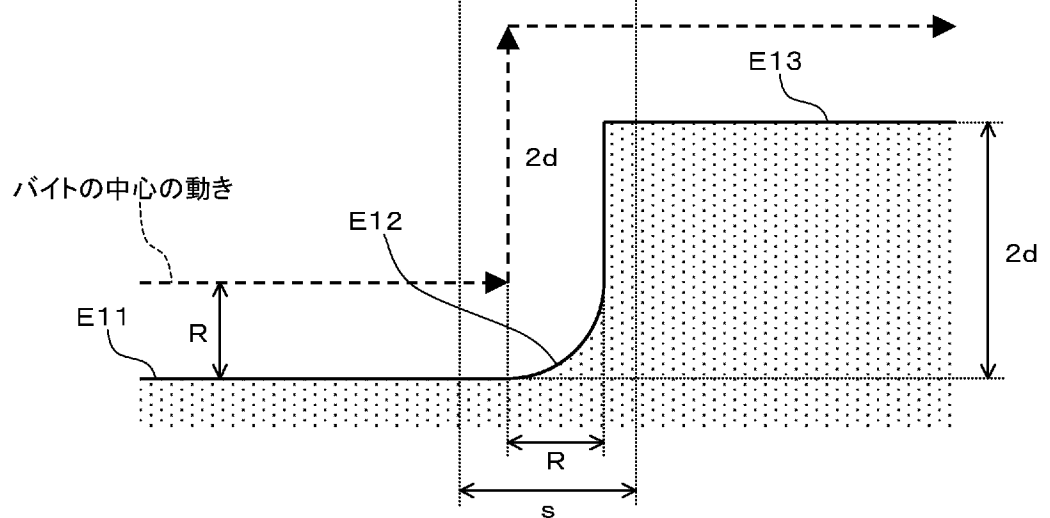
[図8]

(a) 理想形状 $R \leq d, s \geq R$ のとき

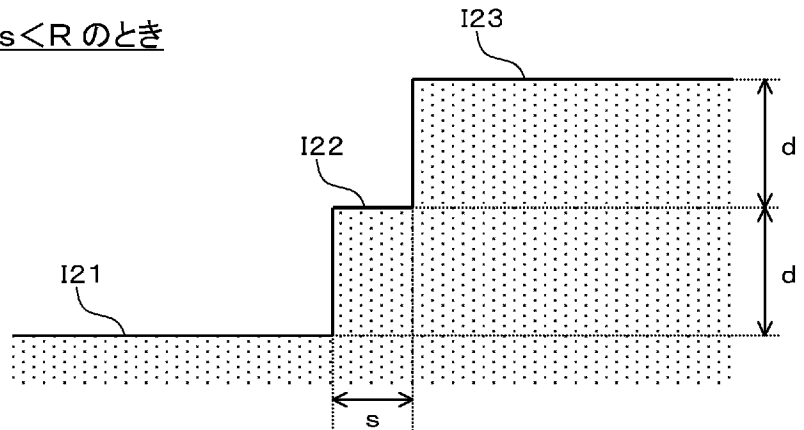
(b) 比較形状



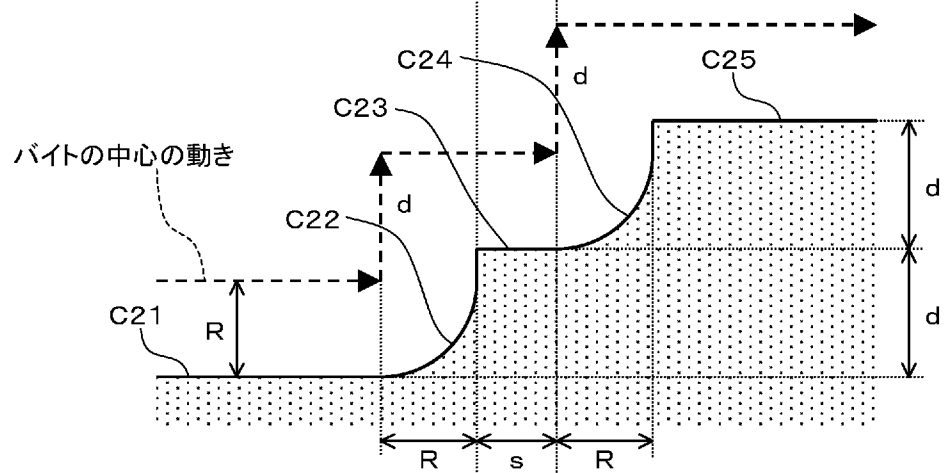
(c) 実施形状



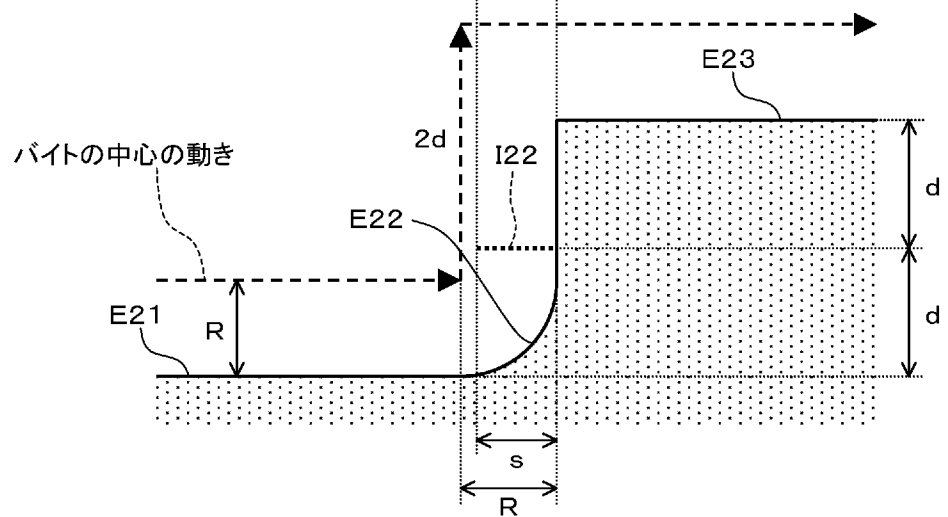
[図9]

