



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 693 19 875 T3** 2005.02.03

(12) **Übersetzung der geänderten europäischen Patentschrift**

(97) **EP 0 605 990 B2**

(51) Int Cl.⁷: **G01M 11/02**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **693 19 875.3**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **93 310 341.8**

(96) Europäischer Anmeldetag: **20.12.1993**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **13.07.1994**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **22.07.1998**

(97) Veröffentlichungstag

des geänderten Patents beim EPA: **29.10.2003**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **03.02.2005**

(30) Unionspriorität:

994565 21.12.1992 US

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, IE, IT, LI, LU, NL,
PT, SE**

(73) Patentinhaber:

**Johnson & Johnson Vision Products, Inc.,
Jacksonville, Fla., US**

(72) Erfinder:

Davis, Thomas G., Princeton, NJ 08540, US

(74) Vertreter:

BOEHMERT & BOEHMERT, 80336 München

(54) Bezeichnung: **Beleuchtungs- und Abbildungs-Teilsysteme für ein Linseninspektionssystem**

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**HINTERGRUND DER ERFINDUNG**

[0001] Diese Anmeldung steht mit den folgenden, gleichzeitig mit der vorliegenden Anmeldung hinterlegten europäischen Patentanmeldungen in Beziehung: EP-A-0604174; EP-A-0605171; EP-A-0607692; und EP-A-0604173.

[0002] Die Erfindung betrifft allgemein Systeme zur Inspektion ophthalmischer Linsen, wie z.B. Kontaktlinsen, und spezieller, Systeme zur Linseninspektion von dem Typ, bei dem ein Beleuchtungsstrahl durch die Linse gerichtet wird, um von dieser ein Bild zu erzeugen.

[0003] Kontaktlinsen werden typischerweise mit einem hohen Maß an Präzision und Genauigkeit hergestellt. Gleichwohl kann in seltenen Fällen eine bestimmte Linse eine Unregelmäßigkeit aufweisen; und aus diesem Grund werden Kontaktlinsen vor dem Verkauf an den Kunden inspiziert, um so sicherzugehen, daß die Linsen für die Verwendung durch den Kunden annehmbar sind.

[0004] Bei einem Typ eines Systems zur Linseninspektion des Standes der Technik wird ein Beleuchtungsstrahl durch eine Linse transmittiert und daraufhin auf einen Schirm fokussiert, um darauf ein Bild der Linse zu erzeugen, wobei eine Bedienungsperson das Bild betrachtet, um so festzustellen, ob die Linse irgendwelche Unregelmäßigkeiten aufweist. Wenn irgendeine Unregelmäßigkeit oder ein Fehler gefunden wird, wodurch die Linse zur Verwendung durch den Kunden ungeeignet wird, so wird die Linse entweder aus dem Inspektionssystem entfernt oder auf eine andere Weise identifiziert, so daß sie daraufhin nicht an einen Kunden verkauft wird.

[0005] Dieses Inspektionssystem des Standes der Technik ist sehr effektiv und verlässlich. Gleichwohl ist das System vermutlich verbesserungsfähig. Zum Beispiel hängt die Genauigkeit des Systems teilweise vom Kontrast zwischen dem von der Linse auf dem Schirm erzeugten Bild und dem Rest des Schirmes ab; und die Verbesserung des Kontrastes verbessert selbstverständlich die Genauigkeit des Systems. Zusätzlich ist es bei dem Linseninspektionssystem dieses Typs wichtig, daß der Beleuchtungsstrahl kollimiert wird, wenn er durch die zu inspizierende Linse tritt, wobei eine Verbesserung der Fähigkeit des Systems, einen stark kollimierten Lichtstrahl zu erzeugen und diesen durch die zu inspizierende Linse zu transmittieren ebenfalls die Genauigkeit des Systems verbessert.

[0006] In der EP-A-0491663 ist ein Prozeß (ebenso ein Gerät) zum Überprüfen transparenter, optischer Komponenten offenbart. Der Prozeß umfaßt das

Ausbilden einer Abbildung der Komponente mittels der Dunkelfeldbeleuchtung; Aufzeichnen der Abbildung der Komponente zu einem einzigen Zeitpunkt; Bestimmen der Flächen von Fehlern, welche in dem Bild sichtbar geworden sind; und Vergleichen der Flächen von Fehlern mit einem oder mehreren Schwellenwerten.

[0007] In der US-A-3 904 294 ist ein Verfahren (und ein Gerät) zum Testen der Annehmbarkeit fotografischer Objektivlinsen offenbart, welches den Schritt umfaßt, die optische Funktionsfähigkeit der Linse an einigen repräsentativen Stellen der Brennebene auszuwerten. Das Gerät umfaßt Merkmale, welche die Signalverarbeitung vereinfachen, die erforderlich ist, um zu bestimmen, ob eine spezifische Objektivlinse annehmbar ist oder nicht. Das Gerät umfaßt ebenfalls eine Bildplatte bei der Brennebene der im Test befindlichen Linse, was das Durchtreten von Licht zu einem Fotomultiplier einschränkt. Die Bildplatte umfaßt eine Vielzahl von Schlitzen, welche dem Fotomultiplier Licht zuführen und welche das Bild eines auf der Bildplatte durch die Testlinse gebildeten Zielbildes abtasten. Aufgrund dieses Abtastens mittels der Schlitze, ist die schnelle Veränderung der Menge an Licht, welches den Fotomultiplier erreicht, ein Anzeichen der Linsenkontrast-Transfereffizienz, welche, zusammen mit anderen Informationen, die Basis für die Annahme oder die Verwertung der Testlinse ist.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0008] Gemäß der vorliegenden Erfindung wird ein Linseninspektionssystem zur Verfügung gestellt, wie es im nachstehenden Anspruch 1 dargelegt ist.

[0009] Eine Aufgabe dieser Erfindung besteht darin, die Systeme zum Inspizieren ophthalmischer Linsen zu verbessern.

[0010] Eine andere Aufgabe dieser Erfindung besteht darin, die Beleuchtungs- und Abbildungssysteme in einem Linseninspektionssystem des Typs zu verbessern, bei dem ein Beleuchtungsstrahl durch eine Linse gerichtet wird, um eine Abbildung derselben zu erzeugen.

[0011] Eine weitere Aufgabe dieser Erfindung besteht darin, einen stark kollimierten, engen Lichtstrahl durch eine Linse zu transmittieren und daraufhin ausgewählte Abschnitte dieses Lichtstrahls auf einer relativ kleinen ebenen Fläche zu fokussieren, um darauf ein Bild mit hohem Kontrast der ausgewählten Abschnitte der Linse zu erzeugen.

[0012] Eine andere Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, ein Beleuchtungs- und Abbildungsteilsystem zur Verfügung zu stellen, welche zur Verwendung in einem automatisierten Hochge-

schwindigkeits-Linseninspektionssystem gut geeignet sind.

[0013] Diese und andere Aufgaben werden durch ein Linseninspektionssystem gemäß Anspruch 1 gelöst.

[0014] Bevorzugt umfassen die Signalerzeugungsmittel ein Gehäuse, wobei eine Pixelanordnung in dem Gehäuse angeordnet ist, um den Satz von Signalen zu erzeugen. Vorzugsweise umfaßt dieses Gehäuse einen Verschuß mit einer geschlossenen Position und einer offenen Position, um die Pixelanordnung selektiv den Lichtimpulsen, welche auf die ophthalmische Linse gerichtet werden, auszusetzen. Ebenfalls weisen die Mittel zum Richten der Lichtimpulse durch die Linsenhaltermittel vorzugsweise ein Gehäuse auf, und wenigstens einen ersten Spiegel zum Empfangen der Lichtimpulse von den Beleuchtungsmitteln und zum Richten der Lichtimpulse auf einen gegebenen Pfad durch die Linsenhaltermittel sowie in die Signalerzeugungsmittel.

[0015] Weitere Vorzüge und Vorteile der Erfindung werden durch die Betrachtung der folgenden, detaillierten Beschreibung offensichtlich, welche mit Bezug auf die begleitenden Zeichnungen erfolgt, die bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung darlegen und zeigen.

KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0016] Fig. 1 veranschaulicht schematisch ein System zur automatischen Inspektion ophthalmischer Linsen.

[0017] Fig. 2 ist eine Draufsicht auf einen Typ einer ophthalmischen Linse, die mittels des Systems nach Fig. 1 inspiziert werden kann.

[0018] Fig. 3 ist eine Seitenansicht der in Fig. 2 gezeigten Linse.

[0019] Fig. 3A ist eine vergrößerte Ansicht eines Randabschnittes der in den Fig. 2 und 3 gezeigten Linse.

[0020] Fig. 4 ist eine detailliertere Ansicht des Transport-Teilsystems, welches bei dem System zur Linseninspektion nach Fig. 1 verwendet wird.

[0021] Fig. 5 ist eine Draufsicht auf einen Linsenträger, der bei dem System nach Fig. 1 verwendet wird.

[0022] Fig. 6 ist eine Seitenansicht des in Fig. 1 gezeigten Linsenträgers.

[0023] Fig. 7 ist ein schematisches Diagramm, welches die Grundlagen einer Beleuchtungstechnik, auf welche als Dunkelfeldbeleuchtung Bezug genommen

wird, allgemein veranschaulicht.

[0024] Fig. 8 ist ein detaillierteres Diagramm der Beleuchtungs- und Abbildungs-Teilsysteme des in Fig. 1 gezeigten Systems zur Linseninspektion.

[0025] Fig. 9 zeigt einen Abschnitt einer Pixelanordnung des Abbildungs-Teilsystems.

[0026] Fig. 10 zeigt ein Bild, das auf der Pixelanordnung gebildet wird, wenn eine ophthalmische Linse des in den Fig. 2 und 3 gezeigten Typs in dem System zur Linseninspektion nach Fig. 1 inspiziert wird.

[0027] Fig. 11A, 11B und 11C zeigen drei verschiedene optische Konfigurationen, die in dem Beleuchtungs- und Abbildungs-Teilsystem verwendet werden können.

[0028] Fig. 12A veranschaulicht den Betrieb eines Steuerungs-Teilsystems des Systems zur Linseninspektion.

[0029] Fig. 12B ist ein Zeitdiagramm, welches die Abfolge verschiedener Ereignisse bei der Operation des Transport-, des Beleuchtungs- und des Abbildungs-Teilsystems veranschaulicht.

[0030] Fig. 13 veranschaulicht schematisch das Datenverarbeitungs-Teilsystem des Systems zur Linseninspektion.

[0031] Fig. 14 veranschaulicht allgemein die Hauptkomponenten eines bevorzugten Datenverarbeitungsablaufes, der bei dem System zur Linseninspektion verwendet wird.

[0032] Fig. 15 zeigt ein Bild einer ophthalmischen Linse, das auf der Pixelanordnung des Systems zur Linseninspektion gebildet ist.

[0033] Fig. 16A und 16B sind Flußdiagramme, die einen Linseninspektionsablauf veranschaulichen, auf welchen als Dezentrierungstest Bezug genommen wird.

[0034] Fig. 17A ist ähnlich der Fig. 15 und zeigt das Bild einer ophthalmischen Linse, welches auf der Pixelanordnung gebildet ist.

[0035] Fig. 17B ist eine vergrößerte Ansicht eines Abschnittes des in Fig. 17A gezeigten Kreisinges.

[0036] Fig. 17C ist ein Graph, der die Intensitäten zeigt, mit welchen gewisse Pixel auf einem Liniensegment durch Fig. 17B beleuchtet werden.

[0037] Fig. 17D – 17I veranschaulichen graphisch die Ergebnisse verschiedener Prozesse, die anhand der Beleuchtungsintensitätswerte der gewissen Pixel

durchgeführt wurden, um verarbeitete Werte für diese Pixel abzuleiten, was bei der Identifikation der Ränder des in **Fig. 17A** gezeigten Kreisringes hilfreich ist.

[0038] **Fig. 17J** zeigt die Pixel der beleuchteten Pixelanordnung bei ihren verarbeiteten Beleuchtungswerten.

[0039] **Fig. 18** ist ein Flußdiagramm, welches einen bevorzugten Ablauf zur Verarbeitung der anfänglichen Beleuchtungsintensitätswerte zeigt, die für die Pixel der Pixelanordnung bestimmt wurden.

[0040] **Fig. 19A – 19C** zeigen den Effekt eines Maskierungsablaufes bei den Datenwerten für die Pixel der Pixelanordnung.

[0041] **Fig. 20** ist ein Flußdiagramm, welches einen bevorzugten Maskierungsablauf veranschaulicht.

[0042] **Fig. 21A und 21B** veranschaulichen einen weiteren Datenverarbeitungsablauf, auf welchen als Gummiband-Algorithmus ("Rubber Band Algorithm") Bezug genommen wird.

[0043] **Fig. 22** zeigt ein zur Identifikation eines ersten Pixels auf dem Rand des Linienbildes verwendetes Unterprogramm.

[0044] **Fig. 23** ist ein Flußdiagramm, das einen ersten Hauptabschnitt des Gummiband-Algorithmus' mit größerer Genauigkeit zeigt.

[0045] **Fig. 24** ist ein Flußdiagramm, welches ein Unterprogramm zeigt, das aufgerufen wird, wenn eine Lücke in dem Außenrand des Bildes der Linse gefunden wird.

[0046] **Fig. 25A – 25E** zeigen einen Abschnitt des Außenrandes des Bildes der Linse und identifizieren verschiedene interessierende Pixel auf diesem Rand.

[0047] **Fig. 26** ist ein Flußdiagramm eines Unterprogrammes, das aufgerufen wird, wenn ein Extrastück auf dem Außenrand des Linsenbildes gefunden wird.

[0048] **Fig. 27** zeigt ein Programm, das aufgerufen wird, nachdem der in **Fig. 23** gezeigte Ablauf beendet ist.

[0049] **Fig. 28** ist ein Flußdiagramm, welches einen zweiten Hauptteil des Gummiband-Algorithmus' mit größerer Genauigkeit zeigt.

[0050] **Fig. 29** zeigt den Außenrand eines Abschnittes des Linsenbildes und zeigt einige Vektoren, die in dem zweiten Abschnitt des Gummiband-Algorithmus' verwendet werden.

[0051] **Fig. 30** ist ein Flußdiagramm, welches einen dritten Hauptabschnitt des Gummiband-Algorithmus mit größerer Genauigkeit aufzeigt.

[0052] **Fig. 31 und 32** veranschaulichen bildlich die Wirkung zweier Schritte des in **Fig. 30** gezeigten Ablaufes.

[0053] **Fig. 33** zeigt einen Abschnitt des Außenrandes des Kreisringes, wobei gewisse Linien an dem Rand angefügt sind.

[0054] **Fig. 34A – 34E** veranschaulichen allgemein die Ergebnisse der verschiedenen Operationen, auf die als MAX, PMAX, MIN und PMIN Bezug genommen wird.

[0055] **Fig. 35** zeigt einen bevorzugten Ablauf, der auf Pixeldatenwerte angewendet wird, um mögliche Defekte im Linsenrand hervorzuheben oder herauszustellen.

[0056] **Fig. 36** veranschaulicht die Ergebnisse des in **Fig. 35** gezeigten Ablaufes.

[0057] **Fig. 37** ist ein Flußdiagramm, welches einen zweiten Maskierungsablauf zeigt, der bei der Verarbeitung der Pixeldaten verwendet wird.

[0058] **Fig. 38A – 38C** veranschaulichen bildlich diesen zweiten Maskierungsablauf und dessen Ergebnisse.

[0059] **Fig. 39** ist ein Flußdiagramm eines weiteren Ablaufes, der auf die Pixeldaten angewendet wird, um weiterhin irgendwelche Defekte in der inspizierten Linse hervorzuheben.

[0060] **Fig. 40A – 40D** veranschaulichen bildlich die Operation und die Ergebnisse des in **Fig. 39** aufgezeigten Ablaufes.

[0061] **Fig. 41A und 41B** zeigen ein Flußdiagramm eines Ablaufes, der zur Identifikation irgendwelcher Fehler oder Defekte in der inspizierten Linse verwendet wird.

[0062] **Fig. 42** zeigt verschiedene Typen möglicher Defekte in der Linse.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSFORMEN

[0063] **Fig. 1** ist ein Blockdiagramm, welches ein System **10** zur Linseninspektion veranschaulicht; im allgemeinen weist das System **10** ein Transport-Teilsystem **12**, ein Beleuchtungssystem **14**, ein Abbildungs-Teilsystem **16** sowie ein Bildverarbeitungs-Teilsystem **20** auf. Bei der bevorzugten Ausführung des Systems **10** weist das Transport-Teilsys-

tem **12** den Linsenträger **22** und die Unterstützungsanordnung **24** (in **Fig. 4** gezeigt) auf; und das Beleuchtungs-Teilsystem **14** enthält ein Gehäuse **26**, eine Lichtquelle **30** und Spiegel **32** und **34**. Ebenso enthält bei diesem bevorzugten System **10** das Abbildungs-Teilsystem **16** die Kamera **36**, die Blende **40** und die Linsenanordnung **42**. Spezieller enthält die Kamera, Bezug nehmend auf **Fig. 8**, das Gehäuse **44**, die Pixelanordnung **46** und den Verschuß **50**; und die Linsenanordnung enthält das Gehäuse **52**, ein Paar Linsen **54** und **56** sowie eine Vielzahl von Scheiben **60**. Wie in **Fig. 1** gezeigt ist, enthält das Bildverarbeitungs-Teilsystem **20** den Vorprozessor **62**, den Hauptprozessor **64** sowie Eingabemittel, wie zum Beispiel die Tastatur **66**; und vorzugsweise enthält das Teilsystem **20** weiterhin die Speichereinheit **70**, den Videomonitor **72**, das Tastatur-Terminal **74** und den Drucker **76**.

