

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2011-81323

(P2011-81323A)

(43) 公開日 平成23年4月21日(2011.4.21)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
<b>G02B 13/00</b> (2006.01)	G02B 13/00	2 H04 O
<b>G02B 23/24</b> (2006.01)	G02B 23/24	A 2 H08 7
<b>G02B 13/18</b> (2006.01)	G02B 13/18	4 C06 1
<b>A61B 1/00</b> (2006.01)	A61B 1/00	300 Y
	A61B 1/00	300 D

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2009-235675 (P2009-235675)	(71) 出願人	591266113 石附 英昭 埼玉県所沢市東所沢2丁目33番地8号
(22) 出願日	平成21年10月9日 (2009.10.9)	(72) 発明者	石附 英昭 埼玉県所沢市東所沢2丁目33番地8号
		(72) 発明者	並木 秀男 東京都中野区大和町2-8-7
		(72) 発明者	東中川 徹 東京都町田市玉川学園1-4-25
		F ターム (参考)	2H040 BA02 CA23 CA27 2H087 KA10 LA01 PA02 PA03 PA17 PB02 PB03 QA03 QA07 QA19 QA21 QA25 QA34 QA41 QA42 QA46 RA05 RA32 4C061 FF40 FF46 FF47 HH51 NN01

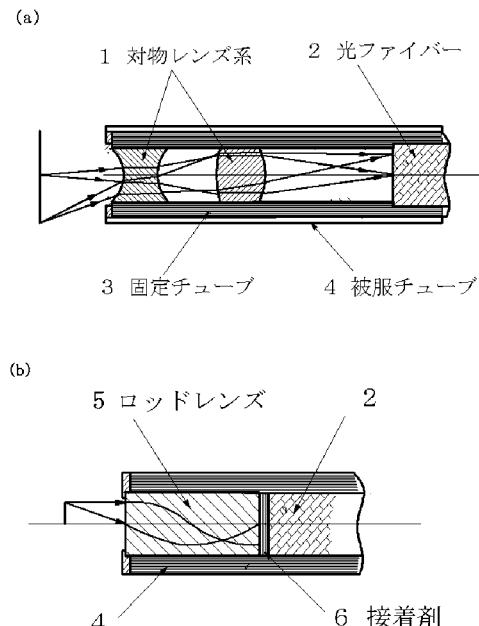
(54) 【発明の名称】超高速被写界深度を有するマイクロレンズ光学系

## (57) 【要約】

【課題】屈折曲面を持つ非球面を含む高性能複合レンズにより内視鏡用マイクロレンズを設計することにより、超高速被写界深度特性の画像を光ファイバーで観察可能にする。

【解決手段】従来のようにマイクロレンズを光ファイバ一面に直接接着剤を用いて固定するのではなく、外径0.3~0.5程度の非球面を含むマイクロレンズと光ファイバー間に適切な間隙を設け結像する光学系を設計した。これにより、物体距離が1mmから無限遠までの優れた広角画像が、光ファイバーを通じ観察可能になる。

【選択図】図1



**【特許請求の範囲】**

**【請求項 1】**

非球面を含む複数のレンズと絞りを有するレンズ外径が直径 1 mm 以下の内視鏡用対物レンズにおいて、もっとも結像面に近い集光レンズの後端から結像面までの距離（バックフォーカス） $d_N$  が  $0.5 \text{ mm} \leq d_N \leq 1.5 \text{ mm}$  の範囲を満足し、かつ、最初に物体側に配置する前面レンズが両面凹面形状のレンズであり、その焦点距離  $f_1$  が  $-0.4 \text{ mm} \leq f_1 \leq -0.2 \text{ mm}$  の範囲にある特性を有し、レンズ系全体の合成焦点距離  $f$  は  $0.3 \text{ mm} \leq f \leq 0.5 \text{ mm}$  の範囲にあることを特徴とするマイクロレンズ光学系。

**【請求項 2】**

請求項 1 に示す内視鏡用対物レンズにおいて 2 枚構成のレンズからなり、集光レンズは非球面レンズを用い、その焦点距離  $f_2$  は  $0.3 \text{ mm} \leq f_2 \leq 0.7 \text{ mm}$  を満足し、絞りを集光レンズの直前に設けることを特徴とする光学系。 10

**【請求項 3】**

請求項 1 に示す内視鏡用対物レンズにおいて 3 枚構成のレンズからなり、集光レンズの前に結像用中間レンズを設け、このレンズと集光レンズとの合成焦点距離  $f_{23}$  が  $0.3 \text{ mm} \leq f_{23} \leq 0.9 \text{ mm}$  を満足し、絞りを集光レンズの直前に設けることを特徴とする光学系。

**【請求項 4】**

2 ~ 3 枚構成のレンズからなる内視鏡用対物レンズにおいて、レンズの焦点距離が上記各請求項に示す各  $f_1$ 、 $f_2$ 、 $f_{23}$ 、 $f$  の条件を満足し、レンズ外径が 0.5 mm 以下で且つ全視野角が 90 度以上の広角特性を有し、レンズ先端から物体面までの作動距離が 1 mm から無限遠に至るまで、波面収差が 1 / 4 波長以下の特性を有し高解像度 MTF 特性が保たれる高被写界深度特性を特徴とする光学系。 20

