(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
2014 年 10 月 2 日(02.10.2014)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2014/156607 A1

(51) 国際特許分類:
A61F 2/16 (2006.01) *G02C 7/04* (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2014/056287

(22) 国際出願日: 2014 年 3 月 11 日(11.03.2014)

(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 2013-061486 2013 年 3 月 25 日(25.03.2013) JP

(71) 出願人: ＨＯＹＡ株式会社(**HOYA CORPORATION**) [JP/JP]; 〒1618525 東京都新宿区中落合二丁目７番５号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: ラウ　ツンデウオ(**LAWU Tjundewo**); 〒1618525 東京都新宿区中落合二丁目７番５号 ＨＯＹＡ株式会社内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 阿仁屋　節雄, 外(**ANIYA Setuo** et al.); 〒1020072 東京都千代田区飯田橋四丁目６番１号 ２１東和ビル３Ｆ Tokyo (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, IR, IS, KE, KG, 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, SA, 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.

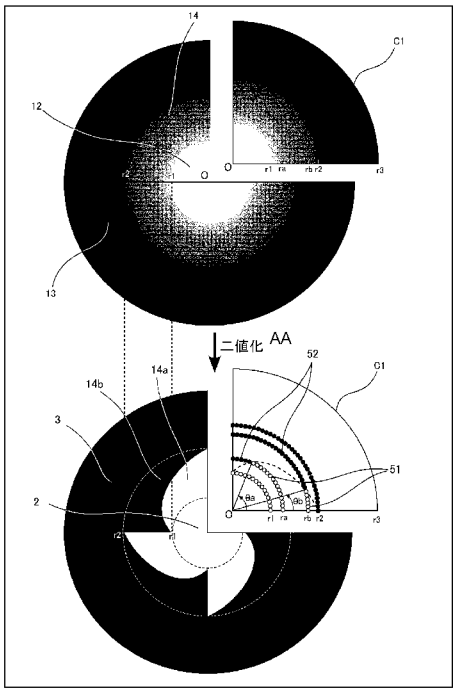
(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:
— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

WO 2014/156607 A1

(54) **Title**: OCULAR LENS, METHOD FOR DESIGNING OCULAR LENS, AND METHOD FOR MANUFACTURING OCULAR LENS

(54) 発明の名称 : 眼用レンズ、眼用レンズの設計方法および眼用レンズの製造方法



AA Binarization

(57) **Abstract**: An ocular lens provided with a transmitting region through which light passes, and a non-transmitting region through which light does not pass, the ocular lens characterized in that when a lens is assumed provided with a continuous region including at least the center of the lens, the continuous region being a region in which the transmittance of light has a continuous value from a center of the lens toward a radial direction, and a variation region in which the transmittance of light in the continuous region varies in the radial direction, the transmitting region and the non-transmitting region are arranged in the ocular lens so that the ratio in which the transmitting region and the non-transmitting region are present in a circumferential direction in the radial direction from the center of the ocular lens is equivalent to the variation of the transmittance in the variation region of the assumed lens.

(57) 要約:　光が透過する透過領域と、光が透過しない不透過領域と、を備える眼用レンズであって、レンズの中心から径方向に向かって光の透過率が連続値を示す領域であって、少なくともレンズの中心を含む連続領域と、連続領域において光の透過率が径方向に変化している変化領域と、を備えるレンズを想定した場合、眼用レンズにおいて、眼用レンズの中心から径方向に向かって、円周方向における透過領域および不透過領域の存在割合が、想定したレンズの変化領域における透過率の変化と等価となるように、透過領域および不透過領域が配置されていることを特徴とする眼用レンズである。

明　細　書

発明の名称 ：

眼用レンズ、眼用レンズの設計方法および眼用レンズの製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、眼用レンズ、眼用レンズの設計方法および眼用レンズの製造方法に関する。

背景技術

[0002] 眼用レンズは、コンタクトレンズ、眼内レンズ等が知られており、視力矯正、白内障手術後のレンズ等として用いられている。

[0003] 眼用レンズの一例としての眼内レンズは、白内障の進行により濁った水晶体を手術により除去した後、水晶体の機能を代替させるために眼内に挿入される。眼内レンズに求められる機能には様々あり、たとえば、より鮮明に物体を見ることを可能にすること（コントラストを高くすること）、見える範囲（明視域）を広くすること等が挙げられる。このような要求に対し、レンズ部に関する様々な光学設計が提案されている。

[0004] コントラストを高める技術としては、たとえば、特許文献１～３に記載されている技術が知られている。これらの技術は、レンズの球面収差を低減することにより、コントラストを改善している。しかしながら、球面収差を低減すると、レンズの焦点深度が浅くなるため、球面レンズに比べて見える範囲が狭くなるという問題があった。

[0005] 一方、見える範囲を広くする技術としては、多焦点眼内レンズが知られている。たとえば、特許文献４には、所望の見え方に応じて近用部と遠用部とを配置する眼内レンズが記載されている。しかしながら、近用部および遠用部のそれぞれに入る光量は、レンズ全体で光を捉える球面レンズの場合よりも少なくなり、結果として、コントラストが低下するという問題があった。また、特許文献５には、焦点深度をより深くすることにより、見える範囲を球面レンズの場合よりも広くした眼内レンズが記載されている。しかしなが

ら、この眼内レンズも、特許文献４と同様に、球面レンズに比べてコントラストが低下してしまう。

[0006] 上述したように、コントラストを高める機能と見える範囲を広くする機能とは、一般的に相反する機能であるため、これらの機能を適度に両立する技術が知られている。たとえば、特許文献６および７には、レンズの中心部から径方向に透過率が徐々に変化するように設計された光学部を有する環状マスクレンズが記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0007] 特許文献1：米国特許第４５０４９８２号明細書

特許文献2：特表２００３－５３４５６５号公報

特許文献3：特開２００６－１４８１８号公報

特許文献4：特開昭６０－８５７４４号公報

特許文献5：特表２０００－５１１４３９号公報

特許文献6：米国特許第５６６２７０６号明細書

特許文献7：米国特許第５９０５５６１号明細書

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0008] 上記の光学部を有する環状マスクレンズでは、コントラストがある程度改善され、見える範囲が比較的広く確保されている。一方、特許文献６および７では、この環状マスクレンズを製造する際に、その素材であるレンズに光を照射しレンズ上の感光物質を感光させることで、光が透過しない領域（環状マスク）を形成することが記載されている。このとき、「花弁」形状を有する回転マスクをレンズと光源との間に配置し、これを回転させている。このようにすることで、回転マスクの「花弁」形状部分は、光源から発せられた光を部分的に透過させるため、レンズ上の感光物質は部分的に感光される。その結果、透過率が徐々に変化する領域が形成されることになる。

[0009] しかしながら、透過率が徐々に変化する領域を形成するには回転マスクの回転数、露光強度等を精密に制御する必要があることに加え、マスクが形成されるレンズが小さく、実際には、このような領域を有するレンズを製造することは極めて困難であった。

[0010] 本発明は、上記の問題を鑑みてなされ、見える範囲が比較的広く、コントラストが改善され、しかも容易に製造可能な眼用レンズ、眼用レンズの設計方法および製造方法を提供することを、主たる目的とする。

課題を解決するための手段

[0011] 本発明者は、上記の課題を解決すべく、透過率が変化する領域のように製造が困難な領域を形成することなく、製造が容易でありながら、透過率が変化する領域と等価な領域を形成することにより、上記の課題を解決できることを見出し、本発明を完成させるに至った。

[0012] すなわち、本発明の態様は、

光が透過する透過領域と、光が透過しない不透過領域と、を備える眼用レンズであって、

レンズの中心から径方向に向かって光の透過率が連続値を示す領域であって、少なくともレンズの中心を含む連続領域と、前記連続領域において光の透過率が径方向に変化している変化領域と、を備えるレンズを想定した場合、

前記眼用レンズにおいて、前記眼用レンズの中心から径方向に向かって、円周方向における前記透過領域および不透過領域の存在割合が、想定したレンズの前記変化領域における透過率の変化と等価となるように、前記透過領域および不透過領域が配置されていることを特徴とする眼用レンズである。

発明の効果

[0013] 本発明によれば、見える範囲が比較的広く、コントラストが改善され、しかも容易に製造可能な眼用レンズ、眼用レンズの設計方法および製造方法を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0014] [図1]図１は、本実施形態に係る眼内レンズの平面図である。

[図2]図２は、透過率が径方向に変化する領域を有する眼内レンズの平面図である。

[図3]図３は、円形状の開口部を有するピンホールレンズの平面図である。

[図4]図４は、レンズにおいて、透過率が径方向に変化する領域を二値化して透過領域と不透過領域とに配分する方法を説明するための模式図である。

[図5]図５は、本実施形態に係る眼内レンズの変形例を示す平面図である。

[図6]図６（ａ）は、アポダイゼーションを適用したレンズの平面図であり、図６（ｂ）は、アポダイゼーションを適用したレンズとアポダイゼーションを適用していないレンズの径方向の透過率分布である。

[図7]図７は、アポダイゼーションを適用したレンズおよびアポダイゼーションを適用していないレンズに関する点広がり関数（ＰＳＦ：Ｐｏｉｎｔ　Ｓｐｒｅａｄ　Ｆｕｎｃｔｉｏｎ）の２次元プロット、およびＰＳＦの断面図を示す。図７（ａ）では、瞳孔径を２．０ｍｍとし、図７（ｂ）では、瞳孔径を３．０ｍｍとし、図７（ｃ）では、瞳孔径を４．０ｍｍとした。

[図8]図８は、アポダイゼーションを適用したレンズおよびアポダイゼーションを適用していないレンズのＰＳＦをフーリエ変換することにより得られる変調伝達関数（ＭＴＦ：Ｍｏｄｕｌｕｓ　ｏｆ　ｔｈｅ　ｏｐｔｉｃａｌ　Ｔｒａｎｓｆｅｒ　Ｆｕｎｃｔｉｏｎ）と、空間周波数（ＳＦ：Ｓｐａｔｉａｌ　Ｆｒｅｑｕｅｎｃｙ）と、の関係を示すグラフである。図８（ａ）では、瞳孔径を２．０ｍｍとし、図８（ｂ）では、瞳孔径を３．０ｍｍとし、図８（ｃ）では、瞳孔径を４．０ｍｍとした。

[図9]図９は、デフォーカスと、特定のＳＦにおけるＭＴＦと、の関係を示すグラフである。図９（ａ）および（ｄ）では、瞳孔径を２．０ｍｍとし、図９（ｂ）および（ｅ）では、瞳孔径を３．０ｍｍとし、図９（ｃ）および（ｆ）では、瞳孔径を４．０ｍｍとした。

[図10]図１０は、アポダイゼーションを適用したレンズとアポダイゼーションを適用していないレンズとをそれぞれ用いた際に見えるであろうランドル

ト環の像である。図１０（ａ）では、瞳孔径を２．０ｍｍとし、図１０（ｂ）では、瞳孔径を３．０ｍｍとし、図１０（ｃ）では、瞳孔径を４．０ｍｍとした。

[図11]図１１は、透過率が径方向に変化する領域を二値化して得られる実施例１の眼内レンズの平面図である。

[図12]図１２（ａ）は、実施例１の眼内レンズのＰＳＦであり、図１２（ｂ）は、ＰＳＦの断面図であり、図１２（ｃ）は、実施例１の眼内レンズと、アポダイゼーションを適用したレンズと、アポダイゼーションを適用していないレンズと、をそれぞれ用いた際に見えるであろうランドルト環の像である。

[図13]図１３（ａ）は、アポダイゼーションを適用したレンズの平面図であり、図１３（ｂ）は、アポダイゼーションを適用したレンズおよびアポダイゼーションを適用していないレンズの径方向の透過率分布である。

[図14]図１４は、アポダイゼーションを適用したレンズおよびアポダイゼーションを適用していないレンズに関する点広がり関数（ＰＳＦ）の２次元プロット、およびＰＳＦの断面図を示す。図１４（ａ）では、瞳孔径を２．０ｍｍとし、図１４（ｂ）では、瞳孔径を３．０ｍｍとし、図１４（ｃ）では、瞳孔径を４．０ｍｍとした。

[図15]図１５は、透過率が径方向に変化する領域を二値化して得られる実施例２の眼内レンズの平面図である。

[図16]図１６（ａ）は、実施例２の眼内レンズのＰＳＦであり、図１６（ｂ）は、ＰＳＦの断面図であり、図１６（ｃ）は、実施例２の眼内レンズと、アポダイゼーションを適用したレンズと、アポダイゼーションを適用していないレンズと、をそれぞれ用いた際に見えるであろうランドルト環の像である。

発明を実施するための形態

[0015] 以下、本発明を、図面に示す実施形態に基づき、眼用レンズの一例としての眼内レンズについて以下の順序で詳細に説明する。

１．眼内レンズの構成

２．眼内レンズの設計方法

３．実施形態の効果

４．変形例

[0016]（１．眼内レンズの構成）

図１は本実施形態に係る眼内レンズの平面図である。眼内レンズ１は、略円形の凸レンズ形状を有している。また、眼内レンズ１は、軟質アクリル、シリコン、ハイドロゲル等の軟質材料、あるいは、ポリメチルメタクリレート（ＰＭＭＡ）等の硬質材料から構成される。眼内レンズ１の直径は、眼内レンズとしての機能を発揮できる程度の径であれば特に制限されない。本実施形態では、眼内レンズ１の直径は６．０ｍｍに設定される。また、眼内レンズ１の厚みは、所望の屈折率等に合わせて設定すればよい。

