

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
28. Oktober 2004 (28.10.2004)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2004/092802 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: **G02B 21/02**

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2004/002431

(22) Internationales Anmeldedatum:
10. März 2004 (10.03.2004)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
103 17 746.9 17. April 2003 (17.04.2003) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
US): **CARL ZEISS JENA GMBH** [DE/DE]; Carl-Zeiss-
Promenade 10, 07745 Jena (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **SHI, Renhu** [CN/DE];

Weserstr. 27, 37081 Goettingen (DE). **FAHLBUSCH, Ingo** [DE/DE]; Insterburger Weg 8, 37083 Göttingen (DE).
KLEINSCHMIDT, Werner [DE/DE]; Siedlungsstr. 34, 37139 Adelebsen (DE).

(74) Gemeinsamer Vertreter: **BECK, Bernard**; Carl-Zeiss
Jena GmbH, Carl-Zeiss-Promenade 10, 07745 Jena (DE).

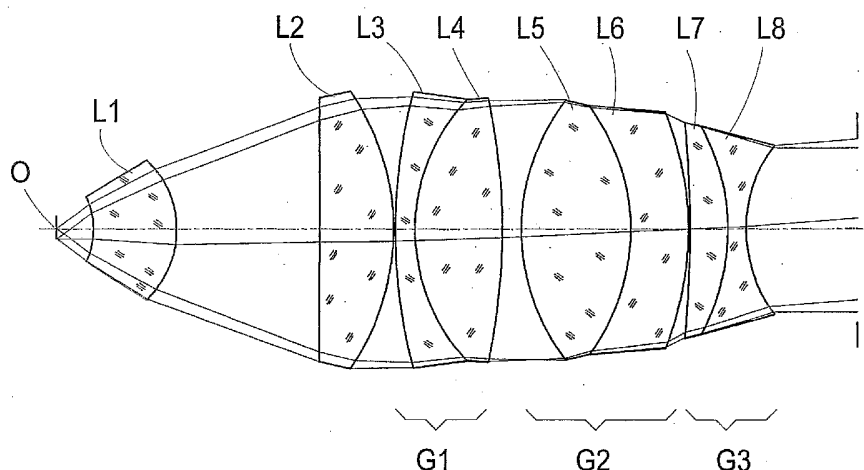
(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,
CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI,
GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE,
KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD,
MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG,
PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM,
ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: PLAN APOCHROMATIC MICROSCOPE OBJECTIVE

(54) Bezeichnung: PLANAPOCHROMATISCHES MIKROSKOPOBJEKTIV



(57) Abstract: The invention relates to a plan apochromatic microscope objective comprising a total of eight lenses. The first lens seen from the object plane, the centers of whose radii of curvature are located on the object side, is provided with a positive focal length, the ratio between said positive focal length and the total focal length of the microscope objective being greater than 3.6 and smaller than 7.4. The first lens is followed by a second lens which has a positive focal length. The surface of said second lens, which is located on the image side, has a greater radius of curvature than the surface located on the object side. The second lens is followed by three lens groups, each of which comprises two cemented lenses. One of the lenses in each of the three groups has a positive focal length while the other one has a negative focal length. The total focal lengths of the first and second group are positive while the total focal length of the third group, which is furthest removed from the object plane, is negative, the ratio between the total focal length of the third lens group and the total focal length of the microscope objective being greater than -1.5 and smaller than -1.2.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2004/092802 A1



GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein planapochromatisches Mikroskopobjektiv. Ein solches Mikroskopobjektiv besteht aus insgesamt acht Linsen. Die - von der Objektebene her gesehen - erste Linse mit objektseitig gelegenen Radenkrümmungsmittelpunkten weist eine positive Brennweite auf, deren Verhältnis zur Gesamtbrennweite des Mikroskopobjektivs grösser als 3,6 und kleiner als 7,4 ist. Daran an schliesst sich eine zweite Linse mit positiver Brennweite, deren bildseitig gelegene Oberfläche eine stärkere Radenkrümmung als die objektseitig gelegene Oberfläche aufweist. Daran an schliessen sich drei Linsengruppen aus je zwei miteinander verkitteten Linsen. In jeder der drei Gruppen weist eine der Linsen eine positive, die andere eine negative Brennweite auf. Die Gesamtbrennweiten der ersten und zweiten Gruppe sind positiv, die Gesamtbrennweite der dritten Gruppe, die am weitesten von der Objektebene entfernt ist, ist negativ. Das Verhältnis der Gesamtbrennweite der dritten Linsengruppe zur Gesamtbrennweite des Mikroskopobjektivs ist dabei grösser als -1,5 und kleiner als -1,2.

