(19) **Bundesrepublik Deutschland**
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 196 27 500 B4** 2006.01.12

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **196 27 500.8**
(22) Anmeldetag: **08.07.1996**
(43) Offenlegungstag: **09.01.1997**
(45) Veröffentlichungstag der Patenterteilung: **12.01.2006**

(51) Int Cl.[8]: ***G02B 13/00*** (2006.01)
G02B 26/10 (2006.01)

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten(§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 2 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität:
7-196000 07.07.1995 JP

(73) Patentinhaber:
Pentax Corp., Tokio/Tokyo, JP

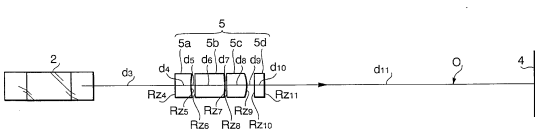
(74) Vertreter:
Schaumburg, Thoenes, Thurn, Landskron, 81679 München

(72) Erfinder:
Iizuka, Takashi, Tokio/Tokyo, JP

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:
DD 3 01 804 A7

(54) Bezeichnung: **Abtastobjektiv**

(57) Hauptanspruch: Abtastobjektiv (5) zur Erzeugung eines Bildes mit einem durch einen Deflektor (2) auf eine Fläche (4) gerichteten Abtaststrahl, umfassend:
ein erstes Linsenelement (5a) mit negativer Brechkraft mindestens in der Hauptabtastrichtung,
ein zweites Linsenelement (5b) mit positiver Brechkraft mindestens in der Hauptabtastrichtung,
ein drittes Linsenelement (5c) mit positiver Brechkraft mindestens in der Hauptabtastrichtung, und
ein viertes Linsenelement (5d) mit negativer Brechkraft mindestens in der Hauptabtastrichtung, wobei
das erste bis vierte Linsenelement (5a bis 5d) in dieser Reihenfolge von dem Deflektor (2) zu der Fläche (4) hin angeordnet sind,
sich jedes Linsenelement (5a bis 5d) näher am Deflektor (2) als an der Fläche (4) befindet,
das vierte Linsenelement (5d) die Bedingung
$v_4 < 40$ erfüllt,
worin v_4 die Abbesche Zahl des vierten Linsenelements (5d) ist,
das zweite, dritte und vierte Linsenelement (5b, 5c, 5d) die Bedingung
$[(v_2 + v_3)/2] –$...



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Abtastobjektiv, das im optischen Abtastsystem eines Laserdruckers, eines Faxgerätes oder eines ähnlichen Gerätes verwendet wird.

[0002] Bei einem herkömmlichen Laserdrucker wird die Ausgabe einer Laserlichtquelle mit einem optischen System zu einem Deflektor, wie einem drehenden oder oszillierenden Spiegel, geleitet, und über eine fotoleitende Trommel durch den Deflektor abgetastet. Die fotoleitende Trommel wird dabei zeilenweise belichtet. Dabei wird ein an eine Aufnahmefläche zu übertragendes elektrostatisches Latentbild auf der fotoleitenden Trommel erzeugt.

[0003] In den meisten Fällen wird eine einzige Lichtquelle, gewöhnlich eine einzelner Halbleiter-Laser, als Abtaststrahl entlang einer einzelnen Abtastzeile verwendet. Bei herkömmlichen optischen Abtastsystemen für derartige Lichtquellen mit einzelnen stabilen Wellenlängen werden longitudinale und laterale chromatische Aberrationen nicht berücksichtigt.

[0004] Werden jedoch mehr als ein Halbleiter-Laser in einer Mehrstrahlanordnung für eine Vielzahl von Abtastobjektiven verwendet, treten zwischen den Lasern gewöhnlich geringe Abweichungen bezüglich der Wellenlänge der austretenden Strahlen auf. Ferner kann die Wellenlänge der Lichtquelle oder Lichtquellen durch Umgebungseinflüsse beeinträchtigt werden.

[0005] Bei herkömmlichen optischen Abtastsystemen verursachen laterale chromatische Aberrationen bei verschiedenen Wellenlängen der Lichtquellen verschieden lange Abtastzeilen der einzelnen Lichtquellen, wodurch die Darstellungsgenauigkeit reduziert wird.

Stand der Technik

[0006] Aus der DD 301 804 A7 ist ein Abtastobjektiv bekannt, das aus vier Linsenelementen besteht. Das erste Linsenelement hat negative Brechkraft in der Hauptabtastrichtung, das zweite Linsenelement positive Brechkraft in der Hauptabtastrichtung, das dritte Linsenelement positive Brechkraft in der Hauptabtastrichtung und das vierte Linsenelement negative Brechkraft in der Hauptabtastrichtung. Das erste Linsenelement besteht aus einem zerstreuenden Meniskus aus einem Glas mit einer Abbezahl von 9 bis 39. Das zweite Linsenelement ist eine Bikonvexlinse aus einem Glas mit einer Abbezahl von 45 bis 65. Das dritte Linsenelement ist ein aus einer Bikonvexlinse und einem Meniskus bestehendes Kittglied aus einem Kronglas mit einer Abbezahl zwischen 58 und 70. Das vierte Linsenelement besteht aus einer Plankonkavlinse aus Glas mit einer Abbezahl von etwa 25.

Aufgabenstellung

[0007] Es ist Aufgabe der Erfindung, ein verbessertes Abtastobjektiv bereitzustellen, das laterale chromatische Aberrationen sowie Astigmatismus selbst bei variabler Wellenlänge der Lichtquelle kompensieren kann.

[0008] Die Erfindung löst diese Aufgabe durch die Merkmale des Patentanspruchs 1. Vorteilhafte Weiterbildungen sind Gegenstand der Unteransprüche.

[0009] Bei der Lösung nach Anspruch 1 hat das vierte Linsenelement des Abtastobjektivs (wobei das Abtastobjektiv insgesamt eine positive Brechkraft hat) eine hohe Streuung, die eine laterale chromatische Aberration verursacht, deren Richtung der durch das erste bis dritte Linsenelement verursachten Aberration entgegengesetzt ist. Dies ergibt sich durch das Erfüllen der Bedingung $v_4 < 40$. Somit wird das Auftreten einer lateralen chromatischen Aberration des gesamten Objektivsystems vermieden.

[0010] Durch Erfüllen der Bedingung $[(v_2 + v_3)/2] - v_4 > 20$ werden die Abbeschen Zahlen v_2 und v_3 des zweiten und dritten Linsenelements und die Abbesche Zahl v_4 des vierten Linsenelements ausgeglichen. Die laterale chromatische Aberration wird vermieden, indem ein oder mehrere positive Linsenelemente (zweite und dritte Linse) aus einem Material mit niedrigerer Streuung als die negative Linse (vierte Linse) bestehen.

[0011] Eine laterale chromatische Aberration verursacht eine höhere Abtastbreite bei zunehmender Wellenlänge. Werden die oben genannten Bedingungen $v_4 < 40$ und $[(v_2 + v_3)/2] - v_4 > 20$ nicht erfüllt, so ist die Änderung der Abtastbreite verursacht durch die verschiedenen Wellenlängen übermäßig hoch, wodurch die Darstellungsgenauigkeit reduziert wird.

[0012] Durch die Anordnung zylindrischer und torischer Flächen wird Astigmatismus vermieden.

[0013] Die Erfindung wird im folgenden anhand der. Zeichnungen näher erläutert. Darin zeigen:

[0014] Fig. 1A eine Seitenansicht der Linsenkonfiguration, die die Nebenabtastrichtung der wichtigsten Teile eines optischen Abtastsystems zeigt, das ein erstes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Abtastobjektivs enthält,

[0015] Fig. 1B eine Draufsicht der Linsenkonfiguration, die die Hauptabtastrichtung der wichtigsten Teile des optischen Abtastsystems zeigt,

[0016] Fig. 2A ein Aberrationsdiagramm eines Linearitätsfehlers des optischen Abtastsystems,

[0017] Fig. 2B ein Aberrationsdiagramm der lateralen chromatischen Aberration des optischen Abtastsystems,

[0018] Fig. 2C ein Aberrationsdiagramm der Bildfeldwölbung des optischen Abtastsystems,

[0019] Fig. 3A eine Seitenansicht der Linsenkonfiguration, die die Nebenabtastrichtung der wichtigsten Teile des optischen Abtastsystems zeigt, das ein zweites Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Abtastobjektivs enthält,

[0020] Fig. 3B eine Draufsicht der Linsenkonfiguration, die die Hauptabtastrichtung der wichtigsten Teile des optischen Abtastsystems zeigt,

[0021] Fig. 4A ein Aberrationsdiagramm eines Linearitätsfehlers des optischen Abtastsystems,

[0022] Fig. 4B ein Aberrationsdiagramm einer lateralen chromatischen Aberration des optischen Abtastsystems,

[0023] Fig. 4C ein Aberrationsdiagramm der Bildfeldwölbung des optischen Abtastsytems,

[0024] Fig. 5A eine Seitenansicht der Linsenkonfiguration, die die Nebenabtastrichtung der wichtigsten Teile des optischen Abtastsystems zeigt, das ein drittes Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Abtastobjektivs enthält,

[0025] Fig. 5B eine Draufsicht der Linsenkonfiguration, die die Hauptabtastrichtung der wichtigsten Teile des optischen Abtastsystems zeigt,

[0026] Fig. 6A ein Aberrationsdiagramm eines Linearitätsfehlers des optischen Abtastsystems,

[0027] Fig. 6B ein Aberrationsdiagramm einer lateralen chromatischen Aberration des optischen Abtastsystem,

[0028] Fig. 6C ein Aberrationsdiagramm der Bildfeldwölbung des optischen Abtastsytems,

[0029] Fig. 7A eine Seitenansicht der Linsenkonfiguration, die die Nebenabtastrichtung der wichtigsten Teile des optischen Abtastsystems zeigt, das ein viertes Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Abtastobjektivs enthält,

[0030] Fig. 7B eine Draufsicht der Linsenkonfiguration, die die Hauptabtastrichtung der wichtigsten Teile des optischen Abtastsystems zeigt,

[0031] Fig. 8A ein Aberrationsdiagramm eines Linearitätsfehlers des optischen Abtastsystems,

[0032] Fig. 8B ein Aberrationsdiagramm einer lateralen chromatischen Aberration des optischen Abtastsystems, und

[0033] Fig. 8C ein Aberrationsdiagramm der Bildfeldwölbung des optischen Abtastsytems.