[0017] 図１には図示していないが、眼内レンズ１の外周部分には、必要に応じて支持腕部等が取り付けられていてもよい。支持腕部は、眼内において眼内レンズを保持・固定する役割を有する。

[0018] 眼内レンズ１は、レンズに入射する光が透過する領域である透過領域２と、光が透過しない領域である不透過領域３と、を有している。すなわち、本実施形態に係る眼内レンズ１は、透過領域２と不透過領域３とに二値化されている。不透過領域３は、たとえば、レンズにマスクを施すことにより形成されている。この透過領域２と不透過領域３とは、透過率が径方向に変化している領域（変化領域）を有するレンズを想定した場合、当該変化領域における透過率の変化と等価となるように配置されている。

[0019]（２．眼内レンズの設計方法）

以下では、想定したレンズにおける透過率が径方向に変化している領域と等価になるように、透過領域２と不透過領域３とを配置する手法について述べるが、まず、透過率が径方向に変化する領域（変化領域）を有するレンズの光学特性について詳細に説明する。

[0020] 図２は、透過率が径方向に変化する領域を有するレンズ（以下、グラデー

ションレンズ１１ともいう）の平面図である。グラデーションレンズ１１は、レンズの光学中心Ｏからレンズの外周に向かう方向に、順に、半径ｒ１の円領域１２と、内径がｒ１で外径がｒ２である環状領域１４と、内径がｒ２で外径がｒ３である環状領域１３と、を有している。円領域１２は光が透過する領域（透過率１００％）であり、環状領域１３は光が透過しない領域１３（透過率０％）である。環状領域１４は、円領域１１と環状領域１３とを接続し、レンズの外周方向に向かうにつれ透過率が漸次低下している領域である。したがって、本実施形態では、グラデーションレンズ１１は、中心Ｏからｒ３まで透過率が連続値を示す領域（連続領域）を有しており、変化領域（環状領域１４）は連続領域に含まれている。

[0021] このようなグラデーションレンズ１１を得る方法としては特に制限されず、所望の光学特性に応じて、透過率を連続的に変化させ、かつ円領域１２と環状領域１３とを接続する領域（環状領域１４）を形成する方法であればよい。眼内レンズの場合には、図２に示すように、環状領域１４は、レンズの中心から外周に向かう方向に透過率が漸次低下するように変化する分布を有していることが好ましい。本実施形態では、所定の径の開口部を有するピンホールレンズにアポダイゼーションを適用することによりグラデーションレンズ１１を得る。

[0022] 図３に示すように、ピンホールレンズ２１は光を透過する開口部２２と、光を透過しない環状領域２３を有している。当該ピンホールレンズ２１において、開口部２２の端部、すなわち、中心Ｏから距離ｒｃの地点で透過率は不連続となっている。このようなピンホールレンズ２１は、回折限界を有しているため、開口部２２を透過した光は回折し、同心円状の縞が観察される。すなわち、開口部２２を透過した光のＰＳＦは一般的にサイドローブ（ｓｉｄｅ　ｌｏｂｅ）およびサイドリング（ｓｉｄｅ　ｒｉｎｇ）を含んでいる。このようなサイドローブ等に起因して、ピンホールレンズでは、コントラストが低下してしまう。

[0023] そこで、サイドローブ等を低減するために、ピンホールレンズに対して振

幅アポダイゼーション（ａｍｐｌｉｔｕｄｅ　ａｐｏｄｉｚａｔｉｏｎ）を適用する。本実施形態では、「アポダイゼーション」とは、不連続な透過率の分布に対し、数学的関数を用いて不連続性を除去するあるいはスムージングすることを意味する。具体的には、図３に示すピンホールレンズ２１に対して、アポダイゼーションを適用することにより、開口部の端部付近から徐々に透過率が減少する領域を形成して（開口部の端部における透過率の急峻な変化をやわらげて）、開口部からレンズの外周にわたる範囲において透過率に連続性を持たせる。このようにすることにより、図２に示すようなグラデーションレンズ１１を得ることができる。このグラデーションレンズ１１は、透過率が連続値を示す領域（連続領域）と、透過率が径方向に徐々に変化する領域（変化領域）と、を有している。

[0024] なお、本明細書において、「径方向に透過率が連続値を示す」とは、透過率が径ｒの関数ｆ（ｒ）で表される場合、または、ｆ（ｒ）に近似できる場合に、ある径ｒよりもαだけ小さい径（ｒ－α）から径ｒに向かって近づき、ある径ｒよりもαだけ大きい径（ｒ＋α）から径ｒに向かって近づいたときに、どちらもｆ（ｒ）が同じ値になることを意味し、「径方向に透過率が不連続である」とは、径（ｒ－α）から径ｒに向かって近づき、径（ｒ＋α）から径ｒに向かって近づいたときに、ｆ（ｒ）が同じ値にならないことを意味する。以下に具体例を示す。

[0025] 図２に示す半径距離と透過率との関係を示すグラフにおいて、径ｒ１に着目すると、ｒ１よりも小さい値からｒ１に向かって近づいたときには、透過率は１となり、ｒ１よりも大きい値からｒ１に向かって近づいたときにも透過率は１になる。また、径ｒ２に着目すると、ｒ１と同様に、ｒ２よりも小さい値からｒ２に向かって近づいたときにも、ｒ２よりも大きい値からｒ２に向かって近づいたときにも、透過率は０となる。したがって、図２に示すグラフにおいて、透過率はｒが０～ｒ３まで連続値を示している。

[0026] 一方、図３に示す半径距離と透過率との関係を示すグラフでは、径ｒｃに着目すると、ｒｃよりも小さい値からｒｃに向かって近づいたときには、透

過率は１となり、ｒｃよりも大きい値からｒｃに向かって近づいたときには、透過率は０となる。したがって、図３に示すグラフにおいて、透過率はｒｃにおいて不連続である。

[0027] アポダイゼーションを適用する際に用いる数学的関数は特に制限されない。公知の関数から、レンズに要求される光学特性に応じて関数を選択すればよく、たとえば、ガウシアン関数、正弦関数、余弦関数等が挙げられる。

[0028] 得られるグラデーションレンズ１１は、ピンホールレンズ２１に比較して、見える範囲が比較的広く、コントラストが改善されたレンズである。しかしながら、上述したように、グラデーションレンズを製造することは非常に難しい。たとえば、特許文献６および７では、レンズ上に感光物質を塗布し、これを感光させることでマスクを形成する方法を採用している。この方法において、花弁形状を有する回転マスクをレンズと光源との間に配置し、レンズ上の感光物質を部分的に露光して透過率が径方向に変化する領域を形成している。しかしながら、グラデーションを正確に再現するには回転マスクの回転数、露光強度等を精密に制御する必要があることに加え、マスクが形成されるレンズが小さく、所望のグラデーションを得ることは極めて難しい。また、得られるグラデーションがレンズごとにばらつくこともありえる。

[0029] そこで、本実施形態では、グラデーションレンズにおける透過率の分布をそのまま再現してレンズを製造するという技術的思想とは全く異なる観点から、グラデーションレンズと同等の光学特性を有するレンズを提案している。すなわち、グラデーションレンズにおける透過率が径方向に変化する領域を二値化することにより、レンズを透過領域および不透過領域のみから構成することができる。したがって、極めて再現が難しいグラデーションをレンズに形成する必要はなく、レンズ上に不透過領域を形成するだけでグラデーションレンズと同等の光学特性を有するレンズを容易に製造することができる。

[0030] 透過率が径方向に変化する領域を二値化する方法としては、たとえば、以下に示す方法が挙げられる。まず、平面視で略円形のレンズを円周方向にｎ

分割して、ｎ個の扇形の領域に分割する。分割する数（ｎ）としては、２以上であり、４以上が好ましい。図４ではレンズを４等分している。扇形の領域Ｃ１は、光学中心Ｏから径方向に向かって透過率が連続値を示す領域から構成されており、かつ透過率が径方向に変化する領域１４（変化領域）を含んでいる。各扇形領域における透過率の分布は等しいため、光学中心Ｏからの距離がｒである地点における透過率は各扇形領域において等しい。

[0031] 図４に示すように、扇形領域Ｃ１において、中心Ｏからの距離ｒがｒａである点において透過率が７５％（０．７５）とすると、径がｒａである点の集合（円弧）のうち、３／４の個数の点が、透過率が１００％を示す点であり、１／４の個数の点が、透過率が０％を示す点であると仮定する。そして、透過率が１００％を示す点の集合である透過線分５１と、透過率が０％を示す点の集合である不透過線分５２とを形成するように、これらの点を円弧上に配分すればよい。

[0032] 具体的には、図４では、扇形の領域の角度θａが０～３π／８［ｒａｄ］までは、透過線分５１が形成され、θａが３π／８～π／２［ｒａｄ］までは不透過線分５２が形成される。また、中心Ｏからの距離ｒがｒｂである点において透過率が２０％（０．２０）とすると、角度θｂが０～π／１０［ｒａｄ］までは、透過線分５１が形成され、角度θｂがπ／１０～π／２［ｒａｄ］までは不透過線分５２が形成される。

[0033] すなわち、二値化する際には、長さがｒθの線分（円弧）を、変化領域１４における径ｒにおける透過率と等価となるように、透過線分５１と不透過線分５２とに配分している。したがって、眼内レンズ１において、径がｒである円周上の透過率は、円周方向における透過線分５１と不透過線分５２との長さ割合によって決まる。このような操作を径方向に中心Ｏからレンズの外周ｒ３まで行うことで、図４に示すように、円周方向における透過線分の長さと不透過線分の長さとの割合が、径方向に連続的に変化している領域（１４ａおよび１４ｂ）が得られる。この領域には、透過率が１００％の領域１４ａおよび透過率が０％の領域１４ｂのみが存在しているため、この領域

は二値化されていることになる。

[0034] 換言すれば、径方向に透過率が変化している領域（変化領域）を有するグラデーションレンズ１１を想定した場合、眼内レンズ１において、ある径における透過率を、透過率１００％と透過率０％とに分けた割合として表すことにより、変化領域１４における透過率の変化と等価となるように二値化することができる。したがって、グラデーションレンズ１１の変化領域１４における透過率の径方向の変化は、眼内レンズ１において、円周方向における透過線分５１と不透過線分５２との長さ割合の径方向の変化に対応している。

[0035] 以上より、グラデーションレンズ１１と同等の光学特性を有する二値化された眼内レンズ１を得ることができる。

[0036] なお、レンズを分割する数（ｎ）が大きすぎる場合、扇形の領域の中心角θが小さくなるため、円弧の長さｒθが小さくなり、配分される透過線分の長さおよび不透過線分の長さも短くなってしまう。その結果、レンズ全体における透過線分および不透過線分の分布がグラデーションに近くなってしまう。この場合には、レンズの製造が困難となるため好ましくない。したがって、本実施形態では、製造上の観点から、分割する数（ｎ）の上限は３２以下であることが好ましい。

[0037] このようにして二値化された眼内レンズを製造する方法としては、特に制限されず、公知の方法を用いて製造すればよい。たとえば、所定の高分子材料を成形型に投入し、加熱重合させて得られるレンズ素材の表面に感光性物質を塗布し、上述した透過領域をマスクして露光することにより、上述した不透過領域を形成することができる。

[0038] （３．本実施形態の効果）

本実施形態によれば、径方向に透過率が変化する領域（変化領域）を有するレンズ（グラデーションレンズ）を想定した場合に、当該領域における透過率の変化と等価になるように、二値化された（透過領域と不透過領域とが形成された）レンズが得られる。このようなレンズは、グラデーションレン

ズとは異なり、レンズの光学面が透過領域および不透過領域のみで構成されているため、容易に製造できる。しかも、本実施形態に係るレンズは、変化領域における透過率の変化と等価となるように二値化されているため、グラデーションレンズと同等の光学特性を有している。したがって、見える範囲が比較的広く、コントラストが改善された眼用レンズを得ることができる。

[0039] （４．変形例）

上記の実施形態では、変化領域を二値化する際に、透過率が１００％を示す領域と、透過率が０％を示す領域とに分けている。しかしながら、透過率の値は、１００％と０％とに制限されず、レンズに要求される透過率の最大値を示す領域と、最小値を示す領域と、を形成してもよい。

[0040] 上記の実施形態では、線分（円弧）を分割して透過線分と不透過線分とに配分しているが、円周方向に沿って微小領域を設定し、透過率１００％の領域の面積と透過率０％の領域の面積とが、透過率の変化と等価になるように、微小領域の面積を配分してもよい。このとき、径方向の距離ｒに応じて、設定する微小領域の面積を変化させてもよい。

[0041] 上記の実施形態では、グラデーションレンズは、レンズの中心Ｏから外周に向かう際の透過率が連続値を示している。すなわち、レンズ全体が、透過率が連続値を示す連続領域から構成されている。