Planapochromatisches Mikroskopobjektiv

Bei der Anwendung in der Mikroskopie mit Auflichtbeleuchtung hat in letzter Zeit die Untersuchung von Werkstoffoberflächen mit extrem schwachen Strukturen, beispielsweise Wafern, und von Materialien mit Fluoreszenz zunehmend an Bedeutung gewonnen. Mikroskopobjektive, die bei solchen Untersuchungen eingesetzt werden, müssen einerseits einen guten Bildkontrast gewährleisten, andererseits möglichst wenig Eigenfluoreszenz aufweisen. Notwendig ist insbesondere eine gute Durchlässigkeit im nahen ultravioletten Spektralbereich, da die Anregungswellenlänge für Fluoreszenz etwa bei 365 nm liegt. Die Anzahl der Glassorten, die in diesen Bereich kurzer Wellenlängen durchlässig sind, ist jedoch beschränkt. Außerdem darf die Anzahl der Linsen nicht zu groß sein, damit die Herstellungskosten niedrig bleiben und ein genügender Anteil an ultraviolettem Licht durchgelassen wird. Aus diesem Grund ist es schwierig, für solche Mikroskopobjektive die Abbildungsfehler wie sphärische Aberration, Koma, Astigmatismus, Verzeichnung, Bildfeldwölbung, Farbbläns- sowie Farbquerfehler auszukorrigieren. Außerdem sollte ein möglichst ebenes Bild erzeugt werden, insbesondere wenn der Abbildungsmaßstab nicht allzu groß, beispielsweise 20x, ist.

In der Schrift US 5,798,870 wird ein Mikroskopobjektiv mit dem Abbildungsmaßstab 20x und einer numerischen Apertur von 0,5 beschrieben. Dieses Mikroskopobjektiv besteht aus acht Linsen, wobei zwei Linsen aus Flußspat sind. Das von diesem Objektiv erzeugte Bild ist zwar flach, jedoch nur halbapochromatisch korrigiert, d. h. die Farbfehler des sekundären Spektrums bzw. die Farbunterschiede, die sich aus der

Abhängigkeit der Fokusslage von der Wellenlänge ergeben, sind zwar reduziert, jedoch nicht vollständig korrigiert.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein planapochromatisches Mikroskopobjektiv, welches zur Untersuchung von Werkstoffoberflächen mit extrem schwachen Strukturen und von Materialien mit Fluoreszenz geeignet sein soll, zu verbessern.

Diese Aufgabe wird durch ein planapochromatisches Mikroskopobjektiv gelöst, welches von der Objektebene her geordnet eine erste und eine zweite Linse und daran anschließend eine erste, zweite und dritte Linsengruppe umfaßt. Die Radienkrümmungsmittelpunkte der Oberflächen der ersten Linse liegen dabei beide objektseitig. Die Brennweite der ersten Linse ist positiv und das Verhältnis zur Gesamtbrennweite des Mikroskopobjektivs ist größer als 3,6 und kleiner als 7,4. Auch die Brennweite der zweiten Linse ist positiv. Die bildseitig gelegene Oberfläche der zweiten Linse weist dabei eine stärkere Radienkrümmung als die objektseitig gelegene Oberfläche auf. Daran an schließt sich eine erste Linsengruppe mit positiver Gesamtbrennweite aus einer dritten und einer vierten Linse. Beide Linsen sind miteinander verkittet. Eine der beiden Linsen weist eine positive, die andere eine negative Brennweite auf. Die zweite Linsengruppe hat ebenfalls eine positive Gesamtbrennweite und besteht aus einer fünften und einer sechsten Linse, die beide miteinander verkittet sind. Auch hier weist eine der beiden Linsen eine positive, die andere eine negative Brennweite auf. Die dritte und letzte Linsengruppe hat eine negative Gesamtbrennweite und besteht aus einer siebten und einer achten Linse, die beide miteinander verkittet sind. Hier weist ebenfalls eine der beiden Linsen eine positive, die andere eine negative Brennweite auf. Das Verhältnis der Ge-

sambrennweite der dritten Linsengruppe zur Gesamtbrennweite des Mikroskopobjektivs ist dabei größer als $-1,5$ und kleiner als $-1,2$.

Dabei ist es für die Korrektur der Bildfehler vorteilhaft, wenn in der ersten Linsengruppe die vierte Linse eine positive Brennweite aufweist. Ebenso ist es vorteilhaft, wenn in der zweiten Linsengruppe die fünfte Linse eine positive Brennweite aufweist, sie ist bevorzugt bikonvex gestaltet. Für die Korrektur von Bildwölbung und Astigmatismus ist es weiterhin vorteilhaft, daß in der dritten Linsengruppe die siebte Linse eine positive Brennweite aufweist und ihre Radienkrümmungsmittelpunkte objektseitig liegen, sowie die achte Linse eine negative Brennweite aufweist, wobei sie bevorzugt bikonkav gestaltet ist.