(a) 理想形状 $R \leq d, s < R$ のとき

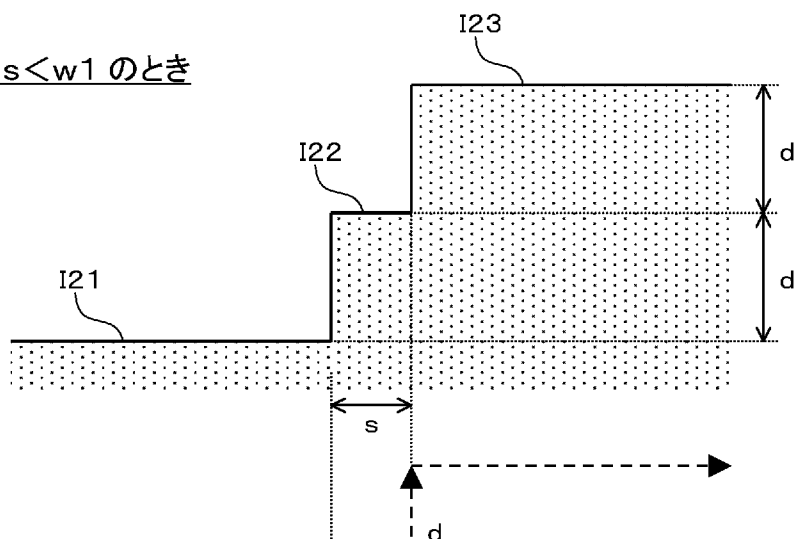
(b) 比較形状



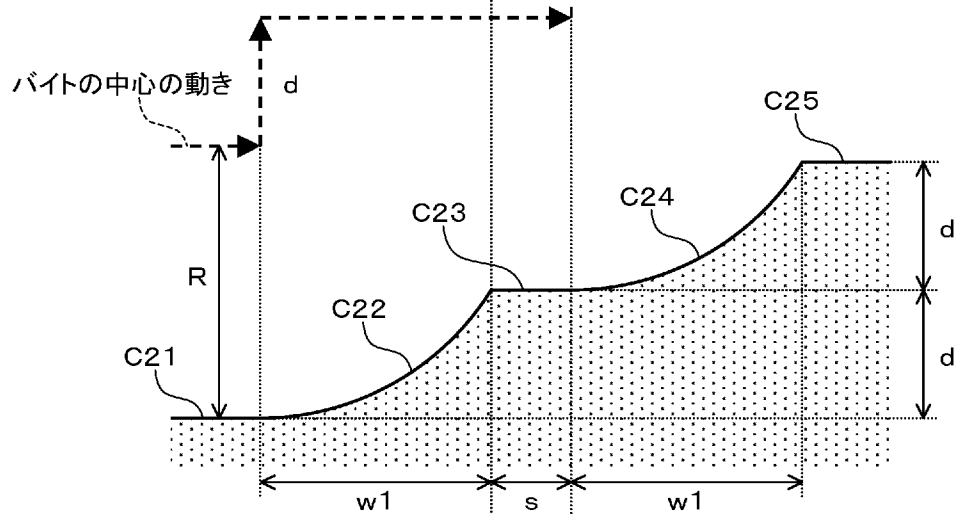
(c) 実施形状



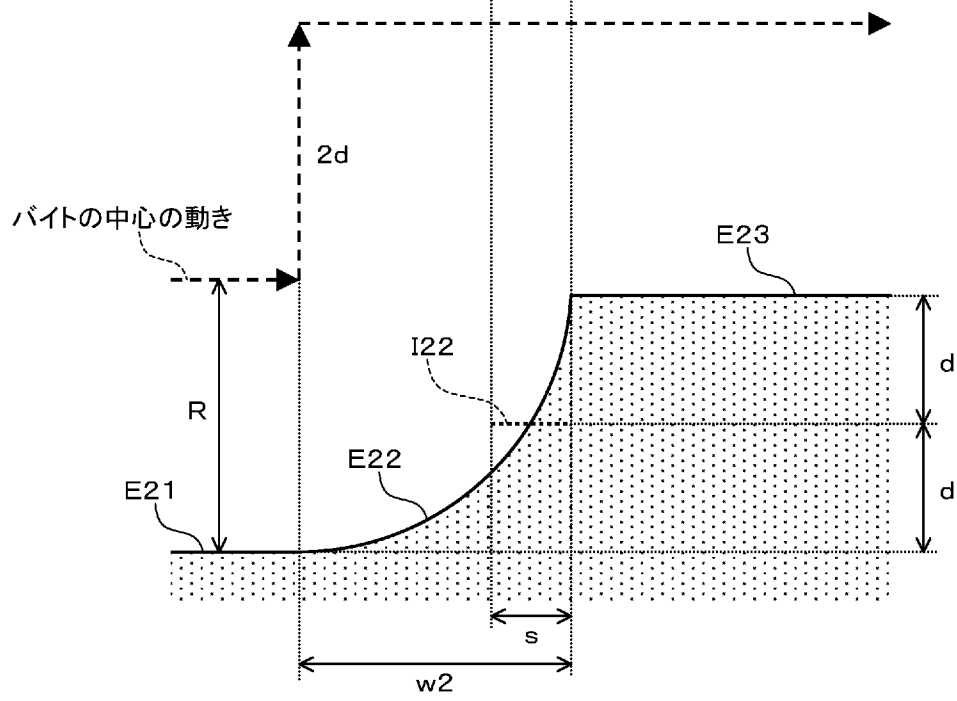
[図10]

(a) 理想形状 $R \geq 2d, s < w1$ のとき

(b) 比較形状

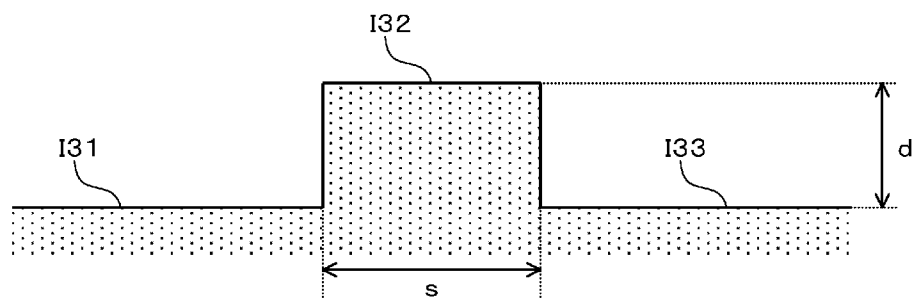


(c) 実施形状

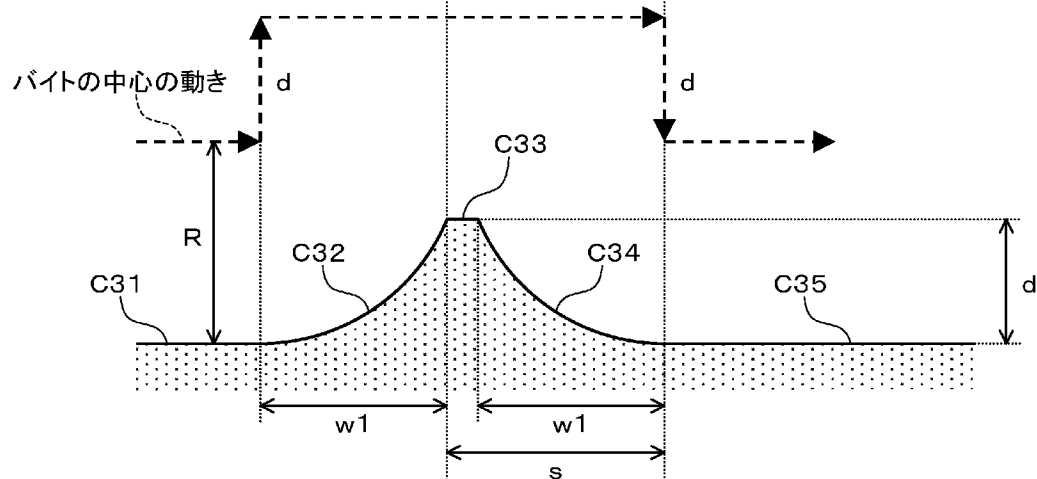


[図11]

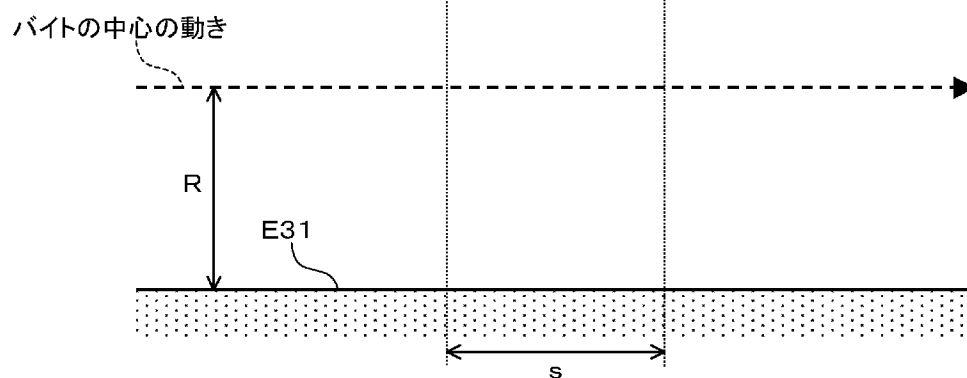
(a) 理想形状 $R > d, s \geq w1$ のとき



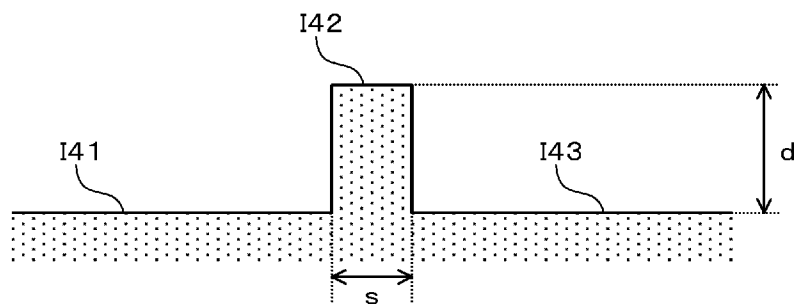
(b) 比較形状



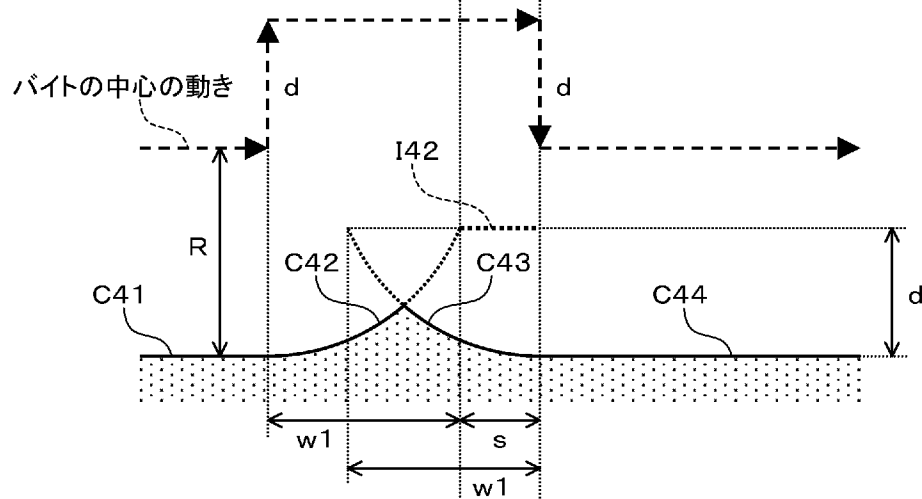
(c) 実施形状



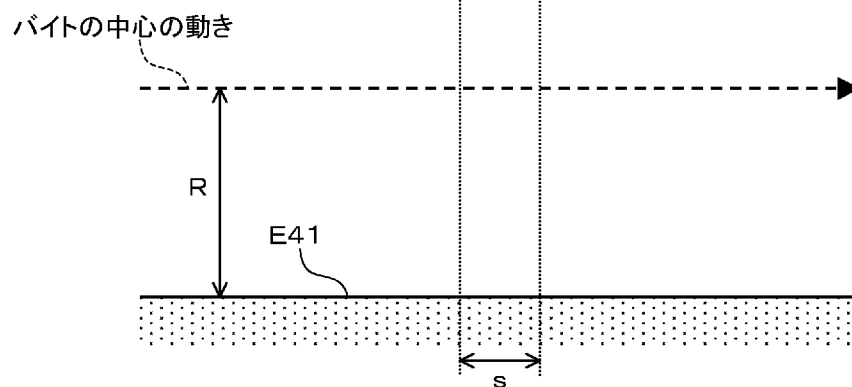
[図12]