Ausführungsbeispiel

[0034] Wie **Fig.** 1 zeigt, wird ein erstes Beispiel eines erfindungsgemäßen Abtastobjektivs **5** als optisches Bilderzeugungssystem in einem optischen Abtastsystem für einen Laserdrucker (nicht dargestellt) verwendet.

[0035] Ein Laserstrahl (oder vorzugsweise mehrere Strahlen) werden von einer Lichtquelle (nicht dargestellt) wie beispielsweise einem oder mehreren Halbleiterlasern ausgegeben. Der Laserstrahl wird in einer Sammellinse (nicht dargestellt) gesammelt, von einer zylindrischen Linse **1** nur in Nebenabtastrichtung abgelenkt und fällt auf einen rotierenden Polygonspiegel **2**. Der Strahl wird von dem drehenden Polygonspiegel **2** abtastend bewegt (d.h. abgelenkt), und der Strahl wird durch das Abtastobjektiv **5** (eine fθ-Linse) auf der (abgetasteten) Bildfläche **4** abgebildet.

[0036] Die zylindrische Linse **1** hat nur in der Nebenabtastrichtung eine Brechkraft, um den Strahl zu bündeln und somit in der Nähe der Spiegelflächen des Polygonspiegels **2** ein Zeilenbild zu erzeugen. Das Abtastobjektiv **5** (fθ) bildet den Abtaststrahl des Polygonspiegels **2** auf der Bildfläche **4** ab. Die Spiegelflächen des Polygonspiegels **2** und die Bildfläche **4** liegen im wesentlichen optisch konjugiert in der Nebenabtastrichtung. Dadurch verringern sich die Verschiebungen der Abtastzeile aufgrund von Fehlern, die durch Kippen des Polygonspiegels **2** verursacht werden.

[0037] In jedem der in den Fig. 1A, Fig. 1B, Fig. 3A, Fig. 3B, Fig. 5A, Fig. 5B, Fig. 7A und Fig. 7B dargestellten Ausführungsbeispiele enthält das Abtastobjektiv **5** (fθ) ein erstes Linsenelement **5a**, ein zweites Linsenelement **5b**, ein drittes Linsenelement **5c** und ein viertes Linsenelement **5d** in dieser Reihenfolge von dem Polgygonspiegel **2** her gesehen. Die Linsenelemente **5a**, **5b**, **5c** und **5d** haben sowohl in der Haupt- als auch in der Nebenabtastrichtung eine negative, positive, positive und negative Brechkraft.

[0038] Das erste Linsenelement **5a** ist eine negative Linse mit einer sphärischen Fläche mit negativer Brechkraft auf der Seite des Polygonspiegels **2** und einer zylindrischen Fläche mit negativer Brechkraft nur in der Nebenabtastrichtung auf der Seite der Bildfläche **4**. Das erste Linsenelement **5a** hat insgesamt eine relativ schwache negative Brechkraft in der Hauptabtastrichtung, und eine relativ starke negative Brechkraft in der Nebenabtastrichtung.

[0039] Sowohl das zweite Linsenelement **5b** als auch das dritte Linsenelement **5c** haben in der Haupt- und Nebenabtastrichtung positive Brechkraft. Die Flächen des zweiten Linsenelements **5b** und des dritten Linsenelements **5c** führen zu unterschiedlichen Ausführungsbeispielen (noch zu beschreiben).

[0040] Das vierte Linsenelement **5d** hat auf beiden Seiten eine rotationssymmetrische Fläche (in diesen Ausführungsbeispielen eine sphärische Fläche). Das vierte Linsenelement **5d** ist eine negative meniskusförmige Linse, deren Fläche auf der Seite des Polygonspiegels **2** eine starke negative Brechkraft, und auf der Seite der Bildfläche **4** eine schwache positive Brechkraft hat.

[0041] Die vier Ausführungsbeispiele sind jeweils spezifische numerische Konfigurationen des zuvor beschriebenen Abtastobjektivs **5**.

[0042] Fig. 1A und Fig. 1B zeigen das erste Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Abtastobjektivs **5** (fθ). Tabelle 1 zeigt die spezifischen numerischen Objektivparameter des ersten Ausführungsbeispiels.

[0043] In dem ersten Ausführungsbeispiel sind beide Seiten des zweiten Linsenelements **5b** sphärische Flächen mit positiver Brechkraft. Die Fläche des dritten Linsenelements **5c** auf der Seite des Polygonspiegels **2** ist eine plane Fläche, und die bildseitige Fläche des dritten Linsenelements **5c** ist eine torische Fläche mit relativ schwacher positiver Brechkraft in der Hauptabtastrichtung und relativ großer positiver Brechkraft in der Nebenabtastrichtung.

[0044] In der Tabelle 1 steht unter "Fläche" die Ordnungszahl der Flächen des optischen Abtastsystems in der Reihenfolge ausgehend von der zylindrischen Linse **1**. Ry ist der Krümmungsradius in der Hauptabtastrichtung und Rz der Krümmungsradius in der Nebenabtastrichtung. d ist der Abstand zwischen den Flächen entlang der optischen Achse sowohl innerhalb der optischen Elemente als auch zwischen diesen, und entspricht den in **Fig.** 1 mit d_i bezeichneten Abständen, wobei i die Ordungszahl der Abstände in der Reihenfolge von der zylindrischen Linse **1** ist. n ist der Brechungsindex eines bestimmten Linsenelements und steht in der Tabelle 1 bei der ersten Fläche des entsprechenden Linsenelements. v stellt die Abbesche Zahl eines speziellen Linsensystems dar und steht in der Tabelle 1 ebenfalls bei der ersten Fläche des entsprechenden Linsenele-

ments.

[0045] In der Tabelle 1 entsprechen die erste und zweite Fläche den Flächen der zylindrischen Linse **1**, die dritte Fläche den Spiegelflächen des Polygonspiegels **2**, die vierte und fünfte Fläche den Flächen des ersten Linsenelements **5a** des Abtastobjektivs **5** (fθ), die sechste und siebente Fläche den Flächen des zweiten Linsenelementes **5b**, die achte und neunte Fläche den Flächen des dritten Linsenelementes **5c** und die zehnte und elfte Fläche den Flächen des vierten Linsenelements **5d**. Die Brennweite in der Hauptabtastrichtung des ersten Ausführungsbeispiels eines Abtastobjektivs **5** beträgt 300 mm.

TABELLE 1

Fläche	Ry	Rz	d	n	ν
1	∞	43,410	4,000	1,51633	64,1
2	∞	∞	84,910		
3	∞	∞	95,000		
4	-578,370	-578,370	15,335	1,62004	36,3
5	∞	71,395	4,000		
6	1217,997	1217,997	30,000	1,62041	60,3
7	-173,805	-173,805	1,790		
8	∞	∞	20,175	1,72916	54,7
9	-269,029	-51,338	8,670		
10	-212,560	-212,560	10,000	1,76182	26,6
11	-758,178	-758,178	275,419		

[0046] Fig. 2A zeigt ein Aberrationsdiagramm eines Linearitätsfehlers des optischen Abtastsystems (als Ganzes) gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel. Fig. 2B stellt ein Aberrationsdiagramm einer lateralen chromatischen Aberration des optischen Abtastsystems gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel dar. Fig. 2C zeigt ein Aberrationsdiagramm der Bildfeldwölbung (M: meridional: Hauptabtastrichtung, S: sagittal: Nebenabtastrichtung) des optischen Abtastsystems gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel. Fig. 2B zeigt die laterale chromatische Abberation als Unterschied von Linearitätsfehlern bei Licht mit einer Wellenlänge von 770nm und 790nm und bei Licht mit einer Wellenlänge von 780nm. In den Fig. 2A, Fig. 2B und Fig. 2C bezeichnet die Ordinate jeweils die Bildhöhe Y in mm und die Abszisse den Aberrationsbetrag in mm.

[0047] Die Fig. 3A und Fig. 3B zeigen das zweite Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Abtastobjektivs **5** (fθ). Die spezifischen numerischen Linsenparameter des zweiten Ausführungsbeispiels sind in der Tabelle 2 dargestellt.

[0048] In dem zweiten Ausführungsbeispiel ist die Fläche des zweiten Linsenelements **5b** auf der Seite des Polygonspiegels **2** eine sphärische Fläche mit positiver Brechkraft, und die Fläche des zweiten Linsenelements **5b** auf der Seite der Bildfläche **4** eine torische Fläche mit relativ schwacher positiver Brechkraft in der Hauptabtastrichtung und relativ großer positiver Brechkraft in der Nebenabtastrichtung. Die Fläche des dritten Linsenelements **5c** auf der Seite des Polygonspiegels **2** ist eine sphärische Fläche mit negativer Brechkraft und die Fläche auf der Seite der Bildfläche **4** ist eine sphärische Fläche mit positiver Brechkraft.

[0049] In der Tabelle 2 sind die Überschriften und Unterteilungen genauso wie in Tabelle 1, und die erste und zweite Fläche entsprechen den Flächen der zylindrischen Linse **1**, die dritte Fläche den Spiegelflächen des Polygonspiegels **2**, die vierte und die fünfte Fläche den Flächen des ersten Linsenelements **5a** des Abtastobjektivs **5** (fθ), die sechste und siebente Fläche den Flächen des zweiten Linsenelements **5b**, die achte und die neunte Fläche den Flächen des dritten Linsenelements **5c** und die zehnte und elfte Fläche den Flächen des vierten Linsenelements **5d**. Die Brennweite des Abtastobjektivs **5** in der Hauptabtastrichtung beträgt in dem zweiten Ausführungsbeispiel 330 mm.

