



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 603 02 849 T2** 2006.08.17

(12)

## Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 1 405 119 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **603 02 849.7**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US03/09801**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **03 718 120.3**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2003/085437**

(86) PCT-Anmeldetag: **31.03.2003**

(87) Veröffentlichungstag

der PCT-Anmeldung: **16.10.2003**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **07.04.2004**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **21.12.2005**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **17.08.2006**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **G02B 13/14** (2006.01)

**G02B 15/14** (2006.01)

**G02B 13/18** (2006.01)

**G02B 27/00** (2006.01)

(30) Unionspriorität:

**369515 P**      **01.04.2002**      **US**

**402501**      **28.03.2003**      **US**

(73) Patentinhaber:

**Raytheon Company, Waltham, Mass., US**

(74) Vertreter:

**Witte, Weller, Gahlert, Otten & Steil, 70178  
Stuttgart**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT, DE, FR, GB, SE**

(72) Erfinder:

**CHIPPER, B., Robert, Allen, US**

(54) Bezeichnung: **THERMISCH STABILISIERTES DIFFRAKTIVES INFRAROT-ZOOM-OBJEKTIV**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

**Beschreibung**

## TECHNISCHES GEBIET

**[0001]** Die Erfindung betrifft allgemein optische Systeme mit Vielfachlinsen, und genauer gesagt, solche optische Systeme mit Vielfachlinsen, bei denen wenigstens eine Linse in Bezug auf eine andere Linse beweglich ist, wie etwa in einem optischen Zoomlinsensystem zur Verwendung mit Infrarot-Strahlung (IR).

## HINTERGRUND

**[0002]** IR- oder thermisch abbildende Systeme verwenden typischerweise eine Mehrzahl von Wärmesensoren, um IR-Strahlung zu detektieren und können ein Bild erzeugen, das für das menschliche Auge sichtbar gemacht werden kann. Z.B. detektieren thermisch abbildende Systeme typischerweise Temperaturstrahlungsdifferenzen zwischen zahlreichen Objekten in einer Szene und zeigen diese Unterschiede in der thermischen Strahlung als ein sichtbares Bild der Szene an. Thermisch abbildende Systeme werden oft verwendet, um Feuer, überhitzte Maschinen, Luftfahrzeuge, Fahrzeuge und Menschen zu detektieren und um temperaturempfindliche industrielle Prozesse zu steuern.

**[0003]** Die Grundkomponenten eines thermisch abbildenden Systems schließen allgemein eine Optik zum Sammeln und Fokussieren von IR-Strahlung von der Szene ein, einen IR-Detektor, der eine Mehrzahl von Wärmesensoren aufweist, um die IR-Strahlung in ein elektrisches Signal zu konvertieren und eine Elektronik, um das elektrische Signal zu verstärken und in eine sichtbare Anzeige umzusetzen und/oder auf einem geeigneten Medium zu speichern. In einem thermisch abbildenden System wird häufig ein Zerhacker verwendet, um die IR-Strahlung zu modulieren und um eine konstante Hintergrundstrahlung zu erzeugen, was ein Referenzsignal liefert. Der elektronische Verarbeitungsbereich des thermisch abbildenden Systems wird das Referenzsignal von dem Gesamtstrahlungssignal subtrahieren, um ein Signal mit einem minimalen Rauschhintergrund zu erzeugen. Thermisch abbildende Systeme können eine Vielzahl von IR-Detektoren verwenden. Ein IR-Detektor ist eine Vorrichtung, die auf elektromagnetische Strahlung in dem IR-Spektrum anspricht. IR-Detektoren werden manchmal in zwei Hauptkategorien eingeteilt, nämlich gekühlt und ungekühlt. Ein gekühlter IR-Detektor ist ein IR-Detektor, der bei cryogenen Temperaturen betrieben werden muss, wie etwa bei der Temperatur von flüssigem Stickstoff, um die gewünschte Empfindlichkeit gegenüber Veränderungen in der IR-Strahlung zu erhalten. Gekühlte Detektoren verwenden typischerweise Wärmesensoren, die Halbleiter mit kleiner Energielücke verwenden, da die Dunkelstromkomponente jegliches Signal bei Raumtemperatur überdeckt. Folglich verlassen sich ungekühlte Detektoren auf ein anderes physikalisches Phänomen und sind weniger empfindlich als gekühlte Detektoren. Da jedoch ungekühlte Detektoren nicht die Anwesenheit eines cryogenen Kühlers und zugehörige Komponenten erfordern, sind sie weniger ausladend und verbrauchen weniger Energie als gekühlte Detektoren, sie sind deshalb die bevorzugte Wahl für transportable Anwendungen mit niedriger Leistung, wo die größere Empfindlichkeit von gekühlten Detektoren nicht erforderlich ist. Bei einem typischen ungekühlten Wärmesensor werden IR-Photonen von dem Wärmedetektor absorbiert, und die sich ergebende Temperaturdifferenz des absorbierenden Elementes wird detektiert. Zu typischen ungekühlten Wärmedetektoren gehören pyroelektrische Detektoren, Thermoelemente und Bolometer. Ein IR-Fenster ist ein Frequenzbereich in dem IR-Spektrum, in dem es eine gute Übertragung von elektromagnetischer Strahlung durch die Atmosphäre gibt. Typischerweise detektieren IR-Detektoren IR-Strahlung in den Spektralbändern von 3 bis 5  $\mu\text{m}$  (bei einer Energie von 0,4 bis 0,25 eV) und von 8 bis 14  $\mu\text{m}$  (bei einer Energie von 0,16 bis 0,09 eV). Das Spektralband von 3 bis 5  $\mu\text{m}$  wird allgemein als das „nahe IR-Band“ bezeichnet, während das Spektralband von 8 bis 14  $\mu\text{m}$  als das „ferne IR-Band“ bezeichnet wird. IR-Strahlung zwischen dem nahen und dem fernen IR-Band kann normalerweise infolge von atmosphärischer Strahlung nicht detektiert werden, obwohl dieses Problem nicht bei solchen IR-abbildenden Systemen auftritt, die im leeren Raum verwendet werden, was es ermöglicht, das mittlere IR-Spektralband von 5 bis 8  $\mu\text{m}$  zu detektieren. Die IR-Strahlung der Szene wird typischerweise auf einen Wärmedetektor mit Hilfe von einer oder mehreren IR-Linsen fokussiert. IR-Linsen können als eine Linse mit einem einzigen Sichtfeld oder als eine Zoom-Linse klassifiziert werden. Zoom-Linsen können ihrerseits ausgebildet sein, um als eine kontinuierliche Zoom-Linse zu funktionieren, oder als eine Zoom-Linse mit zwei Positionen.

**[0004]** Zu einschlägigen US-Patenten gehören 5 812 516, „Dual Purpose Infrared Lens Assembly Using Diffractive Optics“, Robert B. Chipper, sowie 5,973,827, „Refractive/Diffractive Infrared Imager and Optics“, auch von Robert B. Chipper. Das US-Patent 5 796 514 offenbart eine IR-Zoom-Linsenanordnung.

**[0005]** Jedoch liegt ein Problem darin, dass herkömmliche IR-Zoom-Linsen, die mit ungekühlten Detektoren arbeiten, aus dem Brennpunkt herauslaufen können, wenn sich die Temperatur vergrößert oder verkleinert, ty-

typischerweise in einem Bereich von ungefähr  $-10^{\circ}\text{C}$ , oder weniger, bis zu ungefähr  $50^{\circ}\text{C}$  oder mehr. Das Linsen-Driftproblem beruht zu einem großen Teil auf den typischerweise großen Veränderungsgeschwindigkeiten des Brechungsindex des Linsenmaterials als eine Funktion der Temperatur des Linsenmaterials.

**[0006]** Es sei auf [Fig. 1](#) Bezug genommen, in der eine herkömmliche Zoom-Linsenordnung **1** gezeigt ist, die die drei Linsen **2**, **3** und **4** aufweist. Die drei Linsen sind jeweils aus demselben IR-strahlungsdurchlässigen Material, Germanium (Ge) in diesem Fall, hergestellt. Keine der Linsenoberflächen ist diffraktiver Natur. Die Linse **3** ist mit Hilfe einer Linsenantriebsanordnung **5** zwischen einer Position mit breitem Sichtfeld (WFOV) und einer Position mit engem Sichtfeld (NFOV) bewegbar.