**【発明の詳細な説明】**

**【技術分野】**

**【0001】**

本発明はカテーテル内視鏡などの光ファイバーを用いた観察系において、非球面レンズを含む複合レンズを用い超高被写界深度特性の観察を可能にするマイクロレンズに関するものである。

**【背景技術】**

**【0002】**

従来の超微外径マイクロレンズは、主として化学気相法を含めた蒸着により作られた内部の屈折率分布を変え、光を集光可能にしたロッドレンズが使われている。あるいは、研削による球面マイクロレンズを用いたレンズが使われているが、十分な被写界深度を持ち解像度の高い広角な光学特性を持った対物レンズ系が不可能なため、医療を含めた観察分野において近接拡大画像のピントが合わず十分な画像観察の効果が期待できなかった。 30

**【先行技術文献】**

**【非特許文献】**

**【0003】**

【非特許文献 1】「セルフォックレンズアレイ」日本板硝子のホームページ性能公表。

【非特許文献 2】「イメージスキャナ開発室」アイメジャー有限会社のホームページ、NIFTY ココログによる。 40

**【発明の概要】**

**【発明が解決しようとする課題】**

**【0004】**

ロッドレンズ、球面レンズによる従来の細管の内視鏡においては、広範囲にわたるピント調整機構を持たせることができたが困難であった。そのため従来と全く異なった方式の光学系において、近接高倍率撮影から、無限遠までの長作動距離の画像をイメージ光ファイバーに伝達する固定焦点距離レンズを作成することを目的としている。

**【課題を解決するための手段】**

10

20

30

40

50

## 【0005】

上記のロッドレンズ、球面マイクロレンズによる方法では、一般的にレンズ端を光ファイバーの面に直接接着する方法が用いられていたが、本発明では高倍率化を容易にするため、レンズ端とファイバーの端面に適切な間隔を設け結像する機構を考えた。この画像観察システムは、一つの細管の中にマイクロレンズ系と光ファイバーを同時に組込み、その相対位置（スペース）を調整し結像位置を合わせることを特徴とする。使用する対物レンズは、非球面を含む複合レンズ系であって、上記スペースを適切に考慮したレンズ設計により、高倍率に加え超高被写界深度、広角、高解像度特性なイメージの伝達を可能にする。

## 【発明の効果】

10

## 【0006】

従来の光学系では非常に深度が浅いため、接写レンズを近づけるとピントが合わず、特に医学部門などではクローズアップ拡大撮影が困難であった。本発明による全く新たな着想に基づくレンズ系を使用すると、近接距離が1mmからほぼ無限遠に近い状態まで高解像度、広角観察が可能である。すなわち従来の方法では例えば病巣の患部の拡大しても画像が不鮮明で明確な判定が出来ず、その映像観察の効果が達せられず不本意に終る場合が多いが、本発明によるマイクロレンズの挿入により近接拡大による明確な画像による診断が可能となる。このようなシステムは患部を切除することなしにおこなえるので、体内的細管部に対する内視鏡撮影に非常に有効な手段となる。その他、このレンズの活用により、細管部を高倍率観察することが必要なあらゆる産業部門に、役立てることが出来る。

20

## 【図面の簡単な説明】

## 【0007】

【図1】(a) 本発明による非球面を含む2枚のレンズによる細管内視鏡の構図 (b) ロッドレンズを使用した従来の細管内視鏡の構図

30

## 【図2】2枚構成マイクロ対物レンズ結像系のレイアウト

## 【図3】3枚構成マイクロ対物レンズ結像系のレイアウト

## 【図4】2枚構成のマイクロ対物レンズのMTF伝達特性

## 【図5】2枚構成のマイクロ対物レンズのスポット像

## 【図6】2枚構成のマイクロ対物レンズの波面収差

## 【図7】2枚構成のマイクロ対物レンズの色収差、歪曲収差、相対照度特性

## 【図8】3枚構成のマイクロ対物レンズのMTF伝達特性

## 【図9】3枚構成のマイクロ対物レンズのスポット像

## 【図10】3枚構成のマイクロ対物レンズの波面収差

## 【図11】3枚構成のマイクロ対物レンズの色収差、歪曲収差、相対照度特性

## 【発明を実施するための形態】

## 【0008】

実施例について図面を参照して説明する。図1(a)は本発明によるカテーテル内視鏡の構図で、左に示す物体からの光束は複数枚のマイクロレンズを用いた対物レンズ系1により、光ファイバー2に集光しイメージが伝達される。これらの要素はレンズ設計に従ったレンズ間の距離、及び、レンズ端面から光ファイバーまでの距離を正確に保つため、特に構造的に工夫された固定チューブ3内部に収納される。その周囲は図では書いてないが、ライトガイド用ファイバーとか水洗用の管などが設けられている場合が多い。さらにその外側は、被服チューブ4によって保護されている機構を持つものである。本発明ではこの様にレンズ後端と像面の間に比較的長いスペースを持たせることにより、非球面レンズの特性を活かし高倍率化、高被写界深度化のためのレンズ設計を可能にするものである。これに比して、図1(b)は従来のカテーテル内視鏡に主として用いられるロッドレンズ5を用いた構図を示すもので、ロッドレンズは外形寸法の微細径化を特色とし、化学気相法を含めた蒸着により作られた物で、内部の屈折率分布を変えることにより図のような周期的な弧を描いて光が伝達する方式がとられる。この場合通常5の端面が結像面になるため、光ファイバー2の全面に接着剤6により貼付ける方法がとられていた。ロッドレンズ