(a) 理想形状 $R > d, s < w1$ のとき

(b) 比較形状

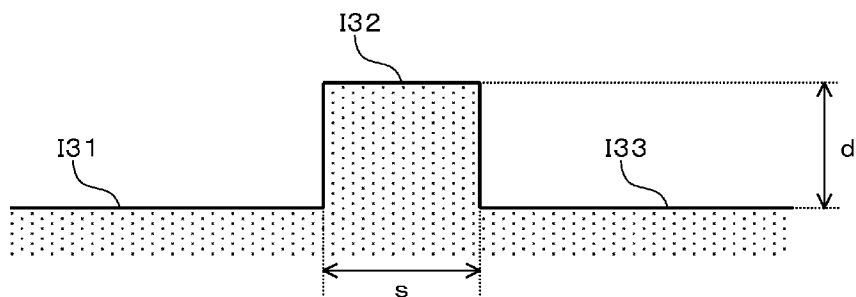


(c) 実施形状

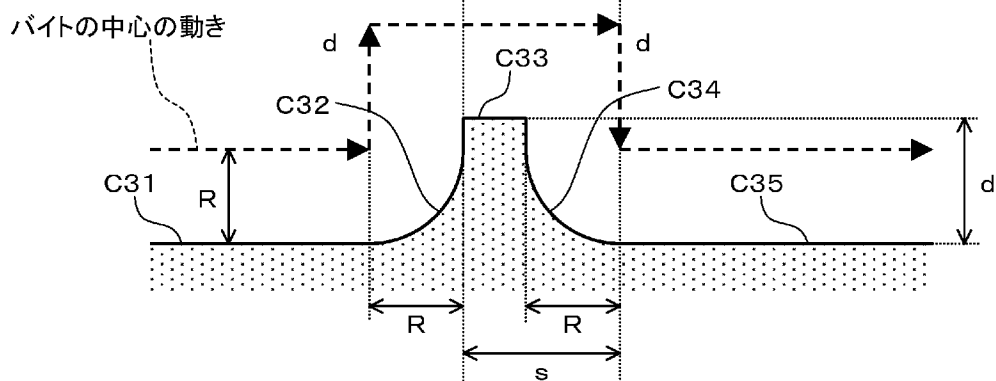


[図13]

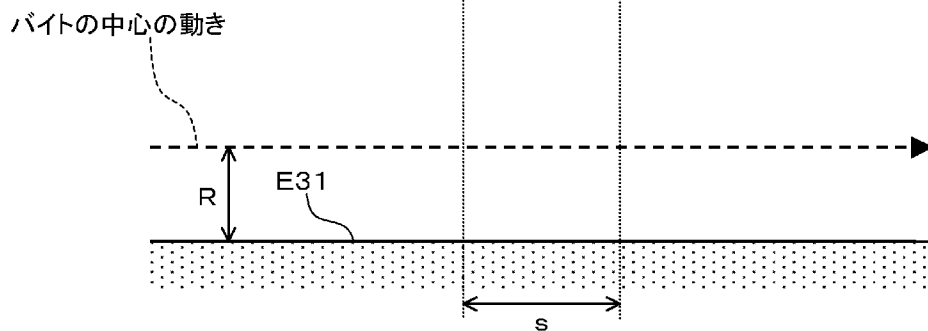
(a) 理想形状 $R \leq d, s \geq R$ のとき



(b) 比較形状

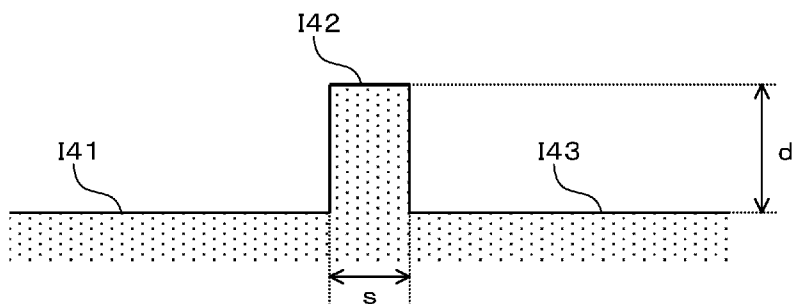


(c) 実施形状

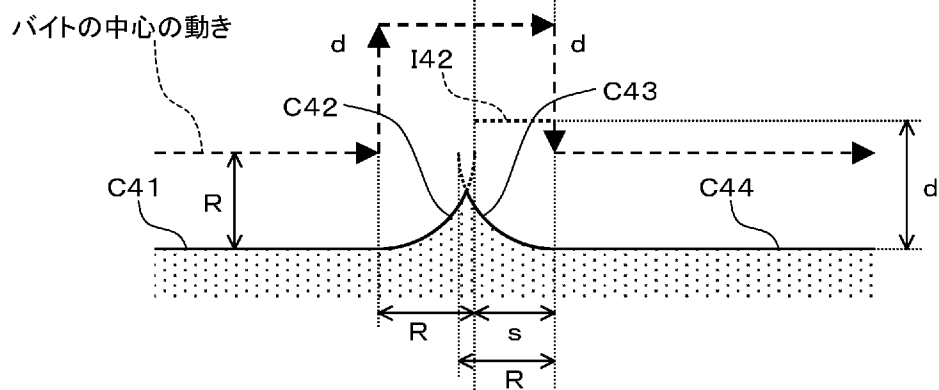


[図14]

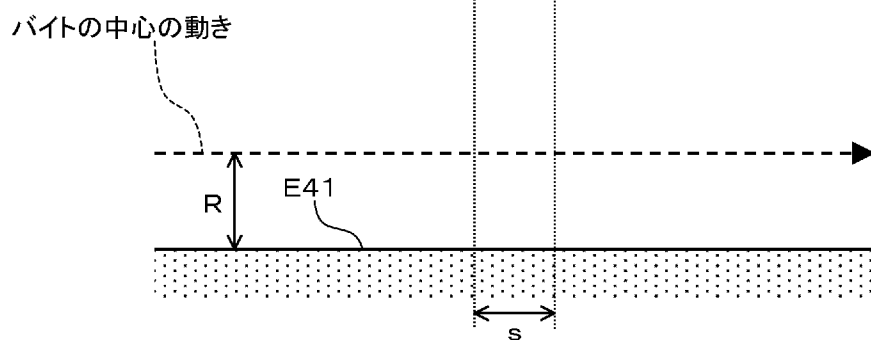
(a) 理想形状 $R \leq d, s < R$ のとき



(b) 比較形状

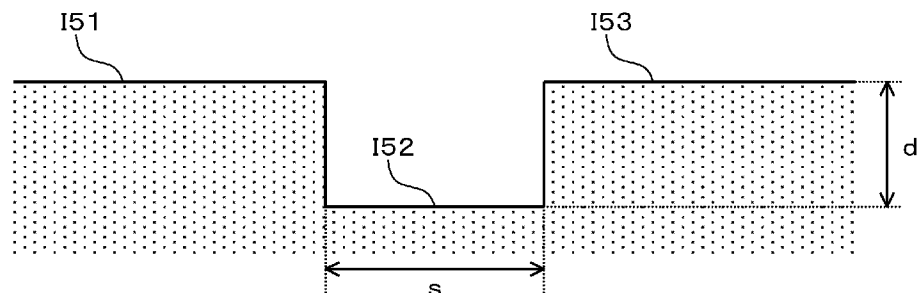


(c) 実施形状

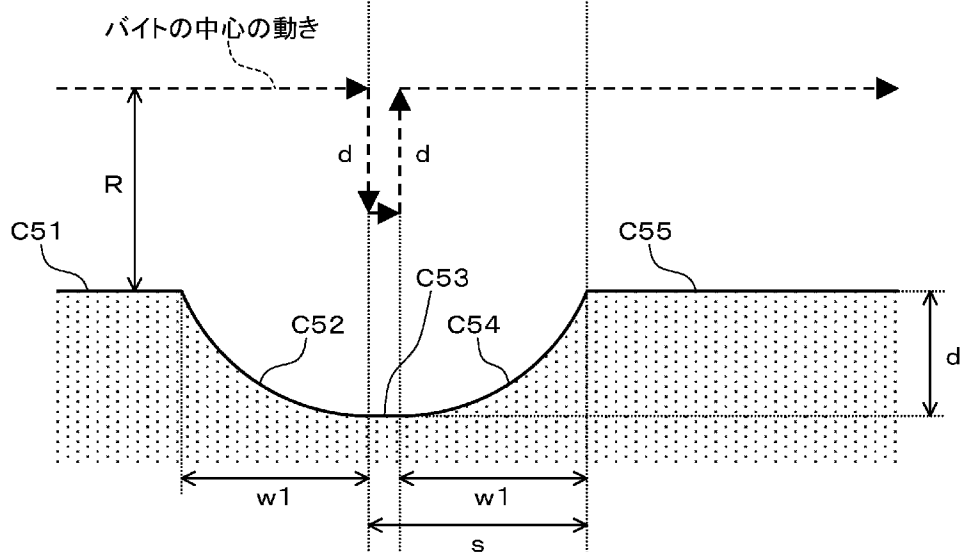


[図15]