TABELLE 2

Fläche	Ry	Rz	d	n	ν
1	∞	43,410	4,000	1,51633	64,1
2	∞	∞	84,910		
3	∞	∞	86,092		
4	-492,986	-492,986	12,000	1,64769	33,8
5	∞	93,437	11,655		
6	931,218	931,218	31,146	1,69680	55,5
7	-211,607	-49,255	27,789		
8	-798,650	-798,650	31,318	1,61800	63,4
9	-175,702	-175,702	10,000		
10	-163,479	-163,479	10,000	1,84666	23,8
11	-336,553	-336,553	282,372		

[0050] Fig. 4A zeigt ein Aberrationsdiagramm eines Linearitätsfehlers des optischen Abtastsystems (als Ganzes) gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel. Fig. 4B zeigt ein Aberrationsdiagramm einer lateralen chromatischen Aberration des optischen Abtastsystems gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel. Fig. 4C stellt ein Aberrationsdiagramm der Bildfeldwölbung des optischen Abtastsystems gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel dar (M: meridional: Hauptabtastrichtung, S: saggital: Nebenabtastrichtung). Fig. 4B zeigt die laterale chromatische Abberation als Unterschied von Linearitätsfehlern bei Licht mit einer Wellenlänge von 770nm und 790nm und bei Licht mit einer Wellenlänge von 780nm. In den Fig. 4A, Fig. 4B und Fig. 4C bezeichnet die Ordinate jeweils die Bildhöhe Y in mm und die Abszisse den Aberrationsbetrag in mm.

[0051] Fig. 5A und Fig. 5B stellen ein drittes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Abtastobjektivs **5** (fθ) dar, und die spezifischen numerischen Linsenparameter des dritten Ausführungsbeispiels sind in der Tabelle 3 dargestellt.

[0052] In dem dritten Ausführungsbeispiel ist die Fläche des zweiten Linsenelements **5b** auf der Seite des Polygonspiegels **2** eine sphärische Fläche mit positiver Brechkraft, und die Fläche des zweiten Linsenelements **5b** auf der Seite der Bildfläche **4** ist eine torische Fläche mit relativ schwacher positiver Brechkraft in der Hauptabtastrichtung und relativ starker positiver Brechkraft in der Nebenabtastrichtung. Die Fläche des dritten Linsenelements **5c** auf der Seite des Polygonspiegels **2** ist eine sphärische Fläche mit negativer Brechkraft und die Fläche auf der Seite der Bildfläche **4** ist eine sphärische Fläche mit positiver Brechkraft.

[0053] Die Überschriften und Unterteilungen in der Tabelle 3 sind mit denen der Tabellen 1 und 2 identisch. Die erste und zweite Fläche entsprechen den Flächen der zylindrischen Linse **1**, die dritte Fläche den Spiegelflächen des Polygonspiegels **2**, die vierte und fünfte Fläche den Flächen des ersten Linsenelements **5a** des Abtastobjektivs **5** (fθ), die sechste und siebente Fläche den Flächen des zweiten Linsenelements **5b**, die achte und neunte Fläche den Flächen des dritten Linsenelements **5c** und die zehnte und elfte Fläche den Flächen des vierten Linsenelements **5d**. Die Brennweite beträgt in der Hauptabtastrichtung des Abtastobjektivs **5** gemäß dem dritten Ausführungsbeispiel 330 mm.

TABELLE 3

Fläche	Ry	Rz	d	n	ν
1	∞	43,410	4,000	1,51633	64,1
2	∞	∞	84,910		
3	∞	∞	80,788		
4	-346,878	-346,878	16,514	1,62004	36,3
5	∞	92,527	12,954		
6	1245,753	1245,753	25,133	1,78650	50,0
7	-205,744	-53,310	13,507		
8	-1402,190	-1402,190	25,000	1,72000	50,2
9	-180,603	-180,603	10,160		
10	-165,376	-165,376	10,000	1,84666	23,8
11	-539,141	-539,141	300,214		

[0054] Fig. 6A zeigt ein Aberrationsdiagramm eines Linearitätsfehlers des optischen Abtastsystems (als Ganzes) gemäß dem dritten Ausführungsbeispiel. Fig. 6B zeigt ein Aberrationsdiagramm einer lateralen chromatischen Aberration des optischen Abtastsystems gemäß dem dritten Ausführungsbeispiel. Fig. 6C stellt ein Aberrationsdiagramm der Bildfeldwölbung des optischen Abtastsystems gemäß dem dritten Ausführungsbeispiel dar (M: meridional: Hauptabtastrichtung, S: saggital: Nebenabtastrichtung). Fig. 6B zeigt die laterale chromatische Abberation als Unterschied von Linearitätsfehlern bei Licht mit einer Wellenlänge von 770nm und 790nm und bei Licht mit einer Wellenlänge von 780nm. In den Fig. 6A, Fig. 6B und Fig. 6C bezeichnet die Ordinate jeweils die Bildhöhe Y in mm und die Abszisse den Aberrationsbetrag in mm.

[0055] Fig. 7A und Fig. 7B stellen ein viertes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Abtastobjektivs **5** (fθ) dar, und die spezifischen numerischen Linsenparameter des vierten Ausführungsbeispiels sind in der Tabelle 4 dargestellt.

[0056] In dem vierten Ausführungsbeispiel ist die Fläche des zweiten Linsenelements **5b** auf der Seite des Polygonspiegels **2** eine sphärische Fläche mit positiver Brechkraft, und die Fläche des zweiten Linsenelements **5b** auf der Seite der Bildfläche **4** ist eine torische Fläche mit relativ schwacher positiver Brechkraft in der Hauptabtastrichtung und relativ starker positiver Brechkraft in der Nebenabtastrichtung. Die Fläche des dritten Linsenelements **5c** auf der Seite des Polygonspiegels **2** ist eine nahezu flache sphärische Fläche mit sehr geringer positiver Brechkraft und die Fläche auf der Seite der Bildfläche **4** eine sphärische Fläche mit positiver Brechkraft.

[0057] Die Überschriften und Unterteilungen in der Tabelle 4 sind mit denen der Tabellen 1 bis 3 identisch. Die erste und zweite Fläche entsprechen den Flächen der zylindrischen Linse **1**, die dritte Fläche den Spiegelflächen des Polygonspiegels **2**, die vierte und fünfte Fläche den Flächen des ersten Linsenelements **5a** des Abtastobjektivs **5** (fθ), die sechste und siebente Fläche den Flächen des zweiten Linsenelements **5b**, die achte und neunte Fläche den Flächen des dritten Linsenelements **5c**, und die zehnte und elfte Fläche den Flächen des vierten Linsenelements **5d**. Die Brennweite beträgt in der Hauptabtastrichtung des Abtastobjektivs **5** gemäß dem dritten Ausführungsbeispiel 330 mm.

TABELLE 4

Fläche	Ry	Rz	d	n	ν
1	∞	43,410	4,000	1,51633	64,1
2	∞	∞	84,910		
3	∞	∞	82,648		
4	-326,287	-326,287	12,000	1,64769	33,8
5	∞	144,299	10,517		
6	1023,841	1023,841	23,715	1,61800	63,4
7	-178,418	-45,518	18,828		
8	10776,166	10776,166	27,694	1,61800	63,4
9	-180,501	-180,501	10,000		
10	-162,378	-162,378	10,000	1,59551	39,2
11	-747,311	-747,311	296,583		

[0058] Fig. 8A zeigt ein Aberrationsdiagramm eines Linearitätsfehlers des optischen Abtastsystems (als Ganzes) gemäß dem vierten Ausführungsbeispiel. Fig. 8B zeigt ein Aberrationsdiagramm einer lateralen chromatischen Aberration des optischen Abtastsystems gemäß dem vierten Ausführungsbeispiel. Fig. 8C stellt ein Aberrationsdiagramm der Bildfeldwölbung des optischen Abtastsystems gemäß dem vierten Ausführungsbeispiel dar (M: meridional: Hauptabtastrichtung, S: saggital: Nebenabtastrichtung). Fig. 8B zeigt die laterale chromatische Abberation als Unterschied von Linearitätsfehlern bei Licht mit einer Wellenlänge von 770nm und 790nm und bei Licht mit einer Wellenlänge von 780nm. In den Fig. 8A, Fig. 8B und Fig. 8C bezeichnet die Ordinate jeweils die Bildhöhe Y in mm, und die Abszisse den Aberrationsbetrag in mm.

[0059] Wie die Fig. 2A bis Fig. 2C, Fig. 4A bis Fig. 4C, Fig. 6A bis Fig. 6C und Fig. 8A bis Fig. 8C des ersten bis vierten Ausführungsbeispiels jeweils zeigen, reduziert das Abtastobjektiv **5** (fθ) Linearitätsfehler auf ein geringes Maß über einen breiten Abtastbereich von ± 160 mm. Ferner reduziert das Abtastobjektiv **5** (fθ) in jedem der Ausführungsbeispiele 1 bis 4 die Bildfeldwölbung in der Hauptund Nebenabtastrichtung auf ein geringes Maß über einen breiten Abtastbereich von ± 160 mm. Der Abtastbereich von ± 160 mm ist ausreichend für ein Manuskript der Größe A3.