40

50

の特性は、解像度も低く高々 8 本 / mm 程度のもので、その際の被写界深度は高々 ± 0.4 mm 程度かそれ以下と言わわれている。この方式では、例えば 20 mm の物体位置に合わせて設計されたカーテルでは、2 ~ 3 mm までの近接撮影により患部の詳細像を捉えることが出来ず、正確な診断が不可能になっている。また球面レンズを加工した光学系でも、深度は ± 2 mm 程度に改良されているものもあるが、広角の入射に対しては収差が補正し入れず周辺の解像度が劣化することが避けられない。これらの方法は屈曲性、操作性をよくするためか光学的な収差を余り考慮せず全長を短くし、レンズを光ファイバーに密着する方法をとっている。

#### 【 0 0 0 9 】

図 2 は本発明によるレンズ設計のレイアウト図であり、2 枚構成のマイクロ対物レンズによるもの、図 3 が 3 枚構成によるマイクロ対物レンズによるものである。以下に用いるレンズ系の長さの単位は全て mm を使用する。図 2 において前面レンズ 7 はレンズ外径が小さく 0.38 以内となるように設計がなされている。通常の広角カメラに見られるようなメニスカス型凹レンズを用いると極めて前面レンズが形状の大きくなり、細管系のカーテル外径寸法には適さない。そこで本発明では設計した前面レンズは、 $R1 = -0.39$ ,  $R2 = 0.55$ 、中心厚 0.3 からなる曲率の小さな両凹面形状のレンズであり、焦点距離  $f_1 = -0.33$  で大きな負のパワーを持つ。又レンズ間距離  $d_1$  を 0.5、バックフォーカス距離  $d_N$  を 1.0 と長くした設計であり、従来の設計で見られるような  $d_N$  をほぼゼロに近くしたテレセントリック平行光による結像系を用いていない。集光レンズ 8 は中心厚が 0.4、曲率は  $R3=0.890$ ,  $R4=-0.781$  であり、マイクロレンズの量産用金型のバイト切削に適して曲率を持ち、16 次の高次項まで考慮した非球面レンズを用い優れた光学的収差をもつものである。レンズ 8 の焦点距離は  $f_2=0.53$  である。2 枚レンズ系全体の焦点距離は  $f=0.33$ 、最大視野角は全角で 90 度であり、解像度に優れ、被写界深度を有する光学が可能である。図ではレンズ間距離  $d_1 = 0.51$ 、バックフォーカスは  $d_N = 1.0$  である。特性図は後述の図 4、図 5、図 6、図 7 に詳細を明記するが、同様な結像性能を持つ、本発明による条件は 2 枚構成のマイクロレンズに対し、 $-0.4 \leq f_1 \leq -0.2$ ,  $0.3 \leq f_2 \leq 0.7$ ,  $0.5 \leq d_N \leq 1.5$  の範囲で規定され、レンズ絞りは集光レンズ 8 の直前に（絞りと 8 の距離はゼロ）置かれることを特徴とするものである。又、全体の焦点距離は  $0.3 \leq f \leq 0.5$  の条件を満たす。

#### 【 0 0 1 0 】

図 3 はマイクロレンズ 3 枚レンズによる結像の例であり、上記図 2 の設計構想に基づくものであるが、中間位置にもう一枚のレンズを加えることにより、MTF を含めた解像特性をより向上することが出来る。図 3 の例では全視野角が 90 度でレンズ外径が図 2 と同様に 0.38 である。なお、外径を 6 にすると広角での光束の蹴られがなく、全視野角が 100 度においても高被写界深度、高解像度を維持することが出来る。図 3 の例では前面レンズ 7 は  $R1=-0.371$ ,  $R2=0.273$  からなる曲率の小さな両凹面レンズであり、レンズの中心厚は 0.4、焦点距離は  $f_1 = -0.204$  で、2 枚レンズ系と同じく  $-0.4 \leq f_1 \leq -0.2$  の条件を満足すること特徴とする。又、中間レンズ 9 は球面からなる凸レンズで  $R3=1.03$ ,  $R4=-0.443$ 、中心厚は 0.3 である。図 3 の集光レンズ 8 は  $R5=2.404$   $R6=-2.263$  なる曲率で 16 次の高次項を含む非球面レンズであり、中心厚は 0.4 である。中間レンズ 9 と、集光レンズ 8 の合成焦点距離を  $f_{23}$  とすると、 $f_{23}=0.578$  となり 2 枚レンズ時の集光レンズの焦点距離  $f_2$  とほぼ相当する値になる。又レンズ間距離  $d_1$  は 0.3,  $d_2$  は 0.3 であり、バックフォーカス距離  $d_N$  を 1.0 にした設計である。さらに図の 3 枚レンズ系全体の焦点距離は  $f = 0.34$  である。このレンズの特性図は後述の図 8, 図 9, 図 10, 図 11 に詳細を明記しているが、同様な結像性能を持つ本発明による条件は、 $0.3 \leq f_{23} \leq 0.9$ ,  $0.5 \leq d_N \leq 1.5$  の範囲で規定される。レンズ絞りはレンズ 8 の直前に（絞りと 8 の距離はゼロ）置かれることを特徴とするものであり又、全体の焦点距離は  $0.3 \leq f \leq 0.5$  を満足する。