**[0007]** Eine herkömmliche Lösung bezüglich des temperaturinduzierten Brennpunkt-Driftproblems schließt die Bereitstellung einer komplexen und teuren elektro-mechanischen Anordnung **5** ein, um den Brennpunkt über der Temperatur beizubehalten, in dem wenigstens die Linse **3** innerhalb der Zoom-Linsenordnung **1** refokussiert wird. Die Linsenantriebsanordnung kann einen oder mehrere Motoren verwenden, die mit einem oder mehreren Nocken gekoppelt sind, die eine nicht-lineare Bewegung haben, und diese sind mit Motor-Antriebssoftware gekoppelt, die Look-Up-Tabellen erfordern kann, um die physikalische Lage des Linsenelementes **3** in Abhängigkeit von der Temperatur zu verändern, sowie als eine Funktion des gewünschten Sichtfeldes der Linse. Dies ist notwendig, da das Fokussieren typischerweise eine unterschiedliche Brennpunktgeschwindigkeit gegenüber der Temperatur zeigen wird, in Abhängigkeit von der ausgewählten Zoom-Position (WFOV oder NFOV). Ferner ist irgendeine Art von Temperatursensor, wie etwa ein Thermoelement **6**, notwendig, um die tatsächliche Temperatur der Zoom-Linsenordnung **1** zu überwachen, um einen Input für die Motor-Antriebssoftware zu liefern.

**[0008]** Es ist offensichtlich, dass dieser komplexe und teure Ansatz im Stand der Technik, mit dem versucht wird, den Brennpunkt in der Zoom-Linsenordnung beizubehalten, weniger erwünscht ist.

**[0009]** Es sei Bezug genommen auf das US-Patent Nr. 5,504,628, „Passive Athermalization of Optics“, von J. F. Borchard. Dieses Patent offenbart die Verwendung einer Doppellinse, die optisch passiv temperaturkompensiert wird, indem zwei Linsenmaterialien verwendet werden, die ungefähr dieselbe Abbe-Zahl haben und die im Wesentlichen unterschiedliche thermische Koeffizienten des Brechungsindex aufweisen. Das Verhältnis der Brechzahlen der Linsenelemente ist so ausgewählt, dass die gewünschte passive Temperaturkompensation erreicht wird. Es wird eine diffraktive Fläche auf einem der Linsenelemente verwendet, um für chromatische Abberation zu korrigieren. Da die Abbe-Zahlen für die beiden Linsenmaterialien ungefähr dieselben sind, wird davon ausgegangen, dass sich die Farbkorrektur nicht wesentlich mit der Temperatur ändert. Dies erlaubt es, durch das Verhältnis der Brechzahlen der Linsenelemente die Brennweite der Dublette zu steuern, wobei die Temperatur unabhängig von einer Farbkorrektur ist.

**[0010]** Obwohl argumentiert werden kann, dass man versuchen sollte, diesen Ansatz zu verwenden, um eine Zoom-Linsenordnung zu konstruieren, würde diese Verwendung sechs Linsen und drei diffraktive Flächen erfordern, d.h. die Verwendung einer diffraktiven Dublette anstelle von jedem der Linsenelemente **2**, **3** und **4** im Stand der Technik. Es ist offensichtlich, dass das sich ergebende optische System eine komplexere mechanische Befestigungsanordnung erfordern würde und zu erheblich höheren Kosten führen würde.

#### ZUSAMMENFASSUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGEN

**[0011]** Gemäß den gegenseitig bevorzugten Ausführungen dieser Lehre können das vorhergehende und andere Probleme gelöst werden und andere Vorteile erreicht werden.

**[0012]** Gemäß dieser Erfindung werden die Probleme im Zusammenhang mit der Temperatur durch eine Auswahl und Kombination von IR-Linsenmaterialien, Linsen-Brechzahlen und diffraktiven Oberflächen gelöst. Durch die Verwendung dieser Erfindung wird die Brennpunktveränderung in Abhängigkeit von der Temperatur minimiert und kann im Wesentlichen zwischen Zoom-Positionen eliminiert werden. Dies ermöglicht es, die zusätzlichen elektromechanischen Mechanismen und temperaturerfassenden Thermoelement(e) zu vermeiden, obwohl ein akzeptables Ergebnis (Fokussierung) in Abhängigkeit von der Temperatur bezüglich der Modulationsübertragungsfunktion (MTF) erreicht wird.

**[0013]** Die Zoom-Linsenordnung gemäß dieser Erfindung kompensiert Temperaturveränderungen optisch, im Gegensatz zu mechanisch, was bedeutet, dass die Brennpunktdifferenz zwischen zwei Zoom-Linsenpositionen (Brennpunktabweichung) über der Temperatur soweit minimiert wird, dass die Veränderung des Brennpunktes in den Tiefenschärfenbereich der Zoom-Linsenordnung fällt. Durch dieses Verfahren wird eine ak-

zeptable MTF-Leistung über der Temperatur erreicht, ohne dass eine elektro-mechanische Refokussierung der Linsenelemente erforderlich ist, um Veränderungen in der Zoom-Linsentemperatur zu kompensieren.

**[0014]** Gemäß der Lehre dieser Erfindung wird eine spezielle Reihenfolge und ein spezielles Auswahlkriterium für diese Materialien angegeben, die zur Konstruktion der Linsen verwendet werden, in Bezug auf die Lage von diffraktiven Flächen und in Bezug auf die relative Brechzahl zwischen den Linsenelementen, um eine akzeptable nominale Leistung zu erhalten, als auch um die Einhaltung des Brennpunktes über einen Bereich von Temperaturen zu erreichen. Insbesondere ist bei einer Ausführung mit einer dreilinsigen Zoom-Linsenanordnung die erste und die dritte Linse positiv brechend und die zweite Linse negativ brechend. Ferner werden bei den Linsen mit niedriger Dispersion (niedrige V-Zahl) diffraktive Flächen verwendet, die erste und die dritte Linse in der dreilinsigen Ausführung.

**[0015]** Bei einer bevorzugten Ausführung wird eine Brennpunktdifferenz zwischen den WFOV- und NFOV-Zoom-Linsenpositionen in Abhängigkeit von der Temperatur derart minimiert, dass jede tatsächliche Veränderung des Brennpunktes in den Tiefenschärfenbereich der Zoom-Linsenanordnung fällt. Die Zoom-Linsenanordnung hat zusätzlich zu einer optischen Achse ein erstes und ein drittes Linsenelement, die aus einem ersten Material hergestellt sind und eine positive Brechkraft haben, ferner ein zweites Linsenelement, das zwischen dem ersten und dem dritten Linsenelement angeordnet ist und entlang der optischen Achse zwischen einer WFOV- und einer NFOV-Position beweglich ist. Das zweite Linsenelement hat eine negative Brechkraft und besteht aus einem zweiten Material. Die Materialien sind derart ausgewählt, dass eine Veränderung im Brechungsindex bei einer Veränderung der Temperatur des ersten Materials geringer ist als die Veränderung des Brechungsindex bei einer Temperaturveränderung des zweiten Materials. Die Zoom-Linsenanordnung korrigiert auch die einfallende Strahlung bezüglich Farbe unter Verwendung einer diffraktiven Oberfläche auf wenigstens einem von dem ersten und dem dritten Linsenelement.

**[0016]** Bei einer bevorzugten Ausführung ist ein Wert von  $dn/dT$  (Veränderung des Brechungsindex in Abhängigkeit von der Temperaturveränderung) für das erste und das dritte Linsenelement geringer als ungefähr 175, und das  $dn/dT$  für das zweite Linsenelement ist größer als ungefähr 375. Bei der bevorzugten Ausführung dieser Erfindung ist das  $dn/dT$  für das zweite Linsenelement wenigstens ungefähr zweimal so groß wie das  $dn/dT$  für das erste und dritte Linsenelement. In einer weiter bevorzugten Ausführung dieser Erfindung ist das  $dn/dT$  für das zweite Linsenelement wenigstens ungefähr dreimal so groß wie das  $dn/dT$  für das erste und dritte Linsenelement. Bei einer beispielhaften Implementierung der am meisten bevorzugten Ausführung ist das  $dn/dT$  für das zweite Linsenelement ungefähr 395, und das  $dn/dT$  für jedes des ersten und dritten Linsenelementes ist ungefähr 58.

#### KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNG

**[0017]** Diese und andere Aspekte der Erfindung werden beim Lesen der nachfolgenden Beschreibung der bevorzugten Ausführungsbeispiele unter Bezugnahme auf die zugehörige Zeichnung deutlich, in der:

**[0018]** [Fig. 1](#) eine Darstellung ist, die eine herkömmliche Zoom-Linsenanordnung zeigt, die eine mechanische Refokussierung bei einer Temperaturveränderung erfordert;

**[0019]** [Fig. 2](#) eine Darstellung ist, die die Zoom-Linsenanordnung gemäß dieser Erfindung zeigt, die keine mechanische Refokussierung bei einer Temperaturveränderung erfordert;

**[0020]** [Fig. 3](#) eine Tabelle zeigt, die Design-Parameter und Auswahlkriterien für die Zoom-Linsenanordnung gemäß [Fig. 2](#) zeigt;

**[0021]** [Fig. 4](#) eine Tabelle zeigt, die die optischen Charakteristiken der Zoom-Linsenanordnung gemäß [Fig. 2](#) zeigt;

**[0022]** [Fig. 5A](#) eine Darstellung ist, die die Zoom-Linsenanordnung gemäß dieser Erfindung gleichzeitig in der WFOV- und in der NFOV-Position zeigt, und die gleichfalls die Strahlendiagramme verdeutlicht, die bei jeder Position von einer Szene ankommen;

**[0023]** [Fig. 5B](#) eine Darstellung ist, die die Zoom-Linsenanordnung gemäß [Fig. 5A](#) nur in der NFOV-Position zeigt;

**[0024]** [Fig. 5C](#) eine Darstellung ist, die die Zoom-Linsenanordnung gemäß [Fig. 5A](#) nur in der WFOV-Position

zeigt;

[0025] [Fig. 6A](#) und [Fig. 6B](#) Abbildungen sind, die das nominale MTF als eine Funktion der Fälle NFOV (50 mm F/1,0) und WFOV (50 mm F/0,91) gemäß der [Fig. 5B](#) bzw. [Fig. 5C](#) zeigt;

[0026] [Fig. 7A](#) allgemeine Eigenschaften von AMTIR-3 zeigt;

[0027] [Fig. 7B](#) Werte für die thermische Veränderung des Brechungsindex über den Bereich von 25°C bis 65°C zeigt und

[0028] [Fig. 7C](#) eine Darstellung ist, die die Veränderung des Brechungsindex ( $n$ ) über der Wellenlänge ( $\lambda$ ) für Ge über einen Temperaturbereich von 50 K bis 300 K zeigt und

[0029] [Fig. 8](#) eine Tabelle zeigt, die  $dn/dT$  für eine Anzahl von üblicherweise verwendeten IR-Materialien zeigt.

#### AUSFÜHRLICHE BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGEN

[0030] [Fig. 2](#) ist eine Darstellung, die ein Beispiel einer Zoom-Linsenordnung **10** gemäß dieser Erfindung zeigt, die keine mechanische Refokussierung bei einer Temperaturveränderung erfordert. Bei der bevorzugten Ausgestaltung ist die erste Linse **12** (Linse # 1) ein Linsenelement mit positiver Brechkraft bestehend aus einem Chalcogenid-Infrarotglas, vorzugsweise TI-1173, entwickelt von dem Anmelder dieser Patentanmeldung, oder ein Äquivalent, wie etwa AMTIR-3 (Amorphous Material Transmitting Infrared Radiation) erhältlich von Amorphous Materials Inc. aus Garland, Texas. TI-1173 und AMTIR-3 sind beide dadurch gekennzeichnet, dass sie eine niedrige Veränderung des Brechungsindex ( $n$ ) in Abhängigkeit von der Temperatur ( $T$ ) aufweisen ( $dn/dT$ ). Z.B. sind veröffentlichte allgemeine Eigenschaftswerte für AMTIR-3 in [Fig. 7A](#) gezeigt, während die Werte für die thermische Veränderung des Brechungsindex über den Bereich 25°C bis 65°C in [Fig. 7B](#) gezeigt sind. Es sei auch auf die in [Fig. 8](#) gezeigte Tabelle verwiesen.

[0031] In [Fig. 2](#) weist die erste Linse **12** eine diffraktive Fläche auf, vorzugsweise die zweite oder rückwärtige Fläche. Die zweite Linse **14** (Linse # 2) ist eine Linse mit negativer Brechkraft, die manuell oder mechanisch zwischen den Positionen WFOV und NFOV beweglich ist, und die vorzugsweise aus einem anderen Linsenmaterial als die erste Linse **12** besteht, weiter bevorzugt aus einem Material, das ein größeres  $dn/dT$  aufweist, wie etwa Ge. Es kann auf [Fig. 7C](#) bezüglich einer Darstellung Bezug genommen werden, die die Veränderung des Brechungsindex für Ge über einen Bereich von Temperaturen zeigt. Die dritte Linse **16** (Linse # 3) ist auch eine Linse mit positiver Brechkraft und besteht aus dem Material mit niedrigerem  $dn/dT$ , wie etwa TI-1173 oder AMTIR-3 und weist auch eine diffraktive Fläche auf, vorzugsweise die zweite oder rückwärtige Fläche. Ein IR-Detektor **18** ist an der Brennebene der Linsenordnung **10** gezeigt, obwohl dieser kein Teil der Linsenordnung **10** per se bildet.

[0032] Gemäß dieser Erfindung variiert die erforderliche Brennpunktposition nur als eine Funktion der Zoom-Position, nicht der Temperatur. Die Zoom-Linsenordnung **10** ist weniger komplex und weniger teuer als die herkömmliche in [Fig. 1](#) gezeigte Linsenordnung, und sie erfordert keine Temperatursensoren, Software-Look-Up-Tabellen, zusätzliche Motoren, nicht lineare Nockenbewegungen und dergleichen, was erforderlich ist, um bei der herkömmlichen Zoom-Linsenordnung **1** Temperaturveränderungen elektro-mechanisch zu kompensieren.

[0033] [Fig. 3](#) zeigt eine erste Tabelle, die Design-Parameter aufführt, sowie Auswahlkriterien für die Zoom-Linsenordnung **10**, und [Fig. 4](#) zeigt eine zweite Tabelle, die optische Charakteristiken erster Ordnung für die Zoom-Linsenordnung **10** zeigt. In [Fig. 3](#) ist der Brechungsindex (Index) für eine Wellenlänge von 10  $\mu\text{m}$  angegeben, die V-Zahl ist ein Maß für die Dispersion des Linsenmaterials und ist über einen Wellenbereich von 8 bis 12  $\mu\text{m}$  angegeben, und unter Oberflächentyp R1 ist die vordere oder erste Oberfläche (in der Zeichnung gemäß [Fig. 2](#) links), und R2 ist die rückwärtige oder zweite Fläche (in [Fig. 2](#) rechts). Die Z-Achse (optische Achse) ist gleichfalls in der Zeichnung dargestellt. Ferner ist Brechwert =  $1/EFL$ , d.h. das Reziproke der effektiven Brennweite (in Inch). Die exakten Linsenparameter wie etwa die Radien, die Mittendicke, Luftspalte, asphärische Koeffizienten und diffraktive Oberflächenparameter (Oberflächen R2 der Linsen **12** und **16**) für diese beispielhafte Ausführung sind nachfolgend als der Output eines Softwareprogramms für optisches Design angegeben.