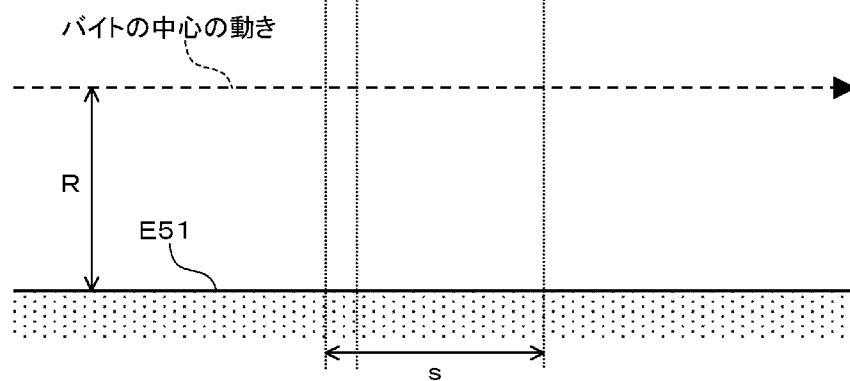
(a) 理想形状 $R > d, s \geq w1$ のとき



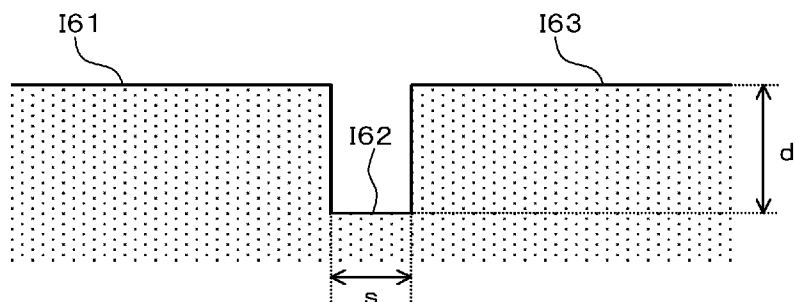
(b) 比較形状



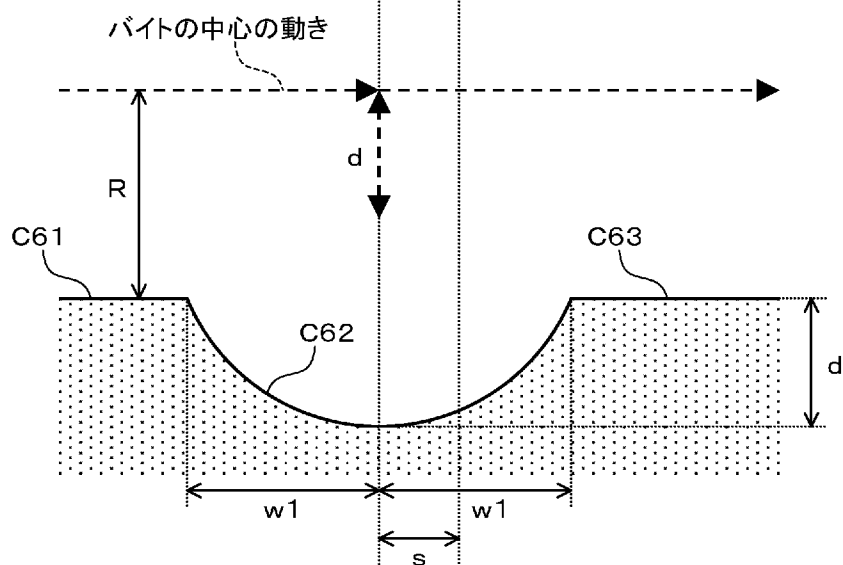
(c) 実施形状



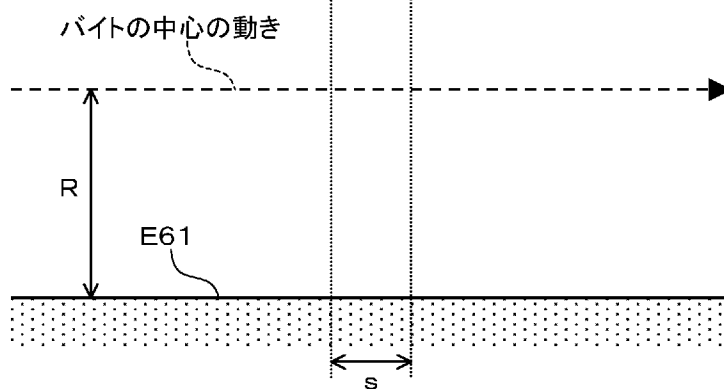
[図16]

(a) 理想形状 $R > d, s < w1$ のとき

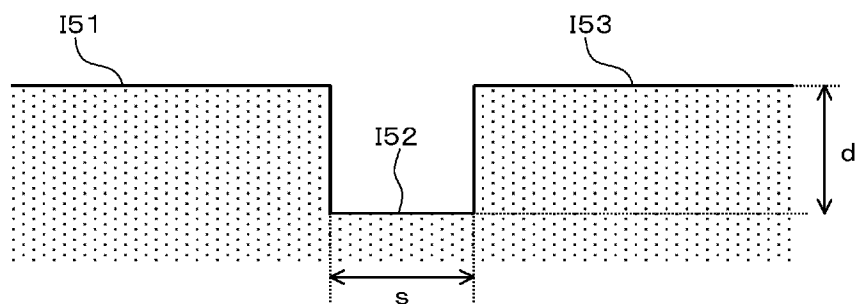
(b) 比較形状



(c) 実施形状

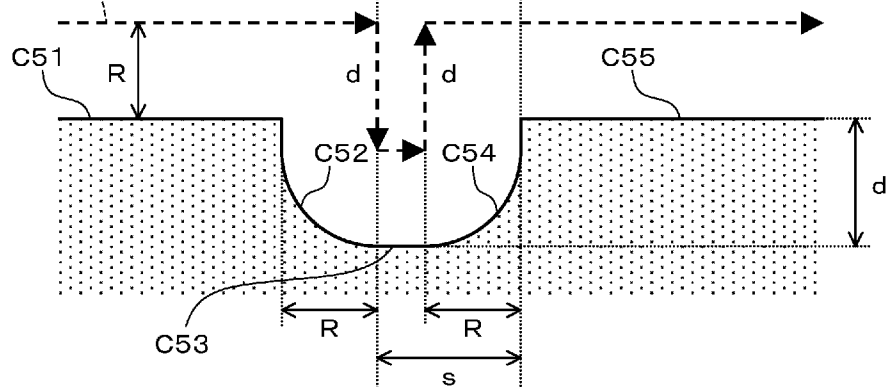


[図17]

(a) 理想形状 $R \leq d, s \geq R$ のとき

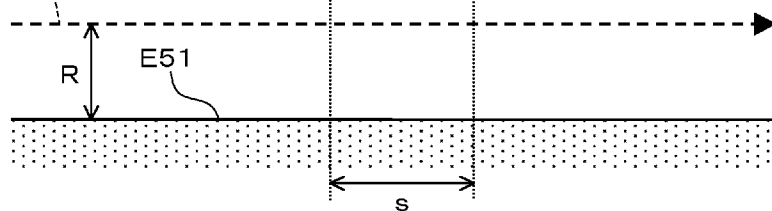
(b) 比較形状

バイトの中心の動き



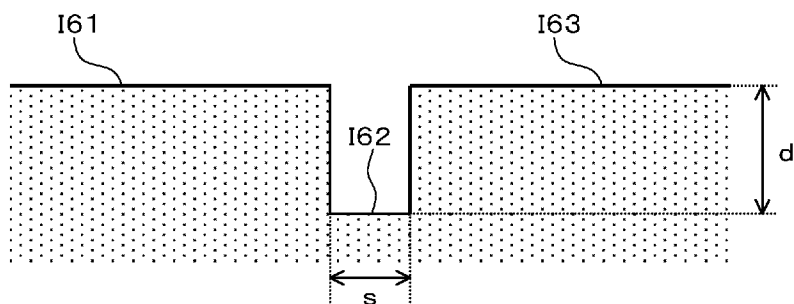
(c) 実施形状

バイトの中心の動き



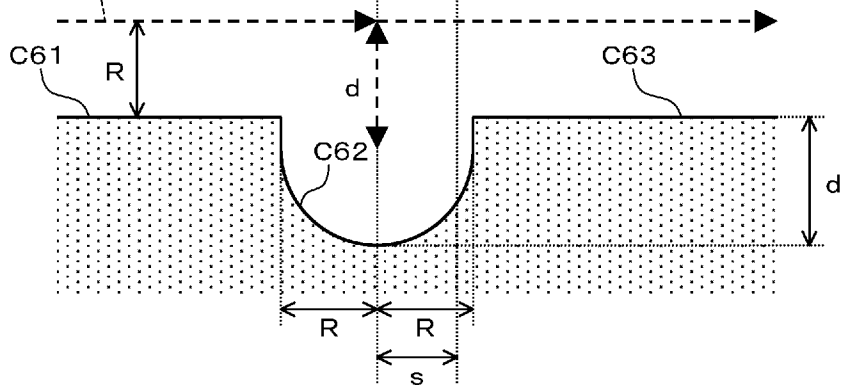
[図18]