Um das Objektiv auch in der Polarisationsmikroskopie verwenden zu können, ist es vorteilhaft, wenn möglichst wenig Linsen aus dem Material Flußspat gefertigt werden: In der Polarisationsmikroskopie möchte man solche Strukturen auflösen, die ausschließlich oder zumindest überwiegend durch Polarisation des Lichtes von der Oberfläche der Strukturen entstehen. Dabei ist es wichtig, daß das verwendete Objektiv frei von Spannung ist, da Spannung zu einer Doppelbrechung des Lichts führt und somit den Kontrast der Abbildung vermindert. Das Material Flußspat hat unvermeidlich Baufehler in der Kristallstruktur, was ebenfalls zu einer Doppelbrechung des Lichts führt. Im vorliegenden Fall weist daher höchstens eine der dritten, vierten, fünften und sechsten Linse eine Brechzahl kleiner als $1,52$ und eine Abbezahl größer als 89 auf. Bevorzugt wird nur die fünfte Linse aus einem Material, das diese Bedingungen erfüllt, nämlich Flußspat (CaF_2) gefertigt.

Vorteilhafte Ausgestaltungen des Mikroskopobjektivs ergeben sich mit den in den Unteransprüchen 10 bis 12 aufgeführten Konstruktionsdaten. Die Brechzahlen beziehen sich dabei auf eine Wellenlänge von 546,07 nm. Die Abbezahlen v_e wurden aus der Gleichung

$$v_e = \frac{n_e - 1}{n_{F'} - n_{C'}}$$

berechnet. Dabei ist n_e die Brechzahl bei einer Wellenlänge von 546,07 nm, $n_{C'}$ die Brechzahl bei einer Wellenlänge von 643,85 nm und $n_{F'}$ die Brechzahl bei einer Wellenlänge von 479,99 nm.

Für den ersten Satz von Konstruktionsdaten im zehnten Unteranspruch ist das Verhältnis der Brennweite der ersten Linse zur Gesamtbrennweite des Mikroskopobjektivs 3,7, das Verhältnis der Brennweite der dritten Linsengruppe zur Gesamtbrennweite des Mikroskopobjektivs -1,5. Für den zweiten Satz von Konstruktionsdaten ist das Verhältnis 4,5 bzw. -1,5. Für den dritten Satz von Konstruktionsdaten im zwölften Unteranspruch ist das Verhältnis der Brennweite der ersten Linse zur Gesamtbrennweite des Mikroskopobjektivs 7,4 und das Verhältnis der Brennweite der dritten Linsengruppe zur Gesamtbrennweite des Mikroskopobjektivs -1,2.

Das auf diese Weise charakterisierte Mikroskopobjektiv weist den Abbildungsmaßstab 20x auf. Die numerische Apertur ist mit 0,6 höher als die numerische Apertur des aus dem Stand der Technik bekannten Objektivs. Die Sehfeldzahl beträgt 25 und das Objektiv ist für einen optischen Arbeitsabstand von 2,2 mm ausgelegt. Bei der für Fluoreszenzuntersuchung wichtigen UV-Wellenlänge von 365 nm beträgt der

Reintransmissionsgrad mehr als 63 %. Im Gegensatz zu dem aus dem Stand der Technik bekannten Objektiv kommt das erfindungsgemäße Mikroskopobjektiv auch nur mit einer Linse aus Flußspat aus, was für die Polarisationsmikroskopie von Vorteil ist.

Bei dem erfindungsgemäßen Mikroskopobjektiv sind sämtliche Abbildungsfehler des Mikroskopobjektivs auskorrigiert. Auf diese Weise kann der Kontrast über das ganze Sehfeld maximiert werden. Eine weitere Verbesserung des Bildkontrasts wird dadurch erreicht, daß auch die Restreflexion der Bildebene minimiert ist. Das Mikroskopobjektiv ist daher besonders gut für die Verwendung in der Auflichtmikroskopie geeignet. Während das aus der US 5,798,870 bekannte Mikroskopobjektiv in bezug auf die Farbfehler nur halbapochromatisch korrigiert wird, ist die Korrektur beim erfindungsgemäßen Mikroskopobjektiv vollständig apochromatisch.

Das Mikroskopobjektiv soll im folgenden an einem Ausführungsbeispiel erläutert werden. In den dazugehörigen Zeichnungen zeigt

- Fig.1 einen möglichen Objektivaufbau in Anlehnung an die Konstruktionsdaten des elften Unteranspruchs,
- Fig.2 die Queraberrationen in tangentialen Schnitt für Bildmitte (a), Bildzone (b) und Bildrand (c) für dieses Objektiv, sowie
- Fig.3 weitere Bildfehler für dieses Objektiv.