[0060] Das Abtastobjektiv **5** (fθ) enthält in jedem der vier Ausführungsbeispiele mehrere Linsenelemente, die sich näher an dem Polygonspiegel **2** (Deflektor) befinden als die abgetastete Fläche **4**. Das vierte Linsenelement **5d**, das der abgetasteten Fläche 4 am nächsten ist, hat zumindest in der Hauptabtastrichtung eine negative Brechkraft. Die Abbesche Zahl v_4 des vierten Linsenelements **5d** erfüllt die Bedingung (1):

$$v_4 < 40 \qquad (1)$$

[0061] Das Abtastobjektiv **5** (fθ) besteht in den beschriebenen Ausführungsbeispielen vorzugsweise aus einem ersten, zweiten, dritten und vierten Linsenelement, die jeweils in dieser Reihenfolge von der Seite des Polygonspiegels **2** beginnend eine negative, positive, positive und negative Brechkraft in der Hauptabtastrichtung haben. In diesem Fall erfüllen die Abbeschen Zahlen v_i (wobei v_i die Abbesche Zahl für die i-te Linse ist) der Linsenelemente vorzugsweise die Bedingung (2):

$$\frac{v_2 + v_3}{2} - v_4 > 20 \qquad \ldots \quad (2)$$

[0062] Durch Erfüllen der Bedingung (1) ist das vierte Linsenelement **5d** des Abtastobjektivs **5** (das insgesamt eine positive Brechkraft hat) eine negative Linse mit großer Streuung, die eine laterale chromatische Aberration verursacht, die der durch die Linsenelemente auf der Spiegelseite des vierten Linsenelements **5d** verursachten entgegengesetzt ist. Das Auftreten einer lateralen chromatischen Aberration des gesamten Linsensystems wird somit reduziert.

[0063] Durch Erfüllen der Bedingung (2) werden die Abbeschen Zahlen v_2 und v_3 des zweiten und dritten Lin-

senelements **5b** und **5c** (mit positiver Brechkraft in der Hauptabtastrichtung) und die Abbesche Zahl v_4 des vierten Linsenelements **5d** (mit negativer Brechkraft) ausgeglichen. Da die positive Linse aus einem Material mit niedrigerer Streuung als das Material der negativen Linse besteht, wird die laterale chromatische Aberration reduziert.

[0064] Durch die laterale chromatische Aberration nimmt die Abtastbreite mit der Wellenlänge zu. Werden die oben genannten Bedingungen (1) und (2) nicht erfüllt, ist die durch die variierende Wellenlänge verursachte variierende Abtastbreite übermäßig hoch und die Abbildungsqualtität niedrig.

[0065] Ferner ist zur Vermeidung von Astigmatismus die bildseitige Fläche des ersten Linsenelements **5a** vorzugsweise eine zylindrische Fläche mit einer negativen Brechkraft nur in der Nebenabtastrichtung, und die bildseitige Fläche der zweiten **5b** oder der dritten Linse **5c** (jeweils mit positiver Brechkraft) eine torische Fläche mit höherer positiver Brechkraft in der Nebenabtastrichtung als in der Hauptabtastrichtung.

[0066] Die Werte der zuvor genannten Bedingungen (1) und (2) sind für jedes Ausführungsbeispiel in Tabelle 5 dargestellt.

TABELLE 5

	Ausführungsbeispiel			
Bedingung	erstes	zweites	drittes	viertes
(1) v_4	26,6	23,8	23,8	39,2
(2) $[(v_2+v_3)/2]-v_4$	30,9	35,7	26,3	24,2

[0067] Der Vorteil der Ausführungsbeispiele bezüglich der lateralen chromatischen Aberration ist aus den Fig. 2B, Fig. 4B, Fig. 6B und Fig. 8B ersichtlich. Beträgt beispielsweise der Lichtpunktdurchmesser eines abgebildeten Strahls an der Fläche **4** 38µm, variiert aber die Wellenlänge der Strahlen um ±10nm (ausgehend von einer mittleren Wellenlänge von 780 nm), so wird die chromatische Aberration im ersten und vierten Ausführungsbeispiel an den Rändern des Abtastbereichs bei einer Wellenlängenänderung von 20nm auf etwa den halben Lichtpunktdurchmesser reduziert. Dies ist in den Fig. 2B und Fig. 8B dargestellt. Fig. 4B und Fig. 6B zeigen, daß im zweiten und dritten Ausführungsbeispiel die chromatische Aberration an den Rändern des Abtastbereichs bei einer Wellenlängenänderung von 20nm auf etwa 1/5 des Lichtpunktdurchmessers reduziert wird. So wird selbst bei variierender Wellenlänge der einzelnen Lichtquellen eines optischen Mehrstrahlsystems oder bei sich ändernen Wellenlängen aufgrund sich ändernder Umgebungseinflüsse usw., die Länge der Abtastzeile konstant gehalten und die Abbildungsgenauigkeit beibehalten.

[0068] Das erfindungsgemäße Abtastobjektiv reduziert somit die laterale chromatische Aberration über einen großen Abtastbereich auf ein geringes Maß. Variierende Abtastlängen aufgrund unterschiedlicher Wellenlängen der Lichtquellen oder Schwankungen der Wellenlänge der Lichtquelle aufgrund sich ändernder Umgebungseinflüsse werden somit reduziert und die Abbildungsgenauigkeit verbessert.

Patentansprüche

1. Abtastobjektiv (**5**) zur Erzeugung eines Bildes mit einem durch einen Deflektor (**2**) auf eine Fläche (**4**) gerichteten Abtaststrahl, umfassend:
ein erstes Linsenelement (**5a**) mit negativer Brechkraft mindestens in der Hauptabtastrichtung,
ein zweites Linsenelement (**5b**) mit positiver Brechkraft mindestens in der Hauptabtastrichtung,
ein drittes Linsenelement (**5c**) mit positiver Brechkraft mindestens in der Hauptabtastrichtung, und
ein viertes Linsenelement (**5d**) mit negativer Brechkraft mindestens in der Hauptabtastrichtung, wobei
das erste bis vierte Linsenelement (**5a** bis **5d**) in dieser Reihenfolge von dem Deflektor (**2**) zu der Fläche (**4**) hin angeordnet sind,
sich jedes Linsenelement (**5a** bis **5d**) näher am Deflektor (**2**) als an der Fläche (**4**) befindet,
das vierte Linsenelement (**5d**) die Bedingung
$v_4 < 40$ erfüllt,
worin v_4 die Abbesche Zahl des vierten Linsenelements (**5d**) ist,

das zweite, dritte und vierte Linsenelement (**5b**, **5c**, **5d**) die Bedingung
$[(v_2 + v_3)/2] - v_4 > 20$ erfüllen,
worin v_2 die Abbesche Zahl des zweiten Linsenelements (**5b**) und v_3 die Abbesche Zahl des dritten Linsenelements (**5c**) ist,
die bildseitige Fläche des ersten Linsenelements (**5a**) eine zylindrische Fläche mit negativer Brechkraft nur in einer Nebenabtastrichtung ist, und die bildseitige Fläche des zweiten oder des dritten Linsenelements (**5b**, **5c**) eine torische Fläche mit positiver Brechkraft ist, die in der Nebenabtastrichtung größer als in der Hauptabtastrichtung ist.

2. Abtastobjektiv nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die bildseitige torische Fläche an dem dritten Linsenelement (**5c**) ausgebildet und die andere Fläche des dritten Linsenelements (**5c**) eine plane Fläche ist, und daß beide Flächen des zweiten Linsenelements (**5b**) sphärische Flächen sind.

3. Abtastobjektiv nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die bildseitige torische Fläche an dem zweiten Linsenelement (**5b**) ausgebildet und die andere Fläche des zweiten Linsenelements (**5b**) eine sphärische Fläche ist, und daß beide Flächen des dritten Linsenelements (**5c**) sphärische Flächen sind.