(a) 理想形状 $R \leq d, s < R$ のとき



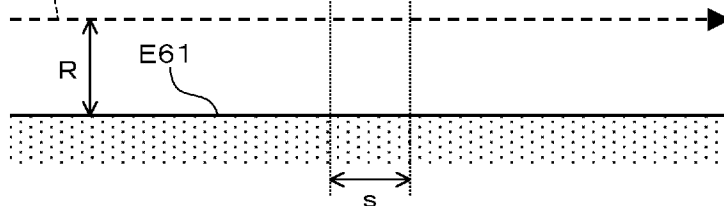
(b) 比較形状

バイトの中心の動き

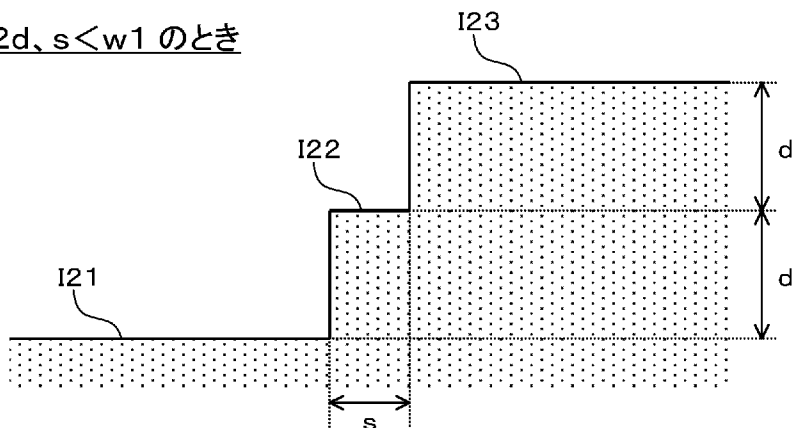


(c) 実施形状

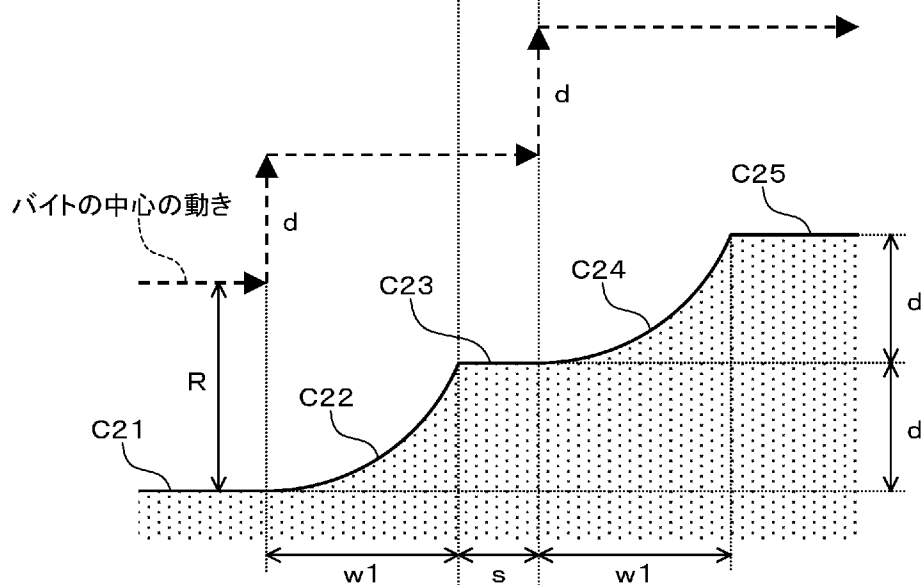
バイトの中心の動き



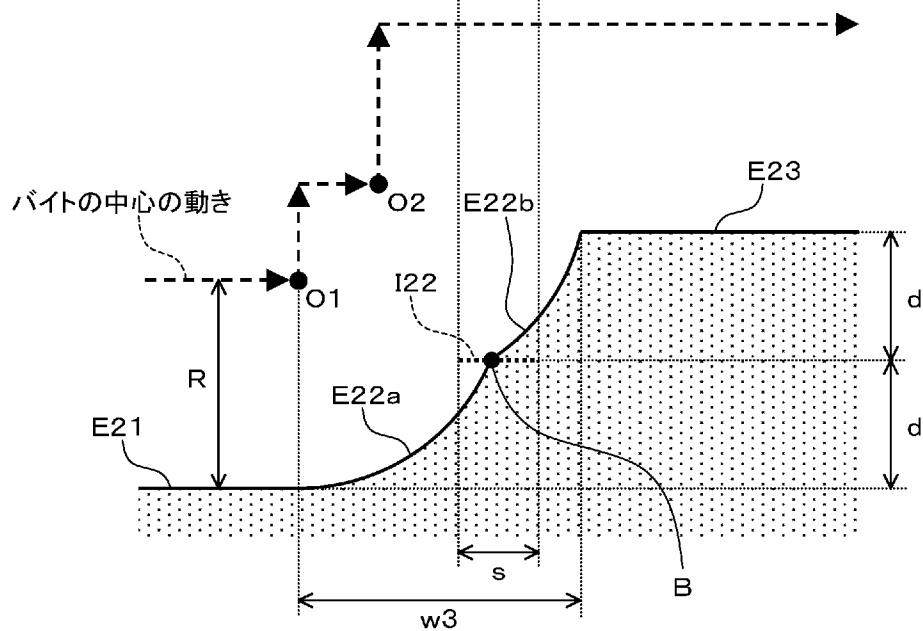
[図19]