Fig.1 zeigt zunächst ein Schnittbild des Objektivs gemäß der Erfindung. Ganz links befindet sich die Objektebene O, in einem Abstand von 2,2 mm befindet sich eine meniskusförmige erste Linse L1 mit positiver Brennweite. Die Radien-

krümmungsmittelpunkte der beiden Linsenflächen liegen dabei objektseitig. In einem Abstand von etwa 8,5 mm ist eine zweite Linse L2 angeordnet. Auch die zweite Linse L2 weist eine positive Brennweite auf, außerdem weist die bildseitig gelegene Oberfläche eine stärkere Radienkrümmung als die objektseitig gelegene Oberfläche auf. Letztere kann dabei auch plan ausgeführt sein, wie dies in Fig.1 der Fall ist. In einem sehr geringem Abstand von etwa 0,1 mm folgt eine erste Linsengruppe G1 mit positiver Gesamtbrennweite. Sie besteht aus einer dritten und vierten Linse L3 bzw. L4, die beide miteinander verkittet sind. Die dritte Linse L3 weist eine negative Brennweite, die vierte Linse L4 eine positive Brennweite auf. Es folgt eine zweite Linsengruppe G2, ebenfalls mit positiver Gesamtbrennweite. Sie besteht aus einer fünften und sechsten Linse L5 bzw. L6, die wiederum beide miteinander verkittet sind. Die fünfte Linse L5 ist bikonvex aus dem Material Flußspat geformt und hat eine positive Brennweite, die sechste Linse L6 weist eine negative Brennweite auf. Daran an schließt sich eine dritte Linsengruppe G3. Diese hat eine negative Gesamtbrennweite und besteht aus einer siebten und achten Linse L7 bzw. L8, die beide miteinander verkittet sind. Die siebte Linse L7 weist eine positive Brennweite auf, die achte Linse L8 ist bikonkav geformt und weist eine negative Brennweite auf. Die Radienkrümmungsmittelpunkte der siebten Linse L7 sind außerdem beide objektseitig gelegen. Das aus der achten Linse L8 austretende Licht kann nun durch eine Tubuslinse abgebildet werden.

In Fig.2 ist ein Bildfehler dieses Objektivs, nämlich die Queraberration in Abhängigkeit von der Apertur im tangentialen Schnitt an drei Punkten im Bildfeld, in der Bildmitte (a), in der Bildzone (b) und am Bildrand (c), für drei ver-

schiedene Wellenlängen dargestellt. Die Aberrationen bei einer Wellenlänge von 546,07 nm sind mit einer durchgezogenen Linie, die Aberrationen bei einer Wellenlänge von 643,85 nm mit einer gestrichelten Linie und die Aberrationen bei einer Wellenlänge von 479,99 nm mit einer gepunkteten Linie dargestellt. Ein Teilstrich auf der y-Achse entspricht dabei 0,02 mm. Die Werte liegen über das gesamte Bildfeld unterhalb der Sichtbarkeitsgrenze.

In Fig.3 sind weiter Bildfehler des erfindungsgemäßen Objektivs dargestellt. In der senkrechten Achse ist dabei jeweils die Bildhöhe in mm dargestellt. Ein Teilstrich entspricht 6,25 mm. Fig.3(a) zeigt zunächst die auf die jeweilige Bildhöhe normierte chromatische Vergrößerungsdifferenz in Promille. Daraus ergibt sich eine chromatische Queraberration am Feldrand von weniger als 10 μm , wobei die beiden Wellenlängen $\lambda_F = 479,99 \text{ nm}$ und $\lambda_C = 643,85 \text{ nm}$ zugrunde gelegt wurden. In Fig.3(b) ist die Verzeichnung des Mikroskopobjektivs in Prozent dargestellt. Sie ist in jedem Falle kleiner als 0,6 %. In Fig.3(c) schließlich ist der Astigmatismus des Objektives in Rayleigh-Einheiten (R.E.) dargestellt. Die die Bildfeldwölbung charakterisierende Petzval'sche Summe ist kleiner als 0,004.

Bezugszeichenliste

$G1, \dots, G3$	Linsengruppen
$L1, \dots, L8$	Linsen
O	Objektebene

Patentansprüche

1. Planapochromatisches Mikroskopobjektiv, umfassend von der Objektebene her geordnet
 - eine erste Linse (L1) mit positiver Brennweite (f_1) und objektseitig gelegenen Radienkrümmungsmittelpunkten, wobei das Verhältnis von der Brennweite (f_1) zur Gesamtbrennweite (f) des Mikroskopobjektivs größer als 3,6 und kleiner als 7,4 ist,
 - eine zweite Linse (L2) mit positiver Brennweite (f_2), deren bildseitig gelegene Oberfläche eine stärkere Radienkrümmung als ihre objektseitig gelegene Oberfläche aufweist,
 - eine erste Linsengruppe (G1) mit positiver Gesamtbrennweite (f_{G1}) aus einer dritten Linse (L3) und einer vierten Linse (L4), wobei die dritte und vierte Linse (L3) bzw. (L4) miteinander verkittet sind und die eine der beiden Linsen eine positive, die andere eine negative Brennweite aufweist,
 - eine zweite Linsengruppe (G2) mit positiver Gesamtbrennweite (f_{G2}) aus einer fünften Linse (L5) und einer sechsten Linse (L6), wobei die fünfte und sechste Linse (L5) bzw. (L6) miteinander verkittet sind und die eine der beiden Linsen eine positive, die andere eine negative Brennweite aufweist, sowie
 - eine dritte Linsengruppe (G3) mit negativer Gesamtbrennweite (f_{G3}) aus einer siebten Linse (L7) und einer achten Linse (L8), wobei die siebte und achte Linse (L7) bzw. (L8) miteinander verkittet sind und die eine der beiden Linsen eine positive, die andere eine negative Brennweite aufweist, und das Verhältnis der Gesamtbrennweite (f_{G3}) der dritten Linsengruppe zur Ge-