Es folgen 8 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

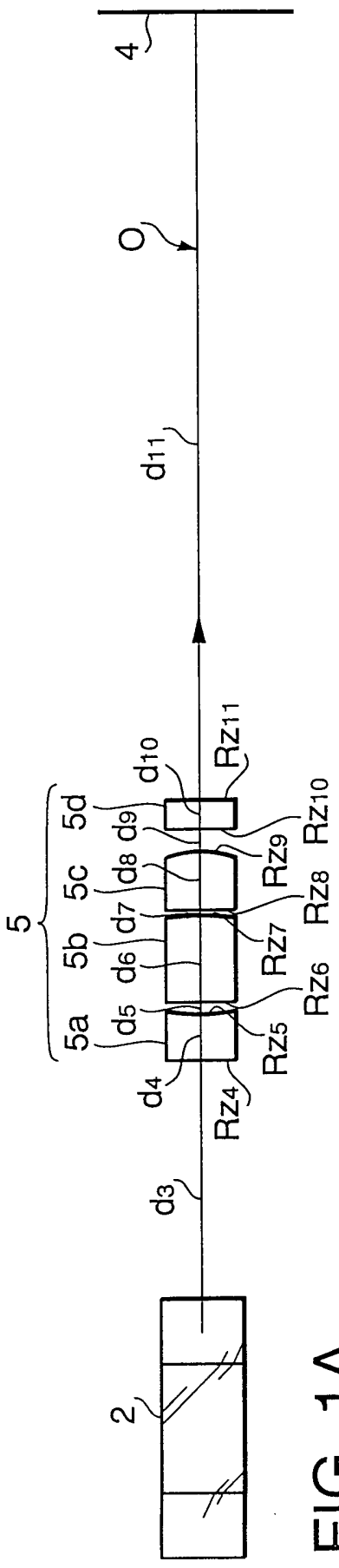


FIG. 1A

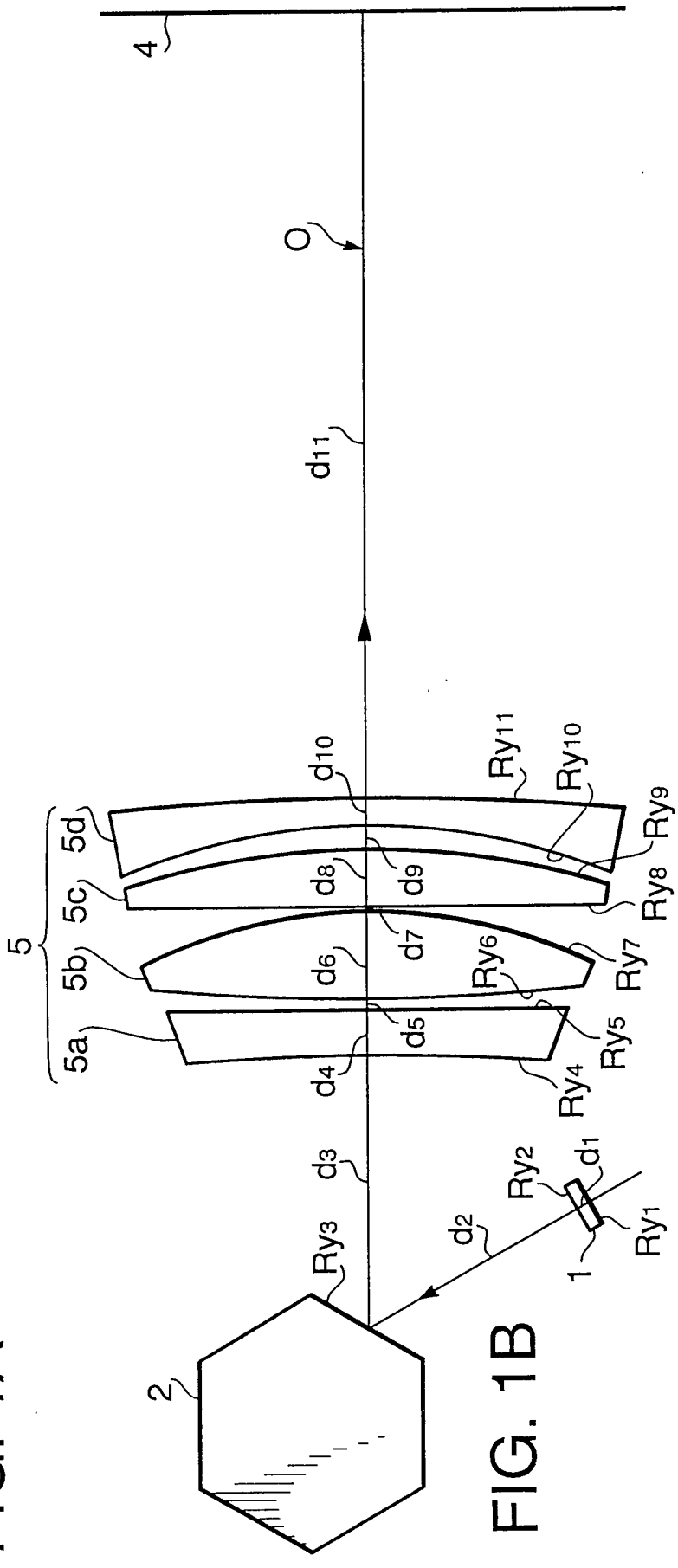


FIG. 1B

FIG. 2C

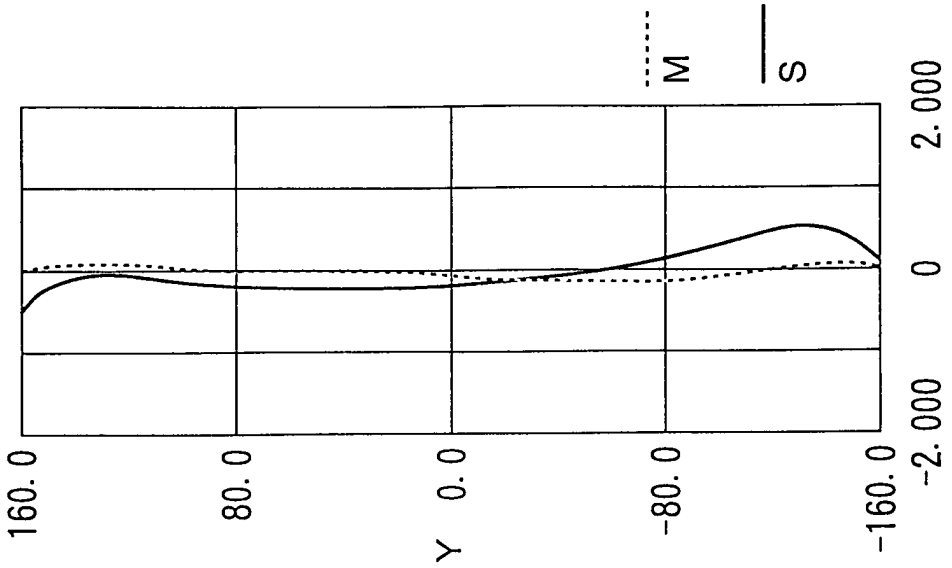


FIG. 2B

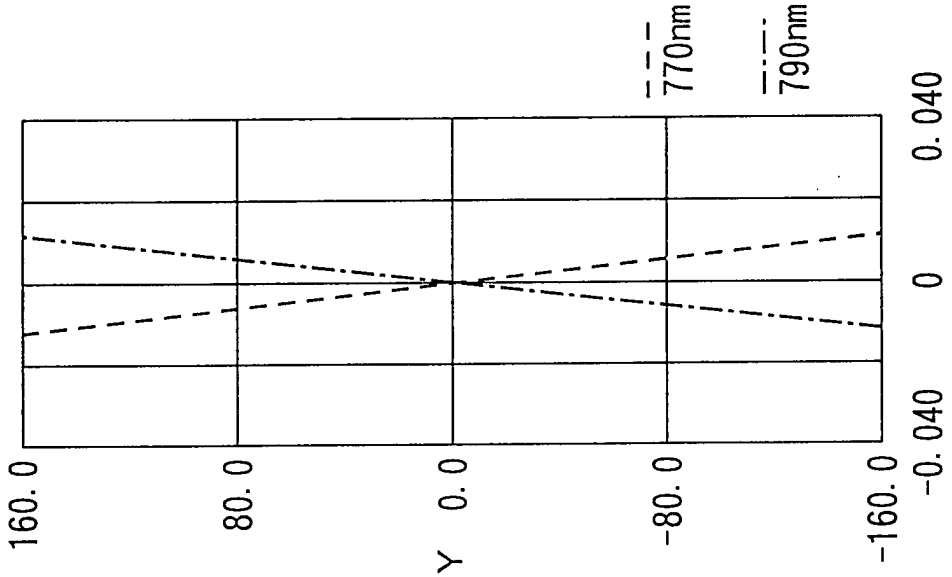
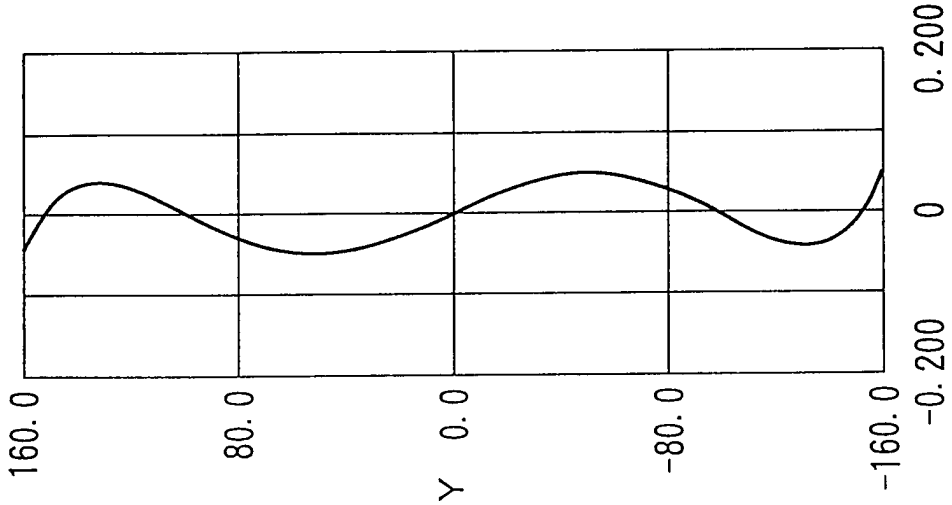