[0042] しかしながら、レンズにおいて視力特性にあまり影響を与えない部分であれば、透過率が不連続な領域が二値化されていてもよい。たとえば、図５に示すように、透過率が変化している領域２と不透過領域３との境界近傍７０において、透過率が不連続な領域が二値化されていてもよい。境界近傍のシャープな部分を丸める場合には、レンズの製造がより容易になる。この場合であっても、中心Ｏから境界近傍７０までの領域は透過率が連続値を示す連続領域であり、上述した効果が得られる。

実施例

[0043] 以下、本発明を、さらに詳細な実施例に基づき説明するが、本発明は、これら実施例に限定されない。

[0044] （実施例１）

実施例１では、人間の平均的な眼と同様の光学特性を有する仮想モデルを用いてレンズを設計し、レンズの光学特性のシミュレーションを行った。仮想モデルとして、表１に示すパラメータを有するＬｉｏｕ－Ｂｒｅｎｎａｎ眼モデルを用いた。本実施例では、人間の眼の水晶体の代わりに２０．０Ｄの球面眼内レンズを挿入したモデルとした。眼内レンズの径は６．０ｍｍとし、瞳孔径を３．０ｍｍとした。

[0045] [表1]

表面	コメント	曲率半径	厚み	屈折率	半径	円錐係数
OBJ	物体	Infinity	Infinity		0.00	0.00
1	角膜前方	7.77	0.50	1.376	6.00	-0.18
2	角膜後方	6.40	3.16	1.336	6.00	-0.60
STO	瞳孔	Infinity	1.34	1.336	1.50	0.00
3	眼内レンズ前方	18.85	0.59	1.544	3.00	0.00
4	眼内レンズ後方	-23.30	18.61	1.336	3.00	0.00
IMA	網膜	-8.10	-		Auto	

[0046] また、シミュレーションはＺＥＭＡＸ Ｄｅｖｅｌｏｐｍｅｎｔ Ｃｏｒｐｏｒａｔｉｏｎ社製のＺＥＭＡＸ（登録商標）光学設計プログラムを用いて評価した。アポダイゼーションおよび二値化に関する計算はＺＥＭＡＸからＭＡＴＬＡＢ（登録商標）に波面データ等の必要なデータを送りＭＡＴＬＡＢにて計算を行った。

[0047] まず、開口部の径が３ｍｍであり、その外側は不透過領域である眼内レンズに対して、正弦関数を用いたアポダイゼーションを適用するシミュレーションを行った。アポダイゼーションに用いる関数Ｉ$_S$（ｒ）は、レンズ径ｒの関数であり、本実施例では、下記の式１に示す正弦関数を用いた。

[数1]

$$I_S(r)=\begin{cases}1 & \text{if } r<a\\ 0.5\left[\cos\left(\frac{\pi(r-a)}{(b-a)}\right)+1\right] & \text{if } a\le r\le b\\ 0 & \text{if } r>b\end{cases} \quad \cdots (1)$$

[0048] 式１における「ａ」および「ｂ」は、アポダイゼーションの始点および終点の位置をそれぞれ示している。本実施例では、ａは０．５ｍｍ、ｂは１．

５ｍｍとした。アポダイゼーションを適用したレンズ（Ａｐｏｄｉｚｅｄ）の平面図を図６（ａ）に示す。また、シミュレーションにより得られるアポダイゼーションを適用したレンズの径方向における透過率の分布を、アポダイゼーションが適用されていないレンズ（Ｕｎａｐｏｄｉｚｅｄ）の透過率の分布とともに図６（ｂ）に示す。

[0049] 図６（ｂ）より、アポダイゼーションが適用されていないレンズは、当然、開口部の径が３ｍｍのピンホールレンズと同じ透過率分布を有していた。一方、アポダイゼーションが適用されたレンズでは、中心０からの距離ｒが０．５ｍｍの地点までは透過率が１（１００％）であり、０．５ｍｍを超えると、透過率が漸次低下し始め、１．５ｍｍの地点で透過率が０（０％）となり、それ以降は透過率が０％となる透過率分布を有していることが確認できた。すなわち、アポダイゼーションを適用したレンズは、レンズ全体が、透過率が連続値を示す連続領域から構成されており、連続領域には、透過率が径方向に変化する領域（変化領域）が含まれていた。

[0050] また、本実施例では、表１に示す瞳孔径を、２．０ｍｍおよび４．０ｍｍにした場合にも上記のシミュレーションを行った。以下では、瞳孔径を２．０ｍｍ、３．０ｍｍ、４．０ｍｍとした場合の結果を示す。

[0051] アポダイゼーションを適用したレンズおよびアポダイゼーションを適用していないレンズに関する点広がり関数（ＰＳＦ）の２次元プロット、および当該ＰＳＦの断面図を、図７（ａ）～（ｃ）に示す。図７（ａ）は、瞳孔径を２．０ｍｍとした場合の結果であり、図７（ｂ）は、瞳孔径を３．０ｍｍとした場合の結果であり、図７（ｃ）は、瞳孔径を４．０ｍｍとした場合の結果である。

[0052] 図７（ａ）～（ｃ）から明らかなように、アポダイゼーションを適用することで、規格化半径が大きくなるほど、サイドローブが低減されていることが確認できた。また、瞳孔径が大きくなるほど、サイドローブが低減される傾向にあることが確認できた。したがって、アポダイゼーションを適用していないレンズでは、コントラストが低下しているのに対し、アポダイゼーシ

ョンを適用したレンズでは、コントラストが高くなっていることが確認できた。

[0053] 続いて、アポダイゼーションを適用したレンズおよびアポダイゼーションを適用していないレンズに関して、それぞれのＰＳＦをフーリエ変換することによりＭＴＦを計算した。結果を図８に示す。図８（ａ）は、瞳孔径を２．０ｍｍとした場合の結果であり、図８（ｂ）は、瞳孔径を３．０ｍｍとした場合の結果であり、図８（ｃ）は、瞳孔径を４．０ｍｍとした場合の結果である。

[0054] ＭＴＦは、ＳＦの関数として表され、像の伝達特性（解像度）の指標であり、ＳＦの変化に応じて変化する。ＭＴＦが大きい場合、コントラストが高いことを示す。また、ＳＦは単位長さに含まれる白と黒との縞模様の繰り返しの数を示している。ここで、視力は視標の白い部分と黒い部分とを分離して認識できる最小視角を示しており、眼の解像度の指標である。したがって、ＳＦと視力とは対応しているということができる。

[0055] 図８（ａ）～（ｃ）より、アポダイゼーションを適用することで、ＳＦが低い側のＭＴＦが強められ、ＳＦが高い側のＭＴＦが弱められることが確認できた。人間の視力の範囲は低周波数側のＳＦに対応しており、人間の視力の範囲において像のコントラストを高めるには、ＳＦが高い側のＭＴＦを高くすることよりも、ＳＦが低い側のＭＴＦを高くすることが求められる。たとえば、ＳＦが１００ｃｙｃｌｅ／ｍｍである場合（視力１．０（２０／２０）に相当）、図８（ａ）～（ｃ）より、アポダイゼーションを適用したレンズは、未適用のレンズよりもＭＴＦが大きくなっている、すなわち、人間の視力の範囲において、コントラストが改善されていることが確認できた。また、瞳孔径が大きくなるほど、コントラストがより改善される傾向にあることが確認できた。

[0056] 図９は、横軸にデフォーカス、縦軸に特定のＳＦ（（ａ）～（ｃ）は５０ｃｙｃｌｅ／ｍｍ、（ｄ）～（ｆ）は１００ｃｙｃｌｅ／ｍｍ）におけるＭＴＦとした場合に、デフォーカス特性（Ｔｈｒｏｕｇｈ　Ｆｏｃｕｓ　Ｒｅ

ｓｐｏｎｓｅ：ＴＦＲ）を示している。図９（ａ）および（ｄ）は、瞳孔径を２．０ｍｍとした結果であり、図９（ｂ）および（ｅ）は、瞳孔径を３．０ｍｍとした結果であり、図９（ｃ）および（ｆ）は、瞳孔径を４．０ｍｍとした結果である。

[0057] 図９から明らかなように、アポダイゼーションを適用したレンズは、未適用のレンズよりも、コントラストが高く、その幅が広い。幅が広いということは、焦点深度が深く、ある程度焦点がずれてもコントラストが得られることを意味しており、この幅は見える範囲の指標となるものである。したがって、アポダイゼーションを適用したレンズは、未適用のレンズよりも見える範囲が広がっていることが確認できる。

[0058] 図７～９より、アポダイゼーションを適用することにより、収差の抑制、焦点深度の深さ等の種々の光学特性が未適用のレンズよりも改善していることが確認できた。これらの結果を視覚的に示すために、図１０にアポダイゼーションを適用したレンズと未適用のレンズとをそれぞれ用いた際に見えるであろうランドルト環の像を示す。図１０（ａ）は、瞳孔径を２．０ｍｍとした結果であり、図１０（ｂ）は、瞳孔径を３．０ｍｍとした結果であり、図１０（ｃ）は、瞳孔径を４．０ｍｍとした結果である。

[0059] 図１０から明らかなように、アポダイゼーションを適用したレンズ（グラデーションレンズ）は、未適用のレンズよりも焦点が合う範囲が広く、コントラストが高い範囲が広い、すなわち、見える範囲が広いことが確認できた。

[0060] 続いて、アポダイゼーションを適用したレンズ（グラデーションレンズ）の変化領域を二値化して実施例１に係るレンズを得た。瞳孔径を４．０ｍｍとした。具体的には、グラデーションレンズを、円周方向に沿ってｎ等分し、グラデーションレンズ内の任意の点（ｘ，ｙ）における透過率Ｉ（ｘ，ｙ）を、二値化された透過率I_{DS}（ｘ，ｙ）に変換する。本実施例では、I_{DS}は以下の式２を用いて計算される。

[数2]

$$I_{DS}(x,y)=\begin{cases}1 & \text{if } \mathrm{mod}\left[\tan^{-1}\left(\frac{y}{x}\right)-\frac{\pi}{2}-\frac{\pi}{n}I(x,y),\frac{2\pi}{n}\right]\geq\frac{2\pi}{n}[1-I(x,y)]\\ 0 & \text{if otherwise}\end{cases} \quad \cdots (2)$$

[0061] 式２において、「ｍｏｄ（ａ，ｂ）」は、モジュロ演算を示しており、「ａ／ｂ」の余りを示している。また、ｎは正の整数で表される離散化数であり、本実施形態ではレンズ領域を分割する数を示している。本実施例ではｎを８とした。なお、レンズを分割して得られる扇形領域の中心角の角度をθとすると、ｘおよびｙは、ｘ＝ｒｃｏｓθ、ｙ＝ｒｓｉｎθと表すことができる。また、ｔａｎ$^{-1}$（ｙ／ｘ）は、点（ｘ、ｙ）の角度θを示す。結果を図１１に示す。

[0062] 図１１より、透過率が径方向に変化する領域（変化領域）が二値化され、実施例１に係るレンズは透過領域および不透過領域のみから構成されていることが確認できた。なお、本実施例では、透過領域が線対称となるように二値化を行った。

[0063] 次に、図１１に示す二値化されたレンズのＰＳＦを図１２（ａ）に、当該ＰＳＦの断面図を図１２（ｂ）に示す。図１２（ｂ）の断面図では、参考のために図７（ｃ）に示すアポダイゼーションが未適用のレンズのＰＳＦの断面も併せて示している。図１２（ａ）および（ｂ）から明らかなように、二値化した場合であっても、実施例１に係るレンズは、アポダイゼーションを適用していないレンズのＰＳＦよりもサイドローブが低減されていることが確認できた。

[0064] また、図１２（ｃ）に、実施例１に係る二値化したレンズと、アポダイゼーションを適用したレンズと、アポダイゼーションを適用していないレンズと、をそれぞれ用いた際に見えるであろうランドルト環の像を示す。図１２（ｃ）から明らかなように、実施例１に係るレンズは、アポダイゼーションを適用していないレンズよりも良好な視力特性を示し、アポダイゼーションを適用したレンズとほぼ同等の視力特性を示していることが確認できた。

[0065] （実施例２）

実施例２では、アポダイゼーションを適用する際に、実施例１の正弦関数の代わりに、下記の式３に示すガウシアン関数Ｉ$_{G}$（ｒ）を用いた。このガウシアン関数Ｉ$_{G}$（ｒ）は、半径ｒの関数であり、式４に示す矩形関数（ｘ）と式５に示すガウシアン関数Ｇ（ｒ）との畳み込みにより得られる関数である。

[数3]

$$I_G(r) = \prod\left(\frac{r}{2c}\right) \star G(r) \qquad \cdots (3)$$

[数4]

$$\prod(x) = \mathrm{rect}(x) = \begin{cases} 1 & \text{if } |x| < 0.5 \\ 0.5 & \text{if } |x| = 0.5 \\ 0 & \text{if } |x| > 0.5 \end{cases} \qquad \cdots (4)$$

[数5]

$$G(r) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{r^2}{2\sigma^2}\right) \qquad \cdots (5)$$