sambrennweite (f) des Mikroskopobjektivs größer als $-1,5$ und kleiner als $-1,2$ ist.

2. Planapochromatisches Mikroskopobjektiv nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß in der ersten Linsengruppe (G1) die vierte Linse (L4) eine positive Brennweite aufweist.
3. Planapochromatisches Mikroskopobjektiv nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß in der zweiten Linsengruppe (G2) die fünfte Linse (L5) eine positive Brennweite aufweist.
4. Planapochromatisches Mikroskopobjektiv nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die fünfte Linse (L5) bikonvexe Form aufweist.
5. Planapochromatisches Mikroskopobjektiv nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß höchstens eine der vier Linsen (L3, L4, L5, L6) der ersten und zweiten Linsengruppe (G1) bzw. (G2) eine Brechzahl $n_e < 1,52$ und eine Abbezahl $v_e > 89$ aufweist.
6. Planapochromatisches Mikroskopobjektiv nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die fünfte Linse (L5) aus Flußspat (CaF_2) gefertigt ist.
7. Planapochromatisches Mikroskopobjektiv nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß in der dritten Linsengruppe (G3) die siebte Linse (L7) eine positive Brennweite aufweist und ihre Radienkrümmungsmittelpunkte objektseitig gelegen sind.

8. Planapochromatisches Mikroskopobjektiv nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß in der dritten Linsengruppe (G3) die achte Linse (L8) eine negative Brennweite aufweist.
9. Planapochromatisches Mikroskopobjektiv nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß in der dritten Linsengruppe (G3) die achte Linse (L8) eine bikonkave Form aufweist.
10. Planapochromatisches Mikroskopobjektiv nach einem der vorgenannten Ansprüche 1 bis 9, gekennzeichnet durch folgende Konstruktionsdaten mit Radien r , Dicken d und Abständen a in mm, Brechzahlen n_e bei einer Wellenlänge von 546.07 nm und Abbezahlen v_e :

	r	d	a	n_e	v_e
Objektebene	∞				
			2,200		
L1	-4,6031	5,000		1,886	40,8
	-5,9394				
			10,310		
L2	-64,9770	4,000		1,530	76,6
	-13,8910				
			0,100		
L3	30,1520	1,200		1,886	40,8
L4	12,0220	6,000		1,530	76,6
	-38,4470				
			0,200		
L5	13,9780	6,700		1,435	94,6
L6	-12,8460	3,500		1,617	44,3
	-19,2960				
			0,100		
	-52,5500				

L7		5,940	1,723	29,3
	-11,6330			
L8		1,100	1,617	44,3
	8,5899			
2,142				
Tubus und Tubuslinse				

11. Planapochromatisches Mikroskopobjektiv nach einem der vorgenannten Ansprüche 1 bis 9, gekennzeichnet durch folgende Konstruktionsdaten mit Radien r , Dicken d und Abständen a in mm, Brechzahlen n_e bei einer Wellenlänge von 546.07 nm und Abbezahlen v_e :

	r	d	a	n_e	v_e
Objektebene	∞				
			2,199		
	-4,5290				
L1		5,000		1,886	40,8
	-6,0424				
			8,595		
	∞				
L2		4,500		1,530	76,6
	-14,3310				
			0,100		
	30,9464				
L3		1,200		1,886	40,8
	11,1410				
L4		5,320		1,530	76,6
	-36,5149				
			1,165		
	12,2304				
L5		6,700		1,435	94,6
	-12,2304				
L6		3,500		1,617	44,3
	-18,8360				
			0,102		
	-73,9179				
L7		2,300		1,723	29,3
	-12,9580				
L8		1,100		1,617	44,3
	7,9440				
			6,719		
Tubus und Tubuslinse					