FIG. 2A



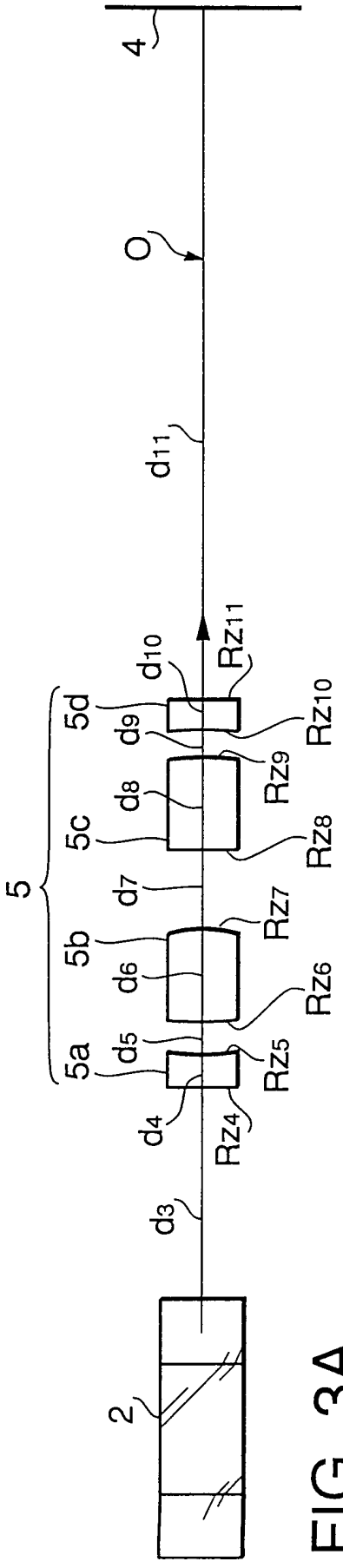

4
O
d11
Rz11
d10
Rz10
d9
Rz9
d8
Rz8
d7
Rz7
d6
Rz6
d5
Rz5
d4
Rz4
d3
5
5a
5b
5c
5d
2

FIG. 3A

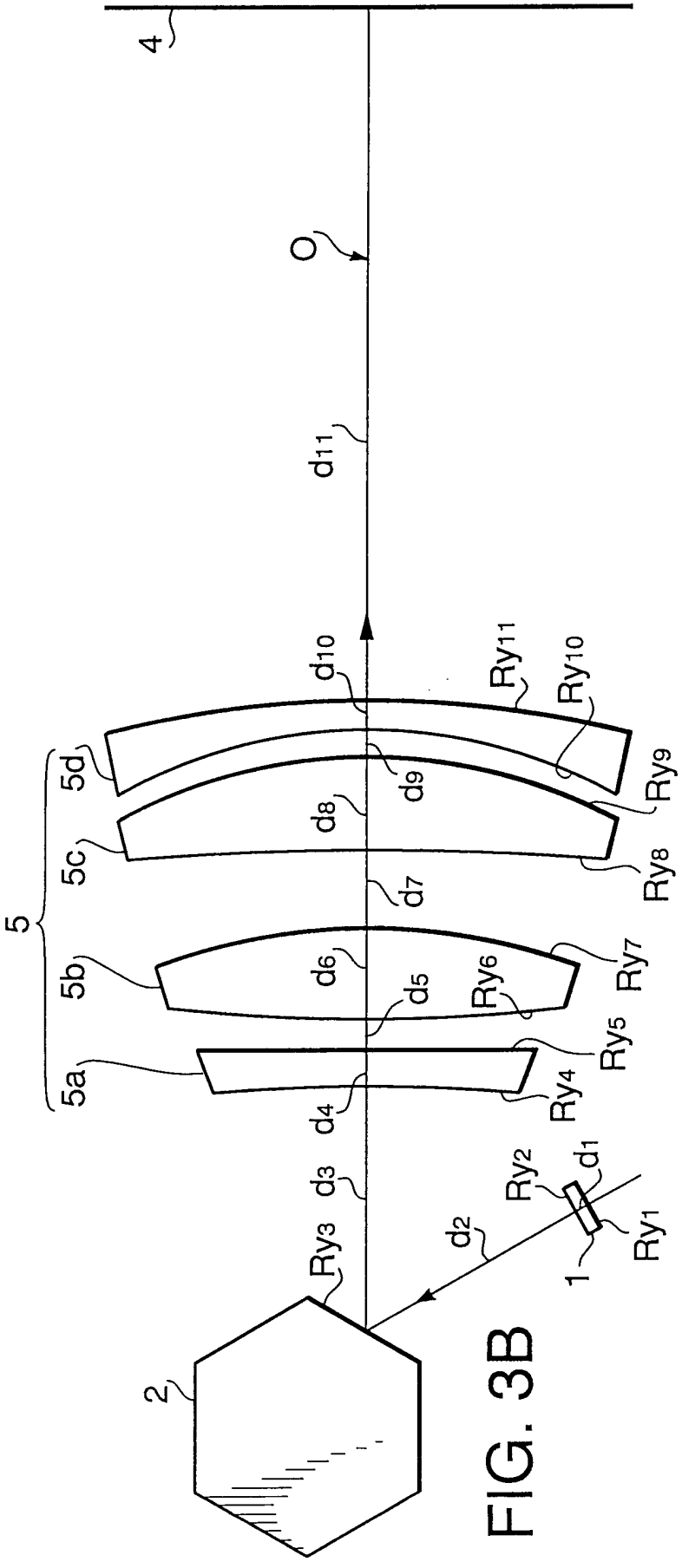

4
O
d11
Ry11
d10
Ry10
d9
Ry9
d8
Ry8
d7
Ry7
d6
Ry6
d5
Ry5
d4
Ry4
d3
Ry3
d2
Ry2
d1
Ry1
5
5a
5b
5c
5d
1
2

FIG. 3B

FIG. 4A

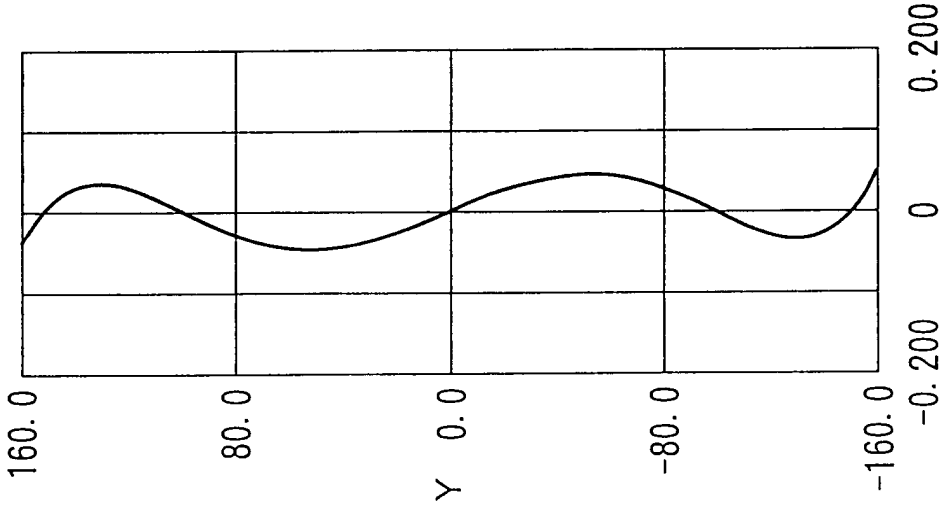


FIG. 4B

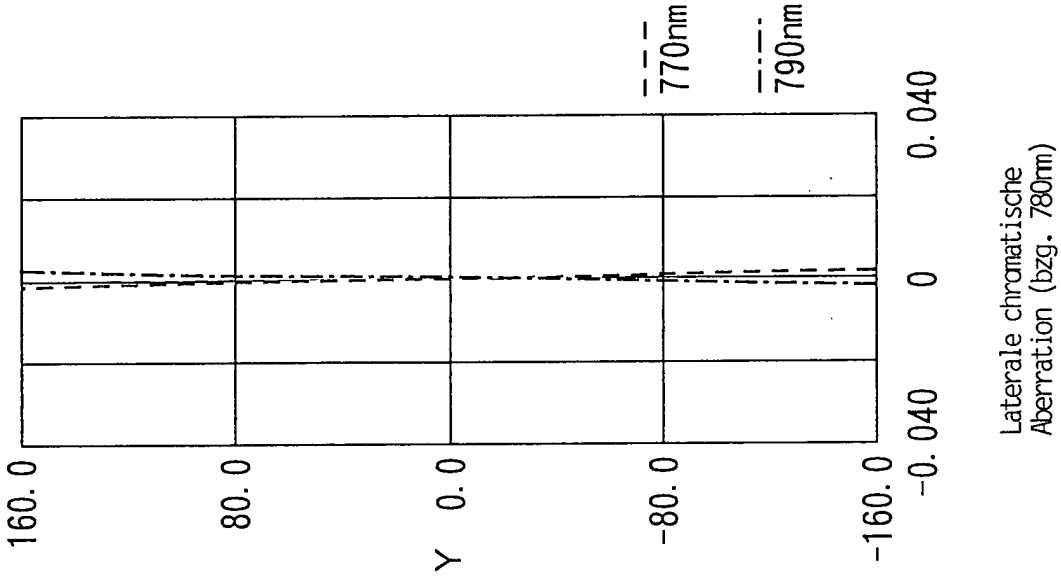
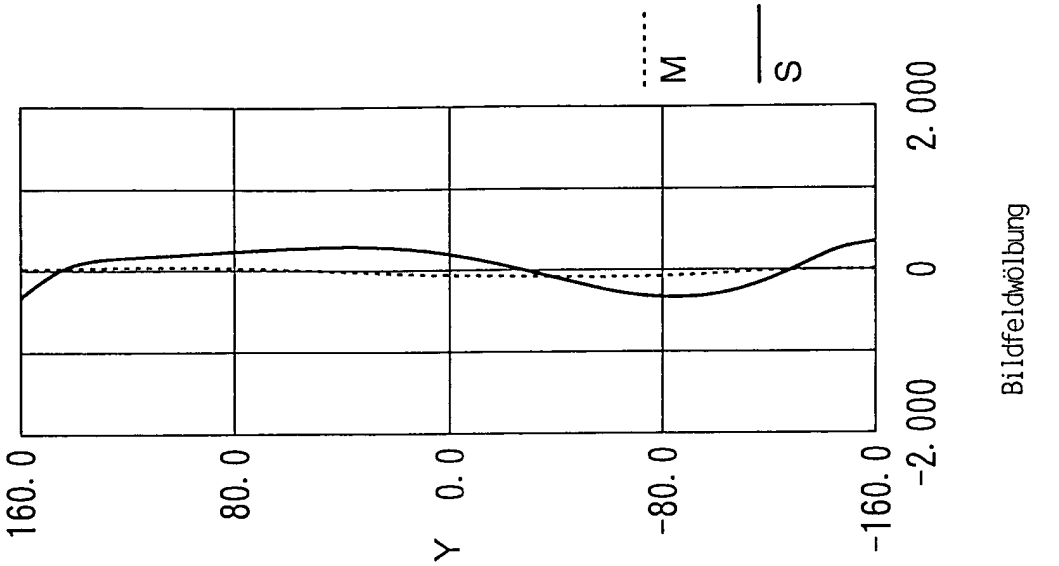