(a) 理想形状 $d < R < 2d, s < w1$ のとき

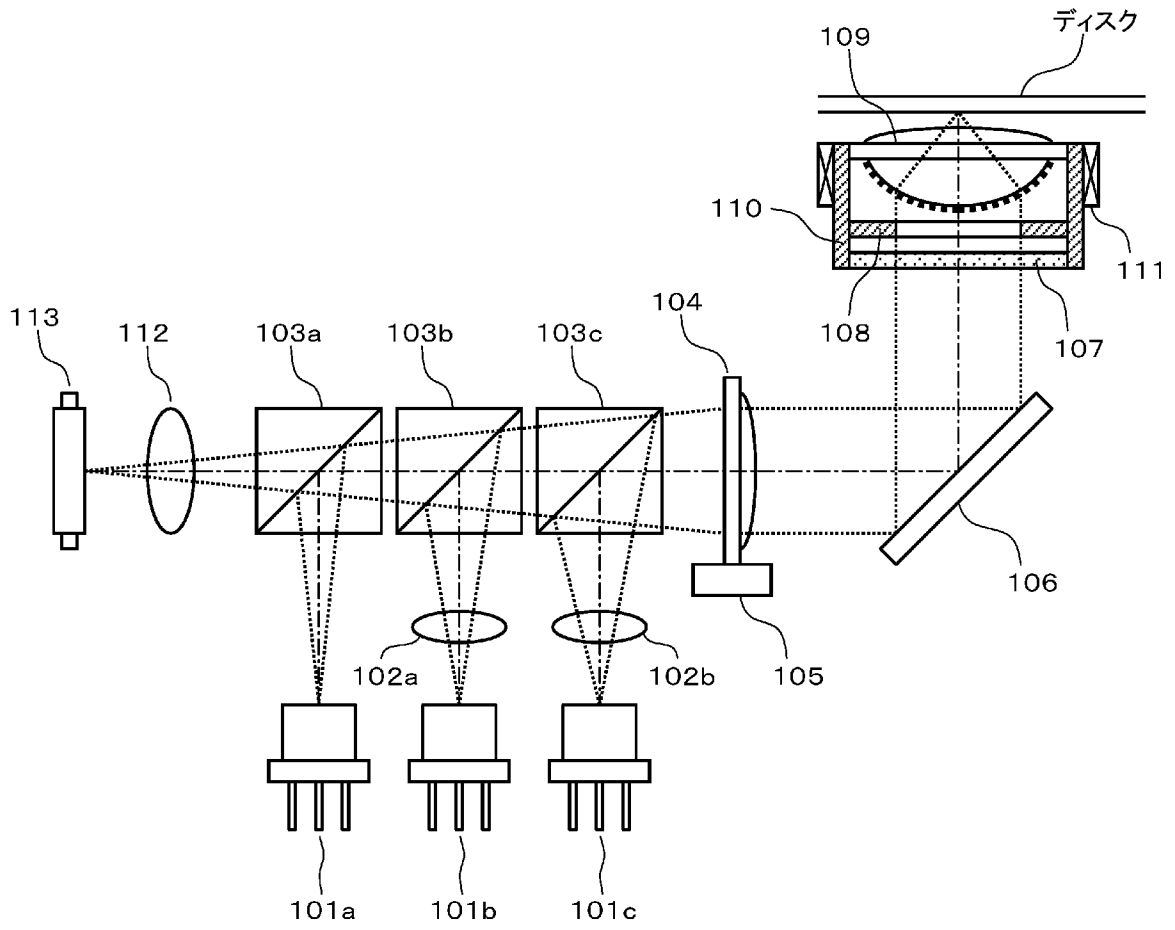
(b) 比較形状



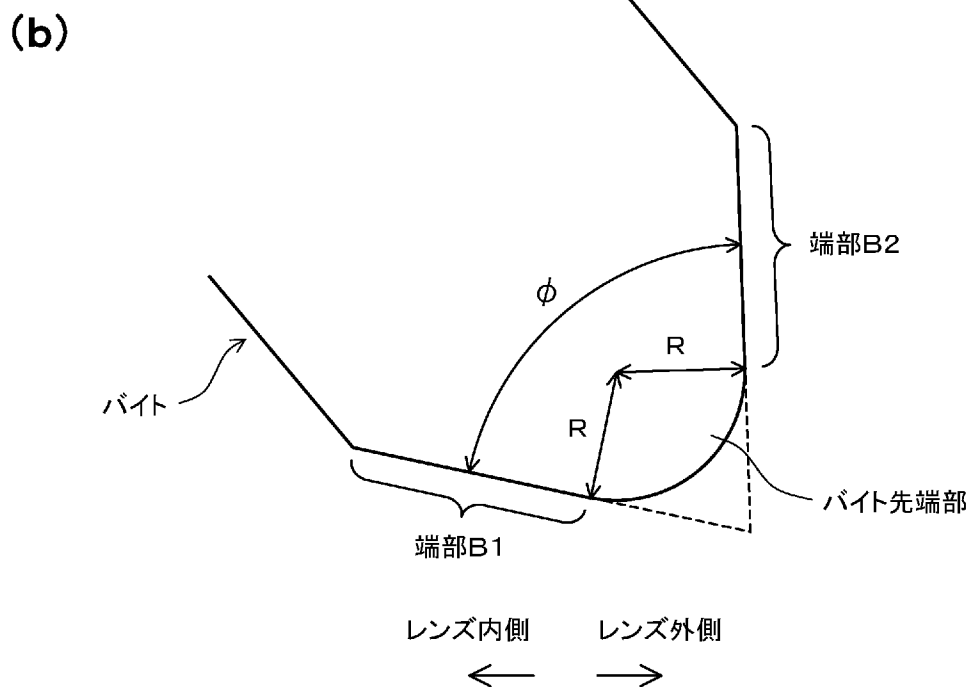
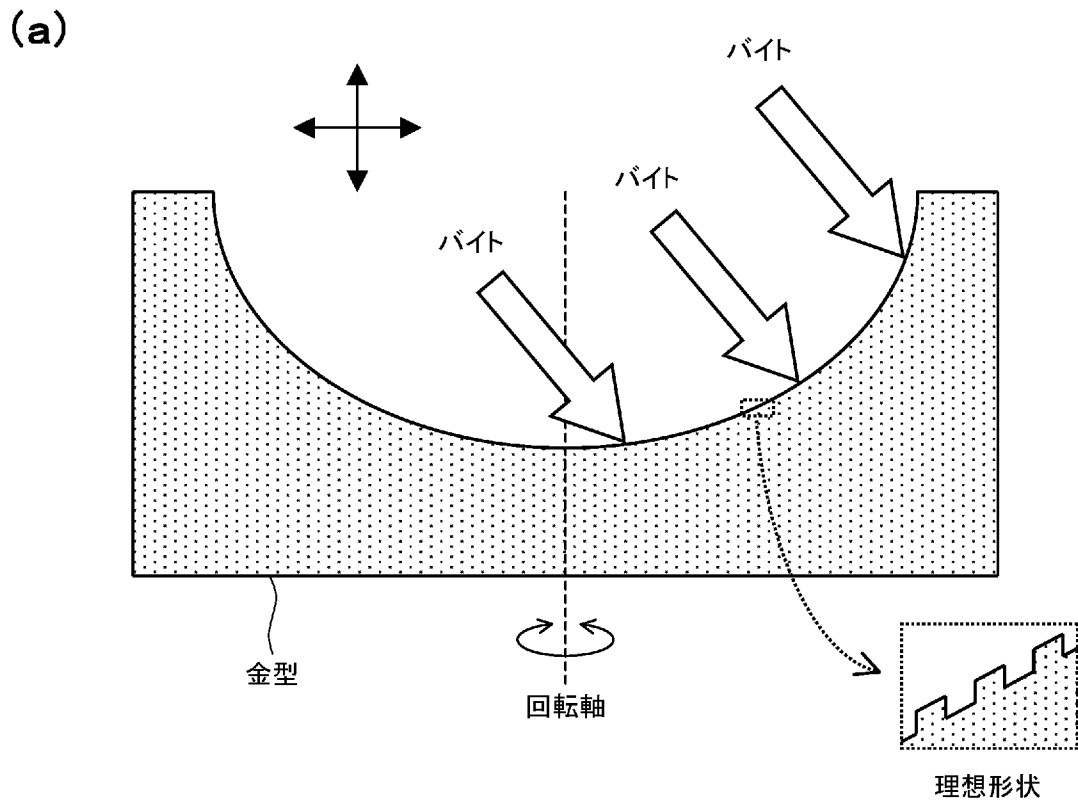
(c) 実施形状



[図20]

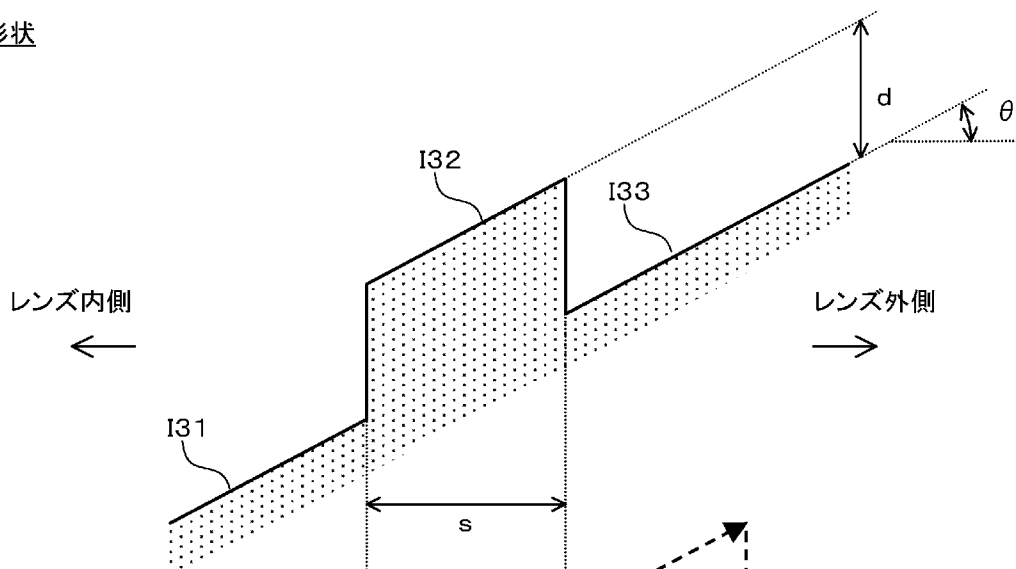


[図21]

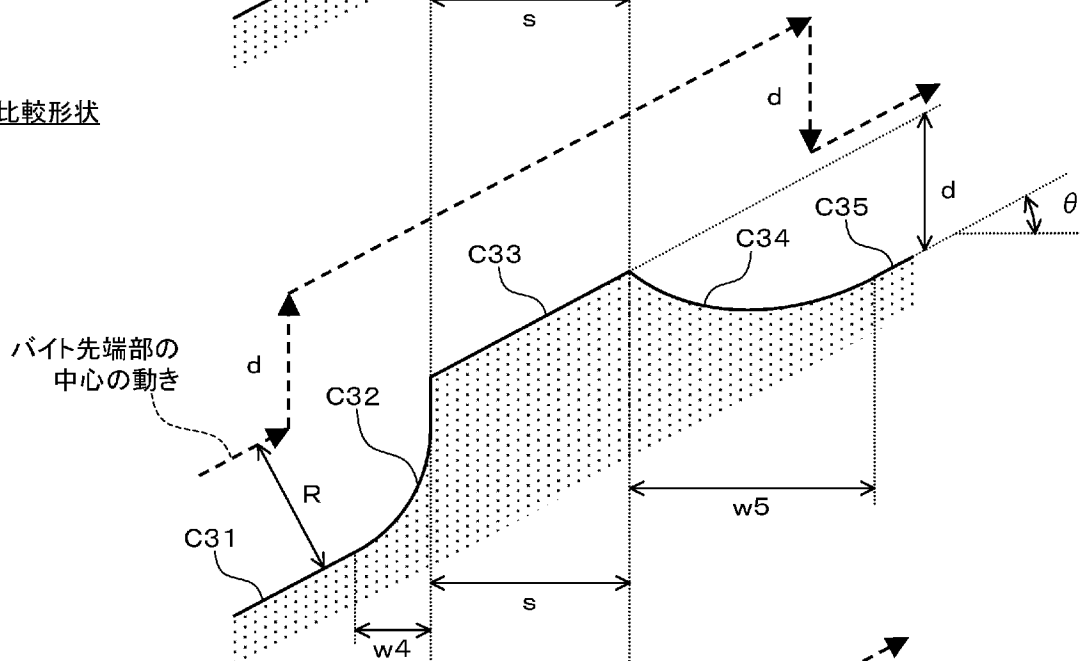


[図22]