12. Planapochromatisches Mikroskopobjektiv nach einem der vorgenannten Ansprüche 1 bis 9, gekennzeichnet durch folgende Konstruktionsdaten mit Radien r , Dicken d und Abständen a in mm, Brechzahlen n_e bei einer Wellenlänge von 546.07 nm und Abbezahlen v_e :

	r	d	a	n_e	v_e
Objektebene	∞				
			2,200		
L1	-4,8537 -6,8163	5,500		1,886	40,8
			7,670		
L2	224,2200 -15,5270	5,000		1,530	76,6
			0,100		
L3	26,1380	1,200		1,886	40,8
L4	11,3870 -28,6280	6,500		1,530	76,6
			0,885		
L5	11,6270 -10,9940	6,700		1,435	94,6
L6	-16,8070	1,380		1,617	44,3
			0,100		
L7	-27,6670 -10,2360	2,100		1,723	29,3
L8	7,7303	1,100		1,617	44,3
			8,060		
Tubus und Tubuslinse					

1/3

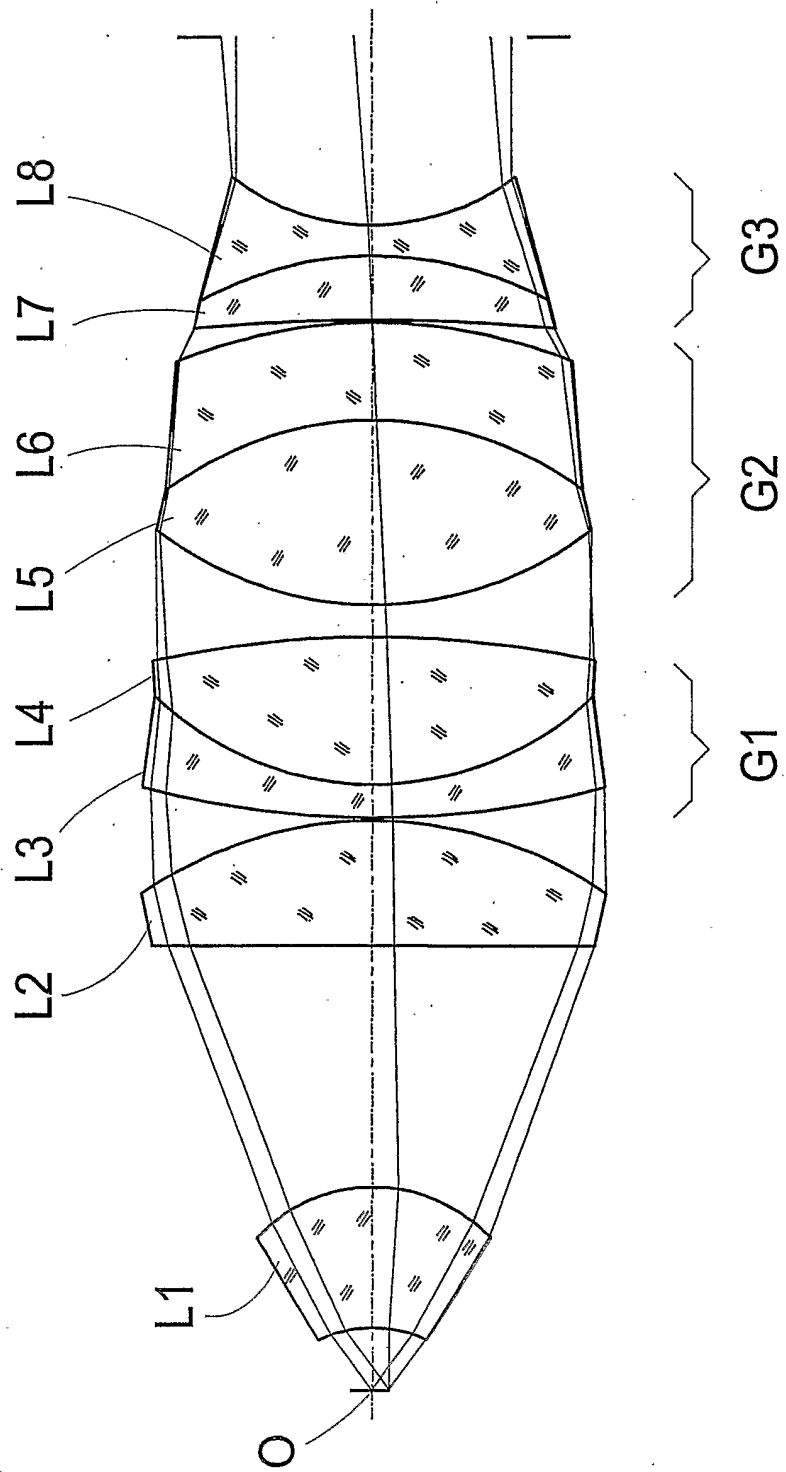


Fig.1

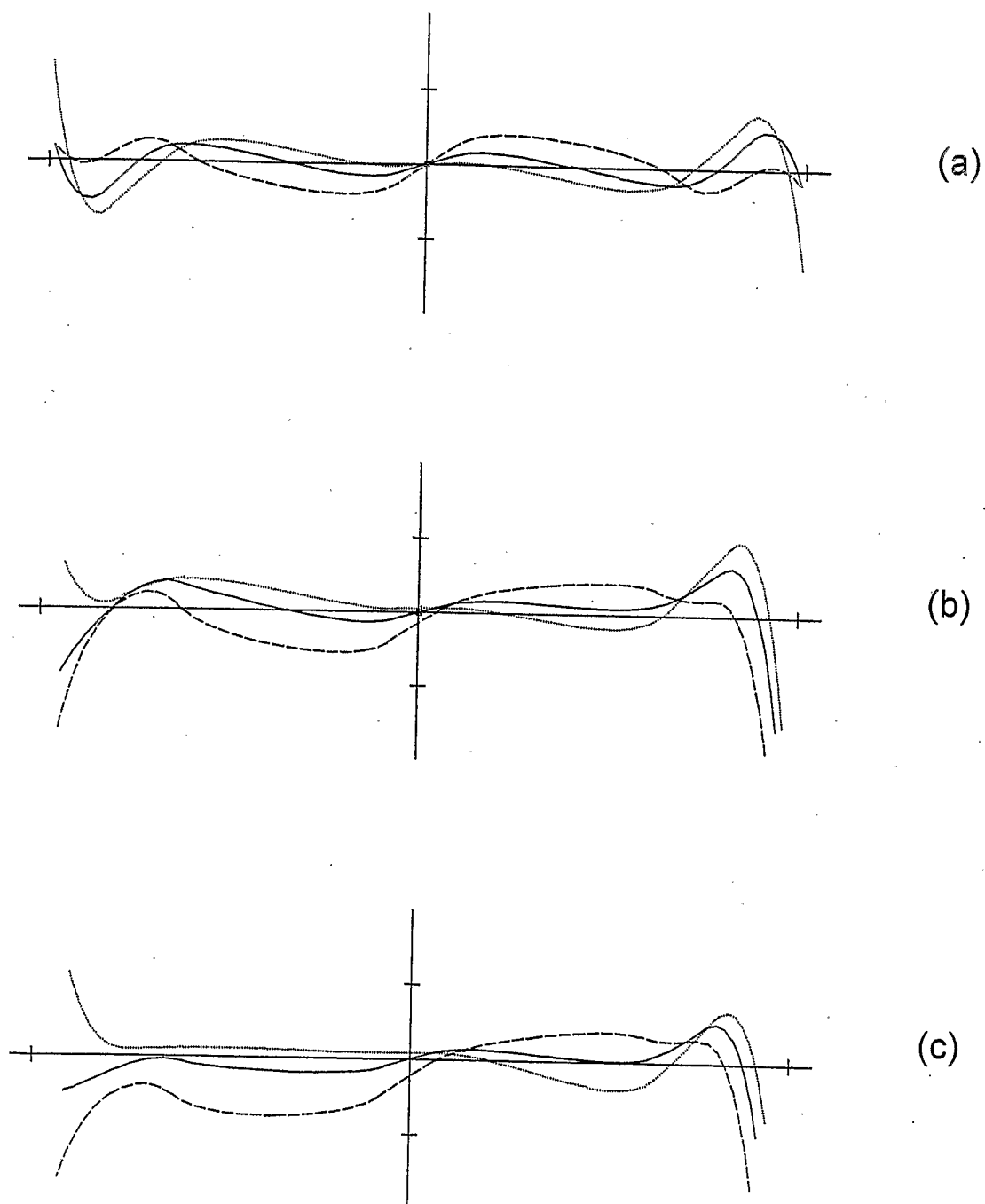
$2/3$ 

Fig.2

3/3

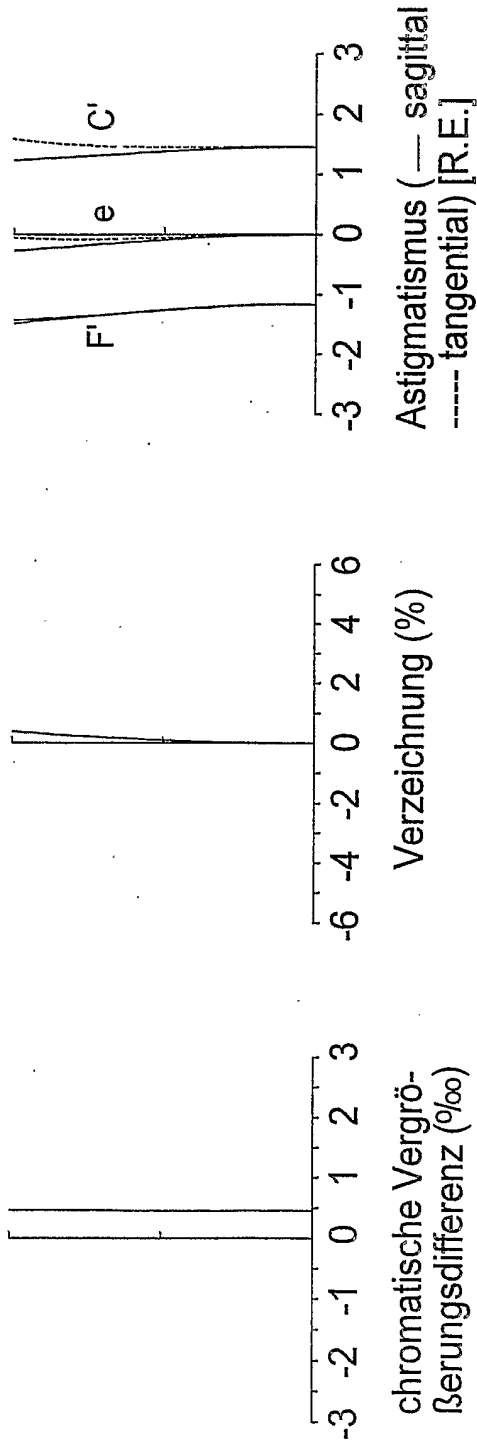


Fig.3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP2004/002431

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 G02B21/02

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)

IPC 7 G02B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

PAJ, EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 017, no. 481 (P-1604), 31 August 1993 (1993-08-31) -& JP 05 119264 A (OLYMPUS OPTICAL CO LTD), 18 May 1993 (1993-05-18) the whole document ----	1-12
A	US 4 588 264 A (SHIMIZU YOSHIYUKI) 13 May 1986 (1986-05-13) the whole document ----	1-12
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 011, no. 087 (P-557), 17 March 1987 (1987-03-17) -& JP 61 240218 A (NIPPON KOGAKU KK <NIKON>), 25 October 1986 (1986-10-25) the whole document ----- -/--	1-12



Further documents are listed in the continuation of box C.