[0064] Im allgemeinen ist das Transport-Teilsystem **12** vorgesehen, um eine Vielzahl ophthalmischer Linsen entlang eines vorbestimmten Pfades zu bewegen, um so jede der Linsen nacheinander in eine Position zu Linseninspektion zu bewegen, wobei **Fig. 1** eine solche Linse **80** in dieser Position zur Linseninspektion zeigt. Das Beleuchtungs-Teilsystem **14** ist vorgesehen, um eine Reihe von Lichtimpulsen zu erzeugen und einen entsprechenden Lichtimpuls auf den Lichtpfad **82** zu richten sowie durch jede ophthalmische Linse, die sich durch die Position zur Linseninspektion bewegt. Das Teilsystem **16** erzeugt einen Satz Signale, die die ausgewählten Abschnitte der durch die ophthalmischen Linsen transmittierten Lichtimpulse repräsentieren, und transmittiert daraufhin diese Signale zu dem Verarbeitungs-Teilsystem **20**. Das Bildverarbeitungs-Teilsystem empfängt diese Signale von dem Teilsystem **16** und verarbeitet diese Signale gemäß einem vorbestimmten Programm, um wenigstens eine Bedingung von jeder inspizierten Linse zu identifizieren; und bei der bevorzugten Ausführung des Teilsystems **20**, welche unten detailliert beschrieben wird, bestimmt dieses Teilsystem, ob jede inspizierte Linse für die Verwendung durch den Kunden annehmbar ist.

[0065] Das System **10** kann verwendet werden, um eine große Vielfalt von Typen und Größen ophthalmischer Linsen zu inspizieren. Das System ist besonders gut für die Inspektion von Kontaktlinsen geeignet, wobei die **Fig. 2** und **3** zum Beispiel die Kontaktlinse **84** darstellen, die mittels des Systems **10** inspiziert werden kann. Die Linse **84** hat im allgemeinen eine halbsphärische Gestalt mit Vorder- und Rückflächen **86** und **90**; und die Linse bildet eine zentrale optische Zone **84a** und eine äußere Zone **84b**. Die Linse hat eine im wesentlichen einheitliche Dicke; jedoch, wie speziell in **Fig. 3A** gezeigt, nimmt die Dicke der Linse graduell über den Kreisring **84c** in unmittelbarer Nachbarschaft des Außenrandes der Linse ab.

[0066] **Fig. 4** veranschaulicht das Transport-Teilsystem **12** mit größerer Genauigkeit; wie oben diskutiert enthält dieses Teilsystem vorzugsweise den Linsenträger **22** und die Unterstützungsanordnung **24**. Insbesondere enthält die Unterstützungsanordnung einen Translationstisch **92** sowie erste und zweite Schrittmotoren **94** und **96**, wobei der Translations-tisch wiederum ein Grundteil **100** und Rahmen **102** und **104** aufweist.

[0067] Im allgemeinen ist der Linsenträger **22** vorgesehen, um eine Vielzahl der ophthalmischen Linsen zu halten, wobei die **Fig. 5** und **6** den Linsenträger mit größerer Genauigkeit darstellen. Wie darin gezeigt, enthält der Linsenträger ein rechteckiges Grundteil **106** und eine Anordnung von Inspektionsschalen **110**, die mit dem Grundteil verbunden sind. Vorzugsweise weist jede Schale eine kegelstumpfförmige Seitenwand **110a** und einen halbsphärisch geformten Bodenabschnitt **110b** auf, der einstückig mit der Seitenwand der Schale verbunden ist und sich von dieser abwärts erstreckt. Zusätzlich hat der Bodenabschnitt jeder Schale vorzugsweise einen konstanten Krümmungsradius, etwa 10 % größer als der Krümmungsradius der in der Schale platzierten ophthalmischen Linse **84**, wobei der Durchmesser des Bodenabschnittes **110b** größer ist als der Durchmesser der ophthalmischen Linse. Ebenso erstreckt sich die Seitenwand jeder Schale mit einer Neigung von etwa 20° bezüglich der Achse der Schale, und die Dicke jeder Seitenwand ist vorzugsweise geringer als etwa 0,010 Inch.

[0068] Bei dem in den **Fig. 5** und **6** gezeigten speziellen Linsenträger **22** beträgt der Durchmesser der Oberseite jeder Schale **110** etwa 22 mm; und die Tiefe jeder Schale ist vorzugsweise größer als der Durchmesser der zu inspizierenden Linse, welcher bei Kontaktlinsen typischerweise 20 mm beträgt. Wie in den **Fig. 5** und **6** gezeigt enthält der Linsenträger eine Anordnung von 3 × 4 Inspektionsschalen. Die Durchschnittsfachleute werden erkennen, daß die Inspektionsschalen in anderen Konfigurationen angeordnet werden können; zum Beispiel können die Schalen in einer Anordnung von 3 × 3, einer Anordnung von 3 × 8, einer Anordnung von 4 × 8, einer Anordnung von 3 × 10 oder einer Anordnung von 4 × 10 vorliegen.

[0069] Die Schalen **110** und vorzugsweise das Grundteil **106** sind im wesentlichen aus einem transparenten Material, wie zum Beispiel Kunststoff aus Polyvinylchlorid, hergestellt. Weiterhin sind die Schalen **110** und das Grundteil **106** vorzugsweise einstückig zusammengeformt und relativ dünn, was die Kosten reduziert und somit, als praktischer Gesichtspunkt, es gestattet, den Träger nach einer einmaligen Verwendung zu entsorgen. Die Entsorgung des Trägers nach einer einmaligen Verwendung bringt eine wesentlichen Reduzierung oder Vermeidung der

Ausbildung von Kratzern in den Schalen mit sich, welche häufig auftreten, wenn die Inspektionsschalen wiederverwendet werden. Da, entsprechend der unten geführten Diskussion, ein Kratzer auf einer Schale als Fehler oder Defekt in der sich innerhalb der Schale befindlichen Linse interpretiert werden kann, verbessert die Verwendung von sofort entsorgbaren Linsenträgern die Genauigkeit des Linseninspektionsprozesses.

[0070] Bei der Verwendung ist jede Schale **110** teilweise mit einer flüssigen Lösung **112** gefüllt, wie zum Beispiel einer Salzlösung, und eine jeweilige ophthalmische Linse wird auf dem Boden jeder Schale platziert, wobei diese vollständig in die darin befindliche Lösung eingetaucht ist. Wenn eine Linse in einer Schale platziert ist, so tendiert die Schale dahin, die Linse darin automatisch, aufgrund der oben beschriebenen Gestalt und der Parameter der Schale, zu zentrieren.

[0071] Es wird wiederum auf **Fig. 4** Bezug genommen, wonach die Unterstützungsanordnung **24** vorgesehen ist, um den Linsenträger zu unterstützen und um den Linsenträger so zu bewegen, daß die sich darin befindlichen Linsen nacheinander in die Position zur Linseninspektion bewegt werden. Die Unterstützungsanordnung **24** bewegt den Linsenträger **22** kontinuierlich entlang eines vorbestimmten Pfades, um die Linsen **84** sanft in und durch diese Position zur Linseninspektion zu bewegen. Zum Beispiel kann die Unterstützungsanordnung in einer Weise gestaltet sein, daß der Linsenträger so bewegt wird, daß Schalen **110** dieses Trägers durch die Position zur Linseninspektion hindurchbewegt werden, wobei dies gleichzeitig eine Schalenreihe betrifft; und nachdem jede Schalenreihe durch die Position zur Linseninspektion hindurchbewegt wurde, bewegt die Unterstützungsanordnung **24** den Träger **22**, um eine andere Schalenreihe bezüglich der Position zur Linseninspektion auszurichten.

[0072] Bei der bevorzugten, in **Fig. 4** gezeigten Unterstützungsanordnung **24** ist der Rahmen **102** des Translationstisches **92** durch die Basis **100** unterstützt, um sich darauf seitlich, nach rechts und nach links, wie in **Fig. 4** gezeigt, zu bewegen; der Rahmen **104** wird durch den Rahmen **102** unterstützt, so daß er sich darauf aufwärts und abwärts, wie in **Fig. 4** gezeigt, bewegen kann; und der Linsenträger **22** wird von dem Rahmen **104** unterstützt, so daß er sich mit diesem bewegt. Der Schrittmotor **94** ist auf der Basis **100** angebracht und mit dem Rahmen **102** verbunden, so daß der Rahmen über das Grundteil bewegt wird, wobei der Schrittmotor **96** auf dem Rahmen **102** angebracht ist und mit dem Rahmen **104** verbunden ist, um diesen letzteren Rahmen zu bewegen.

[0073] Beliebige geeignete Rahmen **102** und **104** sowie Schrittmotoren **94** und **96** können in der Unter-

stützungsanordnung **24** verwendet werden. Wie den Durchschnittsfachleuten verständlich sein wird, sind weiterhin andere geeignete Unterstützungsanordnungen bekannt, und solche können verwendet werden, um den Linsenträger **24** in der gewünschten Weise zu bewegen.

[0074] Wiederum mit Bezug auf **Fig. 1** erzeugen die Teilsysteme **14** und **16** zusammen den als Dunkelfeldbeleuchtung bezeichneten Effekt und verwenden diesen zur Inspektion der ophthalmischen Linse, die sich durch die Position zur Linseninspektion bewegt. Bei diesem Ablauf wird eine Abbildung von Eigenschaften der ophthalmischen Linse auf der Pixelanordnung **46** gebildet, die durch die Linse transmittiertes Licht streuen oder reflektieren. Die Dunkelfeldbeleuchtung kann verwendet werden – und sie ist tatsächlich ein sehr effektives Verfahren – um Fehler oder Unregelmäßigkeiten in ophthalmischen Linsen nachzuweisen, da im wesentlichen alle Defekte, wie auch einige normale Eigenschaften der ophthalmischen Linsen, das Licht streuen; und selbst sehr subtile, schwache Defekte, so wie jene, die als Trübungen ("Puddles") bezeichnet werden, können ohne weiteres durch die Verwendung des Verfahrens der Dunkelfeldbeleuchtung nachgewiesen werden.

[0075] Die Prinzipien der Dunkelfeldbeleuchtung können mit Bezug auf **Fig. 7** verstanden werden, welche eine ophthalmische Linse **114**, einen kollimierten Lichtstrahl **116**, ein Paar Linsen **120** und **122**, eine lichtundurchlässige Blende **124** sowie eine Pixelanordnung **126** zeigt. Der Lichtstrahl **116** wird durch die ophthalmische Linse **114** transmittiert und fällt daraufhin auf die Abbildungslinse **120**.

[0076] Wenn der Beleuchtungsstrahl **116** perfekt kollimiert wäre, wenn er auf die Linse **114** fällt, so würde der Strahl zu einem Brennpunkt bei dem hinteren Brennpunkt der Linse **120** geleitet. Selbst wenn der Beleuchtungsstrahl **116** durch die ophthalmische Linse **114** vollständig unbeeinflusst bliebe, so ist dieser Strahl dennoch nicht perfekt kollimiert, wenn er auf die Linse **120** fällt, und der Strahl **116** bildet einen kleinen Kreis etwa beim hinteren Brennpunkt der Linse **120**, der als Kreis der geringsten Störung bezeichnet wird. Die Blende **124** ist an der anderen Seite der Abbildungslinse **120** an dem hinteren Brennpunkt derselben angeordnet, wobei die Größe der Blende so gewählt wird, daß sie geringfügig größer ist als das Kreisbild, welches von dem Beleuchtungsstrahl **116** bei dem hinteren Brennpunkt der Linse **120** gebildet wird.

[0077] Somit wird bei Abwesenheit von Streuung oder Brechung des Beleuchtungsstrahls **116** durch die Linse **114** kein Licht über die Blende **124** hinaus transmittiert, wobei die Pixelanordnung **126** vollständig im Dunkeln liegt. Jedoch werden irgendwelche Eigenschaften der Linse **114**, die das Licht in ausrei-

chendem Maße ablenken, so daß es die Blende **124** verfehlt, bewirken, daß ein Teil des Lichtes auf die Pixelanordnung auftrifft. Die ophthalmische Linse **114** ist an der Position angeordnet, die optisch mit der Position der Pixelanordnung **126** konjugiert ist; und wenn somit irgendwelches Licht über den Stopper **124** hinaus transmittiert wird, so bildet dieses Licht eine Abbildung der Einheit der ophthalmischen Linse **114** auf der Pixelanordnung, die das Licht gestreut hat.

[0078] Fig. 8 zeigt das bevorzugte Gerät zur Erzeugung und daraufhin zur Verwendung dieses Effektes der Dunkelfeldbeleuchtung in System **10**; und insbesondere zeigt diese Figur das bevorzugte Beleuchtungs-Teilsystem und Abbildungs-Teilsystem mit größerer Genauigkeit. Wie in dieser Figur gezeigt ist, enthält das Teilsystem **14** das Gehäuse oder den Kasten **26**, die Lichtquelle **30**, die Spiegel **32** und **34**, die Blende **130**, die Energieversorgung **132**, den Steuerungsschaltkreis **134**, erste und zweite einstellbare Unterstützungsmittel **136** und **140** sowie ein Ausgangsfenster **142**. Ebenso enthält das Teilsystem **16** die Kamera **36**, die Blende **40** und die Linsenanordnung **42**. Insbesondere enthält die Kamera **36** das Gehäuse **44**, die Pixelanordnung **46** sowie den Verschuß **50**; und die Linsenanordnung **42** enthält das Gehäuse **52**, die Linsen **54** und **56** sowie die Scheiben **60**.

[0079] Das Gehäuse **26** des Teilsystems **14** stellt eine schützende Umhüllung für die anderen Elemente dieses Teilsystems zur Verfügung; und die Lichtquelle **30**, die Spiegel **32** und **34** sowie die Blende **130** sind alle in diesem Gehäuse sicher untergebracht. Insbesondere enthält das Gehäuse **26** einen vertikalen Hauptschenkel **26a** und obere und untere horizontale Schenkel **26b** und **26c**, wobei die Lichtquelle **30** in dem Hauptschenkel des Gehäuses positioniert ist. Der Spiegel **32** ist an der Kreuzungsstelle der Schenkel **26a** und **26c** befestigt, der Spiegel **34** ist dem distalen Ende des Schenkels **26c** benachbart positioniert, und die Blende **130** ist innerhalb des Schenkels **26c** zwischen den Spiegeln **32** und **34** positioniert. Das Gehäuse **26** bildet ebenfalls direkt oberhalb des Spiegels **34** eine Öffnung **26d**, und das Fenster **142** ist in dieser Öffnung befestigt. Bei der Verwendung erzeugt die Lichtquelle **30** eine Vielzahl von Lichtblitzen oder -impulsen und richtet jeden dieser Impulse auf den Lichtpfad **82**. Der Spiegel **32** ist auf diesem Pfad angeordnet und richtet die Lichtimpulse durch die Blende **130** sowie auf den Spiegel **34**, welcher wiederum die Lichtimpulse aufwärts durch das Fenster **142**, durch die Position zur Linseninspektion, in Fig. 8 mit **144** bezeichnet, und in Richtung oder auf das Abbildungs-Teilsystem **16** richtet.

[0080] Vorzugsweise ist die Lichtquelle **30** auf einstellbaren Unterstützungsmitteln **136** befestigt, welche es erlauben, die spezifische Richtung des von

der Lichtquelle emittierten Lichtes einzustellen, wobei der Spiegel **34** auf einem anderen einstellbaren Unterstützungsmittel **140** angebracht ist, welches es erlaubt, sowohl die spezifische Richtung und die spezifische Position des von diesem Spiegel reflektierten Lichtes einzustellen. Insbesondere enthalten bei der bevorzugten Ausführung des in Fig. 8 gezeigten Teilsystems **14** die Unterstützungsmittel **136** einen Kipptisch, der an dem Gehäuse **26** befestigt ist und um zwei zueinander senkrechte horizontale Achsen schwenkbar ist. Ebenso enthalten bei dieser Ausführung des Teilsystems **14** die Spiegelunterstützungsmittel **140** den Kipptisch **140a** und den Translations-tisch **140b**; und der Spiegel **34** wird auf dem ersten Tisch angebracht, welcher wiederum auf dem letzteren Tisch angebracht ist. Der Tisch **140b** ist seitlich nach links und nach rechts, wie in Fig. 8 gezeigt, beweglich, was die Einstellung der seitlichen Position von Spiegel **34** gestattet; und der Tisch **140a** ist um zwei zueinander senkrechte horizontale Achsen drehbar, was es ebenso gestattet, den speziellen Winkel des Spiegels **34** einzustellen.

[0081] Das Abbildungs-Teilsystem **16** empfängt Lichtimpulse, die durch die in der Position **144** zur Linseninspektion angeordneten ophthalmischen Linse transmittiert wird, und erzeugt eine Reihe von Signalen, die die ausgewählten Anteile des durch diese ophthalmischen Linsen transmittierten Lichtes darstellen. Insbesondere ist die Pixelanordnung **46** innerhalb des Kameragehäuses **44** direkt hinter dem Verschuß **50** angeordnet; und die Pixelanordnung ist vorzugsweise aus einer Vielzahl von Lichtsensoren zusammengesetzt, wobei jeder in der Lage ist, einen entsprechenden elektrischen Strom zu erzeugen, der eine zur Intensität des auf den Sensor einfallenden Lichtes proportionale Größe hat oder diese repräsentiert.