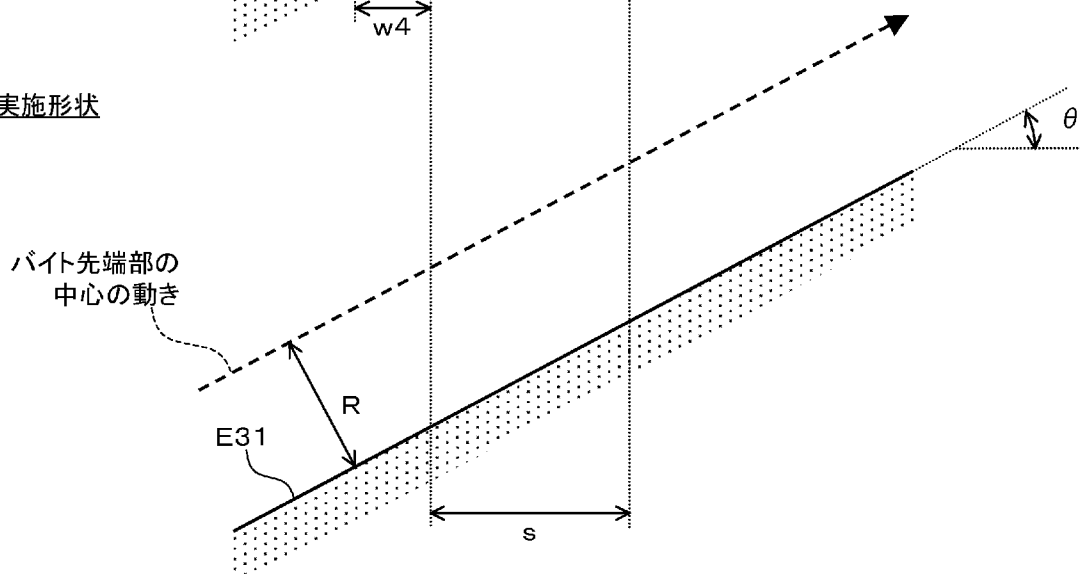
(a) 理想形状



(b) 比較形状

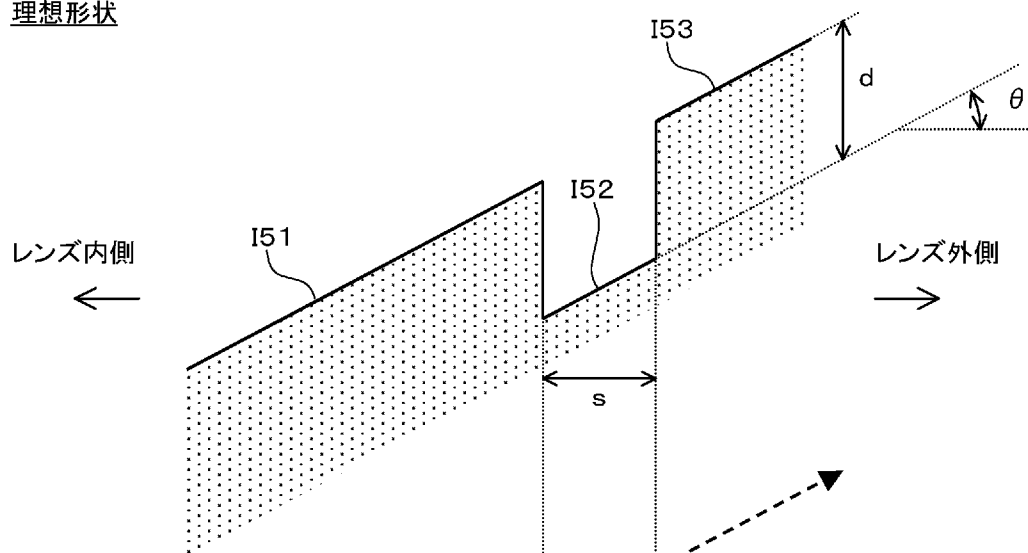


(c) 実施形状

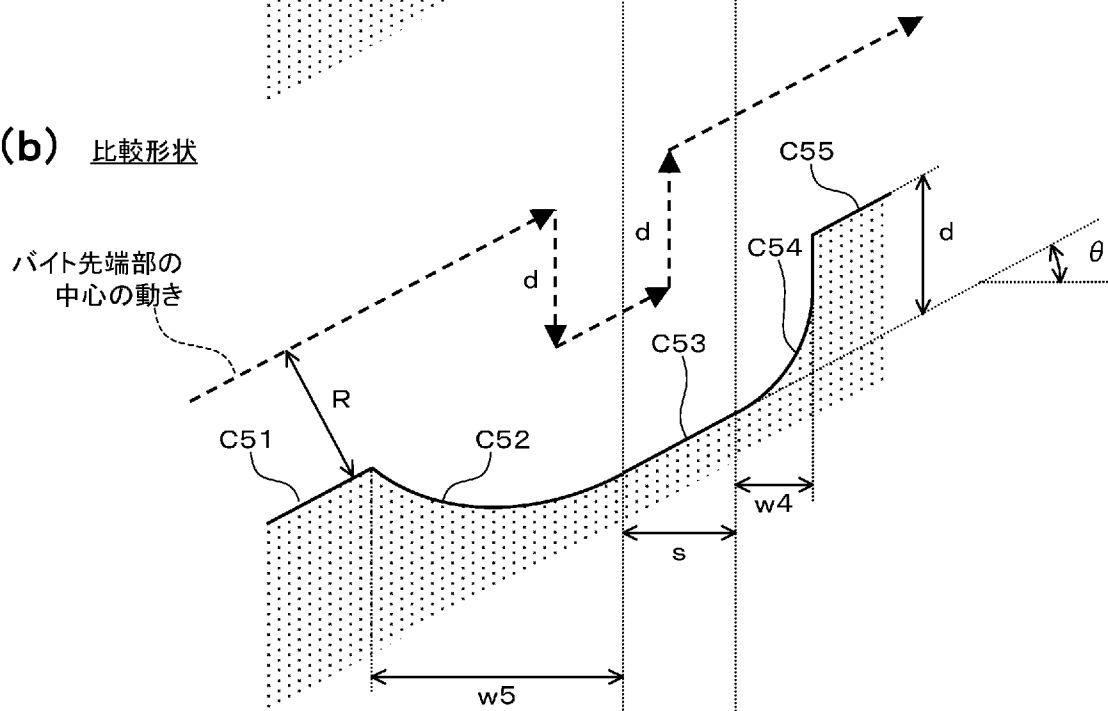


[図23]