	RDY	THI	RMD	GLA
>OBJ:	INFINITY	INFINITY		
1:	INFINITY	0.242069		
2:	1.36920	0.320000		'1173'
STO:	1.46067	0.320000		
HOE:				
HV1:	REA	HV2: REA	HOR:	-1
HX1:	0.000000E+00	HY1: 0.000000E+00	HZ1:	0.100000E+19
HX2:	0.000000E+00	HY2: 0.000000E+00	HZ2:	0.100000E+19
HWL:	10200.00	HTO: ASP	HCT:	R
HCO				
C1:	4.8692E-03	C67: 7.5698E-03	C68:	5.6944E-03
C69:	-5.1991E-04	C70: 1.6529E-03		
4:	INFINITY	1.126000		
5:	-5.62980	0.100000		'ge'
6:	11.03679	0.294000		
ASP:				
K :	0.000000			
IC:	YES	CUF: 0.000000		
A :	0.166792E-01	B : 0.104610E-01	C:	0.515184E-03 D
:	0.299333E-01			
7:	1.35183	0.300000		'11.73'
ASP:				
K :	0.000000			
IC:	YES	CUF: 0.000000		
A :-	0.766479E-01	B :-0.110122E-01	C:-	0.163607E-01 D
:	0.729941E-02			
8:	INFINITY	0.953000		
HOE:				
HV1:	REA	HV2: REA	HOR:	-1
HX1:	0.000000E+00	HY1: 0.000000E+00	HZ1:	0.100000E+19
HX2:	0.000000E+00	HY2: 0.000000E+00	HZ2:	0.100000E+19
HWL:	10200.00	HTO: SPH	HCT:	R
HCO				
C1:	1.4143E-02			
9:	INFINITY	0.025000		'si'
10:	INFINITY	0.030000		
IMG:	INFINITY	0.000000		

## SPECIFICATION DATA

FNO	1.00000				
DIM	IN				
WL	12774.70	11740.85	10238.02	8766.73	7746.40
REF	3				
WTW	38	79	99	85	38
XIM	0.00000	0.00000		0.00000	0.00000
YIM	0.00000	0.12000		0.16000	0.20000
WTF	1.00000	1.00000		1.00000	1.00000
VUX	-0.00005	0.00009		0.00020	0.00034
VLX	-0.00005	0.00009		0.00020	0.00034
VUY	-0.00005	0.13316		0.22727	0.33112
VLY	-0.00005	-0.02185		-0.02926	-0.03675

[0034] In dem vorhergehenden Listing ist:

RDY	der Radius der Oberfläche
THI	die Mittendicke der Oberfläche
STO	zeigt die Oberflächenlage des Blendenstops
IMG	zeigt die Endbildebenen
HOE	zeigt eine holographische (oder diffraktive) Oberflächenart an
HV1	zeigt eine reale oder virtuelle Quelle an, allgemein REA für real
HV2	zeigt eine reale oder virtuelle Quelle an, allgemein REA für real
HOR	ist die Ordnung des Diffraktionsdesigns, allgemein 1 oder -1
HX1	zeigt die Quellenlage in der Azimut-Richtung für HV1 an, allgemein 0
HY1	zeigt die Quellenlage in der Elevationsrichtung für HV1 an, allgemein 0
HZ1	zeigt die Quellenlage in Z-Richtung (entlang der optischen Achse) für HV1 an,

allgemein ein sehr großer Wert oder unendlich

HX2	zeigt die Quellenlage in der Azimut-Richtung für HV2 an, allgemein 0
HY2	zeigt die Quellenlage in der Elevationsrichtung für HV2 an, allgemein 0
HZ2	zeigt die Quellenlage in der Z-Richtung (entlang der optischen Achse) für HV2 an,

allgemein ein sehr großer Wert oder unendlich

HWL	ist die Design-Wellenlänge für die Oberfläche ( $\lambda$ )
HTO	zeigt den Oberflächentyp an, entweder sphärisch oder asphärisch
HCT	zeigt entweder rotationssymmetrisch oder nicht-rotationssymmetrisch
C1	ist der Phasenkoeffizient zweiter Ordnung
C2	ist der Phasenkoeffizient vierter Ordnung
C3	ist der Phasenkoeffizient sechster Ordnung
C67	sind die asphärischen Koeffizienten (A) vierter Ordnung
C68	sind die asphärischen Koeffizienten (B) sechster Ordnung
C69	sind die asphärischen Koeffizienten (C) achter Ordnung
C70	sind die asphärischen Koeffizienten (D) zehnter Ordnung
ASP	zeigt einen asphärischen Oberflächentyp an
K	ist der konische Koeffizient der Oberfläche
IC	zeigt an, dass die Oberflächennormale in die positive z-Richtung zeigt
CUF	zeigt einen Fresnel-Oberflächenradius an, falls von null abweichend und
A, B, C, D	sind die jeweiligen asphärischen Koeffizienten vierter, sechster, achter und zehnter Ordnung.

**[0035]** In Bezug auf die oben aufgelisteten Spezifikationsdaten:

FNO	zeigt die F-Zahl der Linsenordnung an
DIM	zeigt die Dimensionen an (Inch oder Millimeter)
WL	zeigt den Wellenlängenbereich und die spezielle Designwellenlänge für die Linsenordnung an (z.B. für Beispiel 20)
WTW	ist die relative Wichtung für die zugehörigen Designwellenlängen, definiert durch WL
REF	ist die Referenzwellenlänge zum Berechnen von Linsenparametern erster Ordnung, wie die effektive Brennweite
XIM	ist die Lage des Objektbrennpunktes an der Bildebene in Azimut-Richtung, verwendet zur Optimierung und Analyse
YIM	ist die Lage des Objektbrennpunktes an der Bildebene in Elevationsrichtung, verwendet zur Optimierung und Analyse
WTF	ist die relative Wichtung der entsprechenden Brennpunkte, definiert durch XIM & YIM
VUX	ist der Vignettierungswert der Eingangspupille in der +Azimut-Richtung für jeden zugehörigen Brennpunkt definiert durch XIM & YIM
VLX	ist der Vignettierungswert der Eingangspupille in der -Azimut-Richtung für jeden korrespondierenden Brennpunkt definiert durch XIM & YIM
VUY	ist der Vignettierungswert der Eingangspupille in der +Elevationsrichtung für jeden korrespondierenden Brennpunkt definiert durch XIM & YIM
VLY	ist der Vignettierungswert der Eingangspupille in der -Elevationsrichtung für jeden korrespondierenden Brennpunkt definiert durch XIM & YIM.

**[0036]** Die allgemeine Oberflächendefinition ist gegeben durch:

$$\begin{aligned}
\text{SAG}(Z) = & \frac{CC * Y^2}{1 + \text{SQRT}[1 - (1 + K) * CC^2 * Y^2]} \\
& + A * Y^4 + B * Y^6 + C * Y^8 + D * Y^{10} \\
& + \text{HOR} * \left\{ \frac{C1 * Y^2 + C2 * Y^4 + C3 * Y^6}{N1 - N2} \right. \\
& \left. - \frac{\lambda}{N1 - N2} * \text{INT} \left[ \frac{C1 * Y^2 + C2 * Y^4 + C3 * Y^6}{\lambda} \right] \right\}
\end{aligned}$$

wobei:

Z	der Absenkwert entlang der Z-Achse oder optischen Achse ist,
Y	die Höhe des halben Durchmessers ist
CC	die Basiskrümmung der Oberfläche ist (1/Radius)
K	der konische Koeffizient der Oberfläche ist
A, B, C, D	die asphärischen Koeffizienten der vierten, sechsten, achten bzw. zehnten Ordnung sind
HOR	die diffraktive Designordnung ist, allgemein 1 oder -1
$\lambda$	die Designwellenlänge für die Oberfläche ist
N1	der Brechungsindex des Materials, das der Oberfläche vorgelagert ist
N2	der Brechungsindex des Materials ist, das der Oberfläche folgt
C1	der Phasenkoeffizient der zweiten Ordnung ist
C2	der Phasenkoeffizient der vierten Ordnung ist
C3	der Phasenkoeffizient der sechsten Ordnung ist und
INT	die mathematische Integer-Funktion ist.

[0037] [Fig. 5A](#) ist ein Diagramm, das die Zoom-Linsenanordnung **10** gleichzeitig in der WFOV- und der NFOV-Position zeigt, und auch die Strahlenwege angibt, die von einer Szene für jede Position ankommen. Bei diesem Beispiel ist die Linsenanordnung **10** ein Zoom mit  $160 \times 120$ ,  $50 \mu\text{m}$ , 20 bis 50 mm, mit F/1,0. Man beachte, dass der Abstand zwischen den Linsen **12** und **16** eine einzige (einmalige) Brennpunktkalibrierung für die NFOV-Position der Linse **14** erfordert, während eine einzige Brennpunktkalibrierung erforderlich ist, um die Position der Linse **14** in ihrer WFOV-Position einzustellen. Die Linse **14** ist an verschiedenen Positionen positioniert, um die effektive Brennweite oder das Sichtfeld der Linsenanordnung **10** zu verändern.

[0038] [Fig. 5B](#) ist ein Diagramm, das die Zoom-Linsenanordnung **10** nur in der NFOV-Position zeigt, während [Fig. 5C](#) die Zoom-Linsenanordnung **10** nur in der WFOV-Position zeigt.