#### 【 0 0 1 1 】

図 4 は前記 2 枚構成のマイクロレンズ光学系の MTF 伝達函数による解像度の特性を示すもので、図の上段は極めて近距離接写撮影時特性で、レンズ先端から観察物体までの距離を  $a$  とおくとが上段は  $a = 1$  の時、下段は観察物体から離したときの特性を示し、 $a = 1$

10

20

30

40

50

000の時を示す。この図には書かれてないが距離が、 $a = 15$ を超えると特性は無限遠時とほぼ変わらない。図の上方に記された直線は無収差レンズの回折限界曲線を示す。ここでT, S細文字で書かれている部分はそれぞれSagittal（球欠像面）に対してTはTangential（子午像面）に対して光線追跡を行ったときの識別記号である。この図から、従来のロッドレンズ及び球面レンズを用いたときの場合に比して特性と著しく向上し、本発明によるレンズ系では、MTF曲線が $a = 1$ の近接から無限遠までほとんど変わることが分る。通常の広角レンズでも90度以上の全視野角を持たせるには数枚のレンズ構成が必要であるが、本発明では僅か2枚構成のレンズにおいて、広角な視野の領域まで画像が明確に観察可能である。縦軸はMTFの値を示し最大値が1.0、横軸は1mmあたりの解像本数を示す。通常、MTFが30%前後に至る点を基準とすると、この図の横軸は最大を120本/mmとし表示している。

10

## 【0012】

図5は像面に集光するスポット形状を示し上段は物体までの距離が $a = 2$ の時、下段は $a = 20$ の時の形状を示す。各図において、左上から右下へ順に視野角がそれぞれ、0、10、20、30、35、40、45度の場合のスポット像を示す。又、ブロックの一片は $20\mu m$ であり、これらの図において非常にスポット径の小さく光束の十分な収束が得られている。広角においてもコマ収差少ないことが言える。

図6は波面収差形状を示し、上段は観察物体からの距離が $a = 2$ の時で入射角0°の場合、波面収差のRMSは0.045 ( $= 0.587\mu m$ )、下段は $a = 20$ の時で入射角0°の場合、波面収差のRMSは0.120である。なお、入射角45度でも $a = 2$ では、RMSは0.146となり、波面収差がレーリーの1/4波長則以内である。すなわち、近接においても極めて像の劣化が少ない結果となっている。

20

図7は他の収差を示し、上段図の左側は $a = 2$ の時の像面湾曲及び色収差、その右側は歪曲収差を示し、入射角45度に対し最大44.2%となる。 $a$ がほぼ無限遠でも歪曲度はほとんど変わらない。図7の下段図は、 $a = 20$ の時の入射角に対する相対照度を示す。入射角45度の画面端においても、中心部の96.5%の照度が得られる。この照度は近接から無限遠まで特性がほとんど変わらない。

## 【0013】

図8は前記3枚構成のマイクロレンズ光学系のMTF伝達函数による解像度の特性を示すもので、図の上段は極めて近距離接写撮影時特性で、上段図は $a = 2$ の時を示す。下段図は観察物体から離したときの特性で $a = 20$ の時を示す。図の横軸は最大解像度を150本/mmにとり表示している。図3のMTFに比べると、3枚レンズの効果により光学特性が改善され、解像度がより回折限界に近づいていることが見られる。特に $a = 2$ ではもっとも回折限界に近づくが、通常使用する $a = 3$ 程度までこれとほぼ同じ性能が保たれる。 $a = 20$ 以上ではこれらの近接に対して無限遠に近いと考えられる。

30

## 【0014】

図9は上記と同じ3枚構成のマイクロレンズ光学系による像面に集光するスポット形状を示し、上段図は物体までの距離が $a = 2$ の時、下段図は $a = 20$ の時の形状を示す。各ブロックはそれぞれ視野角がそれぞれ、0、10、20、30、40、45度の場合のスポット像を示す。

40

図10は上記と同じ3枚構成の場合の波面収差形状を示し、上段図は $a = 2$ の時で入射角0°の場合得られた波面で波面収差のRMSは0.023、下段図は $a = 20$ の時で入射角0°の場合得られた波面で波面収差のRMSは0.101である。この図でも、2枚レンズの場合に対し収差の改善が見られる。