[0082] Fig. 9 ist eine vergrößerte Ansicht eines kleinen Abschnittes der Pixelanordnung **46** und zeigt insbesondere eine Vielzahl individueller Lichtsensoren dieser Pixelanordnung. Mit Bezug auf diese Figur sind diese Lichtsensoren oder Pixel in einem gleichförmigen Gitter einer gegebenen Anzahl von Reihen und Spalten angeordnet, wobei dieses Gitter beispielsweise eine Million Pixel aufweist, die in tausend Spalten und tausend Reihen angeordnet sind. Vorzugsweise bilden die Pixel in diesem Gitter eine Vielzahl von Reihen mit gleichförmigem Abstand und eine Vielzahl von Spalten mit gleichförmigem Abstand; und, außer den Pixeln entlang des äußeren Randes der Anordnung, hat jedes Pixel acht unmittelbare Nachbarn. Beispielsweise hat Pixel **146a** acht Nachbarn: das direkt oberhalb angeordnete Pixel **146b**, das direkt unterhalb angeordnete Pixel **146c**, die direkt jeweils links und rechts angeordneten Pixel **146d** und **146e** und die Pixel **146f**, **146g**, **146h** und **146i**, die jeweils oberhalb und rechts, oberhalb und links, unterhalb und rechts sowie unterhalb und links

angeordnet sind.

[0083] Es wird wiederum Bezug auf **Fig. 8** genommen, wo die Blende **40** und die Linsen **54** und **46** bezüglich des Verschlusses **50** in Vorwärtsrichtung angeordnet sind und coaxial zueinander sowie bezüglich der Pixelanordnung **46** und dem Kameraverschluß ausgerichtet sind. Die Blende **40** ist zwischen den Linsen **54** und **56** und im wesentlichen an der hinteren Brennebene der Linse **54** positioniert, wobei die Linse **56** so positioniert ist, daß die Pixelanordnung bei der hinteren Brennebene dieser Linse **56** positioniert ist. Vorzugsweise sind die Linsen **54** und **56** sowie die Blende **40** innerhalb des Gehäuses **52** angebracht, welches wiederum an dem Frontende der Kamera **46** angebracht ist. Zusätzlich sind die Scheiben **60**, die eine Reihe ringförmiger Glieder aufweisen können, vorzugsweise in und mit Abstand entlang der Länge des Gehäuses **42** angeordnet, um die Kollimation des durchgehenden Lichtes zu unterstützen.

[0084] Bei dieser speziellen Position der Linsen **54** und **56** sowie der Blende **40** wird das meiste oder alles von einem durch eine spezielle inspizierte ophthalmische Linse transmittierten Lichtstrahl von der Linse **54** auf die Blende **40** fokussiert und fällt somit nicht auf die Pixelanordnung **46**. Jedoch kann ein Teil des durch unregelmäßige Bestandteile der ophthalmischen Linse tretenden Lichtes sowie ein Teil des durch regelmäßige Bestandteile einiger ophthalmischer Linsen tretenden Lichtes ausreichend abgelenkt werden, so daß dieses Licht nicht durch die Linse **54** auf die Blende **40** fokussiert wird, sondern stattdessen über die Blende hinaus transmittiert wird und auf die Pixelanordnung **46** auftrifft. Zusätzlich ist die Position zur Linseninspektion an einer Stelle angeordnet, die optisch zu der Position der Pixelanordnung **46** konjugiert ist, wobei somit jegliches Licht, das über die Blende **40** hinaus transmittiert wird, ein Bild auf der Pixelanordnung von der Einheit der ophthalmischen Linse erzeugt, die das Licht gestreut hat.

[0085] Diese Dunkelfeldbeleuchtungs-Technik ist eine sehr effektive Art, Unregelmäßigkeiten in ophthalmischen Linsen zu beleuchten; und **Fig. 10** zeigt die auf einer Pixelanordnung **46** mittels eines durch eine ophthalmische Linse und insbesondere durch eine in den **Fig. 2** und **3** gezeigte Kontaktlinse **84** transmittierten Lichtstrahls gebildeten Abbildung. Das meiste des durch die Linse transmittierten Lichtes wird von der Pixelanordnung durch die Blende **40** ferngehalten. Jedoch wird aufgrund der nicht einheitlichen Dicke des Kreisringes **84c** der Linse das durch diesen Abschnitt der Linse transmittierte Licht über die Blende **40** hinaus abgelenkt, wobei es auf die Pixelanordnung **46** auftritt und ein Bild des Kreisringes auf dieser Anordnung ausbildet. Andere Unregelmäßigkeiten in der Linse **84** erzeugen ebenfalls ausgeleuchtete Bereiche auf der Pixelanordnung. Zum Bei-

spiel können selbst subtile, schwache Defekte, wie zum Beispiel Trübungen, auf der Pixelanordnung gesehen werden. Wenn zum Beispiel eine Trübung im Inneren der Linse vorliegt, so wird die Trübung ohne weiteres auf der Pixelanordnung als heller Umriß auf einem dunklen Feld erscheinen; und wenn eine Trübung in der Randzone einer Linse vorliegt, so wird die Trübung ohne weiteres auf der Pixelanordnung als dunkle Linien auf einem hellen Feld erscheinen. Da ebenfalls die Randzone der Kontaktlinse einen keilförmigen Querschnitt aufweist, lenkt diese Randzone genügend Licht über die Blende **40** hinaus, so daß die gesamte Zone auf der Pixelanordnung **46** als ein heller, weißer Kreisring **150** auf einem dunklen Feld erscheint.

[0086] Wie von den Durchschnittsfachleuten verstanden wird, können irgendwelche geeigneten Lichtquellen, Linsen und Kameras in den Teilsystemen **14** und **16** verwendet werden. Zum Beispiel kann die Lichtquelle **30** ein Kurzbogen-Xenon-Blitzlicht von Hamamatsu sein. Dieses spezielle Blitzlicht weist eine einzigartige Kombination von Bogenstabilität und Langlebigkeit auf, wobei die Ausgabe dieses Blitzlichtes um plus oder minus 2 % rangiert, mit einer Lebensdauer von 10^9 Blitzen.

[0087] Weiterhin ist bei einer Ausführung des Teilsystems **16**, das tatsächlich verwirklicht wurde, die erste Abbildungslinse **54** eine achromatische Linse mit 100 mm Brennweite, welche für Objekte innerhalb von $2,5^\circ$ bezüglich der optischen Achse der Linse beugungsbegrenzt ist, wobei die Linse **54** in einer schwarz eloxierten Aluminiumröhre mit internen Scheiben **60** zum Eliminieren der Kontrastverschlechterung aufgrund der Lichtreflektion von den Innenwänden der Röhre angeordnet ist. Die zweite Linse **56** ist eine F-1.8-Nikon-Standardlinse mit 50 mm Brennweite. Das Ende des Tubus' der ersten Linse **54** ist auf einen ultravioletten Dunstfilter zementiert, der über ein Gewinde in dem Gehäuse der 50 mm-Linse sitzt.

[0088] Die lichtundurchlässige Blende **40** ist eine kleine Kunststoffscheibe mit einem Durchmesser von 0,100 Inch, welche eine klebende Rückseite aufweist, um die Blende an Ort und Stelle zu befestigen. Geeignete Blenden können käuflich erworben werden und werden als Masken für Lötanschlußstellen beim manuellen Layout der Druckvorlage für gedruckte Schaltungen verwendet, wobei diese Blenden in vielen verschiedenen Größen erhältlich sind. Die bevorzugte Größe der Blende **40** kann von anderen Parametern des Systems **10** abhängen, und die ausgewählte Größe der Blende ist vorzugsweise so gewählt, daß sie den besten Kompromiß zwischen Kontrast, Einfachheit bei der Ausrichtung und Vibrationsempfindlichkeit bereitstellt.

[0089] Die in dem Teilsystem **16** verwendete Kame-

ra, das tatsächlich konstruiert wurde, ist eine Kamera mit hoher Auflösung, die von Videk verkauft wird und welche für die Montage von Standard-Nikon-Linsen geeignet sind. Die F-1.8 50 mm-Nikonlinse **56** wird zunächst an der Kamera **36** befestigt, woraufhin das Gehäuse der Linse **54** auf die Linse **56** aufgeschraubt wird. Das effektive Gesichtsfeld dieser Videk-Kamera beträgt $13,8 \times 13,8$ mm, was zum Beispiel etwa 10 – 15 % größer ist als die maximale Kontaktlinsengröße. Es ist erwünscht, daß die inspizierte ophthalmische Linse das Gesichtsfeld der Kamera **36** so weitgehend wie möglich belegt, um so die Genauigkeit der Inspektion zu optimieren. Folglich nutzen die Inspektionsschalen **110** des Linsenträgers **22** bei automatischer Zentrierung der zu inspizierenden Linse die von der Kamera zur Verfügung gestellte Auflösung in maximaler Weise aus.

[0090] Die bevorzugten Konfigurationen der Teilsysteme **14** und **16** haben eine Reihe von Vorteilen. Da zunächst der Lichtpfad **82** zusammengefasst ist, kann das Blitzlicht **30** in größerem Abstand von der ophthalmischen Linse angeordnet sein, und zwar an der Position zur Linseninspektion **144**, wobei dies einen stark kollimierten Lichtstrahl bei dieser ophthalmischen Linse erzeugt. Zweitens ist die Größe des Lichtbogens bei der Blende **40** im wesentlichen gleich der physikalischen Größe des Lichtbogens, multipliziert mit dem Verhältnis (i) des Abstandes von der Lampe **30** zu der Linse **54** zu (ii) dem Abstand von der Linse **54** zur Blende **40**. Die bevorzugte in **Fig. 8** gezeigte Konfiguration minimiert ebenfalls die Bogen-Bildgröße, was die Verwendung einer kleineren Blende erlaubt und folglich die Erzeugung einer größeren Empfindlichkeit. Drittens begrenzt die Irisblende **130** die Querschnittsfläche des Lichtstrahls **82** und somit die Fläche, die von diesem Strahl beleuchtet wird. Vorzugsweise wird die Blende **130** verwendet, um die Querschnittsfläche oder die Abmessung des Strahls **82** so einzustellen, daß der Strahl eine kreisförmige Fläche beleuchtet, die nur etwa 10 bis 15 % größer ist als der Durchmesser der zu inspizierenden ophthalmischen Linse. Die Begrenzung der Größe des Beleuchtungsstrahls **82** verbessert den Kontrast zwischen dem auf der Pixelanordnung erzeugten Bild und dem Rest dieser Anordnung; und insbesondere wird durch die Begrenzung der Abmessung des Lichtstrahls **82** die Lichtmenge, welche von Artefakten der Linseninspektionsschale gestreut wird, eliminiert oder wesentlich vermindert. Dieses gestreute Licht könnte als Hintergrundlicht auf der Pixelanordnung **46** erscheinen und den Kontrast zwischen dem interessierenden Bild auf der Pixelanordnung und dem Rest dieser Anordnung verringern.

[0091] Zusätzlich ist bei der bevorzugten Konfiguration der Teilsysteme **14** und **15** der Vergrößerungsfaktor des Systems – das heißt, das Verhältnis der Größe des Bildes der ophthalmischen Linse auf der Pixelanordnung **46** zur tatsächlichen Größe dieser

ophthalmischen Linse – etwa gleich dem Verhältnis der Brennweite der zweiten Linse **56** zur Brennweite der ersten Linse **54**. Der tatsächliche Vergrößerungsfaktor hängt ebenfalls vom Abstand zwischen den Linsen **54** und **56** sowie dem Abstand der zu inspizierenden ophthalmischen Linse von der ersten abbildenden Linse **54** ab. Zusätzlich gestatten es der Kipptisch **140a** und der Translationstisch **140b**, daß die Mitte des vom Spiegel **34** reflektierten Strahls so eingestellt wird, daß sie mit der Achse des abbildenden optischen Teilsystems **16** zusammenfällt.

[0092] Wie oben beschrieben, enthält das abbildende Teilsystem **16** zwei Linsen **54** und **56**, die näherungsweise um die Brennweite der ersten Linse **54** voneinander getrennt sind. Die Verwendung von zwei Linsen ist nicht erforderlich; jedoch ist dies bevorzugt, da die Verwendung von zwei Linsen eine bessere Kontrolle der verschiedenen Parameter der Teilsysteme **14** und **16** gestattet und, zum Beispiel, die Trennung zwischen der hinteren Brennebene und der Bildebene von der Vergrößerung der Teilsysteme entkoppelt.

[0093] Die **Fig. 11A**, **11B** und **11C** veranschaulichen andere optische Konfigurationen, auf die im allgemeinen jeweils als **152**, **154** und **156** Bezug genommen wird und welche im System **10** zum Richten eines Lichtstrahls **82** durch die Linseninspektionsposition verwendet werden können, sowie auf die Blende **40** und die Pixelanordnung **46**.

[0094] Die Konfiguration **152** enthält nur eine Linse **160**, die gleichzeitig den Lichtstrahl **82** auf die Blende **40** abbildet, sowie die zu inspizierende Linse auf die Pixelanordnung **46** abbildet. Spezieller enthält die in **Fig. 11A** gezeigte optische Konfiguration den Spiegel **162**, die abbildende Linse **160** und die Blende **40**; und die Figur zeigt ebenfalls einen Linsenhalter, der schematisch bei **164** repräsentiert ist, eine zu inspizierende ophthalmische Linse **166** und die Pixelanordnung **46**. Mit dieser Konfiguration werden der Lichtstrahl **82** oder Pulse von der Lichtquelle **30** auf den Spiegel **162** gerichtet, welcher wiederum das Licht durch die Linsen **166** sowie auf die Abbildungslinse **160** richtet. Das meiste auf die Linse **160** gerichtete Licht wird dadurch auf die Blende **40** fokussiert; jedoch werden gewisse Bestandteile der Linse **166** das Licht ausreichend ablenken, so daß dieses abgelenkte Licht über die Blende **40** hinaus transmittiert und auf der Pixelanordnung fokussiert wird, wobei darauf ein Bild der Bestandteile der Linse **166** erzeugt wird, welche bewirkt haben, daß das Licht über die Blende **40** hinaus transmittiert wird. Die Konfiguration von **Fig. 11A** kann die bevorzugte Konfiguration sein, wenn der CCD-Schirm der Kamera **36** größer ist als der CCD-Schirm der obengenannten Videk-Kamera mit hoher Auflösung.

[0095] Bei der Konfiguration **154** nach **Fig. 11B** sind

die Funktionen der Abbildung der Lichtquelle auf die Blende **40** und der Abbildung der zu inspizierenden ophthalmischen Linse auf die Pixelanordnung **46** getrennt. Näher ausgeführt enthält diese Konfiguration den Spiegel **170**, die Linsen **172** und **174** und die Blende **40**; und **Fig. 11B** zeigt ebenso den Linsenhalter **164**, die ophthalmische Linse **166** und die Pixelanordnung **46**. Bei dieser Konfiguration wird der Lichtstrahl **82** von der Lichtquelle **30** auf den Spiegel **170** gerichtet, wobei dieser Spiegel den Lichtstrahl auf die Linse **172** richtet. Die Linse **172** richtet den Lichtstrahl durch die ophthalmische Linse **166**, wobei das meiste des durch die Linse **166** transmittierten Lichtes auf die Blende **40** fokussiert wird. Einige Bestandteile der Linse **166** lenken jedoch Licht von der Blende **40** ab; und dieses abgelenkte Licht fällt auf die Linse **174**, welche dieses Licht auf die Pixelanordnung **46** fokussiert, wobei darauf ein Bild der Bestandteile der Linse **174** erzeugt wird, welche das Licht über die Blende **40** hinaus abgelenkt haben. Ein Vorteil der Linsenanordnung von **Fig. 11B** besteht darin, daß die Wirkungen der beiden Linsen **172** und **174** voneinander vollständig unabhängig sind.

[0096] Die in **Fig. 11C** gezeigte optische Konfiguration **156** ist der in **Fig. 8** gezeigten optischen Konfiguration sehr ähnlich; jedoch enthält die Konfiguration **156** keinen Spiegel **32** und keine Blende **130**. Insbesondere enthält die Konfiguration **156** den Spiegel **176**, die Linsen **180** und **182** sowie die Blende **40**; und die **Fig. 11C** zeigt ebenso den Linsenhalter **164**, die ophthalmische Linse **166** und die Pixelanordnung **46**. Bei der Anordnung nach **Fig. 11C** wird der Lichtstrahl **82** von der Lichtquelle **30** auf einen Spiegel **176** gerichtet, welcher das Licht durch die Linse **166** und auf die erste Linse **180** richtet. Das meiste auf die Linse **180** gerichtete Licht wird auf die Blende **40** fokussiert; jedoch lenken einige Bestandteile der Linse **166** das Licht ausreichend ab, so daß dieses Licht über die Blende **40** hinaus sowie auf die zweite Linse **182** transmittiert wird, wobei diese Linse **182** dieses Licht auf der Pixelanordnung **46** fokussiert. Bei dieser Konfiguration bildet die Linse **180** die Lichtquelle unabhängig von der Linse **182** auf der Blende ab. Beide Linsen **180** und **182** sind jedoch bei der Abbildung irgendwelcher Defekte in der Linse **166** auf die Pixelanordnung **46** beteiligt.

[0097] Zusätzlich zum Vorangehenden, enthält das System **10** ebenfalls ein Steuerungs-Teilsystem, um die Operation des Beleuchtungs-Teilsystems **14** und des Abbildungs-Teilsystems **16** mit der Operation des Transport-Teilsystems **12** zu synchronisieren; und insbesondere, um die Lichtquelle **30** zum Erzeugen eines Lichtpulses zu betätigen und den Kameraverschluß **50** zu öffnen, wenn sich eine Linse in der Linseninspektionsposition **144** befindet. Das bevorzugte Steuerungs-Teilsystem ist schematisch in **Fig. 12A** veranschaulicht. Bei diesem bevorzugten Steuerungs-Teilsystem erzeugt das Transport-Teilsystem

14 jedesmal, wenn sich eine der Linseninspektionschalen in der Linseninspektionsposition befindet, ein elektrisches Signal. Dieses Signal kann beispielsweise von einem Schrittmotor **94** erzeugt werden oder von einem anderen Antriebsmittel für den Translationstisch **92** oder von einem Grenzschar, der jedesmal betätigt wird, wenn eine der Linseninspektionschalen die Linseninspektionsposition erreicht. Vorzugsweise wird dieses Signal auf den Kameraverschluß **50** übertragen, um diesen Verschluß zu öffnen, sowie ebenso auf einen Verzögerungsschaltkreis **184** übertragen, welcher das elektrische Signal um eine kurze Periode verzögert, um dem Kameraverschluß zu gestatten, vollständig zu öffnen, wobei nach dieser kurzen Verzögerung dieses elektrische Signal daraufhin auf einen Lampentreiber **134** übertragen wird, der daraufhin die Lichtquelle **30** betätigt.