[0039] Die [Fig. 6A](#) und [Fig. 6B](#) sind Darstellungen, die das nominale MTF als eine Funktion der Frequenz für die Fälle MFOV und WFOV gemäß der [Fig. 5B](#) bzw. [Fig. 5C](#) zeigen.

[0040] Die folgende Tabelle zeigt beispielhafte sphärische und asphärische (diffraktive) Oberflächenparameter für die Linsen **12**, **14** und **16** bei der Ausführung der Zoom-Linsenanordnung **10**.



## Oberflächenparameter

	Lens#1, 12		Lens#2, 14		Lens#3, 16	
Parameter	Front	Back	Front	Back	Front	Back
Material	1173		Ge		1173	
Radii[in]	1.3692	1.46067	-5.6298	11.03679	1.35183	Infinity
Center	0.32	1.446	0.10	0.294	0.30	0.99 in air
Thickness[in]						
Spherical	X		X			X
Asphere		X		X	X	
K coefficient		0		0	0	
A coefficient		0.0075698		0.016679200	-0.07664790	
B coefficient		0.0056944		0.010461000	-0.01101220	
C coefficient		-0.0005199		0.000515184	-0.01636070	
D coefficient		0.0016529		0.029933300	0.00729941	
Diffractive		X				X
HOR		-1				-1
HWL[μm]		10.2				10.2
C1 coefficient		0.0048692				0.014143
C67		0.0075698				0
coefficient (A)						
C68		0.0056944				0
coefficient (B)						
C69		-0.0005199				0
coefficient (C)						
C70		0.0016529				0
coefficient (D)						

**[0041]** Auf der Basis der obigen Beschreibung versteht es sich, dass die Zoom-Linsenordnung 10 gemäß dieser Erfindung Temperaturveränderungen optisch kompensiert, im Gegensatz zu mechanischer Kompensation. Bei der bevorzugten Ausführung wird die Fokusdifferenz zwischen dem Zoom-Linsenpositionen für WFOV und NFOV in Abhängigkeit von der Temperatur derart minimiert, dass jede tatsächliche Veränderung des Brennpunktes in den Tiefenschärfenbereich der Zoom-Linsenordnung 10 fällt. Wie durch eine Betrachtung der [Fig. 6A](#) und [Fig. 6B](#) zu sehen ist, liefert die Zoom-Linsenordnung 10, wenn sie gemäß dieser Erfindung konstruiert ist, einen akzeptablen Wert für MTF-Leistung über einen Bereich von Betriebstemperaturen, ohne wie im Stand der Technik eine elektro-mechanische Refokussierung der Linsenelemente zu erfordern, um eine Temperaturveränderung zu kompensieren. D.h., die Zoom-Linsenordnung ist im Wesentlichen optisch temperaturkompensiert für eine Betrieb in einem Bereich von Temperaturen.

**[0042]** Die vorhergehende Beschreibung hat anhand von beispielhaften und nicht begrenzenden Beispielen eine vollständige und informative Beschreibung des besten Verfahrens und der besten Vorrichtung gezeigt, die der Erfinder gegenwärtig zur Ausführung der Erfindung kennt. Jedoch sind zahlreiche Modifikationen und Anpassungen für die Fachleute im Lichte der vorhergehenden Beschreibung offensichtlich, wenn sie im Zusammenhang mit der zugehörigen Zeichnung und den zugehörigen Ansprüchen gelesen wird.

**[0043]** Als lediglich ein paar Beispiele für solche Modifikationen werden die Fachleute auf dem einschlägigen Gebiet die Verwendung von anderen ähnlichen oder äquivalenten Linsenmaterialien, Linsenparametern, Linsengrößen und -abständen, Wellenlängenbereichen, Temperaturbereichen, Anzahl von Linsenelementen und dergleichen ansehen. Ferner kann bei einigen Ausführungen nur eine der Linsen eine diffraktive Oberfläche

aufweisen, in diesem Fall vorzugsweise die zweite Oberfläche der dritten Linse **16**. Da die diffraktiven Oberflächen eine Farbkorrektur liefern, d.h. Licht der Wellenlängen 8 bis 12  $\mu\text{m}$  wird in einem gemeinsamen Brennpunkt gebracht, kann jedoch ein Ungleichgewicht zwischen der axialen und der lateralen Farbe vorhanden sein, falls nur die zweite Oberfläche der Linse **16** verwendet wird. Dieses Ungleichgewicht kann, falls gewünscht, korrigiert werden, indem ein weiteres Linsenelement hinzugefügt wird. Ferner kann die Zoom-Linsenanordnung **10** bei einigen Ausführungen in einem oder zwei Schritten zwischen den Positionen WFOV und NFOV eingestellt werden, und kann bei einigen Ausführungen kontinuierlich zwischen diesen beiden Positionen einstellbar sein. Jedoch kann es in diesem Fall erwünscht sein, auch eine entsprechende Bewegung der dritten Linse **16** zu erlauben, zusätzlich zu der Bewegung der zweiten Linse **14**.

**[0044]** Es sei ferner darauf hingewiesen, dass diese Erfindung nicht auf die Verwendung nur mit den hier bislang diskutierten IR-durchlässigen Materialien begrenzt ist. Z.B. sind unter Bezugnahme auf [Fig. 8](#) geeignete und nicht begrenzende Materialien zur Verwendung bei der Konstruktion der des ersten und dritten Linsenelementes **12** und **16** 1173, GASIR-2, AMTIR-3, ZnS und ZnSe für einen Betrieb von 8 bis 12  $\mu\text{m}$ , und 1173, GASIR-2, AMTIR-3, ZnS, ZnSe und Silicium für einen Betrieb bei 3 bis 5  $\mu\text{m}$ . GASIR-2 ist ein Chalcogenid-Glas ähnlich 1173, hergestellt von Unicore ([www.optics,unicore.com](http://www.optics,unicore.com)), Z. A. du Boulais, 35690 Acigne, Frankreich.

**[0045]** Es sei erwähnt, dass der sehr niedrige Brechungsindex für ZnS und ZnSe ( $< 2,4$ ) die Verwendung von steileren Radien und dickeren Linsen erfordern würde, was diese beiden Materialien nicht zu den am meisten bevorzugten macht.

**[0046]** Gegenwärtig ist die Verwendung eines alternativen Materials für die zweite Linse **14** nicht bevorzugt, jedoch sicher nicht ausgeschlossen, da das  $dn/dT$  für alle anderen allgemein verwendeten IR-Materialien deutlich geringer als dasjenige von Ge ist.

**[0047]** Man beachte auch, dass diese Konfigurationen auch für das nahe IR-Wellenlängenband (3 bis 5  $\mu\text{m}$ ) geeignet sind. Für einen Betrieb in dem Band von 3 bis 5  $\mu\text{m}$  kann Silicium anstelle des 1173 für das erste und das dritte Linsenelement **12** und **16** verwendet werden.

**[0048]** Im Allgemeinen ist es bei dieser Erfindung erwünscht, dass eine Veränderung des Brechungsindex für eine Veränderung der Temperatur eines ersten Materials geringer als eine Veränderung des Brechungsindex für eine Temperaturveränderung eines zweiten Materials ist, wobei das erste und dritte Linsenelement **12** und **16** aus dem ersten Material bestehen, das sich von dem zweiten Material unterscheidet, aus dem das zweite Linsenelement **14** besteht. Jedoch würde diese allgemeine Beziehung auch die Verwendung eines 1173-ZnSe-1173 oder ZnS-ZnSe-ZnS-Materialkombination erlauben, welche höchstwahrscheinlich nicht nützlich oder nur teilweise nützlich wäre. Bei den bevorzugten Ausführungen dieser Erfindung kann festgestellt werden, dass das  $dn/dT$  für die erste und dritte Linse **12** und **16** geringer als 175 sein sollte, und dass das  $dn/dT$  für die zweite Linse **14** größer als ungefähr 375 sein sollte. Anders gesagt kann festgestellt werden, dass bei den bevorzugten Ausführungen dieser Erfindung das  $dn/dT$  für die zweite Linse **14** wenigstens ungefähr zweimal größer, und weiter bevorzugt ungefähr dreimal größer als das  $dn/dT$  für die erste und dritte Linse **12**, **16** sein sollte. Bei der am meisten bevorzugten Ausführung dieser Erfindung kann festgestellt werden, dass eine optimale Leistungslösung erreicht wird mit einem  $dn/dT$  von ungefähr 58 für die erste und dritte Linse **12** und **16**, und mit einem  $dn/dT$  von ungefähr 395 für die zweite Linse **14**. Bezugnehmend auf [Fig. 8](#) würde diese Ausführung der Verwendung von TI-1173 für das erste und dritte Linsenelement **12** und **16** entsprechen, und der Verwendung von Ge für das zweite Linsenelement **14**, sofern man einen Betrieb in den Wellenlängenbereich von 8 bis 12  $\mu\text{m}$  annimmt.