図11は上記と同じ3枚構成の場合、他の収差を示し、上段の左図は $a = 20$ の時の像面湾曲及び色収差、右図は歪曲収差を示し入射角45度に対し最大46.4%となる。歪曲収差は近接から無限遠に至ってもほとんど変わらない。2枚レンズ系に比して色収差は改善されている。像面湾曲収差の劣化が見られるが、レンズの曲率を変えることにより改善が可能でほとんど問題にならない。下段は、 $a = 20$ の時の入射角に対する相対照度を示す。入射角45度の画面端においても、中心部の97.6%の照度が得られる。なお、これらのレンズ系の中

50

で、前面レンズと中間レンズは球面形状用いるため外径が 0.3程度でも切削加工が可能であり、よく使われる市販の硝子材料、BK7、SF66等を用いる。しかし集光レンズは 16 次高次項を考慮した非球面を用いるためマイクロレンズの切削加工は不可能であり、最新の低融点高屈折率の硝子材を用いることにより金型成形加工を行う。

#### 【0015】

総合倍率  $m$  は 2 枚レンズ系の場合  $a = 2$  の時  $m = -0.148$  であり、結像面の解像度は図 3 による物体面での解像度 120 ~ 150 本/mm<sup>2</sup> に  $m$  を掛けると、18 ~ 22 本/mm<sup>2</sup> 程度の解像度が得られる。3 枚レンズ系の場合は  $a = 2$  の時  $m = -0.153$  で物体面での解像度 150 ~ 200 本/mm<sup>2</sup> と解すると、像面の解像度は 23 ~ 30 本/mm<sup>2</sup> が得られる。これはロッドレンズを用いて浅い被写界深度の最良の位置で得られる解像度の実測値 9 本/mm<sup>2</sup> に比して 3 倍程度の解像度を得ることになる。実際、従来のレンズによる結像は、被写界深度は高々 ± 0.4 mm 程度かそれ以下と言わわれている。この状態で本発明によるような 1 mm ~ 無限遠までの深度特性と比較するのは難しく、従来のマイクロレンズは、図 5 及び 9 に示す程度のスポット集光と、図 6 及び 10 の波面収差を論ずるには至らず、合焦点から少し離すと像がすぐに不鮮明になる。又、従来の方法では、球面マイクロレンズの使用も含めて、レンズを光ファイバーの端面に接着する機構になっているため、本発明によるようなレンズのバックフォーカスを考慮した光学系は考えられていない。これは、ただレンズ系の長さを短くし、体内を含めた細管内部での屈曲性を良くするためにには都合がよい方法と考えられる。本発明では、2 枚及び 3 枚レンズの構成において全長は、2.2 ~ 2.7 mm 程度の範囲となっている。一方、市販の映像用広角レンズの例では、数枚のレンズ構成からなり少なくとも全長が 30 ~ 40 mm、外径が 20 ~ 30 のレンズ系が多い。本発明ではこれらに比べ非常に小さいマイクロな形状を有し、且つ超高被写界深度の優れた光学系もつものである。

#### 【0016】

本発明の実際の用途に関しては、上記のような全長が 2 ~ 3 mm 程度でも図 1 の光ファイバー結像系においても、カテーテル内視鏡においても十分な仕様を持ち、あらゆる位置で高性能な画像を観察することが可能である。（例えば通常の直視鏡の長さは 10 ~ 20 センチのオーダーである）。図 1 の場合には光学系を固定するため、固定チューブ 3 はステンレス製などを用いる場合もある。しかし、本発明による非球面レンズ系では、レンズ間のチルト、傾きに対しする影響があっても、ロッドレンズの使用時などに比較して、性能を維持できる可能性があると考えられる。前記のような金属製のチューブを用いずに樹脂製のチューブにより、少しの屈曲性を持たせたレンズ取付け構造を、メカ的に工夫することも可能である。さらに、本発明の特徴はたった 2 枚のレンズ構成でも広角まで解像度が保たれる点であり、通常は枚数が少ないと広角において十分な MTF 特性が得られず、周辺ボケ、色収差などによる MTF 曲線の応答が急激に落ちる現象がよく見られる。さらに、より広角性を必要とする場合は光束の跳られをなくすため、外径を大きくし 0.7 mm 程度のレンズを用いれば 110 度以上の全視野角が可能である。また、歪曲収差は図 7, 11 による特性図から、全視野角が 40 度以内の領域の映像では歪曲収差が 10% 前後の歪みの少なく、正確な形状を把握することが可能である。この性能は医療分野のみならず、観察を必要とする多くの工業分野でレンズの小型化、マイクロレンズ化に大きく貢献することが出来る。

#### 【符号の説明】

#### 【0017】

- 1 対物レンズ系
- 2 光ファイバー
- 3 固定チューブ
- 4 被服チューブ
- 5 ロッドレンズ
- 6 接着剤
- 7 前面レンズ
- 8 集光レンズ