[0066] 式３において、「ｃ」は、透過率が０．５（５０％）となる半径値である。本実施例では、ｃは１．０ｍｍとした。また、式（５）におけるガウシアン関数の標準偏差σは０．３２とした。アポダイゼーションを適用したレンズ（Ａｐｏｄｉｚｅｄ）の平面図を図１３（ａ）に示す。また、アポダイゼーションを適用したレンズの径方向における透過率の分布を、アポダイゼーションを適用していないレンズ（Ｕｎａｐｏｄｉｚｅｄ）の透過率の分布とともに図１３（ｂ）に示す。

[0067] さらに、アポダイゼーションを適用したレンズおよびアポダイゼーションを適用していないレンズに関する点広がり関数（ＰＳＦ）の２次元プロット、および当該ＰＳＦの断面図を、図１４（ａ）～（ｃ）に示す。図１４（ａ）は、瞳孔径を２．０ｍｍとした結果であり、図１４（ｂ）は、瞳孔径を３．０ｍｍとした結果であり、図１４（ｃ）は、瞳孔径を４．０ｍｍとした結果である。

[0068] 図１３および１４から明らかなように、アポダイゼーションを適用する際

に用いる関数を変更した場合であっても、実施例１と同様の結果が得られていることが確認できた。

[0069] 続いて、上記の式３～５に示される式を用いてアポダイゼーションを適用したレンズ（グラデーションレンズ）の変化領域を二値化して実施例２に係るレンズを得た。二値化する際に下記の式６を用いた以外は、実施例１と同様に二値化を行った。すなわち、瞳孔径を４．０ｍｍとした。結果を図１５に示す。

[数6]

$$I_{Da}(x,y)=\begin{cases}1 & \text{if } \mathrm{mod}\left[\tan^{-1}\left(\frac{y}{x}\right)-\frac{\pi}{2},\frac{2\pi}{n}\right]\geq\frac{2\pi}{n}[1-I(x,y)]\\ 0 & \text{if otherwise}\end{cases} \quad \cdots (6)$$

[0070] 図１５より、実施例１と同様に、透過率が径方向に変化する領域が二値化され、実施例２に係るレンズは透過領域と不透過領域とから構成されていることが確認できた。なお、図１５の実施例２では、透過領域が非対称となるように二値化を行った。

[0071] 次に、図１５に示す二値化されたレンズの点広がり関数（ＰＳＦ）を図１６（ａ）に、当該ＰＳＦの断面図を図１６（ｂ）に示す。図１６（ｂ）の断面図では、参考のために図７（ｃ）に示すアポダイゼーションを適用していないレンズのＰＳＦの断面も併せて示している。実施例１と同様に、二値化した場合であっても、実施例２に係るレンズは、アポダイゼーションを適用していないレンズのＰＳＦよりもサイドローブが低減されていることが確認できた。

[0072] また、図１６（ｃ）に、実施例２に係る二値化したレンズと、アポダイゼーションを適用したレンズと、アポダイゼーションを適用していないレンズと、をそれぞれ用いた際に見えるであろうランドルト環の像を示す。実施例１と同様に、実施例２に係るレンズは、アポダイゼーションを適用していないレンズよりも良好な視力特性を示し、アポダイゼーションを適用したレンズとほぼ同等の視力特性を示していることが確認できた。

符号の説明

[0073] １…眼内レンズ

２…透過領域

３…不透過領域

請求の範囲

[請求項1] 光が透過する透過領域と、光が透過しない不透過領域と、を備える眼用レンズであって、

レンズの中心から径方向に向かって光の透過率が連続値を示す領域であって、少なくともレンズの中心を含む連続領域と、前記連続領域において光の透過率が径方向に変化している変化領域と、を備えるレンズを想定した場合、

前記眼用レンズにおいて、前記眼用レンズの中心から径方向に向かって、円周方向における前記透過領域および不透過領域の存在割合が、想定したレンズの前記変化領域における透過率の変化と等価となるように、前記透過領域および不透過領域が配置されていることを特徴とする眼用レンズ。

[請求項2] 前記眼用レンズにおいて、同一半径上にある点の集合から構成される線分を円周方向にｎ分割し、分割された前記線分の円周方向の長さを、前記想定されたレンズの前記変化領域における当該同一半径上の透過率と等価となるように、光が透過する透過線分の長さと、光が透過しない不透過線分の長さと、を配分することにより、前記透過領域および不透過領域が配置されることを特徴とする請求項１に記載の眼用レンズ。

ただし、ｎは２以上の整数である。

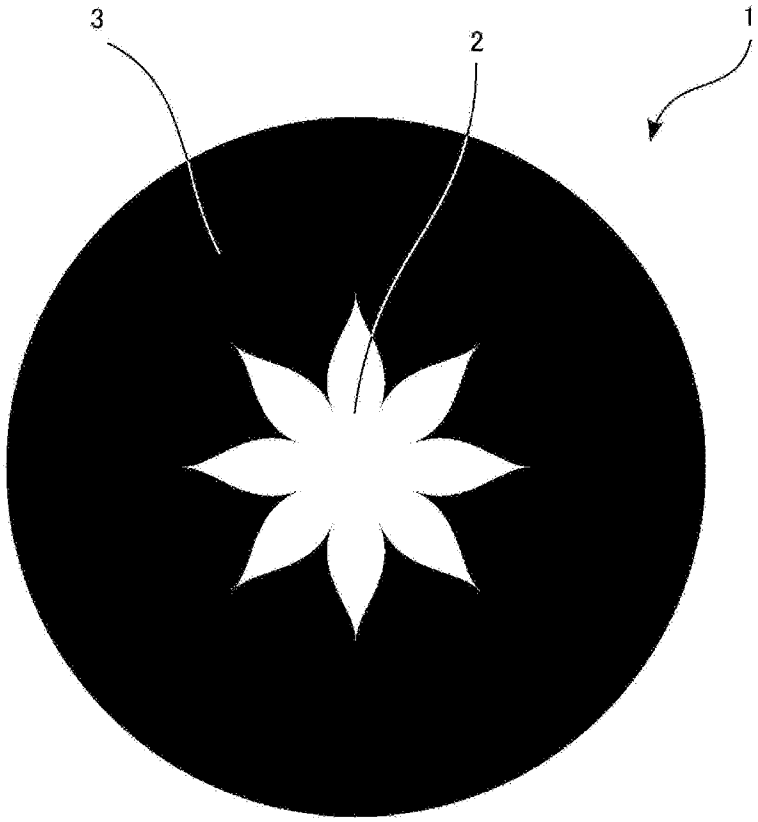
[請求項3] 前記変化領域は、レンズの中心から径方向に光の透過率が不連続に変化する部分を有する領域に振幅アポダイゼーションを適用することにより得られる領域である請求項１または２に記載の眼用レンズ。

[請求項4] レンズの中心から径方向に向かって光の透過率が変化している変化領域を二値化することにより、光が透過する透過領域と、光が透過しない不透過領域と、を眼用レンズに設定する工程を有することを特徴とする眼用レンズの設計方法。

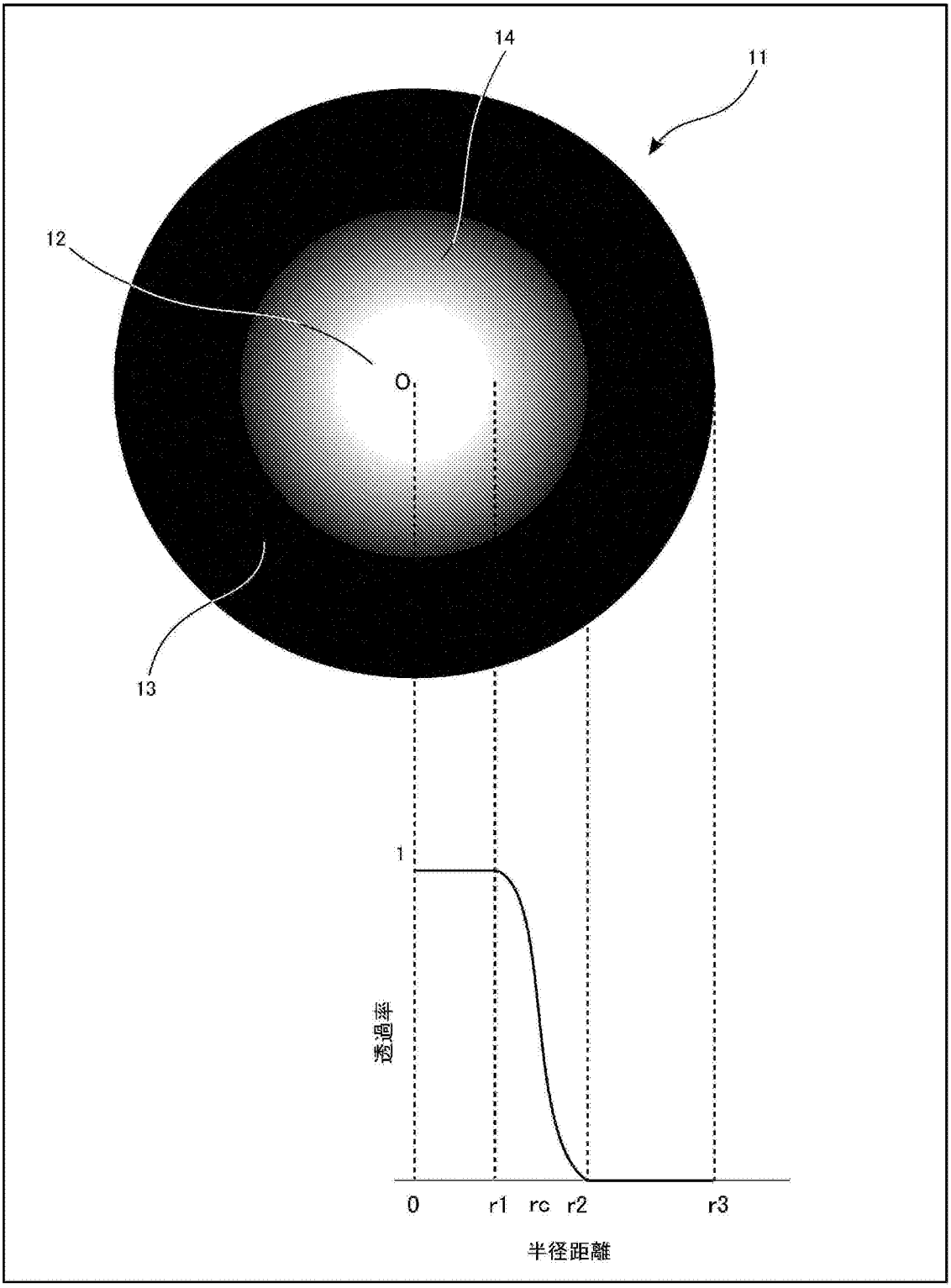
[請求項5] レンズの中心から径方向に向かって光の透過率が変化している変化

領域を二値化することにより、光が透過する透過領域と、光が透過しない不透過領域と、を眼用レンズに設定するデータに基づき、前記眼用レンズを製造する工程を有することを特徴とする眼用レンズの製造方法。

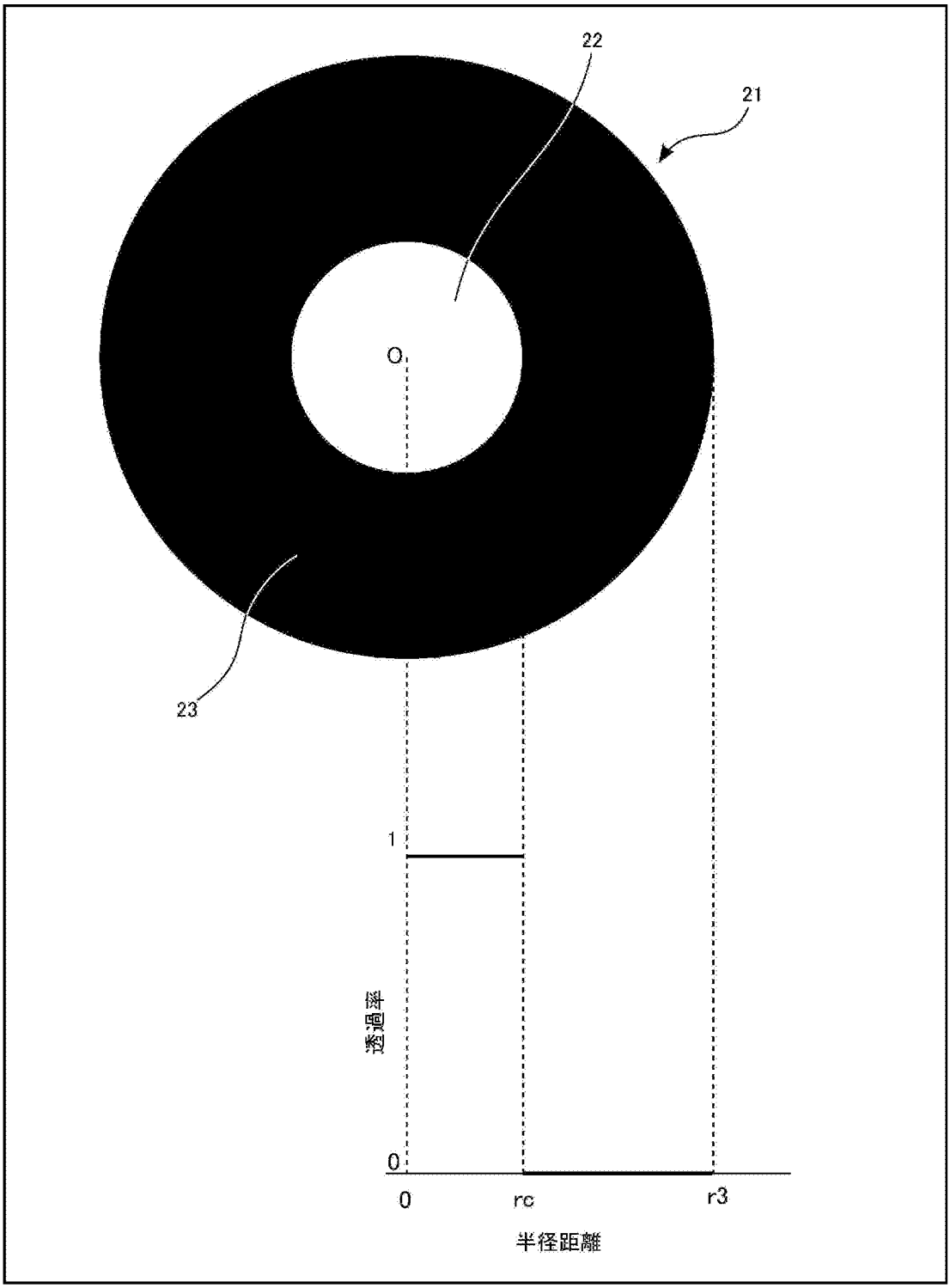
[図1]