[0098] Bei einer Ausführung von System **10**, welche konstruiert wurde, mit Bezug auf **Fig. 12B**, erzeugt beispielsweise das Transport-Teilsystem einen 24-Volt-Puls, wenn sich eine ophthalmische Linse in der Linseninspektionsposition befindet, und überträgt diesen sowohl auf die Kamera **36** und auf den Verzögerungsschaltkreis **184**. Der Kameraverschluß öffnet als Folge der Anstiegsflanke dieses Pulses und benötigt etwa 9 Millisekunden, um vollständig zu öffnen. Der Verzögerungsschaltkreis verzögert den Durchgang des Signals zu dem Lampentreiber **134** um etwa 15 Millisekunden; und nach dieser Verzögerung wird dieser Triggerpuls auf den Lampentreiber übertragen. Die Anstiegsflanke dieses Triggerpulses betätigt einen SCR, welcher das Blitzlicht **30** zündet. An diesem Punkt der Zündung wird die Lampe elektrisch leitend, und ein im voraus geladener Kondensator wird über die Lampe entladen. Die Kapazität und die Spannung, auf welche dieser Kondensator geladen wurde, bestimmen die gesamte von der Lampe emittierte Lichtenergie sowie die Dauer des Lichtpulses. Inzwischen hält ein Interface-Schaltkreis den Kameraverschluß für etwa 30 Millisekunden offen und schließt daraufhin den Verschluß.

[0099] Die Verwendung eines Kameraverschlusses in der oben beschriebenen Weise vermeidet bzw. vermindert wesentlich die Integration des Umgebungslichtes in der Pixelanordnung **46** zwischen den Linseninspektionen. Ebenso sind bevorzugt die Hochspannungs-Energieversorgung, die Lampentreiber-Elektronik und der Speicherkondensator in der Gehäusestruktur **26** angebracht, welche die Beleuchtungsoptik enthält.

[0100] Das Licht von der Lampe **30** ist ausreichend, um den Einfang eines Bildes auf der Pixelanordnung **46** in einer solch kurzen Zeitperiode zu gestatten, so daß es nicht erforderlich ist, die zu inspizierende ophthalmische Linse anzuhalten. Somit ist das Transport-Teilsystem **12** derart gestaltet, daß es die Anordnung ophthalmischer Linsen kontinuierlich unter dem

Abbildungs-Teilsystem **16** bewegt. Diese kontinuierliche, gleichmäßige Bewegung der Anordnung optischer Linsen ist vorteilhaft, da es die Entwicklung von Kräuselungen oder anderen Störungen auf der Oberfläche der Lösung **112** in den Schalen **110**, welche sich mit dem Abbildungsprozeß überlagern könnten, vermindert oder vermeidet.

[0101] Wie den Fachleuten verständlich sein wird, kann die erwünschte Synchronisation oder Koordination zwischen dem Transport-Teilsystem **12**, dem Beleuchtungs-Teilsystem und dem Abbildungs-Teilsystem **16** auf andere Arten erreicht werden. Beispielsweise können die Lichtquelle **30** und der Verschuß **50** bezüglich vorbestimmter Zeitintervalle aktiviert werden, welche so gewählt sind, daß sie mit der Positionierung einer Linse an der Linseninspektionsposition **144** zusammenfallen.

[0102] Das Beleuchtungs-, das Abbildungs- und das Transport-Teilsystem können innerhalb eines (nicht gezeigten) Gehäuses liegen, um die Effekte von schwebendem Schmutz auf die Beleuchtungs- und Abbildungsprozesse zu minimieren. Dieses Gehäuse kann mit durchsichtigen Fronttüren oder mit Fronttüren, welche durchsichtige Fenster aufweisen, ausgestattet sein, um einen Zugang zur Verfügung zu stellen und die Beobachtung des Gehäuseinneren zu gestatten, wobei die durchsichtigen Abschnitte dieser Fronttüren getönt sein können, um die Effekte von umgebendem Licht auf den Beleuchtungs- und Abbildungsprozeß zu minimieren.

[0103] Die folgenden Einzelheiten des Verarbeitungs-Teilsystems und seiner Funktionen werden nur zum Zwecke der Information angegeben und bilden keinen Teil der vorliegenden Erfindung.

[0104] Fig. 13 ist ein Blockdiagramm, welches das Abbildungs-Verarbeitungs-Teilsystem **20** veranschaulicht. In diesem Teilsystem werden die Signale in einer Kombination serieller und paralleler Formate dem Vorprozessor **62** zugeleitet. Diese auf den Vorprozessor **62** übertragenen elektrischen Signale können in irgendeiner geeigneten Weise mit den spezifischen Pixeln, die die Signale erzeugt haben, identifiziert werden. Beispielsweise können die Signale von den Pixeln der Kamera **36** in einer vorgegebenen, zeitlich abgestimmten Folge auf den Vorprozessor **62** übertragen werden, wobei ebenfalls ein Taktsignal von der Kamera auf den Vorprozessor übertragen werden kann, um den Beginn oder ausgewählte Intervalle dieser Sequenz zu identifizieren. Alternativ kann jedes auf den Prozessor **62** übertragene Signal mit einem "Header" oder einem anderen Datenkennzeichen ausgestattet sein, wobei die bestimmten Pixel, welche das Signal erzeugt haben, identifiziert werden.

[0105] Die Einheit **62** konvertiert jedes elektrische

Stromsignal von jedem Pixel der Anordnung **46** in einen entsprechenden digitalen Datenwert I_0 und speichert diesen Datenwert an einer Speicherstelle mit einer Adresse, welche mit der Adresse des Pixels, das das elektrische Signal erzeugt hat, in Beziehung steht. Diese Datenwerte sind dem Prozessor **64** verfügbar und können auf diesen über Busleitungen **186** übertragen werden. Wie unten detailliert diskutiert, wird vorzugsweise eine Vielzahl zusätzlicher Sätze von Datenwerten $I_1 \dots I_n$ erzeugt, wobei jeder Datensatz einen entsprechenden Datenwert hat, der mit jedem Pixel der Anordnung **46** in Beziehung steht, wobei der Vorprozessor **62** eine Vielzahl von Speicherabschnitten oder Karten aufweisen kann und jeder davon verwendet wird, um einen entsprechenden Satz dieser Datenwerte zu speichern.

[0106] Der Prozessor **64** ist über Busleitungen **186** an dem Vorprozessor **62** angeschlossen, um Datenwerte von dem Vorprozessor zu erhalten und um Datenwerte auf diesen zu übertragen. Wie unten genauer beschrieben ist, ist der Prozessor **64** zum Verarbeiten und Analysieren der in dem Vorprozessor gespeicherten Datenwerte programmiert, um wenigstens eine Bedingung oder einen Parameter von jeder durch das System **10** inspezierten Linse zu identifizieren und zum Beispiel anzuzeigen, ob jede Linse zur Verwendung durch den Kunden akzeptabel ist.

[0107] Die Speicherplatte **70** ist an den Prozessor **64** angeschlossen, um Datenwerte auf einer permanenten oder halbpermanenten Basis zu empfangen und festzuhalten. Beispielsweise kann die Speicherplatte **70** mit verschiedenen von dem Prozessor **64** verwendeten Tabellen ausgestaltet sein, und die Speicherplatte kann verwendet werden um Daten zu speichern, die sich auf den Linseninspektionsprozeß beziehen oder von diesem erhalten wurden.

[0108] Beispielsweise kann die Speicherplatte **70** verwendet werden, um die Gesamtzahl der während eines vorgegebenen Tages oder einer Zeitperiode inspezierten Linsen nachzuhalten und um die Gesamtzahl, den Typ und die Größe irgendwelcher in irgendeiner gegebenen Probe oder Linsengruppe gefundenen Defekte nachzuhalten.

[0109] Die Tastatur **66** ist an den Prozessor **64** angeschlossen, um eine Eingabe durch eine Betriebsperson zu gestatten, wobei das Tastaturterminal **74** verwendet wird, um Daten oder Botschaften, die in den Prozessor eingegeben werden, sichtbar darzustellen. Der Monitor **72** ist an den Vorprozessor **62** angeschlossen und vorgesehen, um Videobilder von den im dem Vorprozessor gespeicherten Datenwerten zu erzeugen. Beispielsweise können die I_0 -Datenwerte auf den Monitor **72** übertragen werden, um darauf eine Abbildung des tatsächlich von der Pixelanordnung **46** erzeugten Bildes zu erzeugen. Andere Sätze der Datenwerte $I_1 \dots I_n$ können auf den Monitor

72 übertragen werden, um verbesserte oder verarbeitete Bilder dieses realen Bildes zu erzeugen. Der Drucker **76** ist an dem Prozessor **64** über einen Serie-Parallel-Konverter **190** angeschlossen, um eine sichtbare, permanente Aufnahme von auf den Drucker von dem Prozessor **64** übertragenen ausgewählten Datenwerten zur Verfügung zu stellen. Für die Fachleute wird verständlich sein, daß das Teilsystem **20** mit anderen oder zusätzlichen Eingabe- und Ausgabevorrichtungen ausgestattet sein kann, um es einer Betriebsperson oder einem Analysierer zu gestatten, mit dem Prozessor **64**, dem Vorprozessor **62** und der Speichereinheit **70** interaktiv zu kommunizieren.

[0110] Die individuellen Komponenten des Teilsystems **20** sind herkömmlich und den Fachleuten wohl bekannt. Vorzugsweise ist der Vorprozessor **64** ein digitaler Computer mit hoher Geschwindigkeit, und der Monitor **72** ist ein Farbmonitor mit hoher Auflösung. Auch kann zum Beispiel der Vorprozessor **62** eine Zusammenstellung von Datacube-Signalverarbeitungskarten sein und der Prozessor **64** kann eine Sun-3/140-Workstation sein.

[0111] Wie oben diskutiert, wird jedesmal, wenn eine ophthalmische Linse direkt unter die Kamera **36** tritt, Licht durch die ophthalmische Linse transmittiert und auf die Pixelanordnung **46** fokussiert, wobei jedes Pixel der Anordnung **46** einen entsprechenden elektrischen Ausgangsstrom mit einer Größe erzeugt, die die Intensität des auf das Pixel fallenden Lichtes repräsentiert. Dieser Ausgangsstrom wird für jedes Pixel in einen digitalen Datenwert konvertiert, der in einer Adresse im Vorprozessorspeicher gespeichert wird, die dem Pixel zugeordnet ist. Diese digitalen Datenwerte, welche als I_0 -Werte bezeichnet werden, werden, wie unten beschrieben, erzeugt, um zu bestimmen, ob die Linse die unter die Kamera **36** tritt, eine oder mehrere Merkmale einer ausgewählten Gruppe aufweist; und insbesondere, um zu bestimmen, ob diese Linse irgendwelche Merkmale aufweist, die als Fehler oder Defekt betrachtet werden können, welcher die Linse für die Verwendung durch den Kunden ungeeignet macht.

[0112] **Fig. 14** zeigt die Hauptkomponenten eines bevorzugten Bildverarbeitungsverfahrens, um irgendwelche Defekte des Linsentyps **84** zu identifizieren, welcher in den **Fig. 2** und **3** dargestellt ist. Nachdem das Linsenbild auf der Pixelanordnung aufgenommen wurde, wird dieses Bild in einem Verfahren getestet, welches als Dezentrierung bezeichnet wird, um zu bestimmen, ob der innere und der äußere Umfangsrand des Kreisringes **84c** der Linse relativ zueinander genau zentriert sind, wobei dieser Dezentrierungstest beinhaltet, erste und zweite Kreise an den Innen- und Außenrand des auf der Pixelanordnung erzeugten Kreisringes anzupassen. Hiernach werden die tatsächlichen Ränder des Kreisringes ge-

funden oder extrahiert. Darauf wird ein erstes Maskierungsverfahren verwendet, um Daten zu vermindern oder zu eliminieren, die mit von der Peripherie der Linseninspektionsschale gebrochenem oder abgelenktem Licht in Verbindung stehen, wobei irgendwelche Randdefekte durch ein Verfahren hervorgehoben werden, welches als Gummibandalgorithmus ("Rubber Band Algorithm") bezeichnet wird. Im folgenden werden irgendwelche Defekte durch Verfahren weiter hervorgehoben, die als "Fill-in" und "Clean-up" bezeichnet werden, sowie durch ein zweites Maskierungsverfahren, welches Daten eliminiert, die mit bestimmten Pixeln in der Nähe der Mitte des Kreisringbildes in Beziehung stehen.

[0113] Nachdem irgendwelche möglichen Defekte betont oder hervorgehoben wurden, wird eine Suche ausgeführt, um festzustellen, ob tatsächlich irgendwelche Defekte vorliegen. Insbesondere werden die Pixel der Anordnung **46** durchsucht – oder, genauer gesagt, mit jenen Pixeln in Verbindung stehende Datenwerte werden durchsucht – um Liniensegmente oder Lauflängen von Pixeln zu identifizieren, welche ein Teil des Defektes sein könnten, wobei jene Lauflängen daraufhin gebündelt werden, um die fehlerhaften Kandidaten zu identifizieren. Daraufhin werden die Größen und die Orte dieser fehlerhaften Kandidaten analysiert, um zu bestimmen, ob es sich tatsächlich um Defekte handelt, die die Linse ungeeignet für die Verwendung durch den Kunden machen.

[0114] Wie oben erwähnt wird der Dezentrierungstest zur Bestimmung verwendet, ob der innere und der äußere Umfangsrand des Kreisringes **84c** der Linse, welche unter der Kamera hindurchläuft, konzentrisch sind. Allgemein wird dies mit Bezug auf **Fig. 15** erreicht, indem eine Vielzahl von Abtastvorgängen **202** über die Pixelanordnung **46** vorgenommen werden – oder, genauer gesagt, durch das Studium der Datenwerte bei Adressen im Vorprozessorspeicher, welche den Adressen der Pixel in dem ausgewählten Linienelement auf der Anordnung **46** entsprechen – um festzustellen, ob der äußere und der innere Rand **150a** und **150b** des Kreisringes **150** konzentrisch sind.

[0115] **Fig. 16a** und **16b** veranschaulichen den Dezentrierungstest oder die Routine R_1 . Auf den ersten Schritt **204** dieser Routine wird als Schwellen-Unterprogramm Bezug genommen; und der Zweck dieser Routine besteht darin, jeden Pixel mit einem neuen Intensitätswert I_1 in Verbindung zu bringen, welcher gleich dem maximalen oder dem minimalen Beleuchtungswert T_{\max} oder T_{\min} ist, abhängig davon, ob der ursprüngliche Beleuchtungswert I_0 des Pixels jeweils oberhalb oder unterhalb eines gegebenen Schwellenwertes T_t liegt. Somit kann zum Beispiel jeder Pixel mit einem ursprünglichen Beleuchtungswert I_1 von 255 versehen werden, wobei jeder Pixel mit einem ursprünglichen Beleuchtungswert von 127 oder

weniger mit einem neuen Beleuchtungswert I_1 von 0 versehen werden kann.

[0116] Der nächste Schritt **206** bei dem Dezentrierungstest besteht darin, die Anzahl, die Orte und die Größen der bei diesem Test verwendeten Abtastvorgänge **202** festzusetzen, wobei dies dadurch vorgenommen wird, daß dem Prozessor **64** die Adresse des Anfangspixels und die Länge sowie die Richtung eines jeden Abtastvorganges zugeführt werden. Diese Parameter können so gewählt werden, daß, falls die Linse nicht stark dezentriert ist, jeder einer Vielzahl von Abtastvorgängen beide Ränder des Kreisringes **150** kreuzt. Vorzugsweise wird dem Prozessor **64** oder der Speicherplatte **70** eine teilpermanente Aufzeichnung dieser Anfangsadressen, Richtungen sowie Abtastlängen zugeführt. Diese Aufzeichnung wird während der Inspektion jeder Linse von gegebenem nominalem Typ oder gegebener nominaler Größe verwendet, wobei diese teilpermanente Aufzeichnung geändert werden kann, wenn Linsen von anderem nominalem Typ oder anderer nominaler Größe inspiziert werden.

[0117] Als nächstes werden bei Schritt **210** die ausgewählten Abtastvorgänge über die Pixelanordnung oder die Anzeige **46** vorgenommen. Wenn keine Linse stark dezentriert ist, werden die meisten dieser Abtastvorgänge einen beleuchteten Abschnitt dieser Anzeige kreuzen. Wenn ein Abtastvorgang einen beleuchteten Abschnitt der Anzeige kreuzt, so werden die Adressen des ersten und des letzten Pixels des Liniensegmentes, welches diesen beleuchteten Abschnitt kreuzt, sowie die Länge dieses Liniensegmentes, auf welches als Lauflänge Bezug genommen wird, in einer Datei f_1 aufgezeichnet. Unterprogramme zum Ermitteln des ersten und des letzten Pixels in einer Lauflänge, um die Adressen jeder Pixel zu erhalten, und zum Bestimmen der Länge jeder Lauflänge, sind den Fachleuten wohlbekannt, wobei beliebige solcher geeigneter Routinen bei dem Dezentrierungstest eingesetzt werden können.