10

20

30

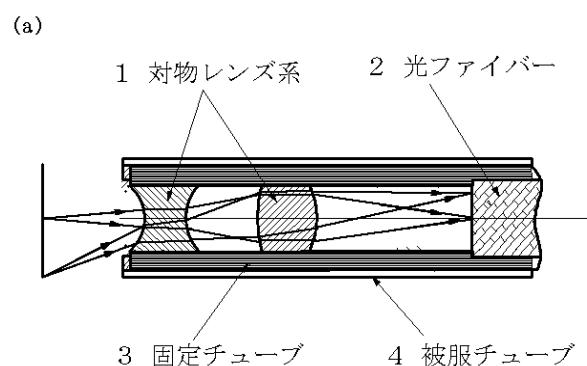
40

50

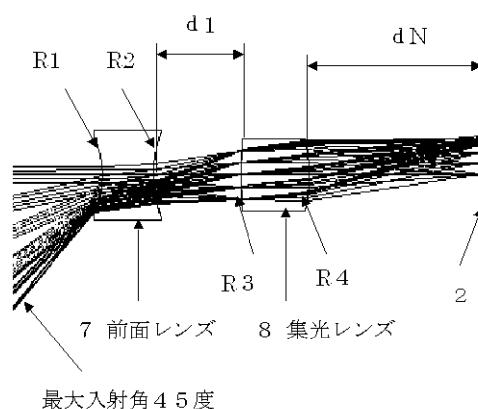
## 9 中間レンズ

10

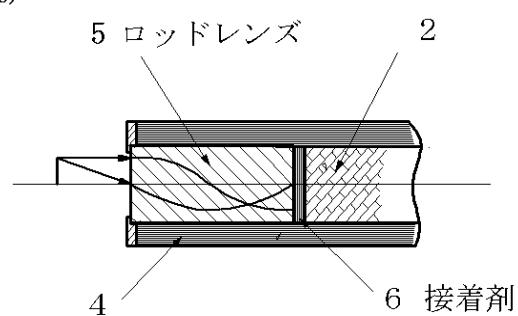
【図1】



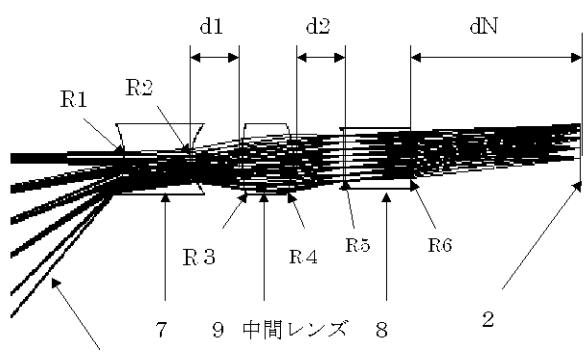
【図2】



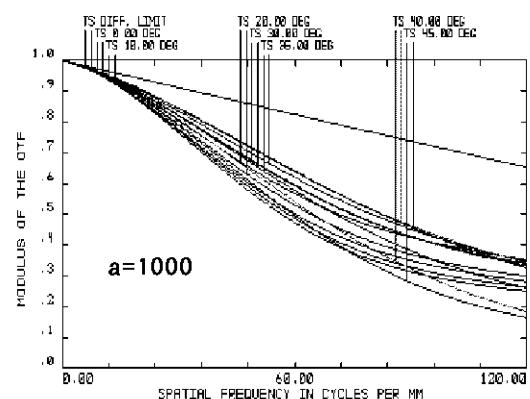
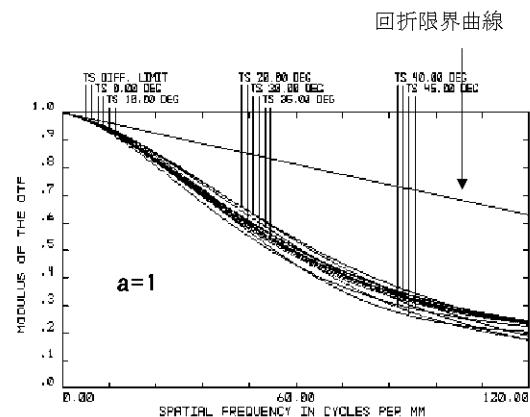
(b)