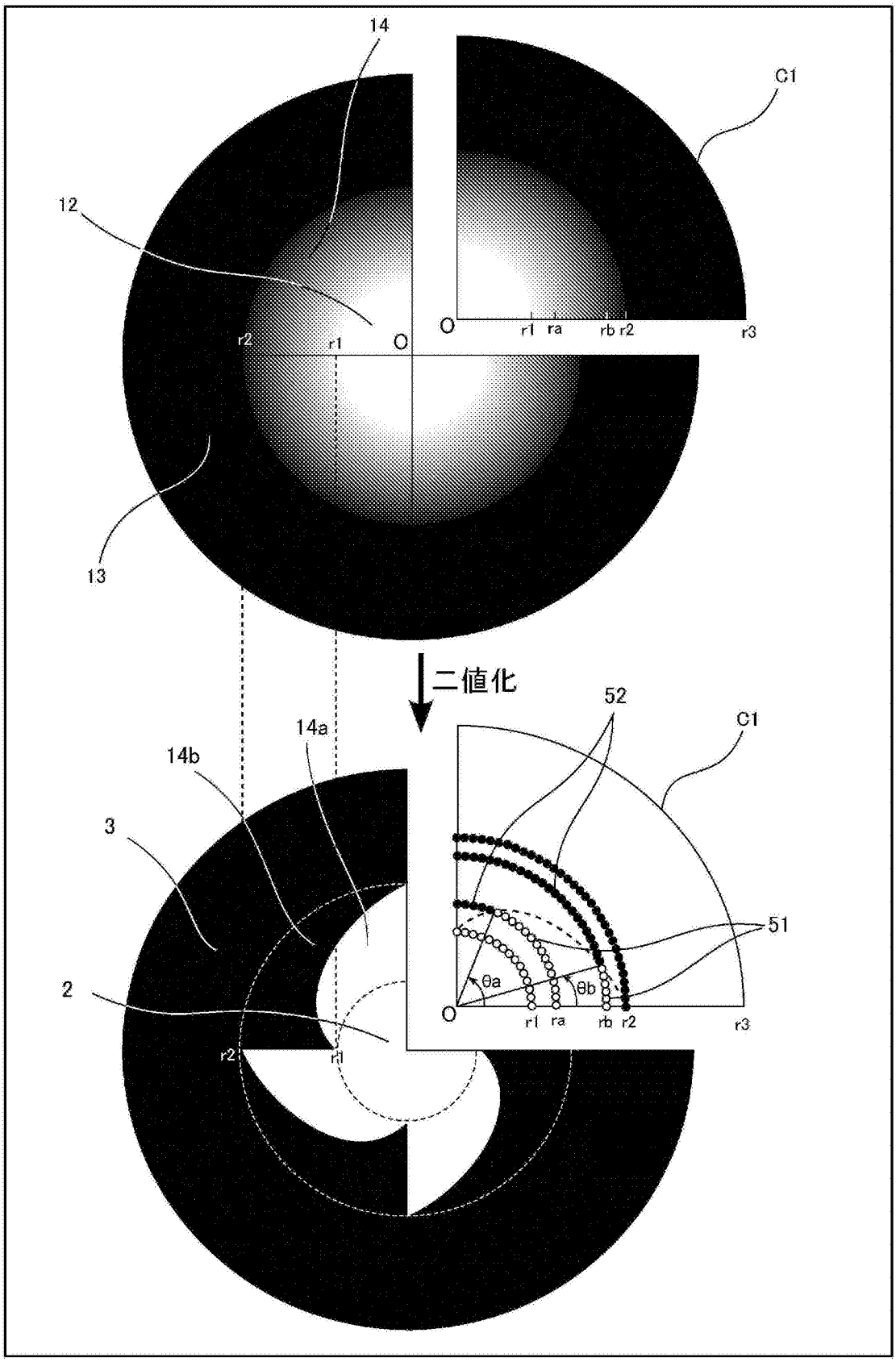
[図2]



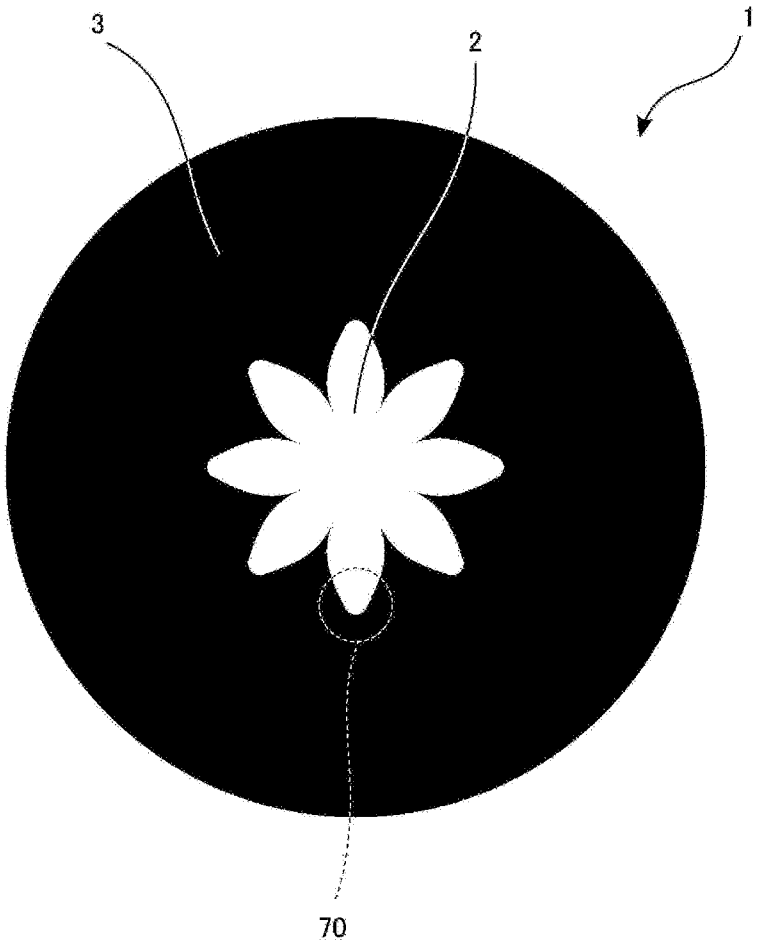
[図3]



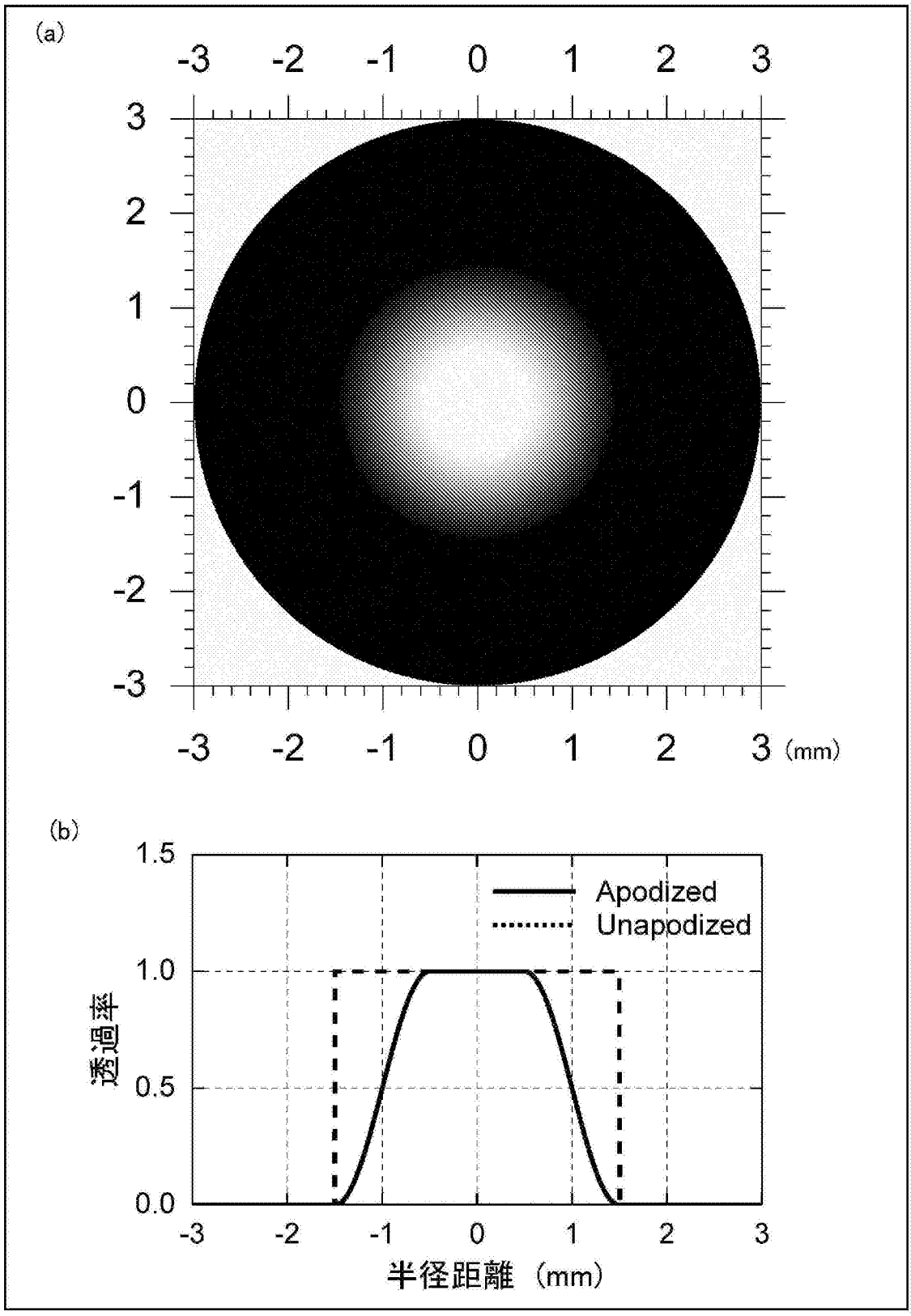
[図4]