[0118] Daraufhin wird bei Schritt **212** die Länge von jeder dieser Lauflängen mit einem vorbestimmten Wert verglichen, wobei die Daten – das heißt, die Adressen des ersten und des letzten Pixels in der Lauflänge sowie die Länge der Lauflänge – welche mit jeder Lauflänge in Verbindung stehen und geringer sind als der vorbestimmte Wert, ausgesondert. Diese Aussonderung wird vorgenommen, um Daten zu eliminieren oder wenigstens ihre Menge zu vermindern, welche durch das Rauschen auf der Pixelanordnung **46** verursacht wird – das heißt, durch unerwünschtes Licht, welches auf die Pixelanordnung fällt. Um dies näher auszuführen, wird ein Rauschen, das aufgrund von Hintergrundlicht oder aufgrund von Licht vorliegt, welches von dem erwünschten Lichtweg durch Staub oder andere Teilchen abgelenkt wird, beleuchtete Flächen auf der Pixelanordnung er-

zeugen. In der großen Mehrheit der Fälle wird jede dieser beleuchteten Flächen nur ein oder nur eine geringe Gruppe benachbarter Pixel aufweisen. Wenn einer der oben genannten Abtastvorgänge, die während Schritt **210** durchgeführt werden, eine solche beleuchtete Fläche kreuzen, so zeichnet der Prozessor die Adressen des ersten und des letzten Pixels sowie die Länge der Lauflänge über diese beleuchtete Fläche auf. Diese beleuchtete Fläche und die dazugehörigen Daten stehen jedoch nicht mit dem Kreisring **162** oder mit seinen Rändern in Beziehung, und somit wird Schritt **212** zur Verfügung gestellt, um diese Daten zu eliminieren.

[0119] Der nächste Schritt **214** bei dem Dezentrierungstest dient dem Identifizieren, daß jede der verbleibenden Pixeladressen auf dem äußeren Rand oder dem inneren Rand des Kreisringes liegen, wobei irgendein geeignetes Unterprogramm hierzu eingesetzt werden kann. Beispielsweise können die Adressen des ersten und des letzten Pixels jeder Lauflänge miteinander verglichen werden; und die Pixel, die näher am Zentrum der gesamten Pixelanordnung **46** liegen, können als auf dem inneren Rand des Kreisringes **162** liegend betrachtet werden, während die Pixel, die weiter entfernt von dem Zentrum der Pixelanordnung liegen, als auf dem äußeren Rand des Kreisringes liegend betrachtet werden können. Alternativ können die Abtastvorgänge in zwei Gruppen unterteilt werden, so daß für jeden Abtastvorgang in der ersten Gruppe, falls eine beleuchtete Lauflänge während des Abtastvorganges gefunden wird, die ersten und die letzten Pixel in der Lauflänge jeweils auf der äußeren und der inneren Kante des Kreisringes liegen; und für jeden Abtastvorgang in der zweiten Gruppe, falls eine beleuchtete Lauflänge während des Abtastvorganges gefunden wird, befinden sich das erste und das letzte Pixel in der Lauflänge jeweils auf dem inneren und dem äußeren Rand des Kreisringes.

[0120] Nachdem bestimmt wurde, daß jedes Pixel auf dem inneren oder dem äußeren Rand des Kreisringes **162** liegt, wird bei Schritt **216** die Anzahl der auf jedem Rand gefundenen Pixel gezählt. Wenn irgendeine dieser Zahlen geringer ist als 3, so wird bei Schritt **220** die Linse auf der Basis verworfen, daß die Linse stark dezentriert ist. Wenn jedoch wenigstens drei Pixel auf jedem Rand gefunden wurden, so wird bei Schritt **222** ein Unterprogramm aufgerufen, um zunächst einen ersten Kreis an die Pixel die auf dem äußeren Rand des Kreisringes gefunden wurden, anzupassen, zweitens einen zweiten Kreis an die Pixel, die auf dem inneren Rand des Kreisringes gefunden wurden, anzupassen und drittens die Mittelpunkte und die Radien dieser beiden Kreise zu bestimmen. Zahlreiche Unterprogramme sind wohlbekannt, um einen Kreis an drei oder mehr Punkte anzupassen und um den Mittelpunkt und den Radius dieses Kreises zu berechnen, wobei jedes dieser Unterprogram-

me bei dem Dezentrierungstest in Schritt **222** angewandt werden kann.

[0121] Nachdem die Mittelpunkte dieser beiden angepaßte Kreise berechnet wurden, wird der Abstand d zwischen diesen beiden Mittelpunkten bei Schritt **224** bestimmt. Dieser Abstand wird dann bei Schritt **226** mit einem ersten Wert d_1 verglichen; und wenn der Abstand größer ist als d_1 , so wird die Linse bei Schritt **220** als stark dezentriert verworfen. Wenn der Abstand d geringer ist als d_1 , so wird bei Schritt **232** dieser Abstand d mit d_2 verglichen, bei welchem es sich um den maximal annehmbaren Abstand zwischen den Kreisen des inneren und des äußeren Randes des Kreisringes **150** handelt. Wenn der Abstand d zwischen den Mittelpunkten der angepaßten Kreise größer ist als d_2 , so wird die Linse bei Schritt **234** als dezentriert verworfen; wenn jedoch der Abstand d gleich oder geringer ist als d_2 , so besteht die Linse den Dezentrierungstest, wie bei Schritt **236** angedeutet.

[0122] Wenn eine Linse den Dezentrierungstest besteht, so setzt der Prozessor **64** einen Prozeß oder eine Routine R_2 in Gang, auf welche als Randdetektor Bezug genommen wird, um einen Satz von Beleuchtungswerten zu erzeugen, welche umgekehrt verwendet werden können, um die Pixel auf den Rändern des Kreisringes zu identifizieren. Typischerweise sind diese Ränder keine perfekten Kreise und somit von den angepaßten Kreisen, die während des Dezentrierungstestes gefunden wurden, verschieden. Dieser neue Satz Beleuchtungswerte wird durch eine Serie morphologischer Operationen oder Änderungen bezüglich der ursprünglichen Intensitätswerte erhalten, die jedem Pixel der Anordnung **46** zugeordnet sind, oder damit in Verbindung stehen. Diese morphologischen Änderungen sind in den **Fig. 17a** bis **17i** bildlich dargestellt und in Form eines Flußdiagrammes in **Fig. 18** gezeigt. Spezieller zeigt **Fig. 17a** ein Bild eines Kreisringes **150** auf der Pixelanordnung **46**; und **Fig. 17b** zeigt eine vergrößerte Ansicht eines Abschnittes dieses Kreisringes und zeigt ebenso ein kurzes Liniensegment **240** oder einen Abtastvorgang über diesen Kreisringabschnitt und die benachbarten Flächen der Pixelanordnung. **Fig. 17c** veranschaulicht die Intensitätswerte I_1 der Pixel in diesem Abtastvorgang **240**; und wie darin dargestellt, haben die Pixel in den dunklen Flächen von **Fig. 17b** einen geringeren oder einen I_1 -Wert von 0, wobei die Pixel in den hellen Flächen von **Fig. 17b** einen höheren I_1 -Wert haben, wie zum Beispiel T_{\max} .

[0123] Mit Bezug auf **Fig. 18** und die **Fig. 17c** und **17d**, wird in den ersten Schritt **242** des Randdetektorprozesses ein neuer Wert I_2 für jedes Pixel berechnet; und insbesondere wird der I_2 -Wert für jedes Pixel gleich dem Durchschnitt der I_1 -Werte dieses Pixel und seiner acht unmittelbar benachbarten Pixel gesetzt. Der Unterschied zwischen den I_1 - und den

I_2 -Werten für die Pixel in der Anordnung **46** besteht darin, daß sich die letzteren Werte eher graduell zwischen den Pixeln mit den geringsten I_2 -Werten (welche allgemein jene Pixel in den dunklen Flächen der Pixelanordnung sind) und den Pixeln mit den höchsten I_2 -Werten (welche allgemein jene Pixel in den hellen Flächen der Anordnung **46** sind) ändern. Dieser Unterschied kann am besten durch den Vergleich der **Fig. 17c** und **17d** verstanden werden.

[0124] Dann wird bei Schritt **244** ein weiterer Wert I_3 für jedes Pixel bestimmt; und speziell wird der I_3 -Wert für jedes Pixel gleich dem minimalen I_2 -Wert des Pixels und seiner acht unmittelbar benachbarten Pixel gesetzt. Mit Bezug auf die **Fig. 17d** und **17e** können sich die I_3 -Werte über den Abtastvorgang **240** in einer sehr ähnlichen Weise ändern, in der sich die I_2 -Werte über den Pixel-Abtastvorgang ändern. Der prinzipielle Unterschied zwischen der Art, in der sich die I_2 - und I_3 -Werte der Pixel über die Pixelanordnung ändern, ist der, daß das Band der Pixel mit den höchsten I_3 -Werten ein wenig schmaler ist als das Band der Pixel mit den höchsten I_2 -Werten.

[0125] Der nächste Schritt **246** bei dem Randdetektorprozeß besteht darin, noch einen weiteren Wert I_4 für jedes Pixel gemäß der Gleichung $I_4 = I_2 - I_3$ zu bestimmen. Mit speziellem Bezug auf **Fig. 17f** haben die meisten Pixel in dem Abtastvorgang **240** I_4 -Werte von Null; jedoch haben die Pixel auf und in radialer Richtung unmittelbar innerhalb der beiden Ränder des Kreisringes **162** positive I_4 -Werte. Als nächstes wird bei Schritt **250** ein I_5 -Wert für jedes Pixel bestimmt; und spezieller wird der I_5 -Wert von jedem Pixel gleich dem maximalen I_2 -Wert des Pixels und seiner acht unmittelbar benachbarten Pixel gesetzt. Für die meisten Pixel der Pixelanordnung **46** ist der I_5 -Wert des Pixels derselbe wie der I_2 -Wert des Pixels. Jedoch sind für die Pixel innerhalb eines gegebenen Abstandes von den Rändern des Kreisringes **150** die I_5 -Werte der Pixel größer als die I_2 -Werte der Pixel, wobei das Band der Pixel mit den höchsten I_5 -Werten geringfügig breiter ist als das Band der Pixel mit den höchsten I_2 -Werten.

[0126] Der nächste Schritt **252** in dem Randdetektorprozeß besteht darin, noch einen weiteren Wert I_6 für jedes Pixel gemäß der Gleichung $I_6 = I_5 - I_2$ zu bestimmen. Mit speziellem Bezug auf die **Fig. 17h** werden die meisten der Pixel auf der Pixelanordnung einen I_6 -Wert von Null haben; jedoch haben die Pixel auf und in radialer Richtung unmittelbar außerhalb der beiden Ränder des Kreisringes **150** positive I_6 -Werte. Als nächstes wird bei Schritt **254** ein I_7 -Wert jedem Pixel zugeordnet; und spezieller wird der I_7 -Wert jedes Pixels gleich dem kleineren der I_4 - und I_6 -Werte des Pixels gesetzt. Mit Bezug auf die **Fig. 17i** werden die meisten der Pixel auf der Pixelanordnung einen I_7 -Wert von Null haben; jedoch haben die Pixel, die direkt auf und unmittelbar benach-

bart zu den beiden Rändern des Kreisringes **150** liegen, positive I_7 -Werte. Auf diese Weise identifizieren die I_7 -Werte der Pixel, daß die Pixel auf den Rändern des Kreisringes liegen.

[0127] Ein Schwellen-Unterprogramm kann daraufhin bei Schritt **256** aufgerufen werden, um die Unterscheidung zwischen den Pixeln auf den Rändern des Kreisringes **150** und den anderen Pixeln auf der Anzeige **46** zu verdeutlichen. Insbesondere kann jedem Pixel noch ein weiterer Wert I_8 zugeordnet werden, welcher gleich dem maximalen Beleuchtungs-Intensitätswert T_{\max} oder dem minimalen Beleuchtungs-Intensitätswert T_{\min} ist, davon abhängig, ob der I_7 -Wert des Pixels jeweils oberhalb oder unterhalb eines gegebenen Schwellenwertes liegt, wie zum Beispiel T_1 . Somit kann zum Beispiel jeder Pixel mit einem I_7 -Wert, welcher größer ist als 32 mit einem I_8 -Wert gleich 255 versehen werden, wobei jeder Pixel mit einem I_7 -Wert von 32 oder weniger mit einem I_8 -Wert von Null versehen werden kann.

[0128] In Fig. 17j ist jedes Pixel der Anordnung **46** mit einer Intensität beleuchtet, die gleich seinem I_8 -Wert ist.

[0129] Während der Berechnung und der Verarbeitung der I_1 - I_8 -Werte wird bevorzugt jeder Satz von Pixelwerten in einem entsprechenden Speicherregister in dem Vorprozessor **62** gespeichert – das heißt, daß beispielsweise die I_0 -Werte alle in einem ersten Register gespeichert werden, die I_1 -Werte alle in einem zweiten Register gespeichert werden und die I_2 -Werte alle in einem dritten Register gespeichert werden. Es ist allerdings nicht erforderlich, alle I_1 - I_8 -Werte während der gesamten Verarbeitungsperiode für jede Linse zu speichern; und beispielsweise können während jeder Verarbeitungsperiode die I_3 -Werte verworfen werden, nachdem die I_4 -Werte berechnet wurden, und die I_5 -Werte können verworfen werden, nachdem die I_6 -Werte bestimmt wurden.

[0130] Zusätzlich ist es nicht erforderlich, I_2 - I_8 -Werte für alle Pixel in der Anordnung **46** zu berechnen. Bei einer ophthalmischen Linse eines gegebenen Typs wird der Kreisring der Linse in einem vergleichsweise wohldefinierten Bereich oder einer Fläche der Pixelanordnung **46** erscheinen, und es ist nur erforderlich, die I_2 - I_8 -Werte für die Pixel in diesem Bereich oder der Fläche zu bestimmen. Jedoch kann es aus praktischen Gründen häufig einfacher sein, die I_2 - I_8 -Werte für alle Pixel in der Anordnung **46** zu berechnen, statt weitere Verarbeitungsschritte hinzuzufügen, um jene Pixel zu identifizieren, die sich auf der gegebenen, interessierenden Fläche befinden.

[0131] Nachdem die Randdetektorroutine beendet ist, ruft das Linseninspektionssystem eine Maskierungsroutine auf, um einen Satz Pixelbeleuchtungswerte zu erzeugen, welcher frei ist von dem Effekt,

der durch den Rand der Linseninspektionsschale erzeugt wird, welche zum Halten der Linse verwendet wird. Genauer gesagt wird, wenn eine ophthalmische Linse durch einen Lichtblitz aus einer Blitzlichtlampe **30** beleuchtet wird, auch Licht durch die Schale transmittiert, welche die Linse hält. Der Rand der Schale kann einen Teil dieses Lichtes ausreichend brechen, so daß das Licht über die Blende **40** und auf die Pixelanordnung **46** hinaus transmittiert wird, wobei darauf ein Bild oder ein Teilbild des Randes der Schale erzeugt wird, wie bei **260** in Fig. 19a gezeigt. Dieses Bild steht mit der Linse selbst nicht in Beziehung, und somit sind alle Daten, die mit dem Schalenrandbild in Verbindung stehen, für die Verarbeitung der mit dem Linsenbild selbst in Verbindung stehenden Daten unnötig und unerwünscht; es wird eine Maskierungsroutine aufgerufen, um das Schalenrandbild von der Pixelanordnung **46** zu eliminieren oder genauer, um einen Satz von Pixelbeleuchtungswerten zu erzeugen, der frei ist von Pixeldaten, die mit dem oben erwähnten Schalenrandbild **260** in Verbindung stehen.

[0132] Fig. 20 ist ein Flußdiagramm, welches eine bevorzugte Maskierungsroutine R_3 veranschaulicht. Der erste Schritt **262** in dieser Routine besteht darin zu bestimmen, ob bei den Schritten **260** oder **226** des Dezentrierungstestes wenigstens drei Pixel auf dem äußeren Rand des Kreisringes **162** gefunden wurden oder ob gefunden wurde, daß die ophthalmische Linse stark dezentriert ist. Wenn bei einem dieser beiden Schritte des Dezentrierungstestes gefunden wurde, daß die Linse stark dezentriert ist, so wird die Maskierungsroutine R_3 selbst bei Schritt **262** beendet.

[0133] Wenn die Routine R_3 nicht bei Schritt **262** endet, so geht die Routine zum Schritt **264** über, bei dem die Koordinaten des Mittelpunktes des Kreises erhalten werden sollen, welcher an den äußeren Rand **150a** des Kreisringes **150** während des Dezentrierungstestes angepaßt wurde. Diese Koordinaten wurden bestimmt und daraufhin im Speicher, entweder im Speicher des Prozessors **64** oder auf der Speicherplatte **70**, während des Dezentrierungstestes gespeichert, und somit können diese Koordinaten dadurch erhalten werden, daß sie einfach aus dem Speicher wiedergewonnen werden. Sobald diese Mittelpunktskoordinaten erhalten wurden, wird ein Maskierungsunterprogramm bei Schritt **266** aufgerufen. Nun, mit Bezug auf Fig. 19b, überlagert dieses Unterprogramm in der Tat die Pixelanordnung **46** mit einer kreisförmigen Maske **270**, die bezüglich der obengenannten Mittelpunktskoordinaten zentriert ist, wobei diese einen Durchmesser aufweist, der geringfügig größer ist als der Durchmesser des an den äußeren Rand des Kreisringes **150** angepaßten Kreises. Das Maskierungsunterprogramm weist dann jedem Pixel ein I_9 -Wert abhängig davon, ob sich das Pixel innerhalb oder außerhalb der Maske befindet. Insbesondere weist das Maskierungsunterprogramm be-

züglich eines jeden Pixels außerhalb der Maske dem Pixel einen I_g -Wert von Null zu; und bezüglich jedes Pixels innerhalb der Maske weist das Maskierungsunterprogramm dem Pixel einen I_g -Wert zu, der gleich dem I_g -Wert des Pixels ist.