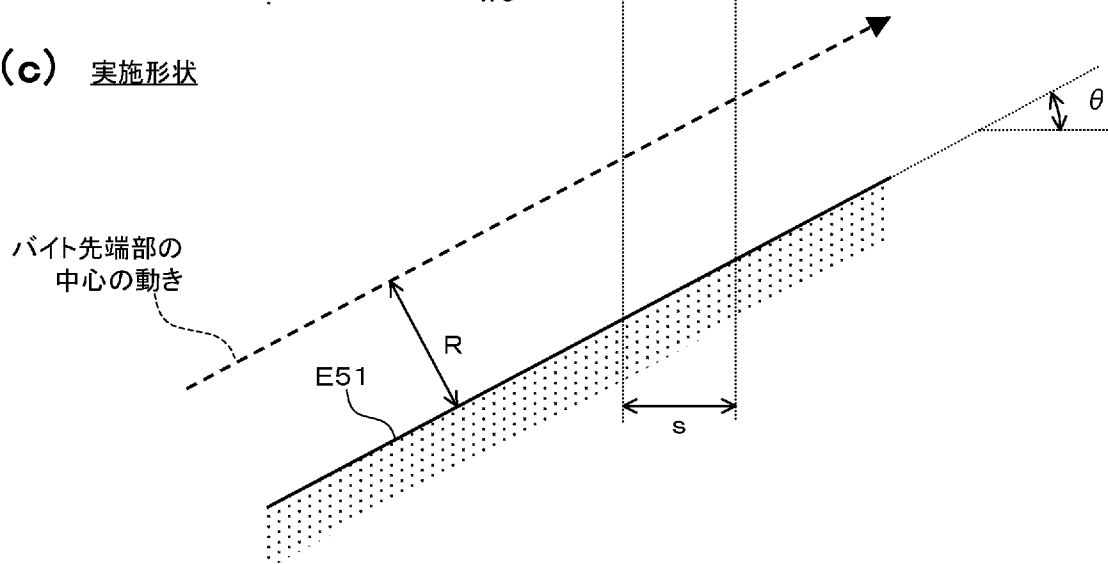
(a) 理想形状



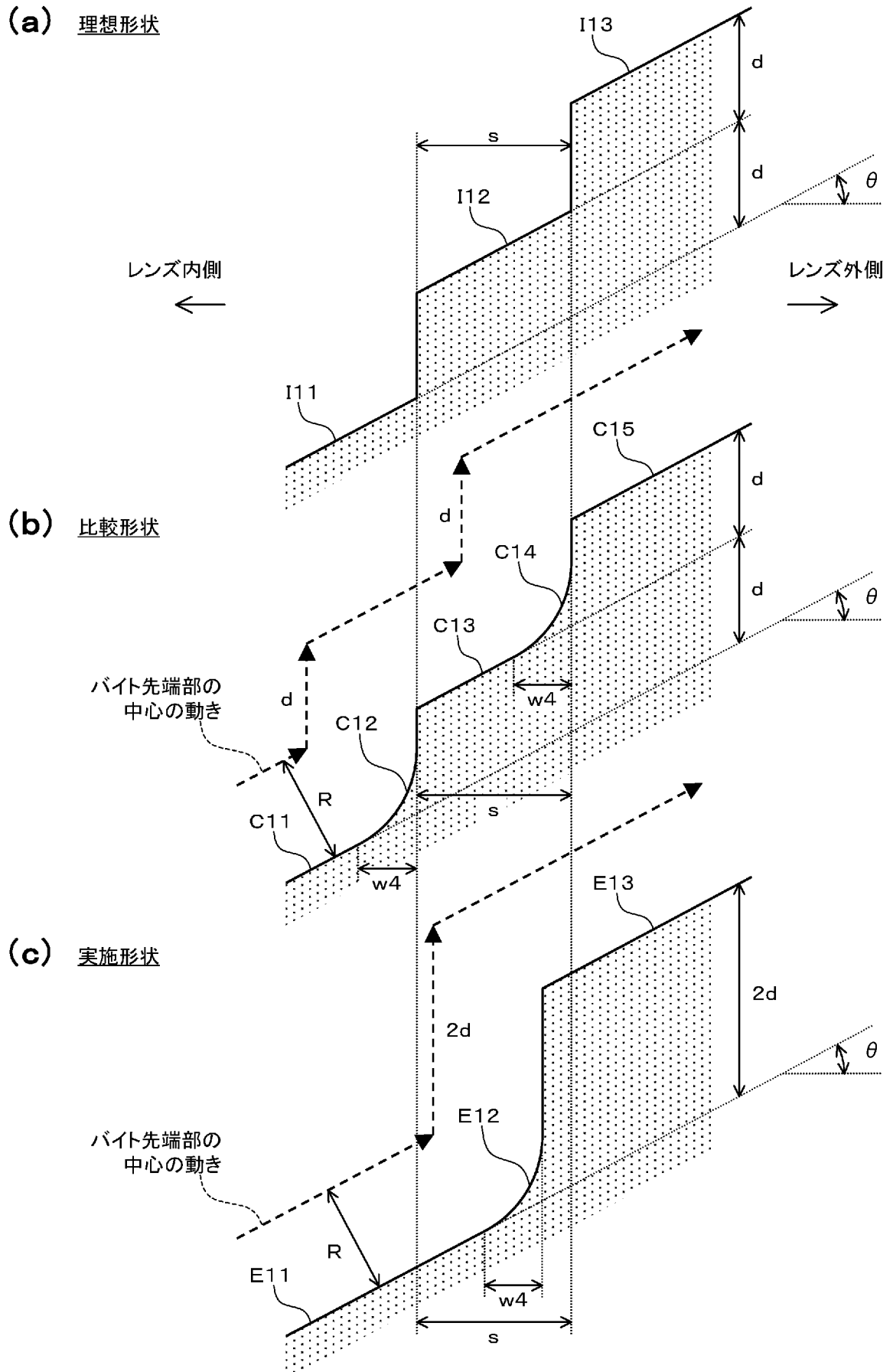
(b) 比較形状



(c) 実施形状

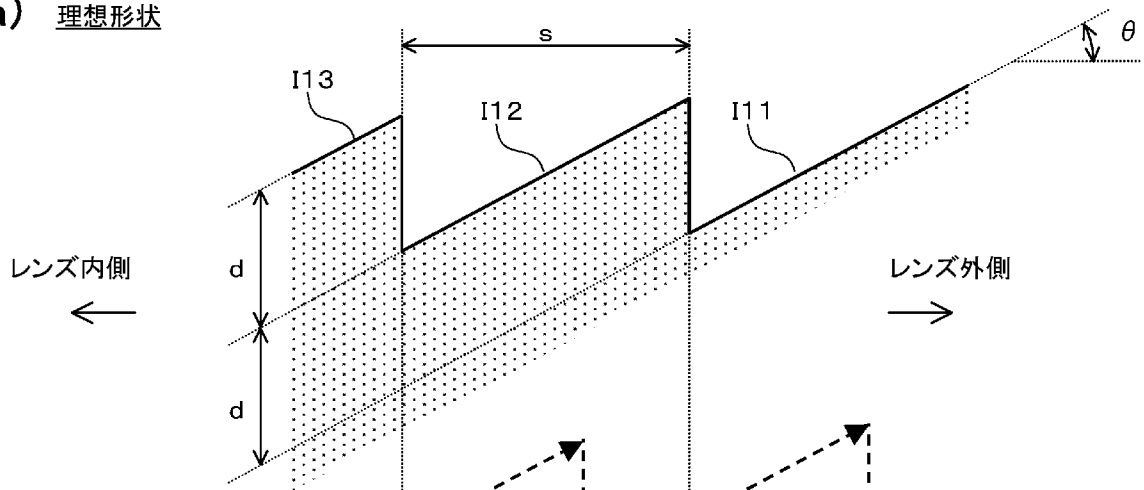


[図24]

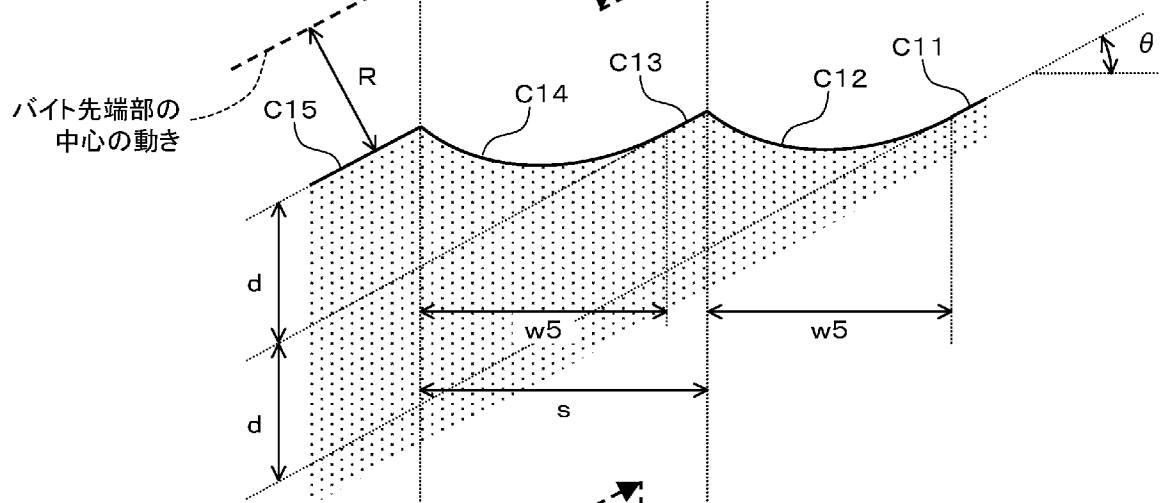


[図25]

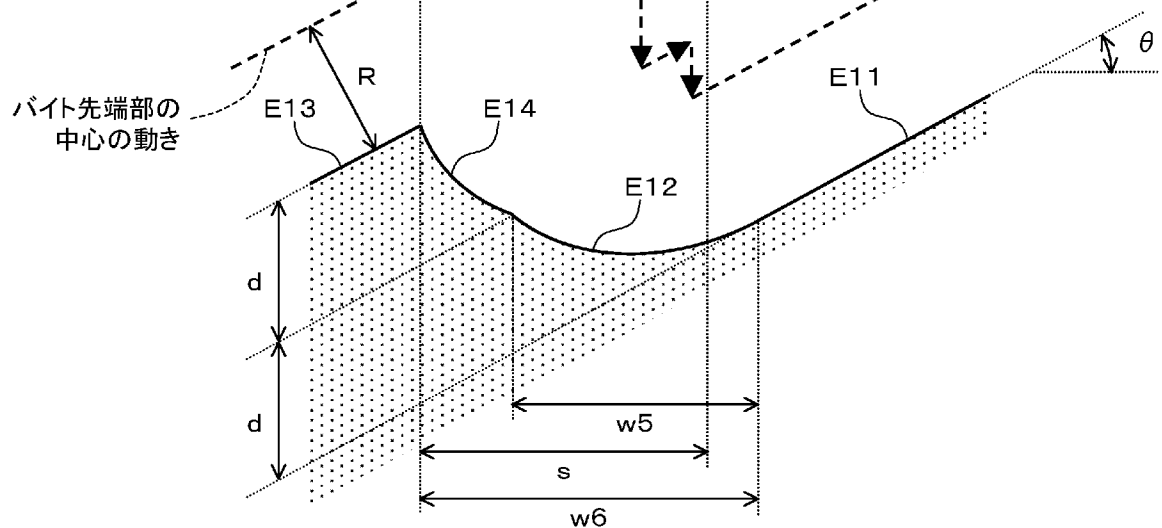
(a) 理想形状



(b) 比較形状



(c) 実施形状



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/077504

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER <i>G02B5/18(2006.01) i, G02B3/00(2006.01) i, G11B7/135(2012.01) i, G11B7/22(2006.01) i</i> According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) <i>G02B5/18, G02B3/00, G11B7/135, G11B7/22</i> Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2013 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2013 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2013		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	WO 2011/040227 A1 (Konica Minolta Opto, Inc.), 07 April 2011 (07.04.2011), paragraphs [0064], [0124] to [0128], [0172] to [0179]; claims & JP 2011-96350 A & CN 102549666 A	1-3, 7-10 4-6
A	JP 2010-128343 A (Nikon Corp.), 10 June 2010 (10.06.2010), paragraph [0003]; fig. 9 (Family: none)	3
A	JP 11-197902 A (Canon Inc.), 27 July 1999 (27.07.1999), paragraphs [0006], [0016]; fig. 3, 8 (Family: none)	3
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 23 January, 2013 (23.01.13)		Date of mailing of the international search report 05 February, 2013 (05.02.13)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office		Authorized officer Telephone No.
Facsimile No.		Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） Int.Cl. G02B5/18(2006.01)i, G02B3/00(2006.01)i, G11B7/135(2012.01)i, G11B7/22(2006.01)i		
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） Int.Cl. G02B5/18, G02B3/00, G11B7/135, G11B7/22		
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2013年 日本国実用新案登録公報 1996-2013年 日本国登録実用新案公報 1994-2013年		
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X A A	WO 2011/040227 A1（コニカミノルタオプト株式会社） 2011.04.07, [0064], [0124]-[0128], [0172]-[0179], 請求の範囲 & JP 2011-96350 A & CN 102549666 A JP 2010-128343 A（株式会社ニコン） 2010.06.10, 【0003】, 【図9】 （ファミリーなし）	1-3, 7-10 4-6 3
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日 23.01.2013	国際調査報告の発送日 05.02.2013	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ISA/J P） 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官（権限のある職員） 大隈 俊哉 電話番号 03-3581-1101 内線 3271	20 4638

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 11-197902 A (キヤノン株式会社) 1999.07.27, 【0006】, 【0016】, 【図3】, 【図8】 (ファミリーなし)	3