Patent family members are listed in 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 document 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.

G document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

22 June 2004

Date of mailing of the international search report

07/07/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Daffner, M

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP2004/002431

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1997, no. 03, 31 March 1997 (1997-03-31) -& JP 08 286112 A (OLYMPUS OPTICAL CO LTD), 1 November 1996 (1996-11-01) the whole document ----	1-12
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1999, no. 11, 30 September 1999 (1999-09-30) -& JP 11 160624 A (UNION OPTICAL CO LTD), 18 June 1999 (1999-06-18) the whole document -----	1-12

INTERNATIONAL SEARCH REPORT



Information on patent family members

International Application No

PCT/EP2004/002431

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
JP 05119264	A	18-05-1993	JP 3093835 B2	03-10-2000
US 4588264	A	13-05-1986	JP 1784102 C	31-08-1993
			JP 3058493 B	05-09-1991
			JP 60046520 A	13-03-1985
			JP 1844436 C	25-05-1994
			JP 3058492 B	05-09-1991
			JP 59100409 A	09-06-1984
			US 4666256 A	19-05-1987
JP 61240218	A	25-10-1986	JP 1913181 C	09-03-1995
			JP 6044102 B	08-06-1994
JP 08286112	A	01-11-1996	NONE	
JP 11160624	A	18-06-1999	NONE	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/002431

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 G02B21/02

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 7 G02B

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