14
C1
12
O
r1 ra rb r2 r3
r2
r1
O
13
二値化
52
C1
14a
14b
3
51
θa
θb
2
O
r1 ra rb r2 r3
r2
r1

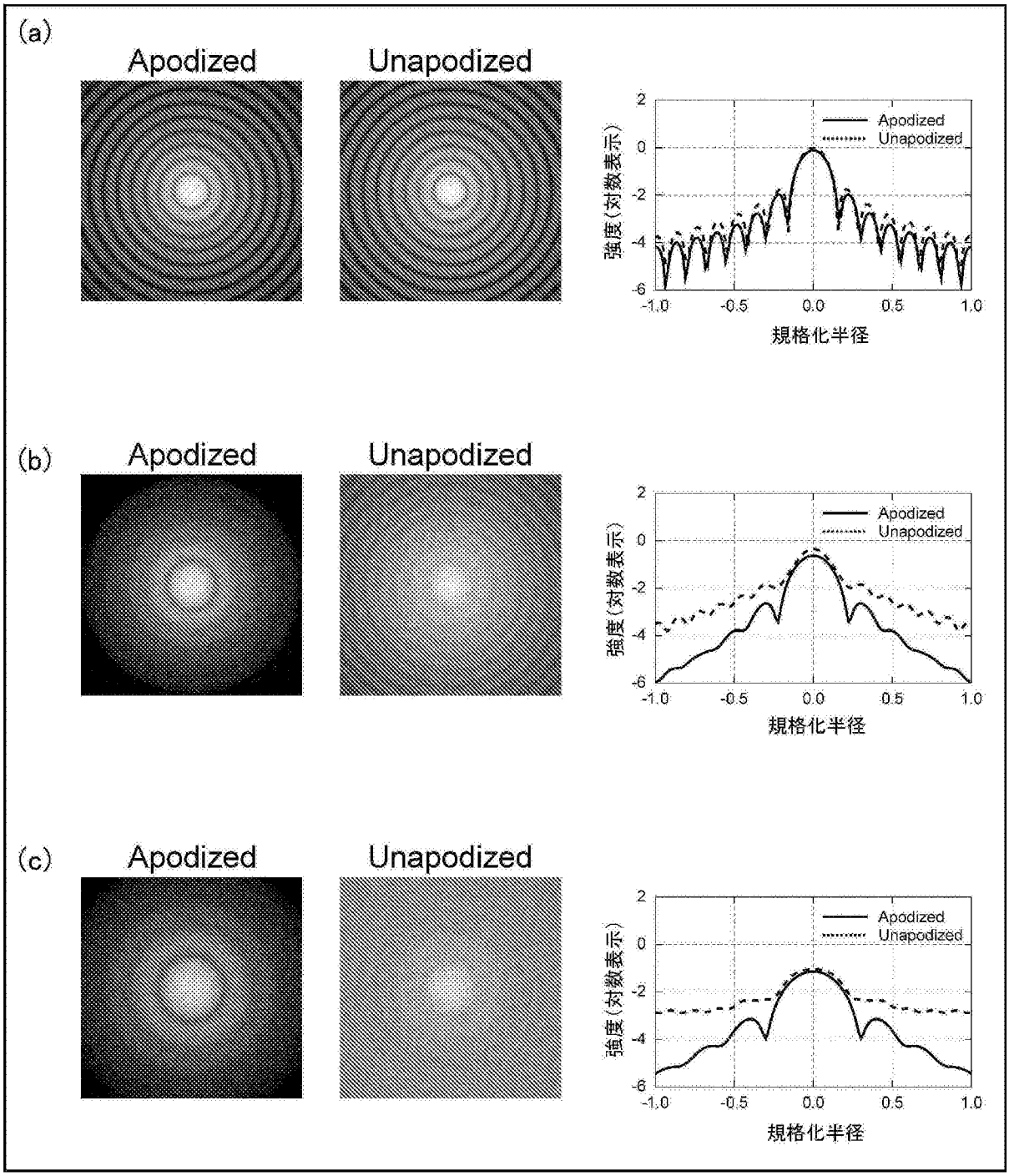
[図5]



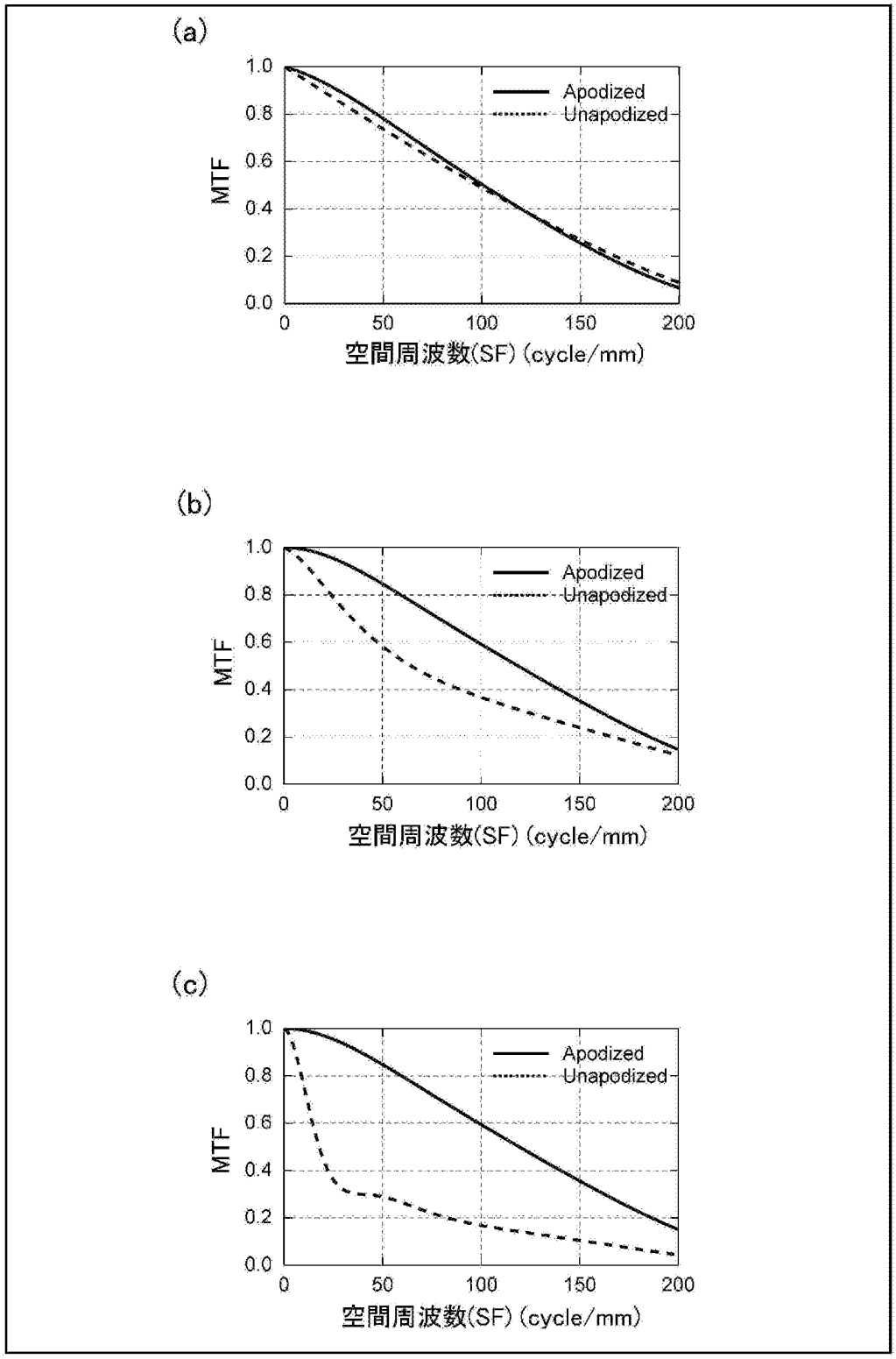
[図6]


(a)
-3 -2 -1 0 1 2 3
3
2
1
0
-1
-2
-3
(mm)
(b)
1.5
1.0
0.5
0.0
透過率
Apodized
Unapodized
-3 -2 -1 0 1 2 3
半径距離 (mm)

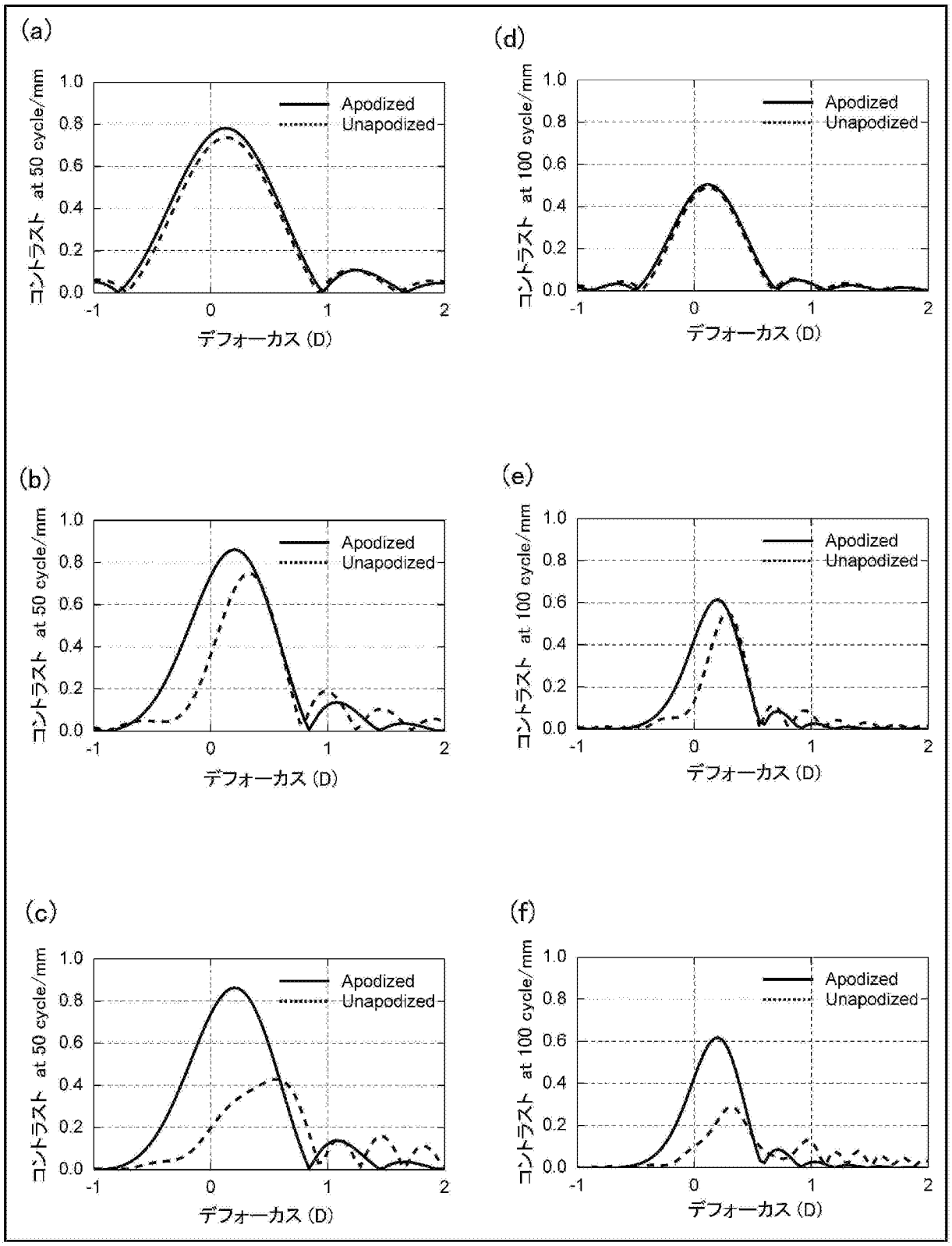
[図7]


(a)
Apodized
Unapodized
Apodized
Unapodized
強度(対数表示)
規格化半径
(b)
Apodized
Unapodized
Apodized
Unapodized
強度(対数表示)
規格化半径
(c)
Apodized
Unapodized
Apodized
Unapodized
強度(対数表示)
規格化半径

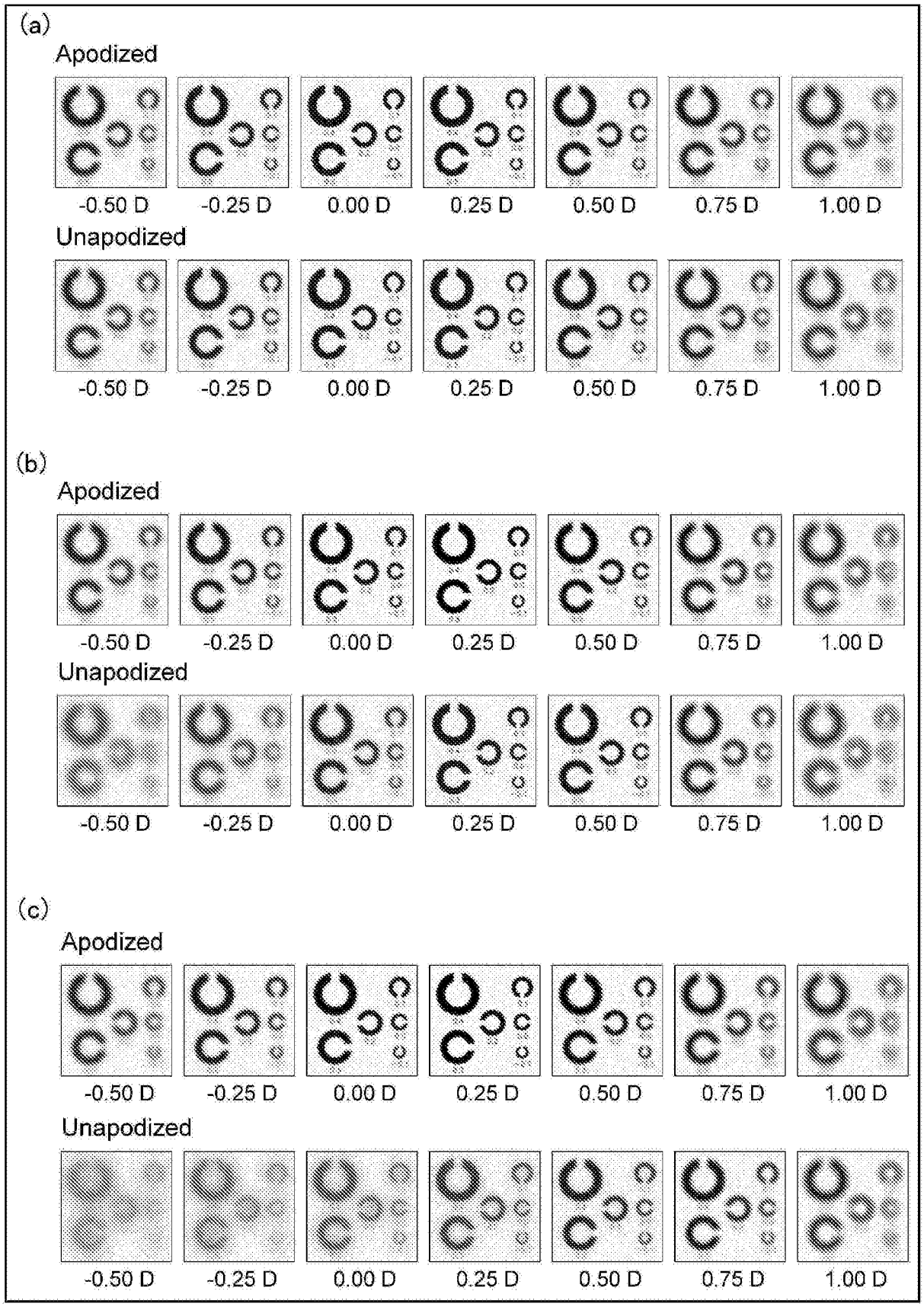
[図8]