[0134] Genauer werden bei Schritt **266** die Koordinaten (x_0, y_0) des oben erwähnten Mittelpunktes sowie ein Radiuswert r_1 , der geringfügig größer gewählt wird als der Radius des an den äußeren Rand des Kreisringes **150** angepaßten Kreises, auf das Maskierungsunterprogramm übertragen. Daraufhin bildet dieses Unterprogramm eine Datei f_2 aus Adressen aller Pixel in der Anordnung **46**, die sich innerhalb des Abstandes r_1 dieses Mittelpunktes (x_0, y_0) befinden. Daraufhin wird bei Schritt **272** die Adresse von jedem Pixel in der Anordnung **46** geprüft, um zu bestimmen, ob sie sich in dieser Datei befindet. Wenn sich die Pixeladresse in dieser Datei befindet, so wird bei Schritt **274** der I_g -Wert des Pixels gleich dem I_g -Wert des Pixels gesetzt; wenn sich die Pixeladresse jedoch nicht in dieser Datei befindet, so wird bei Schritt **276** der I_g -Wert des Pixels auf Null gesetzt.

[0135] Zahlreiche spezifische Maskierungsunterprogramme sind in der Technik wohlbekannt und können bei Schritt **266** der Routine R_3 eingesetzt werden.

[0136] Die **Fig. 19c** zeigt die Pixel der Anordnung **46**, die mit einer Intensität beleuchtet sind, welche gleich ihren entsprechenden I_g -Werten ist.

[0137] Nachdem der in **Fig. 20** gezeigte Maskierungsvorgang abgeschlossen ist, beginnt der Prozessor **64** einen weiteren Vorgang, auf den als Gummibandalgorithmus Bezug genommen wird. Dieser Algorithmus beinhaltet allgemein die Analyse und die Verarbeitung von Datenwerten für oder bezogen auf die Pixel in und unmittelbar benachbart dem Kreisringrand **150a**, wobei die **Fig. 21a** und **21b** ein Flußdiagramm zeigen, welches allgemein den Gummibandalgorithmus veranschaulicht. Mit Bezug auf diese Figuren dient der erste Schritt **280** bei diesem Algorithmus dem Erhalten der Mittelpunktskoordinaten und des Radius' des an den äußeren Rand **150a** der Linse in dem Dezentrierungstest angepaßten Kreises. Wie oben diskutiert, wurden diese Werte bestimmt und daraufhin im Speicher während des Dezentrierungstestes gespeichert, wobei diese Werte durch Wiedergewinnen aus diesem Speicher erhalten werden können.

[0138] Der nächste Schritt **282** bei dem Gummibandalgorithmus soll ein Pixel auf dem Außenrand **150a** des Kreisringes **150** orten, indem, ausgehend vom linken Rand der Pixelanordnung **46**, nach innen gesucht wird, bis ein beleuchtetes Pixel gefunden wird. Es ist möglich, daß das erste während einer gegebenen Suche gefundene beleuchtete Pixel nicht auf dem Rand des Bildes der Linse liegt, sondern ir-

gendwo anders und aufgrund von Hintergrundrauschen beleuchtet ist. Somit werden vorzugsweise eine Vielzahl von Abtastvorgängen oder Suchen bei Schritt **282** ausgeführt, um eine Vielzahl beleuchteter Pixel zu finden, wobei die Orte dieser Pixel dann analysiert oder miteinander verglichen werden, um sicherzustellen, daß ein Pixel auf dem Rand des Linsenbildes gefunden wurde.

[0139] Sobald ein erstes Pixel auf dem Rand des Linsenbildes gefunden wurde, geht der Gummibandalgorithmus auf Schritt **284** über; und bei diesem Schritt beginnt dieser Algorithmus in der Tat bei diesem ersten Pixel und verfolgt den gesamten Weg um den Rand des Linsenbildes, um eventuell zu diesem ersten Pixel zurückzukehren. Während dieses ersten Verfolgens zeichnet der Algorithmus in der Datei f_3 die Adressen der meisten oder aller der Pixel auf dem Außenrand des Linsenbildes auf; und der Algorithmus identifiziert ebenso größere Lücken im Linsenrand, die Längen jener Lücken und größere Extrastücke auf dem Linsenrand. Bei Schritt **286** zeichnet der Algorithmus in der Datei f_4 die Adressen der Pixel auf, welche die Endpunkte der ausgewählten Linien sind, was weiter unten genauer diskutiert wird, welche in der Tat über irgendwelche größeren Lücken im Linsenrand und über und auf jeder Seite von jedem größeren Extrastück auf dem Rand gezeichnet werden.

[0140] Nachdem dieser) erste Durchgang oder Verfolgung um das Linsenbild beendet ist, bestimmt der Gummibandalgorithmus bei Schritt **290**, ob irgendeine Lücke, welche gefunden worden sein könnte, groß genug ist, um zu bewirken, daß die Linse zu verwerfen ist. Wenn eine solche Lücke gefunden wurde, wird die Linse verworfen, wobei bei Schritt **292** der Drucker **76** die Nachricht ausdrückt, daß die Linse einen schlechten Rand aufweist.

[0141] Wenn die Linse diesen Lückentest bei Schritt **290** besteht, geht der Gummibandalgorithmus dazu über, den zweiten Durchgang oder die zweite Verfolgung um den Rand des Linsenbildes durchzuführen. Bei diesem zweiten Durchgang, wie bei **294** in **Fig. 21b** angezeigt, identifiziert der Algorithmus schwächere Merkmale, wie zum Beispiel kleinere Lücken und kleinere Extrastücke, die sich entweder radial nach innen oder nach außen entlang dem Außenrand der Linse erstrecken, wobei der Algorithmus ein jedes solches nachgewiesenes Merkmal testet, um zu bestimmen, ob die Linse deswegen verworfen werden sollte. Allgemein wird dies vorgenommen, indem wenigstens für alle ausgewählten Pixel auf dem Außenrand der Linse das Skalarprodukt zweier Vektoren durch dieses Pixel berechnet wird, auf welche als Radialvektor und Randvektor Bezug genommen wird. Der Radialvektor durch ein Pixel ist der Vektor, der sich ebenso durch den Mittelpunkt des Kreises erstreckt, welcher dem Außenrand **150a** des Kreisringes **150** angepaßt wurde. Der Randvektor durch

ein Pixel ist der Vektor, der sich durch das Pixel und ein zweites Pixel auf dem Außenrand des Kreisringes erstreckt, um eine gegebene Anzahl von Pixeln in Rückwärtsrichtung oder gegen den Uhrzeigersinn bezüglich des ersteren Pixels entlang dem Außenrand **150a** des Kreisrings **150**.

[0142] Für jedes Pixel auf einem regulären, kreisförmigen Abschnitt des Linsenrandes, welcher keinen Fehler aufweist – weder eine Lücke noch ein Extrastück – wird das Skalarprodukt der beiden oben identifizierten Vektoren im wesentlichen Null betragen, da der Radial- und der Randvektor durch dieses Pixel im wesentlichen senkrecht zueinander stehen. Jedoch wird für die meisten oder alle Pixel auf dem Rand einer Lücke oder eines Extrastückes auf dem Linsenrand das Skalarprodukt des Rand- und des Radialvektors durch dieses Pixel nicht gleich Null sein, da diese beiden Vektoren nicht senkrecht zueinander stehen. Wenn irgendein berechnetes Produkt größer ist als ein vorgegebener Wert, so wird die Linse als nicht geeignet für die Verwendung durch den Kunden betrachtet und kann verworfen werden.

[0143] Wenn die Linse die während des zweiten Durchgangs um den Linsenrand angewandten Tests besteht, so führt der Gummibandalgorithmus einen dritten Durchgang um den Rand des Linsenbildes aus, wie durch Schritt **296** in **Fig. 21B** dargestellt. Dieser dritte Durchgang beinhaltet keinen Test zur Bestimmung, ob die Linse verworfen werden sollte, sondern umfaßt stattdessen die Verarbeitung oder die Vorbereitung von Daten für nachfolgende Tests. Insbesondere wird dieser dritte Durchgang durchgeführt, um einen Satz von Datenwerten zu erzeugen, welcher frei von Daten ist, die mit irgendwelchen Defekten in der Linse in Verbindung stehen, die sich unmittelbar innerhalb des äußeren Randes **150a** des Kreisrings **150** befinden. Dieser Satz von Datenwerten wird nachfolgend von einem Satz von Datenwerten subtrahiert, welche mit jenen Defekten in Verbindung stehende Daten aufweisen, um dadurch einen Satz von Datenwerten zu erzeugen, die nur die mit jenen Fehlern in Verbindung stehenden Daten aufweisen.

[0144] Allgemein bestimmt bei diesem dritten Durchgang um den Linsenrand der Gummibandalgorithmus die durchschnittliche radiale Dicke des Außenrandes **150a** des Kreisrings **150**; und daraufhin setzt der Algorithmus die I_9 -Werte aller derjenigen Pixel auf Null, die sich unmittelbar innerhalb dieses äußeren Randes des Kreisrings befinden. Wenn beispielsweise der äußere Rand des Kreisrings eine durchschnittliche Dicke von sechs Pixeln hat, so kann der Gummibandalgorithmus die I_9 -Werte aller Pixel auf Null setzen, die sich zwischen 7 und 27 Pixeln in radialer Richtung innerhalb des äußeren Randes des Kreisrings befinden.

[0145] Die **Fig. 22 – 32** veranschaulichen den Gummibandalgorithmus mit größerer Genauigkeit. Spezieller veranschaulicht die **Fig. 22** ein geeignetes Unterprogramm S_1 zum Orten eines ersten Pixels $P(x, y)$ auf dem äußeren Rand **150a** des Kreisrings **150**. Beim Schritt **300** wird (x_0, y_0) auf die Koordinaten des Mittelpunktes des Kreises gesetzt, welcher an den äußeren Rand des Kreisrings während des Dezentrierungstestes angepaßt wurde; und bei Schritt **302** wird r_0 gleich dem Radius des äußeren angepaßten Kreises gesetzt. Dann werden, wie von Schritt **304** repräsentiert, eine Vielzahl horizontaler Abtastvorgänge über die Pixelanordnung **46** ausgeführt, wobei bei oder ungefähr bei dem Mittelpunkt des linken Randes der Anordnung begonnen wird. Genauer studiert der Prozessor **64** die Datenwerte I_9 bei Adressen im Vorprozessorspeicher, welche Adressen von Pixeln entsprechen, die sich in ausgewählten horizontalen Liniensegmenten auf der Pixelanordnung befinden. Während jedem dieser Abtastvorgänge prüft der Prozessor **64** den I_9 -Wert von jedem Pixel in einer gegebenen horizontalen Reihe von Pixeln und identifiziert das erste Pixel in dieser Reihe, welches einen I_9 -Wert oberhalb eines gegebenen Wertes aufweist; und vorzugsweise wird eine Vielzahl solcher Abtastvorgänge ausgeführt, was zu einer Vielzahl identifizierter Pixel führt.

[0146] Typischerweise werden alle diese identifizierten Pixel auf dem äußeren Rand **150a** des Kreisrings **150** liegen. Es ist jedoch möglich, daß ein Pixel irgendwo auf der Anordnung und auf der linken Seite des Randes einen hohen I_9 -Wert aufgrund von Hintergrundrauschen oder Streulicht aufweist, welches auf das Pixel während des Linseninspektionsvorganges fällt, wobei ein solches Pixel als beleuchtetes Pixel bei den oben erwähnten Abtastvorgängen identifiziert werden könnte. Um zu verhindern, daß ein solches Pixel als ein Randpixel identifiziert wird, identifiziert das Unterprogramm S_1 bei Schritt **306** die Adressen irgendwelcher solcher Pixel und verwirft sie. Spezieller bestimmt das Unterprogramm zuerst den Abstand zwischen allen bei den Abtastvorgängen identifizierten Pixeln und den Mittelpunkt (x_0, y_0) des an den äußeren Rand des Linsenbildes während des Dezentrierungstestes angepaßten Kreises; und vergleicht zweitens jeden bestimmten Abstand mit r_0 , welcher gleich dem Radius des angepaßten äußeren Kreises gesetzt wurde. Wenn der Abstand zwischen einem speziellen Pixel und dem Mittelpunkt des angepaßten Kreises r_0 um mehr als um einen vorgegebenen Abstand d_3 überschreitet, so wird dieses Pixel als nicht auf dem oder dem Rand des Kreisrings **150** unmittelbar benachbart betrachtet, wobei die Adresse des Pixels verworfen wird. Nachdem die Adressen aller Pixel, die während des Abtastvorganges gefunden wurden, geprüft wurden, um zu bestimmen, ob sie sich auf dem oder unmittelbar dem Linsenrand benachbart befinden – und diejenigen, die dies nicht erfüllen, verworfen wurden – so können daraufhin,

wie bei Schritt **310** gezeigt, irgendwelche Pixeladressen als Pixel $P(x, y)$ ausgewählt werden, wobei daraufhin der erste Durchgang um den Rand des Linsenbildes begonnen wird. **Fig. 23** veranschaulicht genauer, wie dieser erste Durchgang durchgeführt wird, und zeigt insbesondere die Routine R_4 , um diesen Durchgang auszuführen. Mit dem Pixel $P(x, y)$ bei Schritt **312** beginnend, sucht der Algorithmus in Vorwärtsrichtung oder im Uhrzeigersinn entlang dem äußeren Rand des Kreisringes **150** nach entweder einer großen Lücke in diesem Rand oder nach einem großen Extrastück auf diesem Rand, wie durch die Schritte **314** und **320** repräsentiert. Irgendein geeignetes Unterprogramm oder Verfahren kann verwendet werden, um entlang der Kante zu suchen. Zum Beispiel kann, beginnend mit Pixel $P(x, y)$, der Prozessor von jedem auf dem Rand gegebenen Pixel die drei oder die fünf nächsten Pixel in der Reihe oberhalb und unterhalb des gegebenen Pixels oder in der Spalte auf der rechten oder auf der linken Seite des gegebenen Pixels prüfen, abhängig von dem Quadranten oder dem Sektor der Anzeige **46**, in welcher das gegebene Pixel angeordnet ist, um das nächste Pixel auf dem Linsenrand zu identifizieren. Von diesem nächsten Pixel kann der Prozessor diesen selben Vorgang verwenden, um wiederum das nächste Pixel auf dem Linsenrand zu identifizieren.

[0147] Auch kann der Prozessor für jedes Pixel, welches auf dem Linsenrand gefunden wurde, den Abstand r zwischen diesem Pixel und dem Mittelpunkt (x_0, y_0) des an den äußeren Rand der Linse angepaßten Kreises bestimmen. Der Prozessor kann schließen, daß eine große Lücke gefunden wurde, wenn für jedes einer gegebenen Anzahl aufeinanderfolgender Pixel auf dem Linsenrand, r um mehr als einen gegebenen Betrag d_g kleiner ist als r_0 (das heißt, $r_0 - r < d_g$). Umgekehrt kann der Prozessor schließen, daß ein großes Extrastück gefunden wurde, wenn für jedes einer gegebenen Anzahl von aufeinanderfolgenden Pixeln auf dem Linsenrand r um mehr als einen gegebenen wert d_{ep} größer ist als r_0 (das heißt $r - r_0 > d_{ep}$).

[0148] Wenn eine Lücke oder ein Extrastück gefunden wurde, so werden die Unterprogramme S_2 oder S_3 jeweils bei den Schritten **316** und **322** aufgerufen, welche beide unten genauer diskutiert werden. Wenn weder eine Lücke noch ein Extrastück gefunden wurde, so geht die Routine R_4 zu Schritt **324** über.

[0149] Bei Schritt **324** testet die Routine R_4 , ob der erste Durchgang um den Rand des Kreisringes **150** vollständig ist, wobei irgendein geeigneter, spezifischer Vorgang oder ein Unterprogramm verwendet werden kann, um dies zu bewerkstelligen. Beispielsweise wird, wie oben erwähnt, wenn die Verfolgung um das Bild des Linsenrandes ausgeführt wird, eine Datei f_3 aus Adressen der Pixel erstellt, die auf diesem Rand gefunden wurden. Bei Schritt **324** kann

diese Datei geprüft werden, um zu bestimmen, ob die Adresse des jeweiligen betrachteten Randpixels sich bereits in der Datei befindet. Wenn sich die Pixeladresse bereits in der Datei befindet, so wird der erste Durchgang um das Bild des Linsenrandes als vollständig betrachtet, während der Durchgang als nicht vollständig betrachtet wird, wenn sich diese jeweilige Pixeladresse noch nicht in der Datei f_3 befindet. Wenn der erste Durchgang beendet ist, so geht der Gummibandalgorithmus auf die Routine R_5 über; wenn jedoch der erste Durchgang um die Linse nicht vollständig ist, so geht der Algorithmus zu Schritt **326** über, wobei die Adresse dieses derzeitig betrachteten Randpixels der Datei f_3 zugefügt wird. Dann wird bei Schritt **330** das nächste Pixel auf dem Linsenrand gefunden und $P(x, y)$ wird gleich der Adresse dieses nächsten Pixels gesetzt, wobei die Routine R_4 daraufhin zu Schritt **312** zurückkehrt.