PAJ, EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie ^o	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 017, no. 481 (P-1604), 31. August 1993 (1993-08-31) -& JP 05 119264 A (OLYMPUS OPTICAL CO LTD), 18. Mai 1993 (1993-05-18) das ganze Dokument	1-12
A	US 4 588 264 A (SHIMIZU YOSHIYUKI) 13. Mai 1986 (1986-05-13) das ganze Dokument	1-12
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 011, no. 087 (P-557), 17. März 1987 (1987-03-17) -& JP 61 240218 A (NIPPON KOGAKU KK <NIKON>), 25. Oktober 1986 (1986-10-25) das ganze Dokument	1-12
	--- -/-	

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

^o Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

22. Juni 2004

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

07/07/2004

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Daffner, M

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2004/002431

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1997, no. 03, 31. März 1997 (1997-03-31) -& JP 08 286112 A (OLYMPUS OPTICAL CO LTD), 1. November 1996 (1996-11-01) das ganze Dokument ---	1-12
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1999, no. 11, 30. September 1999 (1999-09-30) -& JP 11 160624 A (UNION OPTICAL CO LTD), 18. Juni 1999 (1999-06-18) das ganze Dokument -----	1-12

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/002431

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
JP 05119264 A	18-05-1993	JP 3093835 B2	03-10-2000
US 4588264 A	13-05-1986	JP 1784102 C	31-08-1993
		JP 3058493 B	05-09-1991
		JP 60046520 A	13-03-1985
		JP 1844436 C	25-05-1994
		JP 3058492 B	05-09-1991
		JP 59100409 A	09-06-1984
		US 4666256 A	19-05-1987
JP 61240218 A	25-10-1986	JP 1913181 C	09-03-1995
		JP 6044102 B	08-06-1994
JP 08286112 A	01-11-1996	KEINE	
JP 11160624 A	18-06-1999	KEINE	