(a)
MTF
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0.0
0
50
100
150
200
空間周波数(SF) (cycle/mm)
Apodized
Unapodized
(b)
MTF
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0.0
0
50
100
150
200
空間周波数(SF) (cycle/mm)
Apodized
Unapodized
(c)
MTF
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0.0
0
50
100
150
200
空間周波数(SF) (cycle/mm)
Apodized
Unapodized

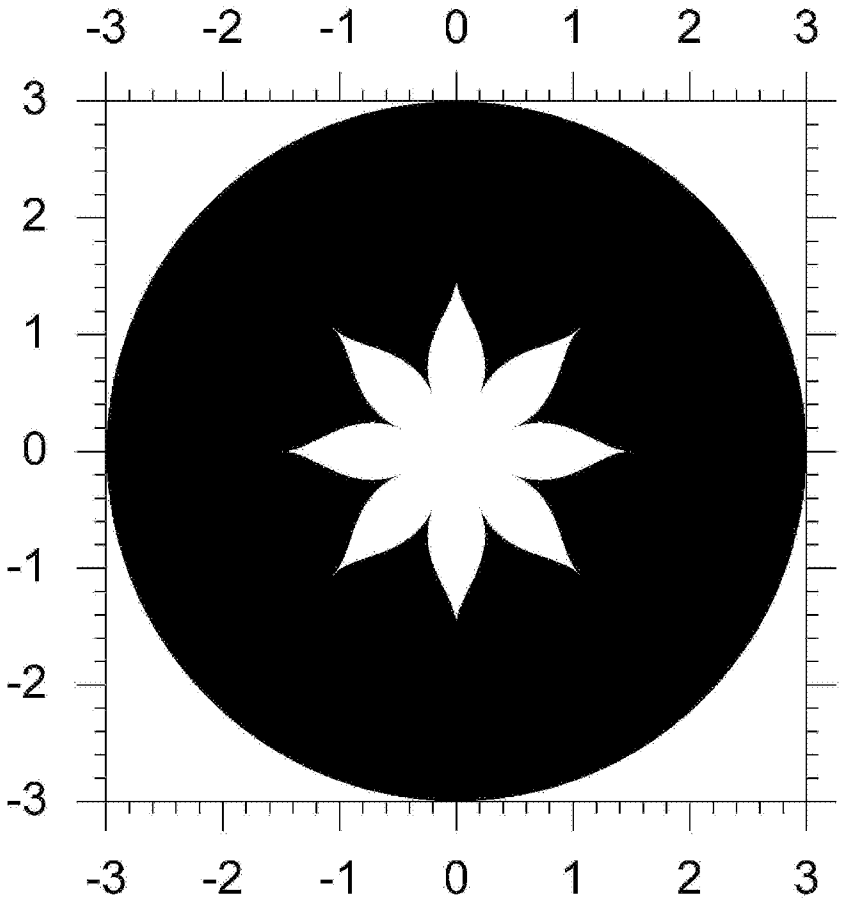
[図9]


(a)
コントラスト at 50 cycle/mm
Apodized
Unapodized
デフォーカス (D)
(d)
コントラスト at 100 cycle/mm
Apodized
Unapodized
デフォーカス (D)
(b)
コントラスト at 50 cycle/mm
Apodized
Unapodized
デフォーカス (D)
(e)
コントラスト at 100 cycle/mm
Apodized
Unapodized
デフォーカス (D)
(c)
コントラスト at 50 cycle/mm
Apodized
Unapodized
デフォーカス (D)
(f)
コントラスト at 100 cycle/mm
Apodized
Unapodized
デフォーカス (D)

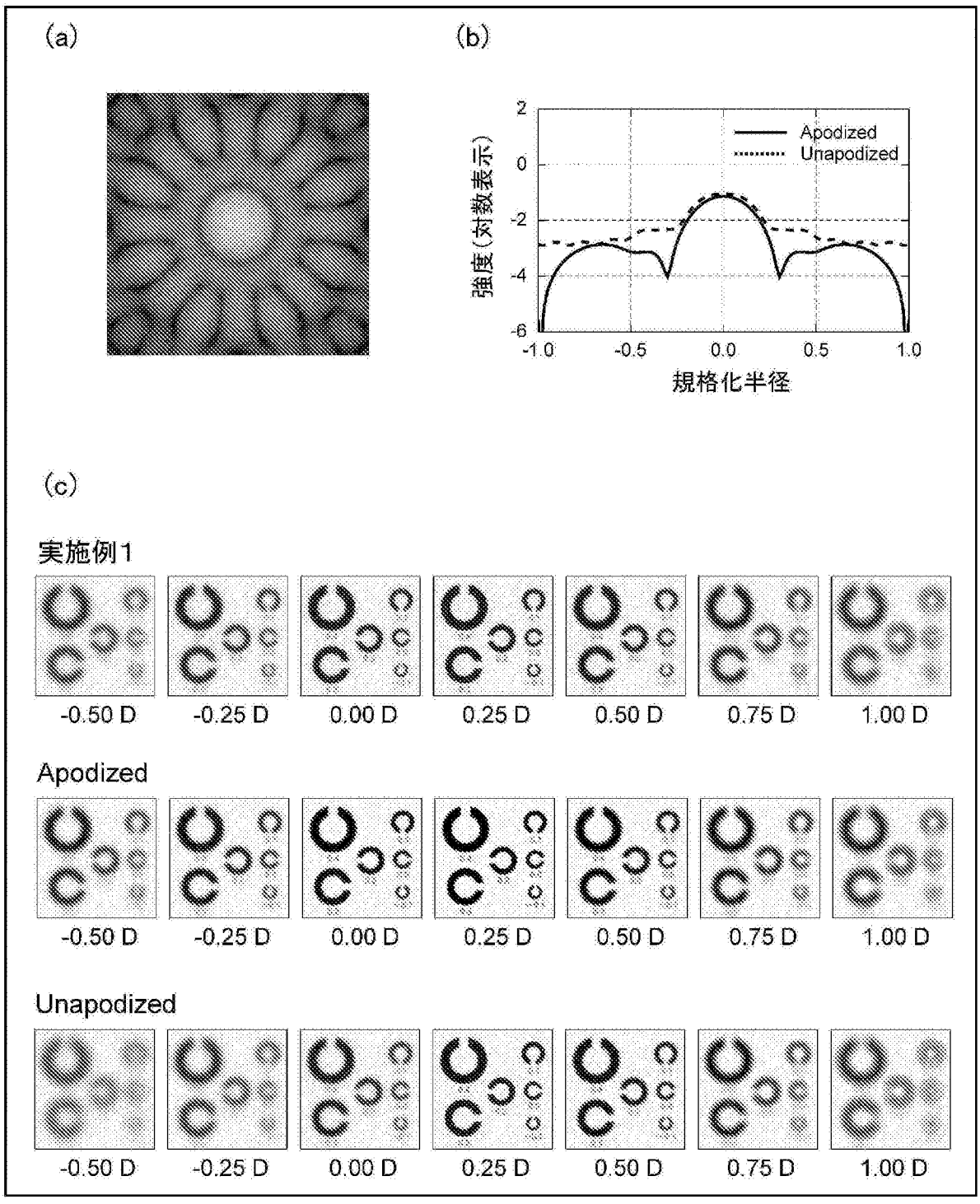
[図10]


(a)
Apodized
-0.50 D
-0.25 D
0.00 D
0.25 D
0.50 D
0.75 D
1.00 D
Unapodized
-0.50 D
-0.25 D
0.00 D
0.25 D
0.50 D
0.75 D
1.00 D
(b)
Apodized
-0.50 D
-0.25 D
0.00 D
0.25 D
0.50 D
0.75 D
1.00 D
Unapodized
-0.50 D
-0.25 D
0.00 D
0.25 D
0.50 D
0.75 D
1.00 D
(c)
Apodized
-0.50 D
-0.25 D
0.00 D
0.25 D
0.50 D
0.75 D
1.00 D
Unapodized
-0.50 D
-0.25 D
0.00 D
0.25 D
0.50 D
0.75 D
1.00 D

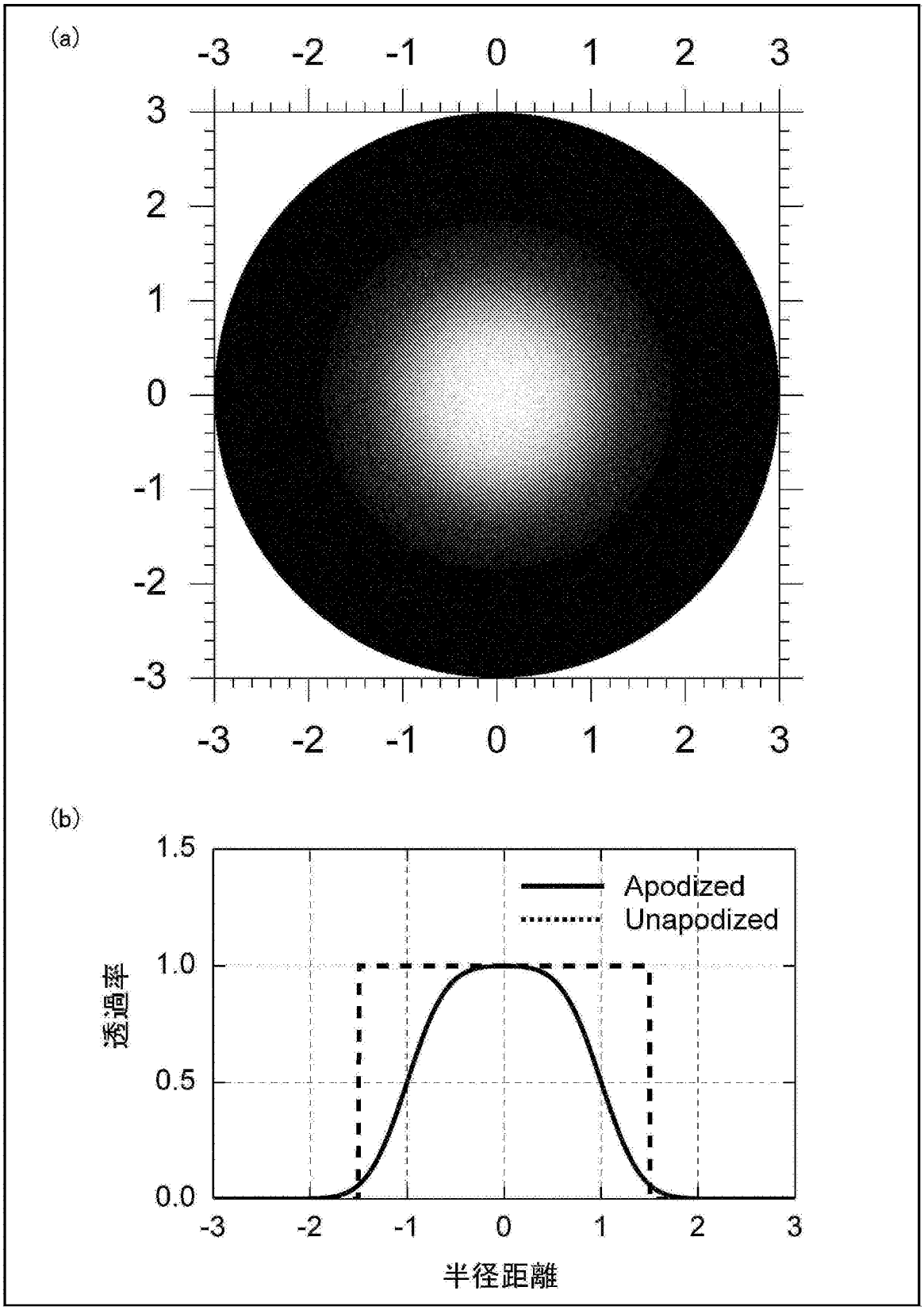
[図11]