[0150] **Fig. 24** ist ein Flußdiagramm, welches das Unterprogramm S_2 skizziert, das jedesmal aufgerufen wird, wenn eine Lücke auf dem äußeren Rand des Kreisringes **150** gefunden wird. Der erste Schritt **332** in diesem Unterprogramm dient dem Identifizieren und dem Aufzeichnen der Adresse der Pixel am Anfang und am Ende der Lücke und des Abstandes zwischen diesen beiden Endpixel in einer Datei f_4 . Diese beiden Pixel sind bei P_1 bzw. P_2 in **Fig. 25A** gezeigt. Sobald eine Lücke gefunden wurde – das heißt, für jedes einer gegebenen Anzahl aufeinanderfolgender Pixel auf dem Linsenrand ist r um mehr als d_g kleiner als r_0 – so kann das letzte Pixel auf dem Linsenrand vor der gegebenen Anzahl aufeinanderfolgender Pixel als das Pixel am Anfang der Lücke betrachtet werden. Ebenso kann, sobald eine Lücke gefunden wurde, das Ende der Lücke gefunden werden, indem über die Lücke gesucht wird, entlang der Pixel auf dem an den äußeren Rand der Linse bei dem Dezentrierungstest angepaßten Kreis, wobei um eine gegebene Anzahl von Pixeln radial innerhalb und außerhalb von dem Abschnitt des angepaßten Kreises gesucht wird, bis der Linsenrand gefunden wird – das heißt, bis beleuchtete Pixel – oder genauer – Pixel mit großen I_g -Werten gefunden werden. Nachdem der Linsenrand gefunden wurde, kann die Lücke als beendet betrachtet werden, sobald eine Serie aufeinanderfolgender Pixel gefunden wurde, die sich alle innerhalb eines gewissen Abstandes von dem angepaßten Kreis befinden; und insbesondere, wenn für jedes Pixel in dieser Serie $r_0 - r$ geringer ist als d_g . Das letzte Pixel auf dem Linsenrand vor der Serie aufeinanderfolgender Pixel kann als das Pixel am Ende der Lücke betrachtet werden.

[0151] Bei Schritt **340** des Unterprogrammes S_2 werden die I_g -Werte der Pixel auf der Linie zwischen den Pixeln P_1 und P_2 – das Liniensegment L_1 in **Fig. 25b** – auf den maximalen Beleuchtungsintensitätswert gesetzt, und daraufhin kehrt das Unterprogramm zurück zur Routine R_4 .

[0152] Fig. 26 zeigt ein Flußdiagramm, welches das Unterprogramm S_3 veranschaulicht, welches bei Schritt **322** der Routine R_4 aufgerufen wird, wenn ein Extrastück **350** auf dem Rand des Kreisringes **150** gefunden wurde. Die ersten, wenigen Schritte in Routine R_3 werden in der Tat durchgeführt, um verschiedene Brückenlinien zu zeichnen, die sich auf das Extrastück beziehen. Insbesondere identifiziert bei Schritt **352** das Unterprogramm die Pixel P_3 und P_4 , gezeigt in Fig. 25b, auf dem Rand des Kreisringes **150** am Anfang und am Ende des Extrastückes **350**; und daraufhin wird beim Schritt **354** der I_9 -Wert von jedem Pixel auf einem Liniensegment L_2 , gezeigt in Fig. 25c, zwischen den Pixeln P_3 und P_4 auf T_{\max} gesetzt. Als nächstes identifiziert bei Schritt **356** das Unterprogramm die Adresse von einem Pixel P_5 , welches sich auf dem Rand des Kreisringes **150** um eine gegebene Anzahl von Pixeln in Rückwärtsrichtung – oder entgegen dem Uhrzeigersinn – vom Beginn des Extrastückes **350** entfernt befindet; und bei Schritt **360** wird das Pixel P_6 auf dem Rand des Extrastückes, welches bei einem gegebenen Abstand d_4 von dem Pixel P_5 liegt, gefunden. Als nächstes wird bei Schritt **362** – und ebenso mit Bezug auf die Fig. 25d – der I_9 -Wert von jedem Pixel auf einer Linie L_3 zwischen den Pixeln P_5 und P_6 auf T_{\max} gesetzt.

[0153] Als nächstes identifiziert das Unterprogramm bei Schritt **364** die Adresse eines anderen Pixels P_7 , welches sich auf dem Rand des Kreisringes **150** um eine gegebene Anzahl von Pixeln in Vorwärtsrichtung – oder im Uhrzeigersinn – von dem Rand des Extrastückes entfernt befindet; und daraufhin identifiziert bei Schritt **366** das Unterprogramm das Pixel P_8 auf dem Rand des Extrastückes, welches sich in einem gegebenen Abstand d_5 von dem Pixel P_7 befindet. Bei Schritt **370** wird der I_9 -Wert von jedem Pixel auf der Linie L_4 , gezeigt in Fig. 25e, zwischen den Pixeln P_7 und P_8 ebenso auf T_{\max} gesetzt. Nachdem die angemessenen Brückenlinien gezeichnet wurden, kehrt das Unterprogramm zur Routine R_4 zurück.

[0154] Nachdem der erste Durchgang um das Bild des Linsenrandes beendet ist, wird das Unterprogramm R_5 aufgerufen. Diese Routine, die in Fig. 27 veranschaulicht ist, wird verwendet, um zu bestimmen, ob irgendwelche der Lücken, die während des ersten Durchganges um das Bild des Linsenrandes gefunden worden sein könnten, so breit sind, daß die Linse für das Tragen durch den Kunden ungeeignet ist. Der erste Schritt **376** in der Routine R_5 dient dem Bestimmen, ob irgendwelche Lücken in der Tat während des ersten Durchganges um den Linsenrand gefunden wurden. Wenn keine Lücken gefunden wurden, wird die Routine R_5 selbst beendet und der Gummibandalgorithmus geht zur Routine R_6 über. Wenn jedoch irgendwelche Lücken während des ersten Durchganges um den Linsenrand gefunden wurden, geht die Routine R_5 zu Schritt **380** über. Bei diesem Schritt wird jede Lückenbreite – eine nach der an-

deren – mit einem gegebenen Wert d_6 verglichen; und wenn irgendeine Lückenbreite größer ist als dieser Wert d_6 , so wird die Linse als für die Verwendung durch den Kunden ungeeignet betrachtet, und die Linse wird beim Schritt **382** verworfen. Wenn jedoch alle Lückenbreiten geringer sind als d_6 , so endet die Routine R_5 , und der Gummibandalgorithmus geht zur Routine R_6 über, welche den zweiten Durchgang oder die zweite Verfolgung um das Bild des Linsenrandes ausführt.

[0155] Die Routine R_6 ist in Fig. 28 veranschaulicht. Wie bereits erwähnt, sucht die Routine primär nach schwachen Lücken in dem Linsenrand und kleinen Extrastücken auf dem Linsenrand, welche nicht als Lücken oder Extrastücke in der Routine R_4 , welche der erste Durchgang um den Linsenrand war, identifiziert wurden. Insbesondere wird bei Schritt **384** die Adresse des Pixels $P(x, y)$ gleich der Adresse des ersten Pixels in der Datei f_3 gesetzt. Dann werden bei den Schritten **386**, **390** und **392** zwei Vektoren V_1 und V_2 , auf die jeweils als Rand- und Radialvektoren Bezug genommen wird, identifiziert, wobei das Skalarprodukt dieser beiden Vektoren berechnet wird. Spezieller ist der erste Vektor V_1 der Vektor durch das Pixel $P(x, y)$ und ein zweites Pixel auf dem Linsenrand, welches um eine gegebene Anzahl von Pixeln in Rückwärtsrichtung – oder entgegen dem Uhrzeigersinn – von dem Pixel $P(x, y)$ entlang dieses Linsenrandes liegt, und der zweite Vektor V_2 ist der Radialvektor des Kreisringes **150**, welcher sich durch das Pixel $P(x, y)$ erstreckt. Die Neigungen dieser beiden Vektoren und ihr Skalarprodukt kann in einfacher Weise aus den Adressen der Pixel bestimmt werden, durch welche sich die Vektoren erstrecken.

[0156] Mit Bezug auf Fig. 29, wenn das Pixel $P(x, y)$ sich auf einem regulären, kreisförmigen Abschnitt des Linsenrandes befindet, so verläuft der Randvektor V_1 durch das Pixel im wesentlichen tangential zum Linsenrand, wie bei **394** in Fig. 29 gezeigt. Ebenso ist dieser Vektor V_1 im wesentlichen senkrecht zu dem Radialvektor V_2 durch dieses Pixel, und das Skalarprodukt dieser beiden Vektoren V_1 und V_2 ist im wesentlichen gleich Null. Wenn sich jedoch das Pixel $P(x, y)$ auf einem irregulären Abschnitt des Linsenrandes befindet, wie beispielsweise auf dem Rand einer Lücke oder eines Extrastückes der Linse, wie bei **396** und **400** in Fig. 29 gezeigt, so sind der Randvektor V_1 und der Radialvektor V_2 durch das Pixel $P(x, y)$ normalerweise nicht senkrecht zueinander, wobei das Skalarprodukt dieser beiden Vektoren normalerweise nicht gleich Null sein wird.

[0157] Das Skalarprodukt dieser beiden Vektoren V_1 und V_2 wird bei Schritt **402** mit einem gegebenen Wert d_7 verglichen. Wenn dieses Skalarprodukt gleich oder größer als dieser gegebene Wert ist – was anzeigt, daß eine merkliche Lücke oder ein Extrastück in der Fläche des Pixels $P(x, y)$ vorliegt, so wird

die Linse als unannehmbar für die Verwendung durch den Kunden betrachtet und bei Schritt **404** verworfen, und die gesamte Routine R_6 wird beendet. Wenn bei dem Schritt **402** das berechnete Skalarprodukt geringer ist als d_7 – was anzeigt, daß in der Fläche des Pixels $P(x, y)$ irgendeine Abweichung des Linsenrandes von einem perfekten Kreis innerhalb annehmbarer Grenzen liegt – so geht die Routine R_6 zu Schritt **406** über. Bei diesem Schritt führt die Routine einen Test zur Bestimmung aus, ob dieser zweite Durchgang – oder die zweite Verfolgung – um das Bild des Linsenrandes beendet ist. Dies wird spezieller dadurch erreicht, indem ein Test durchgeführt wird, um zu bestimmen, ob das Pixel $P(x, y)$ das letzte Pixel in der Datei f_3 ist. Wenn ja, so ist der zweite Durchgang beendet, und der Gummibandalgorithmus geht zur Routine R_7 über. Wenn jedoch bei Schritt **406** bestimmt wird, daß dieser zweite Durchgang um das Linsenrandbild nicht beendet ist, so wird bei Schritt **408** die Adresse des Pixels $P(x, y)$ gleich der Adresse des nächsten Pixels in der Datei f_3 gesetzt, und daraufhin kehrt die Routine zu Schritt **386** zurück. Die Schritte **386** bis **408** werden wiederholt, bis entweder die Linse verworfen wird oder bis für jedes Pixel in der Datei f_3 das zugehörige Skalarprodukt der beiden Vektoren V_1 und V_2 durch dieses Pixel berechnet wurde und gefunden wurde, daß es geringer ist als d_7 , wobei dann der Gummibandalgorithmus zur Routine R_7 übergeht, welche den dritten Durchgang – oder die dritte Verfolgung – um den Linsenrand ausführt.

[0158] Vorzugsweise wird das oben erwähnte Skalarprodukt nicht für alle Pixel auf dem Linsenrand berechnet, und insbesondere wird das Produkt nicht für die Pixel berechnet, die auf den Rändern von Lücken oder Extrastücken liegen, welche während der ersten Verfolgung um den Linsenrand gefunden wurden. Es ist nicht erforderlich, dieses Skalarprodukt für diese Lücken- und Extrastückpixel zu berechnen, da es bereits bekannt ist, daß die Pixel entweder in einer Lücke oder auf einem Extrastück liegen, wobei eine merkliche Menge von Verarbeitungszeit gespart werden kann, indem die Vektoren V_1 und V_2 durch diese Pixel sowie das Skalarprodukt jener beider Vektoren nicht bestimmt werden.

[0159] Wenn die Routine R_6 beendet ist, geht der Gummibandalgorithmus zur Routine R_7 über, welche den dritten Durchgang – oder die dritte Verfolgung – um den Linsenrand ausführt. Wie bereits diskutiert ist der Zweck dieses dritten Durchganges in der Tat derjenige, einen neuen Satz von Datenwerten I_{10} zu erzeugen, welcher frei von irgendwelchen Daten ist, die mit irgendwelchen Trübungen in der Linse in Verbindung stehen, die sich unmittelbar innerhalb des äußeren Randes der Linse befinden. **Fig. 30** zeigt die Routine R_7 genauer; und diese Routine umfaßt allgemein drei Abschnitte. Im ersten Abschnitt wird der I_{10} -Wert für jedes Pixel gleich dem I_9 -Wert für das Pixel gesetzt; im zweiten Abschnitt wird ein durch-

schnittlicher Randdickenwert N für den äußeren Rand **164** des Kreisringes **162** berechnet; und im dritten Abschnitt werden die I_{10} -Werte der Pixel in einem gegebenen Bereich weiter innerhalb dieser durchschnittlichen Randdicke auf Null gesetzt.

[0160] Spezieller wird bei Schritt **410** der Routine R_7 der I_{10} -Wert für jedes Pixel gleich dem I_9 -Wert für das Pixel gesetzt. Als nächstes wird mit Bezug auf die **Fig. 30** und **31** bei Schritt **410** eine gegebene Anzahl von Pixeln, gezeigt bei **414a-e** in **Fig. 31**, auf dem extremen äußeren Rand **150a** des Kreisringes **150** ausgewählt. Dann zählt bei Schritt **416** die Routine R_7 die Anzahl beleuchteter Pixel auf jedem der Radien, gezeigt bei **420a-e** in **Fig. 31**, des Linsenbildes, welche durch die Pixel **414a-e** gehen. Beispielsweise kann die Routine das Pixel auf dem extremen äußeren Rand des Kreisringes als erstes Pixel zählen, wobei dann radial nach innen bezüglich dieses Pixels gesucht wird, und diesen Zählwert um 1 für jedes beleuchtete Pixel auf diesem Radius erhöhen. Bei Schritt **422** wird die Durchschnittszahl beleuchteter Pixel pro Radius berechnet; und dies kann beispielsweise dadurch erfolgen, daß einfach die gesamte Anzahl gezählter, beleuchteter Pixel durch die Anzahl der erfolgten radialen Abtastvorgänge dividiert wird. Typischerweise ist dieser Durchschnittswert keine ganze Zahl und somit wird bevorzugt der Durchschnittswert daraufhin auf die nächstgrößere ganze Zahl erhöht.

[0161] Im nächsten Abschnitt der Routine R_7 wird ein dritter Durchgang um den äußeren Rand **150a** des Kreisringes **150** durchgeführt. Um diesen Durchgang zu beginnen, wird irgendein Pixel auf dem Rand als Anfangspixel $P(x, y)$ ausgewählt, wie bei Schritt **424** in **Fig. 30** angezeigt ist. Daraufhin werden, wie durch die Schritte **426** und **430** repräsentiert, die I_{10} -Werte für ausgewählte Pixel, die sich radial innerhalb der durchschnittlichen Randdicke befinden, auf Null gesetzt. Spezieller zählt die Routine bei jedem Pixel auf dem äußeren Rand des Kreisringes **162** die Anzahl N von Pixeln radial innerhalb entlang dem Radius der Linse. Dann wird für jede einer gegebenen Anzahl von Pixeln, radial weiter innerhalb entlang dem Radius, der I_{10} -Wert des Pixels auf Null gesetzt. Mit Bezug auf **Fig. 32** setzen diese Schritte der Routine in der Tat die I_{10} -Werte der Pixel in der schraffierten Fläche **432** auf Null.

[0162] Bei Schritt **434** der Routine R_7 wird eine Überprüfung ausgeführt, um zu bestimmen ob dieser dritte Durchgang um das Bild des Linsenrandes beendet ist, wobei irgendein geeignetes Unterprogramm aufgerufen werden kann, um dies auszuführen. Wenn beispielsweise das als für diesen Durchgang als Anfangspixel ausgewählte Pixel das obere Pixel in der Datei f_3 ist, so kann der Durchgang als beendet betrachtet werden, nachdem die Routine die Schritte **426** und **430** für die unteren Pixel in dieser

Datei ausgeführt hat. Alternativ kann eine separate Liste der Adressen von in den Schritten **426** und **430** der Routine R_7 verwendeten Pixel erstellt werden; und jedesmal, wenn eine Pixeladresse dieser Liste zugefügt wird, kann die Liste überprüft werden, um zu sehen, ob die neu zugefügte Adresse sich bereits in der Liste befindet. Wenn sich ein der Liste zugefügter Adressenwert bereits in der Liste befindet, so wird der dritte Durchgang um das Bild des Linsenrandes als vollständig betrachtet.

[0163] Wenn bei Schritt **434** dieser dritte Durchgang um das Linsenbild nicht vollständig ist, so wird bei Schritt **436** die Adresse des Pixels $P(x, y)$ gleich der Adresse des Pixels gesetzt, welches im Uhrzeigersinn das nächste bezüglich des derzeitigen Pixels $P(x, y)$ entlang dem äußeren Rand **150a** des Kreisringes **150** ist. Zum Beispiel kann diese Adresse der Datei f_3 entnommen werden; und bei Schritt **436** wird die Adresse des Pixels $P(x, y)$ einfach gleich der Adresse aus dieser Datei gesetzt, welche der Adresse des derzeitigen Pixels am nächsten liegt. Dann kehrt die Routine R_7 zu Schritt **426** zurück, wobei die Schritte **426**, **430** und **434** für die neue Pixeladresse $P(x, y)$ wiederholt werden.

[0164] Nachdem dieser dritte Durchgang um das Bild des Linsenrandes beendet wurde, tritt der Prozessor **64** aus der Routine R_7 aus, und der Gummibandalgorithmus wird beendet.

[0165] Nachdem der Gummibandalgorithmus beendet ist, wird eine Reihe weiterer Operationen ausgeführt, deren allgemeine Aufgabe darin besteht, beliebige Unregelmäßigkeiten der betrachteten oder inspezierten Linse hervorzuheben und es dadurch einfacher zu machen, diese Unregelmäßigkeiten nachfolgend zu identifizieren.