**[0049]** Es sei hervorgehoben, dass sämtliche dieser und ähnlicher Modifikationen der Lehre dieser Erfindung immer noch im Rahmen dieser Erfindung liegen. Obwohl das hier beschriebene Verfahren und die Vorrichtung mit einem bestimmten Detaillierungsgrad angegeben wurde, könnte die gegenwärtige Erfindung entweder mit einer größeren oder einer geringeren Spezifizierung implementiert werden, in Abhängigkeit von den Bedürfnissen des Nutzers. Ferner könnten einige der Merkmale der gegenwärtigen Erfindung vorteilhaft ohne die entsprechende Verwendung von anderen Merkmalen genutzt werden. Demnach ist die vorhergehende Beschreibung lediglich beispielhaft für die Prinzipien der gegenwärtigen Erfindung zu verstehen und nicht begrenzend, da diese Erfindung durch die Ansprüche definiert ist, die sich anschließen.

### Patentansprüche

1. Eine temperaturkompensierte Zoomlinseanordnung (**10**) mit einer Mehrzahl von Linsenelementen (**12**, **14**, **16**), die entlang einer optischen Achse angeordnet sind, die sich durch eine Blende zum Betrachten einer

Szene zu einem Brennpunkt der Zoomlinsenordnung erstreckt, wobei die Linsenelemente in einer Reihenfolge entlang der optischen Achse in einer Richtung von der Szene zu dem Brennpunkt Folgendes umfassen: eine erste Oberfläche eines ersten Linsenelementes (**12**), wobei das erste Linsenelement eine positive Brechkraft und eine zweite Oberfläche gegenüber der ersten Oberfläche aufweist; eine erste Oberfläche auf einem zweiten Linsenelement (**14**), wobei das zweite Linsenelement eine negative Brechkraft und eine zweite Oberfläche gegenüber der ersten Oberfläche aufweist; und eine erste Oberfläche auf einem dritten Linsenelement (**16**), wobei das dritte Linsenelement eine positive Brechkraft und eine zweite Oberfläche gegenüber der ersten Oberfläche aufweist, wobei das erste und das dritte Linsenelement aus einem ersten Material bestehen, das sich von einem zweiten Material unterscheidet, das das zweite Linsenelement enthält, wobei eine Veränderung in dem Brechungsindex bei einer Veränderung in der Temperatur  $dn/dT$  des ersten Materials geringer ist als eine Veränderung im Brechungsindex bei einer Veränderung in der Temperatur des zweiten Materials um eine vorbestimmte Größe, und wobei wenigstens eine von der zweiten Oberfläche des ersten Linsenelementes und der zweiten Oberfläche des dritten Linsenelementes eine diffraktive Oberfläche ist.

2. Eine Zoomlinsenordnung nach Anspruch 1, bei der das erste Material ein infrarotdurchlässiges Chalkogenid-Glas aufweist, und wobei das zweite Material Ge aufweist.

3. Eine Zoomlinsenordnung nach Anspruch 1, bei der das erste Material eines aus einem  $\text{Ge}_{28}\text{Sb}_{12}\text{Se}_{60}$ -Glas oder ein Äquivalent davon, TI-1173 oder ein Äquivalent davon, oder AMTIR-3 oder ein Äquivalent davon aufweist.

4. Eine Zoomlinsenordnung nach Anspruch 1, bei der wenigstens das zweite Linsenelement zwischen einer Position mit breitem Sichtfeld WFOV und einer Position mit engem Sichtfeld NFOV bewegbar ist, und wobei eine Differenz im Brennpunkt zwischen der WFOV- und NFOV-Position über einen Bereich von Temperaturen derart ist, dass irgendeine Verschiebung im Brennpunkt innerhalb des Tiefenschärfenbereiches der temperaturunabhängigen Zoomlinsenordnung ist, die ferner einen IR-Detektor aufweist, der an dem Brennpunkt angeordnet ist.

5. Eine Zoomlinsenordnung nach Anspruch 1, bei der das  $dn/dT$  für das erste und das dritte Linsenelement geringer als ungefähr 175 ist, und bei der  $dn/dT$  für das zweite Linsenelement größer als ungefähr 375 ist, oder bei der das  $dn/dT$  für das zweite Linsenelement wenigstens ungefähr zweimal so groß wie das  $dn/dT$  für das erste und dritte Linsenelement ist, oder bei der das  $dn/dT$  für das zweite Linsenelement wenigstens ungefähr dreimal so groß wie das  $dn/dT$  für das erste und dritte Linsenelement ist, oder bei der das  $dn/dT$  für das zweite Linsenelement ungefähr 395 ist, und bei der  $dn/dT$  für jedes von dem ersten und dritten Linsenelement ungefähr 58 ist.

6. Ein Verfahren zur Temperaturkompensation einer Zoomlinsenordnung (**10**) der Art, die eine Mehrzahl von Linsenelementen (**12**, **14**, **16**) aufweist, die entlang einer optischen Achse angeordnet sind, die von einer Szene zu einem Brennpunkt der Zoomlinsenordnung verläuft, umfassend:

das Bereitstellen eines ersten und eines dritten Linsenelementes (**12**, **16**) entlang der optischen Achse, die aus einem ersten Material bestehen und eine positive Brechkraft haben;

das Bereitstellen eines zweiten Linsenelementes (**14**) entlang der optischen Achse, das zwischen dem ersten und dem dritten Linsenelement angeordnet ist und entlang der optischen Achse zwischen einer WFOV- und einer NFOV-Position bewegbar ist, wobei das zweite Linsenelement eine negative Brechkraft aufweist und aus einem zweiten Material besteht; wobei eine Veränderung des Brechungsindex bei einer Veränderung der Temperatur ( $dn/dT$ ) des ersten Materials geringer als eine Veränderung des Brechungsindex bei einer Veränderung der Temperatur des zweiten Materials um eine vorbestimmte Größe ist;

das Kompensieren einer Temperaturveränderung an der Brennpunktposition zwischen einer WFOV- und einer NFOV-Position, derart, dass eine Verschiebung des Brennpunktes innerhalb des Tiefenschärfenbereiches der Zoomlinsenordnung ist; und

das Farbkorrigieren von einfallender Strahlung unter Verwendung einer diffraktiven Oberfläche wenigstens auf einem von dem ersten und dem dritten Linsenelement.

7. Ein Verfahren nach Anspruch 6, bei dem das erste Material ein infrarotdurchlässiges Chalkogenid-Glas aufweist, und bei dem das zweite Material Ge aufweist.

8. Ein Verfahren nach Anspruch 6, bei dem das erste Material eines von einem  $\text{Ge}_{28}\text{Sb}_{12}\text{Se}_{60}$ -Glas oder ein Äquivalent davon, TI-1173 oder ein Äquivalent davon, oder AMTIR-3 oder ein Äquivalent davon aufweist.

9. Ein Verfahren nach Anspruch 6, bei dem das  $dn/dT$  für das erste und dritte Linsenelement geringer als

ungefähr 175 ist, und bei dem das  $dn/dT$  für das zweite Linsenelement größer als ungefähr 375 ist.