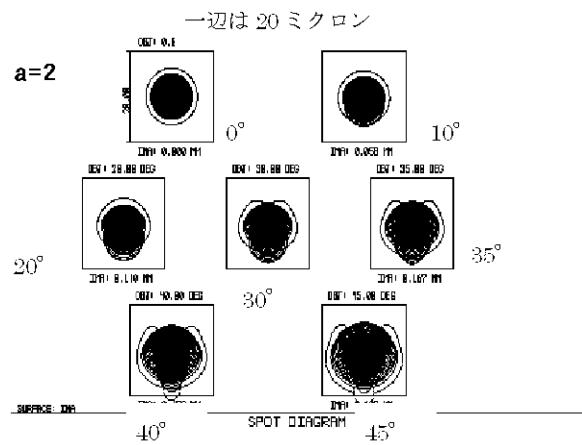
【図3】



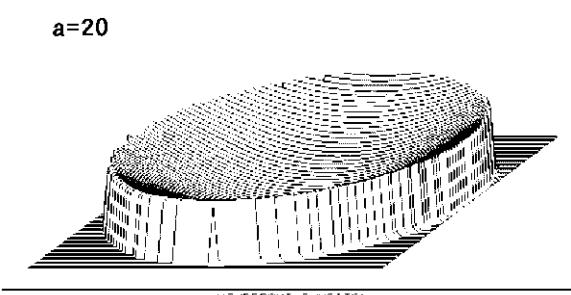
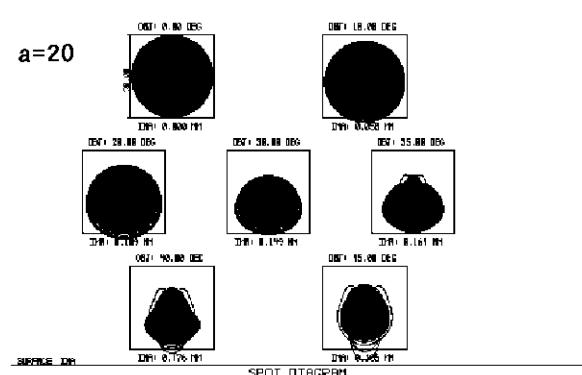
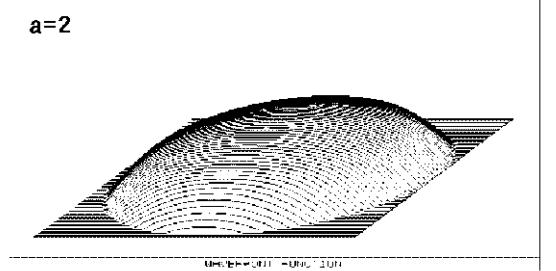
【図4】



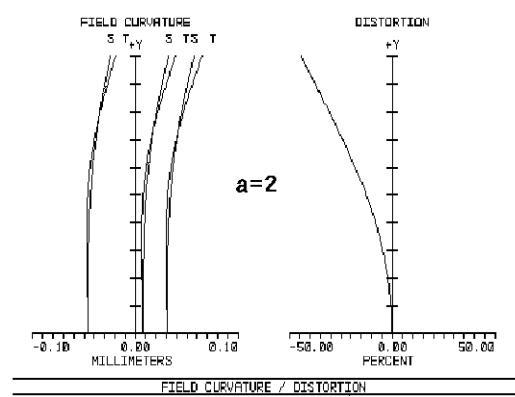
【図5】



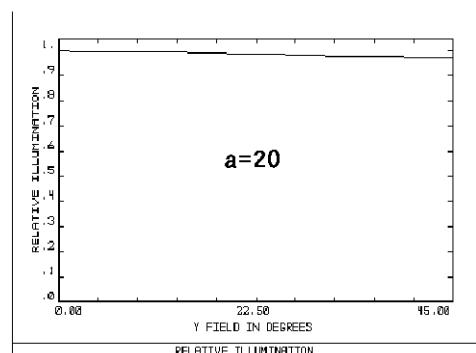
【図6】

入射角 0° RMS 0.12  $\lambda$

【図7】



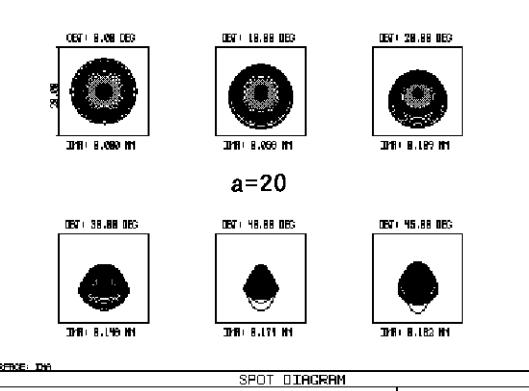
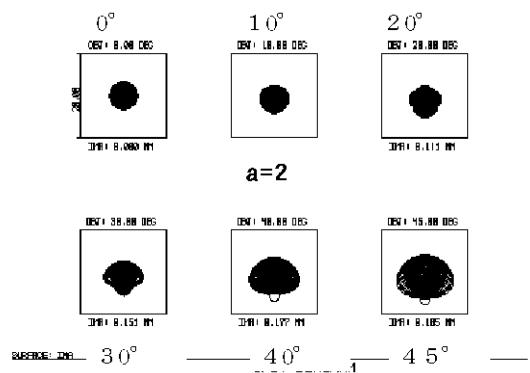
像面弯曲、色収差 歪曲収差



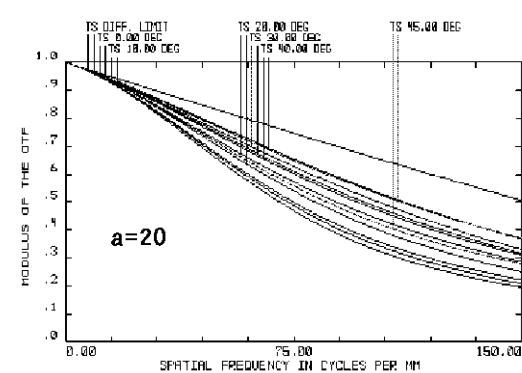
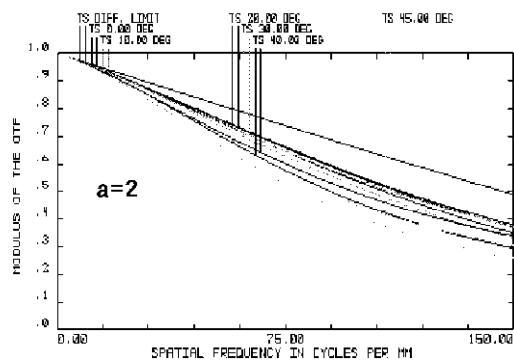
相対照度