FIG. 4C



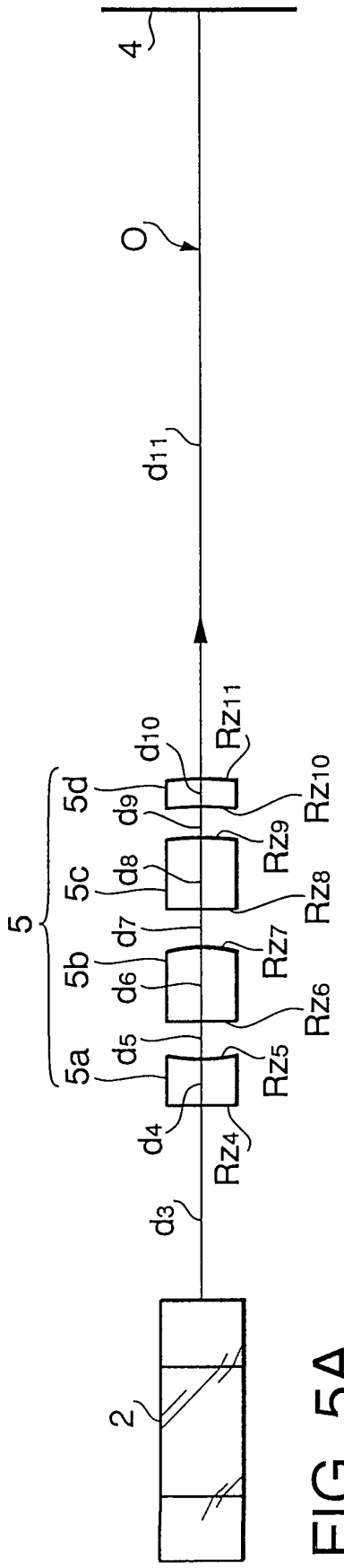

4
O
d11
5
5a
5b
5c
5d
d3
d4
d5
d6
d7
d8
d9
d10
Rz4
Rz5
Rz6
Rz7
Rz8
Rz9
Rz10
Rz11
2

FIG. 5A

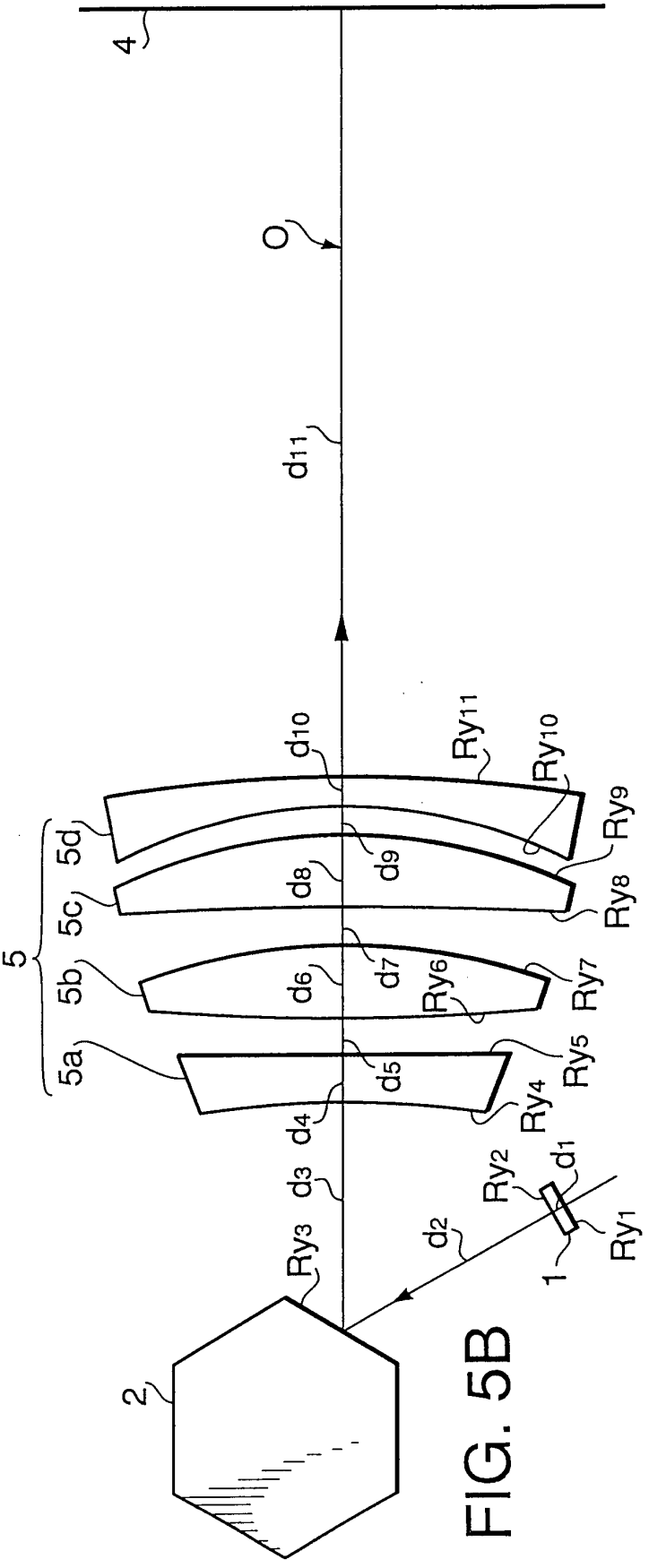

4
O
d11
5
5a
5b
5c
5d
d1
d2
d3
d4
d5
d6
d7
d8
d9
d10
Ry1
Ry2
Ry3
Ry4
Ry5
Ry6
Ry7
Ry8
Ry9
Ry10
Ry11
1
2

FIG. 5B

FIG. 6A

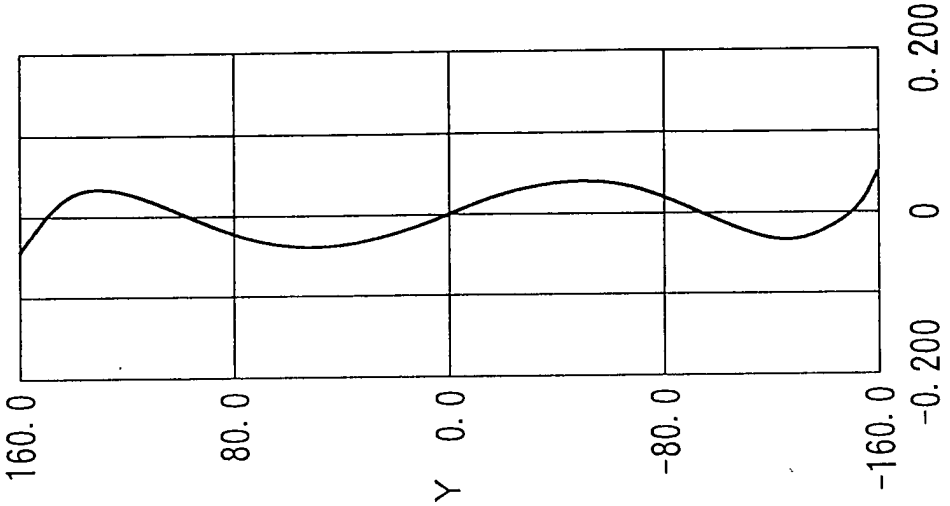


FIG. 6B

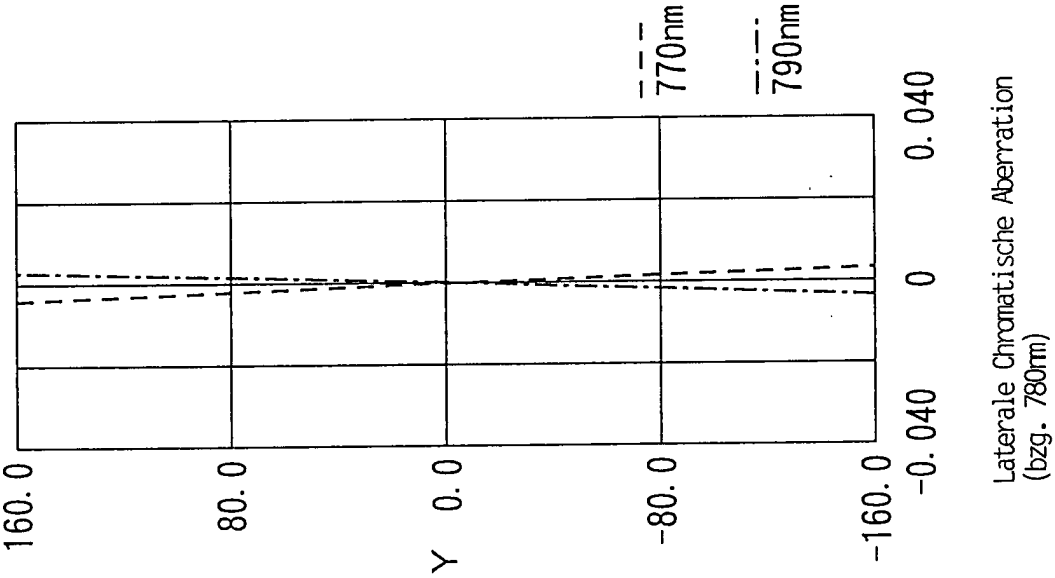
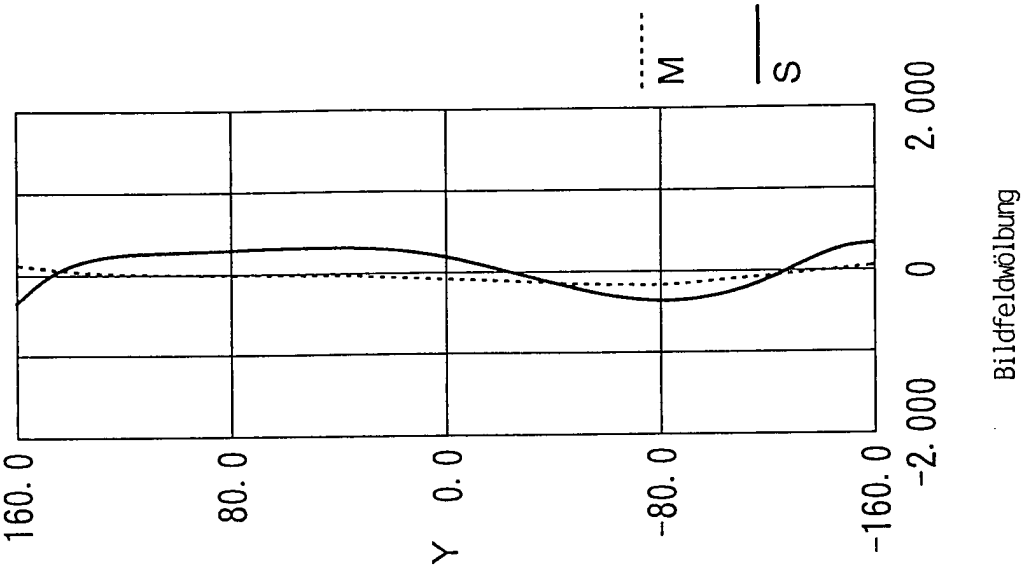