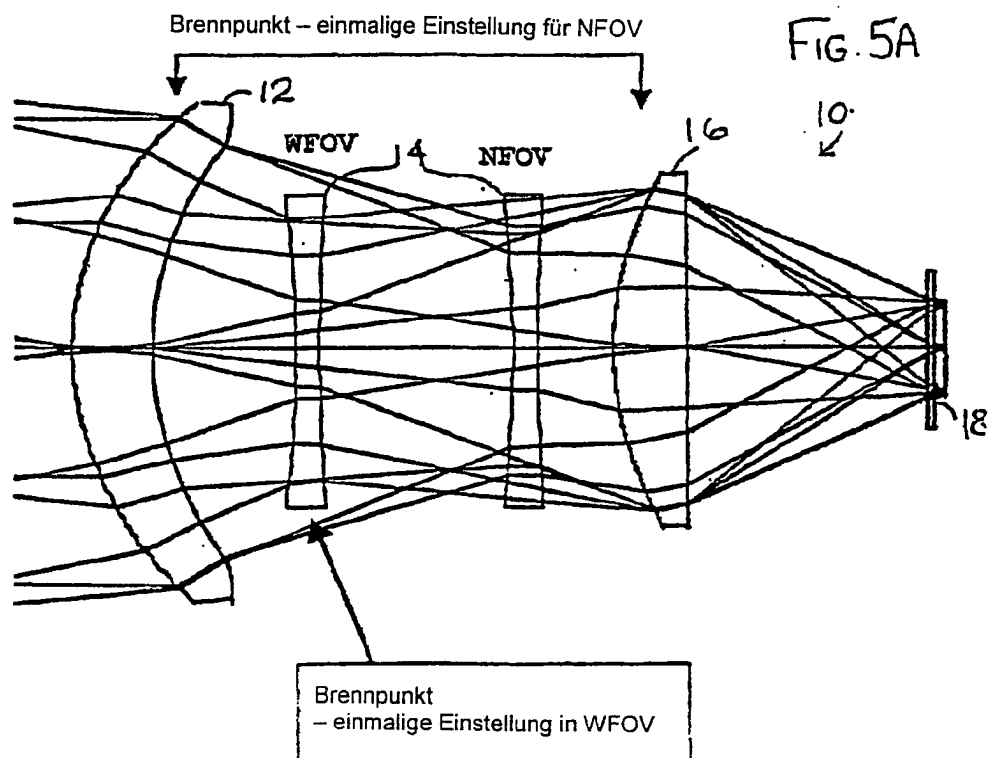
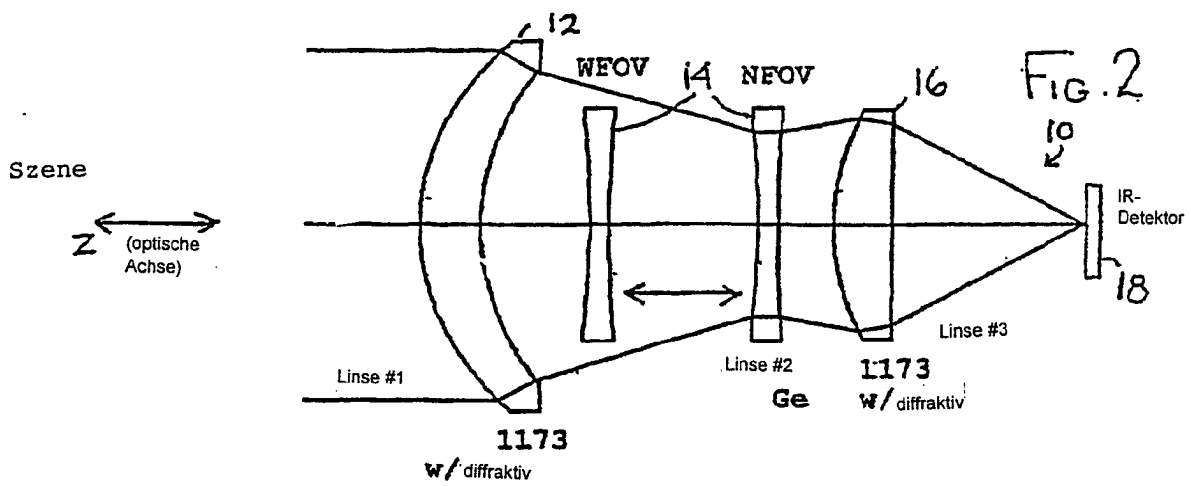
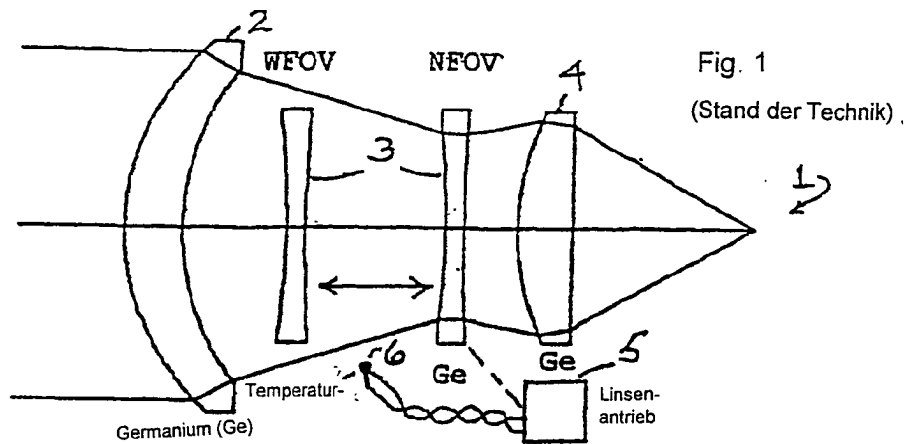
10. Ein Verfahren nach Anspruch 6, bei dem das  $dn/dT$  für das zweite Linsenelement wenigstens ungefähr zweimal so groß wie das  $dn/dT$  für das erste und dritte Linsenelement ist.

11. Ein Verfahren nach Anspruch 6, bei dem das  $dn/dT$  für das zweite Linsenelement wenigstens ungefähr dreimal so groß wie das  $dn/dT$  für das erste und dritte Linsenelement ist.

12. Ein Verfahren nach Anspruch 6, bei dem das  $dn/dT$  für das zweite Linsenelement ungefähr 395 ist, und bei dem  $dn/dT$  für jedes von dem ersten und dritten Linsenelement ungefähr 58 ist.

Es folgen 6 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen



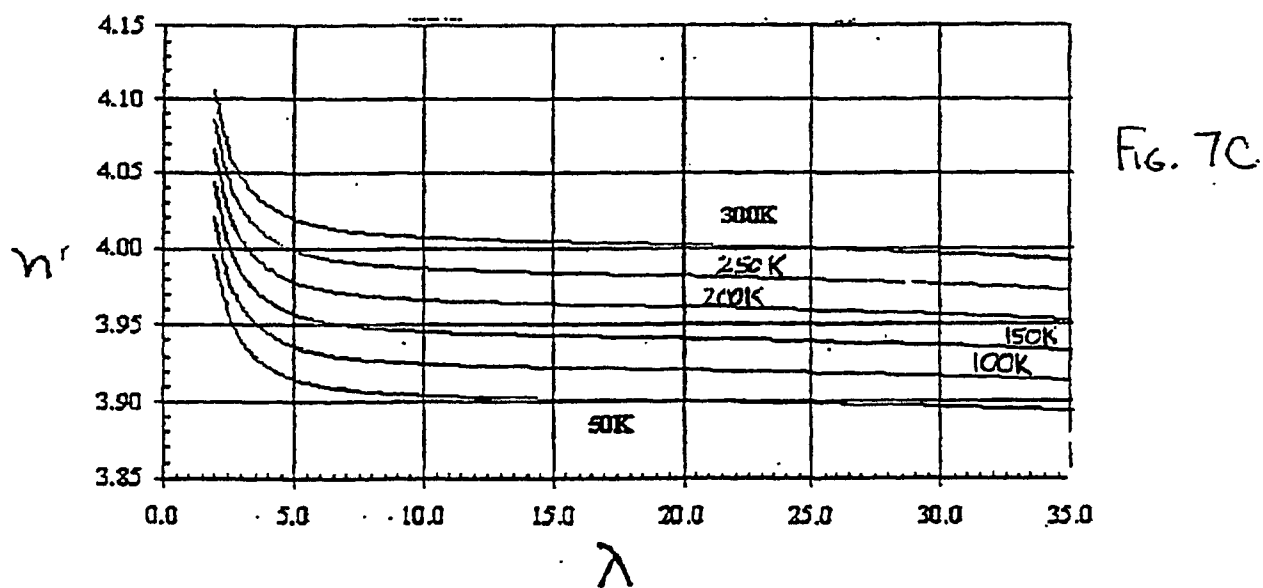
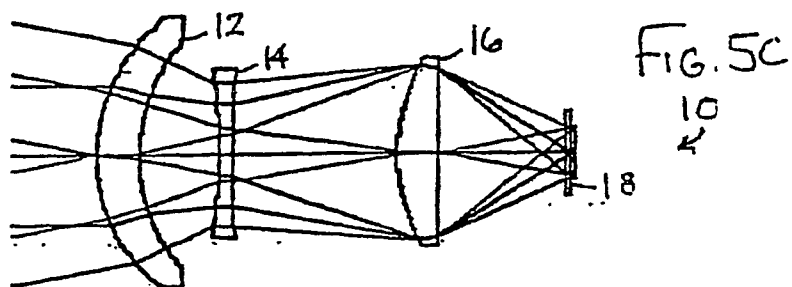
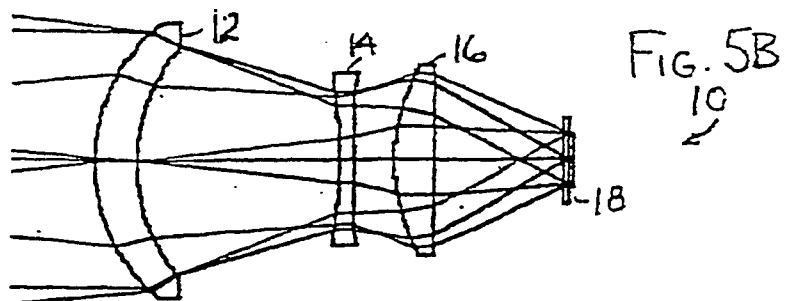