【図9】

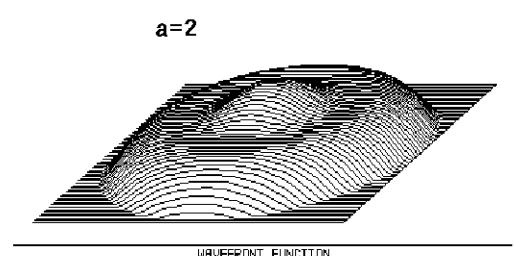
一边は 20 ミクロン



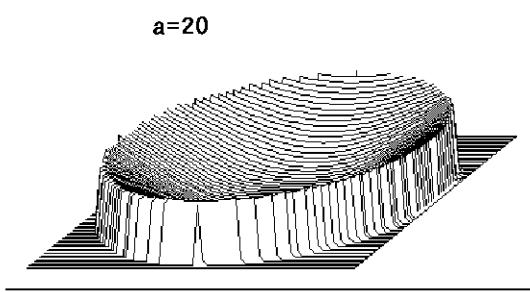
【図8】



【図10】

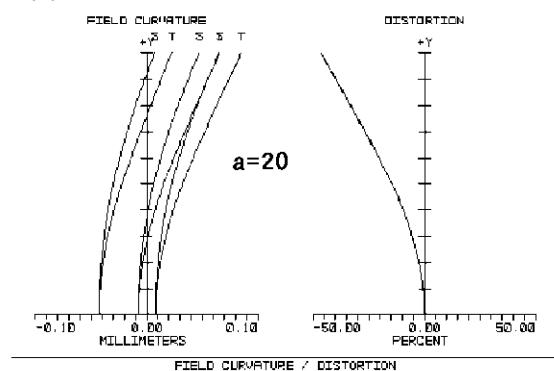


入射角 0° RMS 0.023 λ



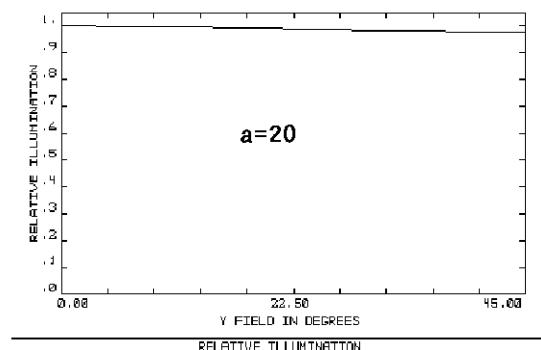
入射角 0° RMS 0.101 λ

【図 1 1】



像面弯曲、色収差

歪曲収差



相对照度

专利名称(译)	具有超高景深的微透镜光学系统		
公开(公告)号	<a href="#">JP2011081323A</a>	公开(公告)日	2011-04-21
申请号	JP2009235675	申请日	2009-10-09
[标]申请(专利权)人(译)	英明Ishizuki		
申请(专利权)人(译)	英明Ishizuki		
[标]发明人	石附英昭 並木秀男 東中川徹		
发明人	石附 英昭 並木 秀男 東中川 徹		
IPC分类号	G02B13/00 G02B23/24 G02B13/18 A61B1/00		
FI分类号	G02B13/00 G02B23/24.A G02B13/18 A61B1/00.300.Y A61B1/00.300.D A61B1/00.550 A61B1/00.731		
F-TERM分类号	2H040/BA02 2H040/CA23 2H040/CA27 2H087/KA10 2H087/LA01 2H087/PA02 2H087/PA03 2H087/PA17 2H087/PB02 2H087/PB03 2H087/QA03 2H087/QA07 2H087/QA19 2H087/QA21 2H087/QA25 2H087/QA34 2H087/QA41 2H087/QA42 2H087/QA46 2H087/RA05 2H087/RA32 4C061/FF40 4C061/FF46 4C061/FF47 4C061/HH51 4C061/NN01 4C161/FF40 4C161/FF46 4C161/FF47 4C161/HH51 4C161/NN01		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a>		

## 摘要(译)

要解决的问题：通过使用包括具有折射曲面的非球面的高性能复合透镜设计用于内窥镜的微透镜，通过光纤观察具有超高景深特征的图像。

ŽSOLUTION：光学系统设计用于通过在微透镜之间形成适当的间隙来形成图像，所述微透镜包括外径约为φ0.3至0.5的非球面和光纤而不将微透镜直接固定在光纤的表面上通过使用常规方式的粘合剂。因此，通过光纤观察到物距为1mm至无穷大的有利广角图像。 Ž