FIG. 6C



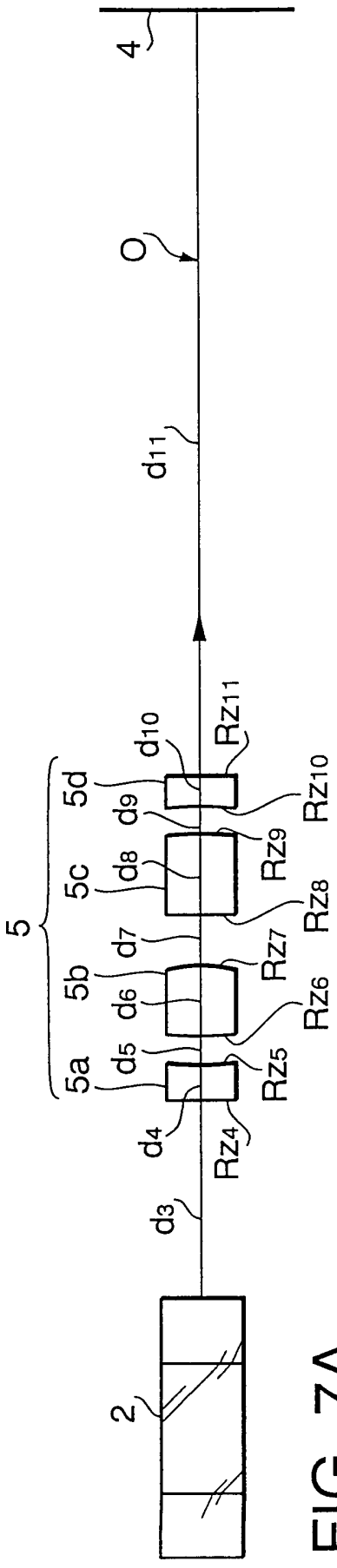

4
O
d11
5
5d
5c
5b
5a
d10
d9
d8
d7
d6
d5
d4
d3
Rz11
Rz10
Rz9
Rz8
Rz7
Rz6
Rz5
Rz4
2

FIG. 7A

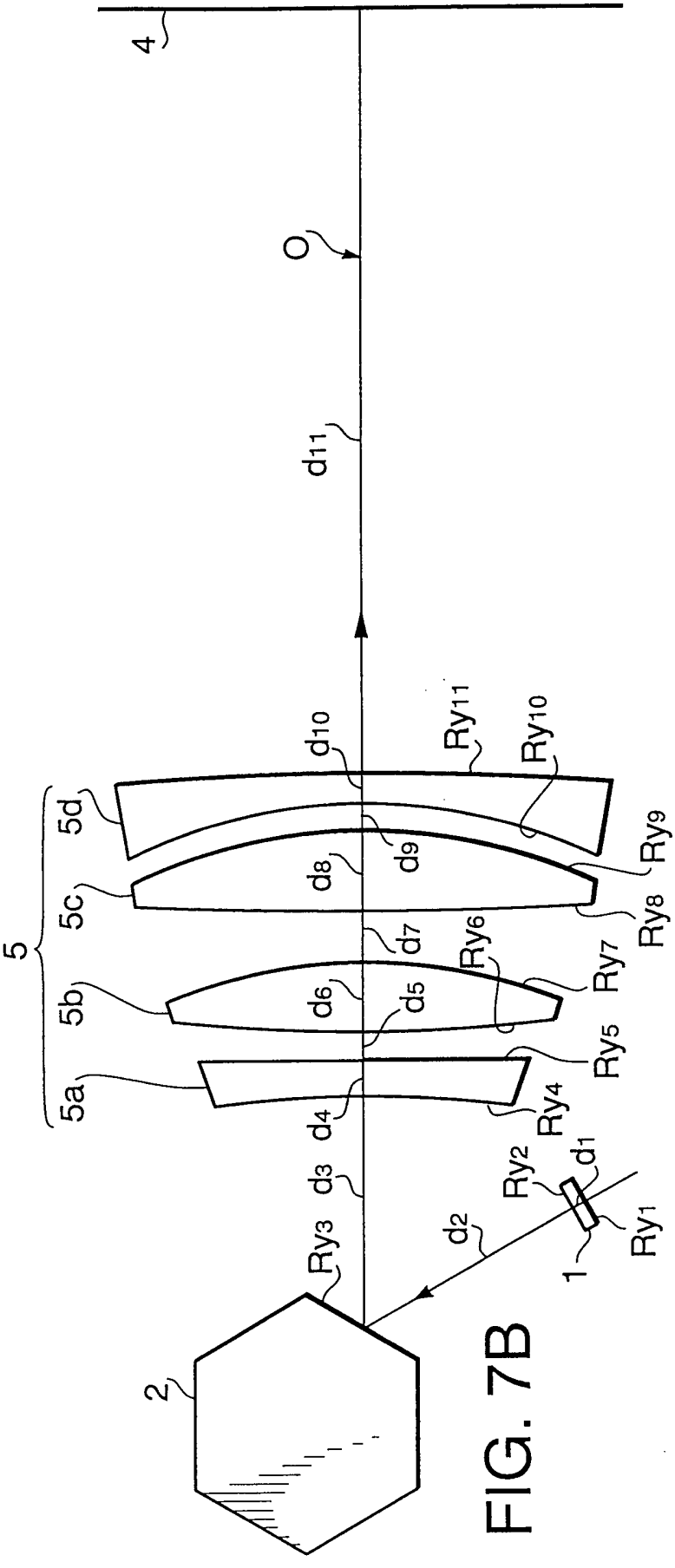

4
O
d11
5
5d
5c
5b
5a
d10
d9
d8
d7
d6
d5
d4
d3
d2
d1
Ry11
Ry10
Ry9
Ry8
Ry7
Ry6
Ry5
Ry4
Ry3
Ry2
Ry1
1
2

FIG. 7B

FIG. 8A

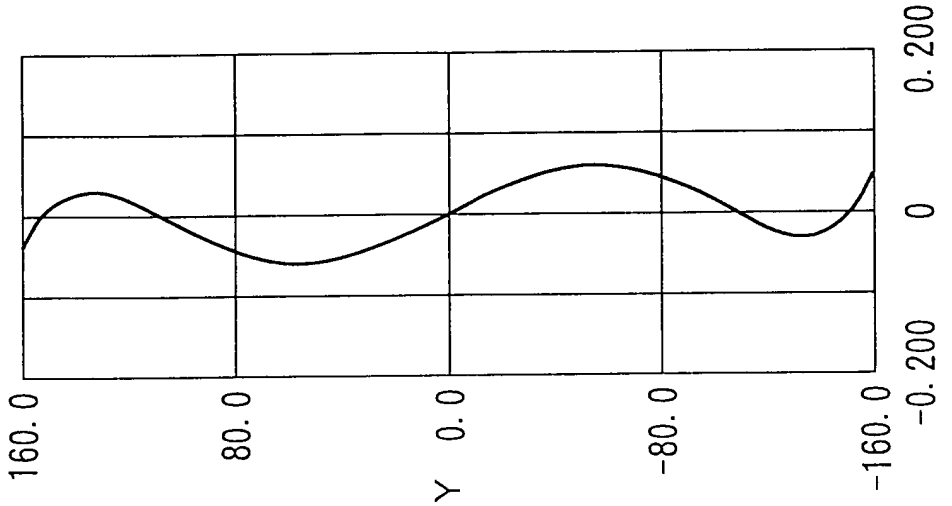


FIG. 8B

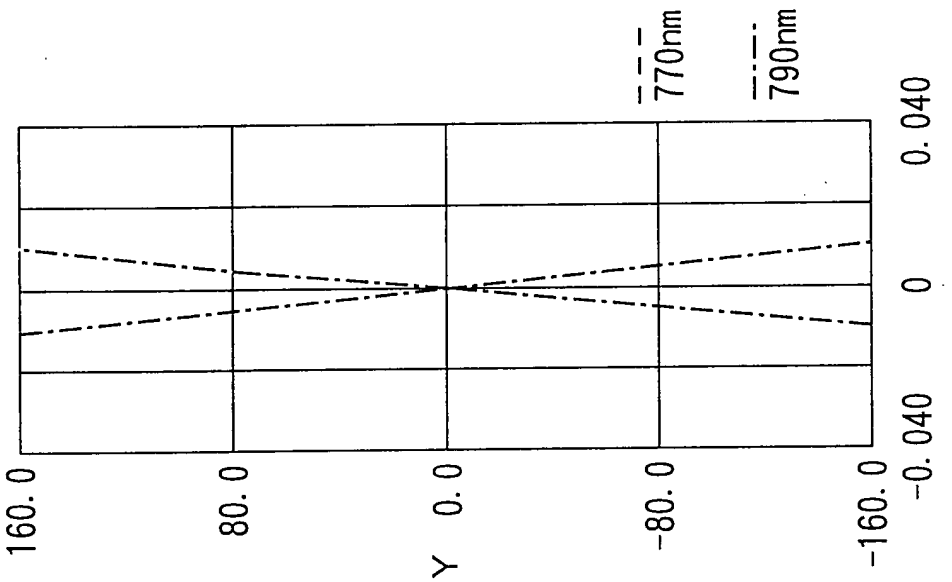


FIG. 8C