Fig. 3

Gegenwärtige Designparameter und Auswahlkriterien							
Teil	Material	Index (@ 10 $\mu\text{m}$ )	V - Zahl (8-12 $\mu\text{m}$ )	Dn/DT (8-12 $\mu\text{m}$ ) [x10 <sup>-7</sup> /°C]	Diffraktive Flächen	Oberflächen- art	Linse- Brechkraft
Linse #1	1173	2.60	108	58	JA Fläche R2	R1= Sphäre R2= Asphäre	0.23
Linse #2	Ge	4.0	991	395	Nein	R1= Sphäre R2= Asphäre	-0.81
Linse #3	1173	2.60	108	58	JA Fläche R2	R1= Sphäre R2= Asphäre	1.19

Tabelle 1

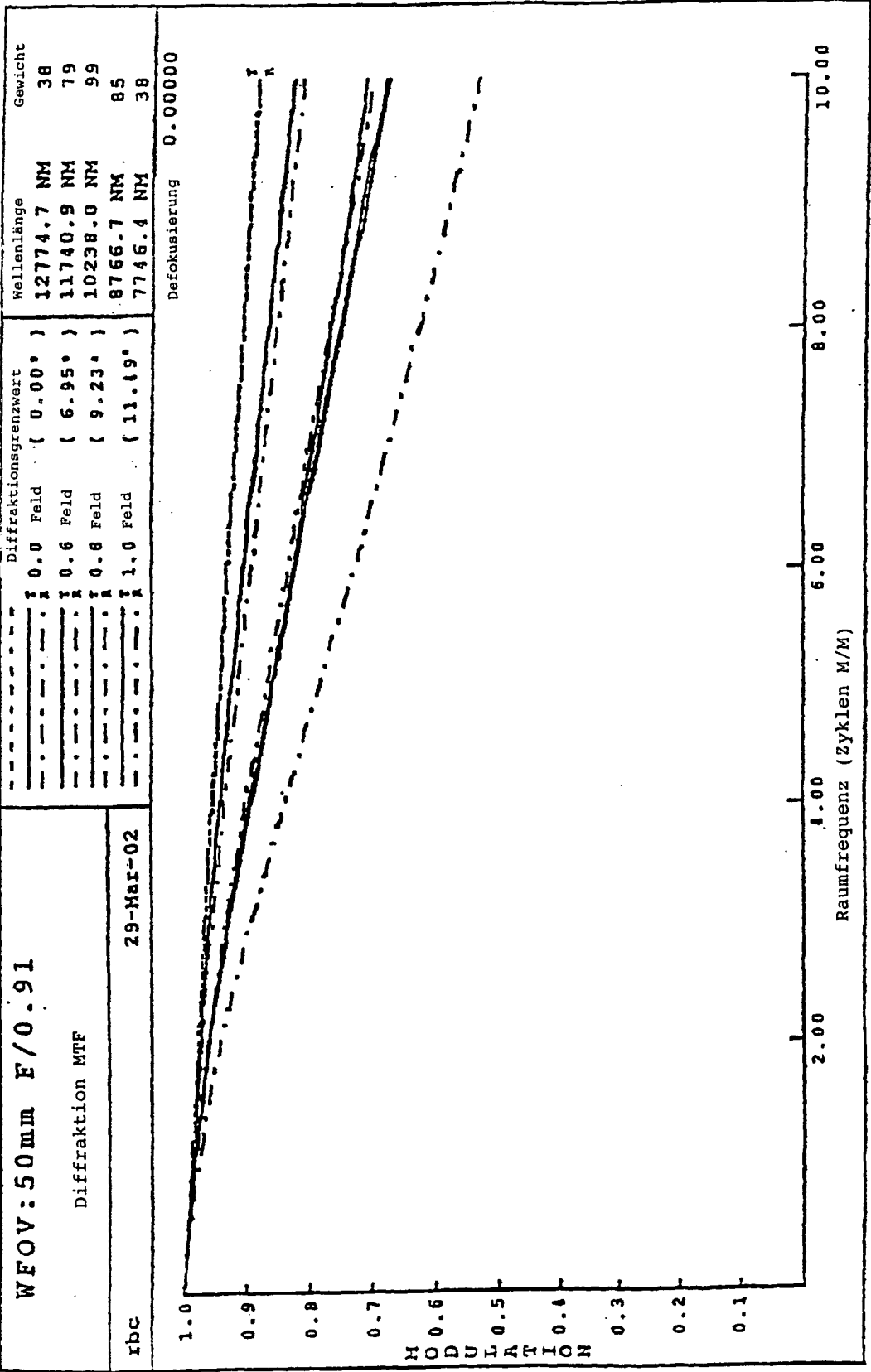
Fig. 4

Optische Charakteristiken	
Zoomverhältnis	2:1
Sichtfeld (Grad)	11.6 NFOV bis 23 WFOV
Aspektverhältnis	4:3
F-Zahl	F/1.0 NFOV bis F/0.9 WFOV
Gesamtzahl von Elementen	3
Diffraktive Flächen	2
Asphärische Linsen	3
Linienmaterial	Chalcogenid; TI 1173 und Germanium
Gesamtlänge	3.50"
Brennweitenmechanismus	fest
EFL - Bereich	50mm NFOV bis 25mm WFOV
Wellenbereich	8 - 12 Mikrometer





FIG. 6B



## Allgemeine Eigenschaften von AMTIR - 3

Zusammensetzung	Ge <sub>28</sub> Sb <sub>12</sub> Se <sub>60</sub> Glas
Dichte	4.67 gms/cm <sup>3</sup>
Thermische Ausdehnung	13.5 X 10 <sup>-6</sup> /°C
Härte (Knoop)	150
Bruchfestigkeit	2500 psi
E-Modul	3.11 X 10 <sup>8</sup> psi
Scherfestigkeit	1.22 X 10 <sup>6</sup> psi
Poissonzahl	0.26
Wärmeleitfähigkeit	5.3 cal / cm sec °K X 10 <sup>-4</sup>
Spezifische Wärme	0.066 cal / gm °K
Obere Gebrauchstemperatur	200°C
Spezifischer Widerstand	5 X 10 <sup>11</sup> Ω cm @ 500Hz
Glastransformationstemperatur	278°C
Wärmebehandlungstemperatur	285°C

FIG. 7A

AMTIR-3 thermische Veränderung des Brechungsindex 25-65°C			DISPERSION
$\Delta n / \Delta T ^\circ C \times 10^6$			3-5 μm 174 8-12 μm 110
Wellenlänge μm	niedrig 25-(-197°C)	hoch (25-150°C)	
3	+58±2	+98±4	
5	+57±2	+92±4	
8	+55±2	+87±8	
10	+56±2	+91±11	
12	+56±2	+93±6	

FIG. 7B

DN/DT für allgemein verwendete IR-Materialien		
Material	3-5 μm [x10 <sup>-6</sup> /°C]	8-12 μm [x10 <sup>-6</sup> /°C]
Germanium (Ge)	500	395
Tl-1173	58	58
Amir-3	94	91
GASIR2	58	58
Zinkselenid (ZnSe)	62	61
Zinksulfid (ZnS)	43	41
Silizium (Si)	171	160
Galliumarsenid (GaAs)	160	147

Fig. 8