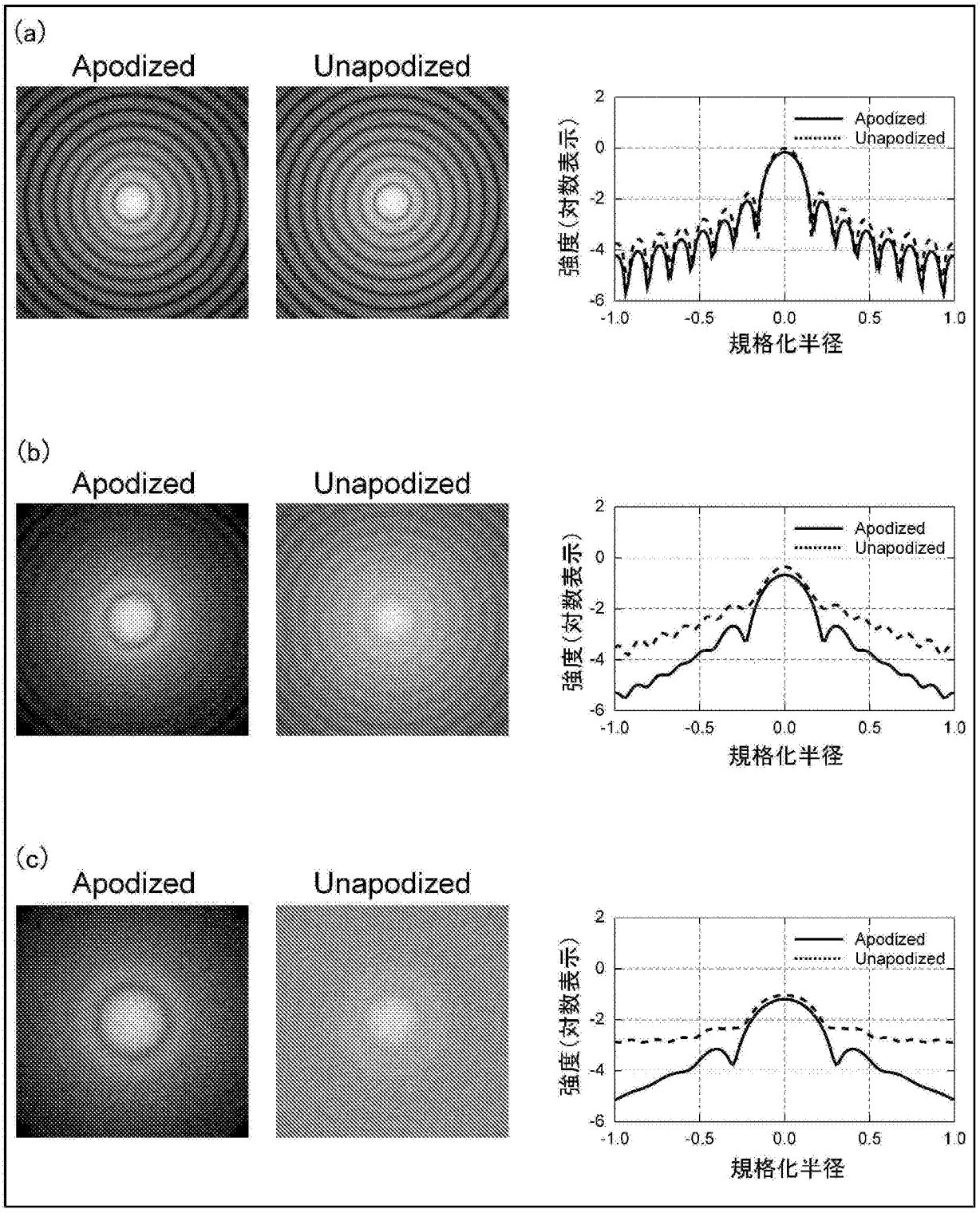
[図12]


(a)
(b)
Apodized
Unapodized
強度(対数表示)
2
0
-2
-4
-6
-1.0
-0.5
0.0
0.5
1.0
規格化半径
(c)
実施例1
-0.50 D
-0.25 D
0.00 D
0.25 D
0.50 D
0.75 D
1.00 D
Apodized
-0.50 D
-0.25 D
0.00 D
0.25 D
0.50 D
0.75 D
1.00 D
Unapodized
-0.50 D
-0.25 D
0.00 D
0.25 D
0.50 D
0.75 D
1.00 D

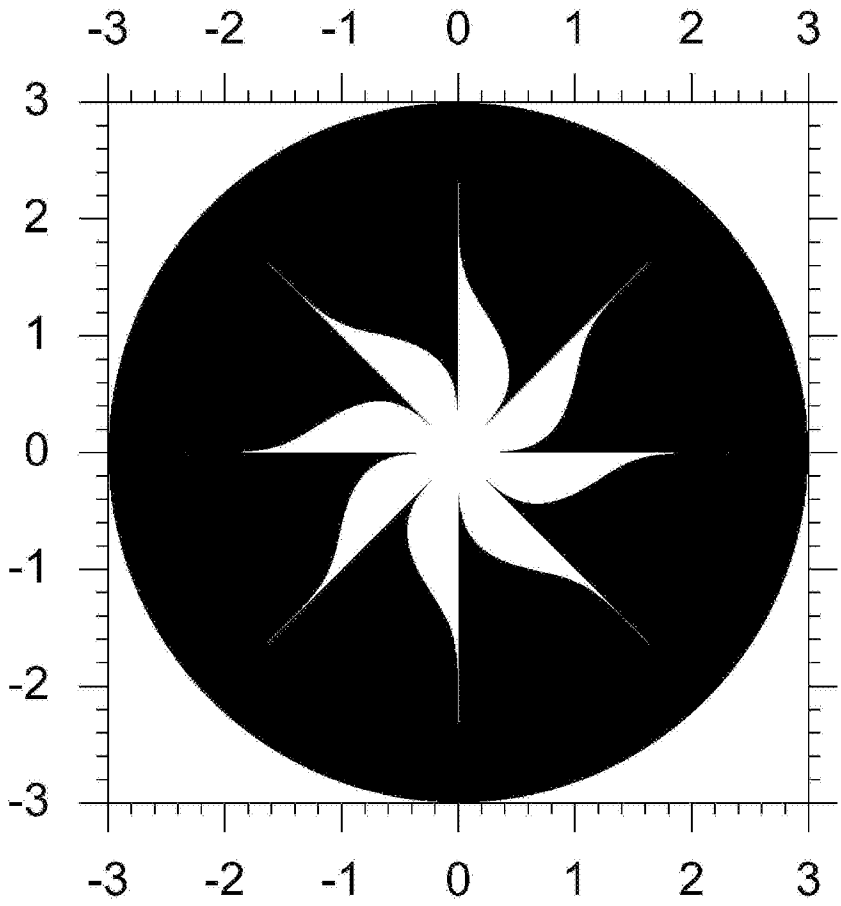
[図13]


(a)
-3 -2 -1 0 1 2 3
3
2
1
0
-1
-2
-3
(b)
1.5
1.0
0.5
0.0
透過率
Apodized
Unapodized
-3 -2 -1 0 1 2 3
半径距離

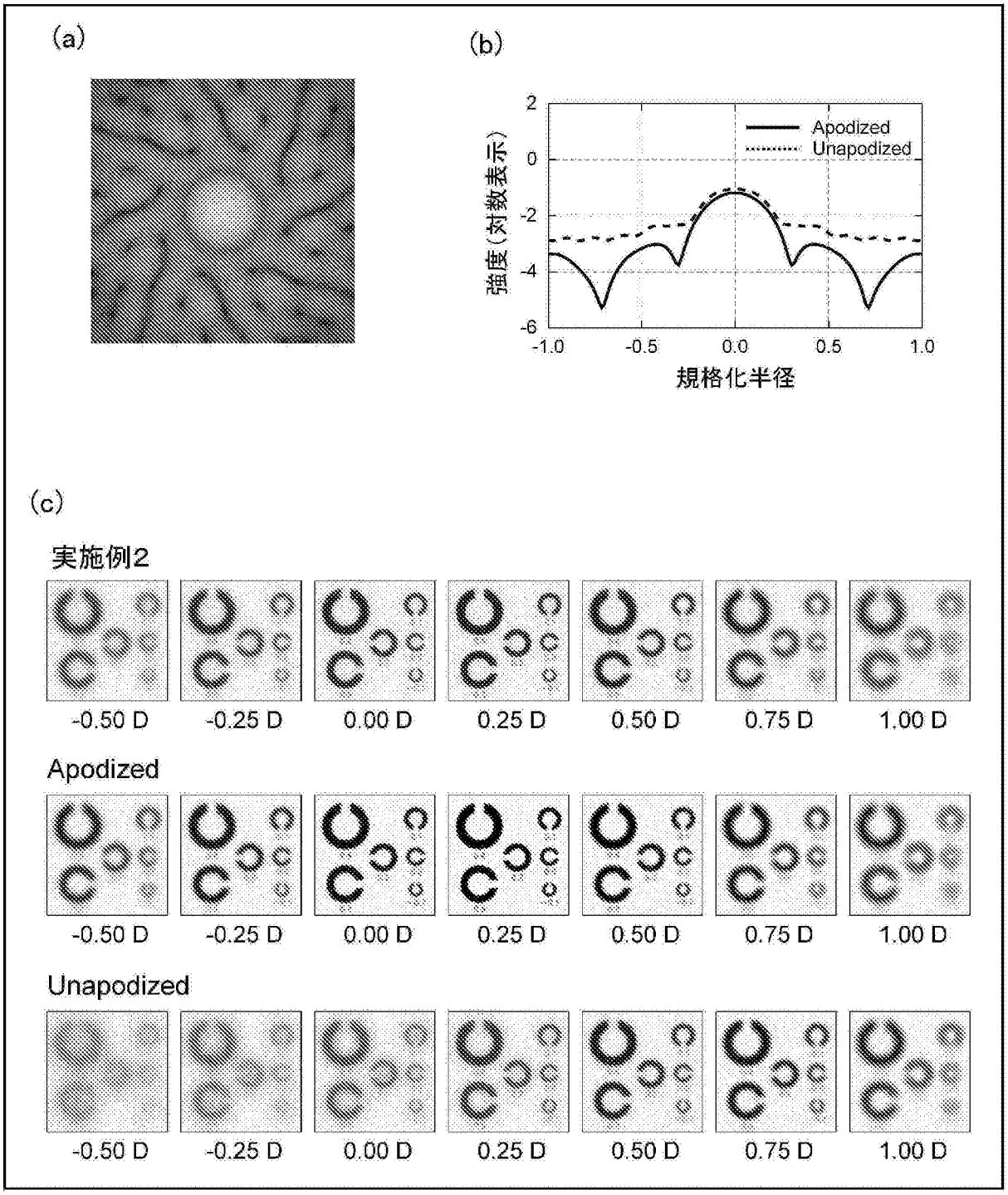
[図14]


(a)
Apodized
Unapodized
Apodized
Unapodized
強度(対数表示)
規格化半径
(b)
Apodized
Unapodized
Apodized
Unapodized
強度(対数表示)
規格化半径
(c)
Apodized
Unapodized
Apodized
Unapodized
強度(対数表示)
規格化半径

[図15]



[図16]


(a)
(b)
Apodized
Unapodized
強度（対数表示）
2
0
-2
-4
-6
-1.0
-0.5
0.0
0.5
1.0
規格化半径
(c)
実施例2
-0.50 D
-0.25 D
0.00 D
0.25 D
0.50 D
0.75 D
1.00 D
Apodized
-0.50 D
-0.25 D
0.00 D
0.25 D
0.50 D
0.75 D
1.00 D
Unapodized
-0.50 D
-0.25 D
0.00 D
0.25 D
0.50 D
0.75 D
1.00 D

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2014/056287

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
A61F2/16(2006.01)i, *G02C7/04*(2006.01)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)
A61F2/16, G02C7/04

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	1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2014	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2014

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	US 5260727 A (Henry C. OKSMAN), 09 November 1993 (09.11.1993), entire text; all drawings & WO 1994/002878 A1	1-5
A	JP 2011-177599 A (Yoichi MIKAWA), 15 September 2011 (15.09.2011), entire text; all drawings & US 2010/0082100 A1 & EP 2168534 A1	1-5
A	JP 5369273 B1 (Kabushiki Kaisha MeniconNect), 18 December 2013 (18.12.2013), entire text; all drawings (Family: none)	1-5

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ 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 18 April, 2014 (18.04.14)	Date of mailing of the international search report 13 May, 2014 (13.05.14)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2014/056287

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 4955904 A (Neal ATEBARA), 11 September 1990 (11.09.1990), entire text; all drawings (Family: none)	1-5

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１４／０５６２８７

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　A61F2/16(2006.01)i, G02C7/04(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.　A61F2/16, G02C7/04

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	１９７１－２０１４年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１４年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１４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	US 5260727 A (Henry C. OKSMAN) 1993.11.09, 全文,全図 & WO 1994/002878 A1	1-5
A	JP 2011-177599 A (三河　洋一) 2011.09.15, 全文,全図 & US 2010/0082100 A1 & EP 2168534 A1	1-5
A	JP 5369273 B1 (株式会社メニコンネクト) 2013.12.18, 全文,全図 (ファミリーなし)	1-5

☑　Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。

☐　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の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	国際調査報告の発送日
１８．０４．２０１４	１３．０５．２０１４

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
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）　３Ｉ　３９３０
沼田　規好
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３３８６

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	US 4955904 A (Neal ATEBARA) 1990.09.11, 全文,全図（ファミリーなし）	1-5