[0166] Der erste dieser Vorgänge, welcher als Fill-in-Vorgang bezeichnet wird, dient dem Ausbilden eines weiteren Satzes von Datenwerten I_{11} für die Pixel in der Anordnung **46**, und kann verwendet werden, um Pixel in irgendwelchen Unregelmäßigkeiten in, auf oder dem benachbart äußeren Rand des Kreisringes **150** zu identifizieren. Spezieller können mit Bezug auf **Fig. 33** diese Datenwerte verwendet werden, um Pixel in (i) irgendwelchen Lücken des Linsenrandes, wie zum Beispiel bei **436** gezeigt, (ii) irgendwelche Unregelmäßigkeiten innerhalb des Linsenrandes, wie zum Beispiel bei **440** gezeigt, (iii) irgendwelche Extrastücke auf dem Linsenrand, wie zum Beispiel bei **442** gezeigt, und (iv) die Pixel zwischen irgendwelchen Extrastücken und den benachbarten Liniensegmenten L_3 und L_4 , die bei den Schritten **362** und **370** im Unterprogramm S_3 gebildet wurden, zu identifizieren.

[0167] Dieser Fill-in-Vorgang umfaßt eine Reihe spezifischerer Operationen, die als MAX, PMAX, MIN

und PMIN bezeichnet werden und die Verarbeitung eines Satzes von mit den Pixeln in Verbindung stehenden Basisdatenwerten umfassen. Bei einer MAX-Operation wird ein neuer Datenwert für ein gegebenes Pixel gebildet, der gleich dem maximalen Basisdatenwert der an das Pixel unmittelbar angrenzenden acht Nachbarn ist; und bei einer PMAX-Operation wird für ein gegebenes Pixel ein neuer Datenwert ausgebildet, der gleich dem maximalen Basisdatenwert der vier Pixel ist, welche unmittelbar links, rechts, oberhalb und unterhalb bezüglich des gegebenen Pixels liegen. Bei einer MIN-Operation wird für ein gegebenes Pixel ein neuer Datenwert ausgebildet, welcher gleich dem minimalen Basisdatenwert der an das Pixel unmittelbar angrenzenden acht Nachbarn ist; und bei einer PMIN-Operation wird für ein gegebenes Pixel ein neuer Datenwert ausgebildet, welcher gleich dem minimalen Basisdatenwert der vier Pixel ist, welche sich unmittelbar links, rechts, oberhalb und unterhalb des gegebenen Pixels befinden.

[0168] Die **Fig. 34a** bis **34e** veranschaulichen die MAX-, PMAX-, MIN- und PMIN-Operationen. Spezieller zeigt die **Fig. 34a** eine 7×7 -Anordnung von Zahlen; und jede Zahl stellt einen Datenwert für ein zugehöriges Pixel dar, wobei die Position der Zahl in der Anordnung der Adresse des zugehörigen Pixels entspricht. Damit ist beispielsweise der Datenwert für das Pixel bei der Adresse (1,1) gleich 7; der Datenwert für das Pixel bei der Adresse (4,1) beträgt 0, und der Datenwert für die Pixel bei den Adressen (4,2), (4,7) und (5,2) betragen jeweils 7, 0 und 0.

[0169] **Fig. 34b** zeigt die erzeugten Werte, nachdem eine MAX-Operation auf der gesamten in **Fig. 34a** gezeigten Anordnung von Zahlen ausgeführt wurde. Somit ist beispielsweise in **Fig. 34d** der Datenwert bei der Adresse (2,6) gleich 7, da in **Fig. 34a** einer der acht dieser Pixeladresse benachbarten Pixel einen Wert von 7 aufweist. Ähnlich ist der Wert bei der Adresse (6,2) in **Fig. 34b** gleich 7, da in dem Datensatz von **Fig. 34a** einer der acht der Pixeladresse benachbarten Pixel einen Datenwert von 7 aufweist. **Fig. 34c** zeigt die als Ergebnis einer auf dem gesamten Datensatz von **Fig. 34a** ausgeführten PMAX-Operation erzeugten Werte; und beispielsweise betragen die Werte bei den Adressen (6,3) und (6,4) in **Fig. 34c** 7, da in **Fig. 34a** jede dieser beiden Pixeladressen unmittelbar rechts von einem Pixel liegt, welches einen Wert von 7 aufweist.

[0170] Die **Fig. 34d** und **34e** zeigen die Werte, welche jeweils nach MIN und PMIN-Operationen erzeugt wurden, welche auf der in **Fig. 34a** gezeigten Anordnung von Werten ausgeführt wurden. Beispielsweise ist in **Fig. 34d** der Wert bei der Adresse (4,3) gleich 0, da in **Fig. 34a** eines der acht Pixel, welche zur Adresse (4,3) benachbart sind, einen Wert von 0 aufweist; und in **Fig. 34e** ist der Wert bei der Adresse (4,2) 0,

da in **Fig. 34a** das Pixel, das unmittelbar rechts neben der Pixeladresse liegt einen Wert von 0 aufweist.

[0171] **Fig. 35** veranschaulicht einen bevorzugten Fill-in-Vorgang R_8 . Mit Bezug darauf umfaßt der Vorgang **14** getrennte Operationen, die bezüglich der Datenwerte für die Pixelanordnung **46** ausgeführt werden; und jede dieser Operationen wird einzeln über die gesamte Pixelanordnung ausgeführt. Diese Operationen sind in Reihenfolge: MAX, PMAX, PMAX, MAX, MAX, PMAX, PMAX, MIN, PMIN, PMIN, MIN, MIN, PMIN, und PMIN. Diese Operationen beginnen mit den I_9 -Werten für die Pixel, und auf die resultierenden Datenwerte wird, nachdem alle 14 Operationen beendet sind, als I_{11} -Werte Bezug genommen.

[0172] Die Ergebnisse dieser Operationen dienen in der Tat dem Füllen (Fill-in) der Lücken **436**, der Extrastücke **442** und der Unregelmäßigkeiten **440** in, auf, oder in Nachbarschaft zum äußeren Rand des Kreisringes **150**. Spezieller zeigen die **Fig. 33** und **36** denselben Abschnitt des Kreisring **150**, wobei die erstere Figur die Pixel bei ihren I_9 -Werten beleuchtet zeigt und die letztere Figur die Pixel bei ihren I_{11} -Werten beleuchtet zeigt. Die Unterschiede zwischen diesen beiden Figuren zeigen den Effekt des Fill-in-Vorganges nach **Fig. 35**. Insbesondere besteht der Unterschied darin, daß für die Pixel in den Lücken **436**, in den Extrastücken **442**, in den Unregelmäßigkeiten **440** und in den Flächen zwischen den Extrastücken und den Liniensegmenten L_3 und L_4 die I_{11} -Werte für diese Pixel T_{max} sind, während die I_9 -Werte für diese Pixel gleich Null sind.

[0173] Wie für die Durchschnittsfachleute verständlich sein wird, sind andere spezifische Vorgänge bekannt und können verwendet werden, um die erwünschten I_{11} -Werte für die oben beschriebenen Pixel zu erzeugen.

[0174] Nachdem die Fill-in-Operation R_8 beendet ist, ruft der Prozessor **64** einen zweiten Maskierungsvorgang R_9 auf, um einen Satz von Pixelbeleuchtungswerten I_{12} zu erzeugen, der frei von dem Effekt von irgendwelchem Licht ist, welches auf die Pixelanordnung **46** innerhalb eines gegebenen Radius' vom Mittelpunkt des Kreises auftritt, der an den Innenrand **150b** des Kreisringes **150** während des Dezentrierungstestes angepaßt wurde. Wie unten mit größerer Genauigkeit diskutiert wird, wird dieser Satz von Pixelbeleuchtungswerten I_{12} nachfolgend verwendet, um bei der Identifizierung von Fehlern im Inneren der Linse behilflich zu sein – das heißt, in der Fläche, welche radial innerhalb des inneren Randes des Kreisringes **150** liegt.

[0175] Der Maskierungsvorgang R_9 , der in dieser Stufe des Linseninspektionsprozesses verwendet wird, ist der Maskierungsroutine R_9 sehr ähnlich, die

in den **Fig. 19a – 19c** und **20** gezeigt ist. Der prinzipielle Unterschied zwischen diesen beiden Maskierungsvorgängen besteht darin, daß der Radius der in dem Vorgang R_9 verwendeten Maske geringfügig kleiner ist als der Radius des an den inneren Rand des Kreisringes **150** angepaßten Kreises, während der Radius der in dem Vorgang R_3 verwendet wird, geringfügig größer ist als der an den äußeren Rand des Kreisringes **150** angepaßten Kreises.

[0176] **Fig. 37** ist ein Flußdiagramm, welches eine bevorzugte Maskierungsroutine R_9 illustriert. Der erste Schritt **446** in dieser Routine besteht darin, zu bestimmen, ob bei den Schritten **216** oder **226** des Dezentrierungstestes wenigstens drei Pixel auf dem inneren Rand des Kreisringes **150** gefunden wurden oder ob festgestellt wurde, daß die ophthalmische Linse stark dezentriert ist. Wenn bei einem dieser beiden Schritte des Dezentrierungstestes festgestellt wurde, daß die Linse stark dezentriert ist, so wird die Maskierungsroutine R_9 selbst bei Schritt **450** beendet.

[0177] Wenn die Routine R_9 nicht bei Schritt **450** beendet wird, so geht die Routine zu Schritt **452** über, welcher dazu dient, die Koordinaten des Mittelpunktes des Kreises zu erhalten, welcher an den inneren Rand **150b** des Kreisringes **150** während des Dezentrierungstestes angepaßt wurde. Diese Koordinaten wurden bestimmt und daraufhin im Prozessorspeicher während des Dezentrierungstestes gespeichert, wobei diese Koordinaten erhalten werden können, indem man sie einfach aus dem Prozessorspeicher zurückerlangt. Sobald diese Mittelpunktskoordinaten erhalten sind, wird ein Maskierungsunterprogramm bei Schritt **454** aufgerufen. Es wird nun Bezug auf die **Fig. 38a – 38c** genommen, wo dieses Unterprogramm in der Tat eine kreisförmige Maske **456** der Pixelanordnung **46** überlagert, welche bezüglich der oben erwähnten Mittelpunktskoordinaten zentriert ist und einen Durchmesser aufweist, der geringfügig kleiner ist als der Durchmesser des an den inneren Rand **150b** des Kreisringes angepaßten Kreises, wobei daraufhin das Maskierungsunterprogramm einen I_{12} -Wert jedem Pixel zuweist. Insbesondere wird für jedes Pixel außerhalb der Maske durch das Maskierungsunterprogramm dem Pixel ein I_{12} -Wert zugewiesen, welcher gleich dem I_8 -Wert für dieses Pixel ist; und für jedes Pixel innerhalb der Maske weist das Maskierungsunterprogramm dem Pixel einen I_{12} -Wert von Null zu.

[0178] Genauer werden bei Schritt **452** die Koordinaten (x_i, y_i) des oben erwähnten Mittelpunktes und ein Radiuswert r_2 , der so gewählt wird, daß er geringfügig kleiner ist als der Radius des an den inneren Rand des Kreisringes **150** angepaßten Kreises, an das Maskierungsunterprogramm übertragen. Daraufhin bildet bei Schritt **454** dieses Unterprogramm eine Datei f_5 aus Adressen aller Pixel in der Anordnung **46**,

welche innerhalb des Abstandes r_2 von dem Mittelpunkt (x_i, y_i) liegen. Daraufhin wird bei Schritt **460** die Adresse von jedem Pixel in der Anordnung **46** überprüft, um festzustellen, ob sie sich in der Datei befindet. Wenn die Pixeladresse sich in der Datei befindet, so wird bei Schritt **462** der I_{12} -Wert des Pixels auf Null gesetzt. Wenn sich die Pixeladresse jedoch nicht in der Liste befindet, so wird bei Schritt **464** der I_{12} -Wert des Pixels gleich dem I_8 -Wert des Pixels gesetzt.

[0179] Zahlreiche verschiedene Maskierungsunterprogramme sind in der Technik wohlbekannt, um die obigen Aufgaben zu erfüllen, und irgendwelche geeigneten Unterprogramme können bei Schritt **454** der Routine R_9 verwendet werden.

[0180] Fig. 38c zeigt die Pixel der Anordnung **46**, welche mit Intensitäten beleuchtet sind, die gleich ihren entsprechenden I_{12} -Werten sind.

[0181] Nachdem dieser zweite Maskierungsvorgang beendet ist, wird eine weitere Routine R_{10} ausgeführt, welche eine Reihe von Operationen umfaßt, um einen Satz von Pixelbeleuchtungswerten zur Verfügung zu stellen, welche die Pixel, die sich in irgendeiner Unregelmäßigkeit oder in einem Fehler in der inspizierten Linse befinden, klar zu identifizieren. Spezieller besteht der Zweck dieser weiteren Operationen darin, einen Satz von Pixelbeleuchtungswerten zur Verfügung zu stellen, welcher frei von irgendwelchen Effekten ist, die auf der Anordnung **46** durch Hintergrundrauschen oder Licht erzeugt werden, als auch von irgendeinem Effekt, der auf der Anordnung **46** durch die normalen oder regulären Ränder **150a** und **150b** des Kreisringes **150** erzeugt werden. Diese weiteren Operationen werden in dem Flußdiagramm von Fig. 39 gezeigt.

[0182] Bei Schritt **466** wird ein weiterer I-Wert, I_{13} , für jedes Pixel erhalten; und insbesondere wird der I_{13} -Wert für jedes Pixel durch Subtraktion des I_{12} -Wertes für das Pixel von dem I_{10} -Wert für das Pixel erhalten. Die Fig. 40a, 40b und 40c zeigen die Pixel in einem Abschnitt des Kreisringes **152**, der mit Intensitäten beleuchtet ist, die ihren I_{10} -, I_{12} - und I_{13} -Werten jeweils entsprechen; und wie zu sehen ist, besteht der praktische Effekt des Schrittes **466** darin, das Bild von Fig. 40b von dem Bild nach Fig. 40a zu subtrahieren und so das Bild nach Fig. 40c zu erzeugen.

[0183] Daraufhin wird bei Schritt **470** eine Operation ausgeführt, auf welche als Clean-up-Operation Bezug genommen wird, um in der Tat falsche, beleuchtete Pixel zu eliminieren. Spezieller werden, mit den I_{13} -Werten für die Pixel beginnend, MAX-, MIN-, PMIN- und PMAX-Operationen in dieser Reihenfolge bezüglich der gesamten Pixelanordnung **46** ausgeführt, wobei ein weiterer Satz von Pixelwerten erzeugt wird, auf die als I_{14} -Werte Bezug genommen wird. Fig. 40d zeigt die Pixel des Kreisringes **46**, die

mit Intensitäten beleuchtet sind, welche gleich ihren entsprechenden I_{14} -Werten sind; und wie durch Vergleich der Fig. 40c und 40d zu sehen ist, besteht der Effekt der Clean-up-Operation einfach darin, verschiedene isolierte Pixel zu eliminieren, welche, aus dem einen oder aus dem anderen Grunde, in Fig. 40c beleuchtet sind.

[0184] Nachdem das System **10** die Daten gemäß der Routinen $R_1 - R_{10}$ wie oben beschrieben verarbeitet hat, wird eine Fehler- oder Defektanalyse ausgeführt, wobei die Fig. 41a und 41b ein Flußdiagramm zeigen, welches eine bevorzugte Defektnachweis- oder Analyse-Routine R_{11} veranschaulicht. Diese Analyse ist mit Bezug auf die Fig. 42 am besten verständlich, welche die Pixel eines Abschnittes des Kreisringes **150** zeigt, welche mit Intensitäten beleuchtet sind, die gleich ihren entsprechenden I_{14} -Werten sind.

[0185] Mit Bezug auf die Fig. 41a, 41b und 42 wird im ersten Abschnitt dieser Defektanalyse bei den Schritten **472** und **474** nach Fig. 41a eine Liste von Adressen der Pixel am Anfang und am Ende von jeder horizontalen Serie aufeinanderfolgender beleuchteter Pixel erstellt, auf die als Lauflänge Bezug genommen wird. Spezieller tastet der Prozessor **64** in der Tat jede horizontale Reihe von Pixeln in der Anordnung **46** ab; und während jedes Abtastvorganges, werden jedesmal wenn eine Serie beleuchteter Pixel angetroffen wird, die Adressen des ersten und des letzten Pixels in dieser Serie in der Datei f_6 aufgezeichnet. Im Fall eines einzelnen, isolierten, beleuchteten Pixels – das heißt, die Pixel auf der linken und der rechten Seite dieses beleuchteten Pixels sind selbst nicht beleuchtet – wird die Adresse dieses beleuchteten Pixels sowohl als die Adresse des ersten als auch als die Adresse des letzten Pixels in der Lauflänge, welche von dem beleuchteten Pixel gebildet wird, aufgezeichnet.

[0186] Genauer tastet der Prozessor tatsächlich nicht ein Bild der Pixelanordnung ab, sondern übersetzt stattdessen die oben erwähnte Adressenliste, indem die I_{14} -Werte, welche in dem Prozessorspeicher für die Pixel in der Anordnung **46** gespeichert sind, überprüft werden.

[0187] Nachdem die Datei f_6 beendet ist, ruft die Routine R_{11} ein Bündelungsunterprogramm bei Schritt **476** auf, um eine getrennte Datei $f_{6a} \dots f_{6n}$ für jede Fläche oder Gruppe aufeinanderfolgender beleuchteter Pixel zu erzeugen – oder – genauer gesagt – für jede Fläche oder Gruppe aufeinanderfolgender Pixel mit hohen I_{14} -Werten. Jedes geeignete Bündelungsunterprogramm kann verwendet werden, um diese Bündelung vorzunehmen. Nachdem diese getrennten Dateien $f_{6a} \dots f_{6n}$ erzeugt wurden, werden bei Schritt **480** die Dateien für beleuchtete Flächen, welche beieinanderliegen, wie zum Beispiel jene, die bei

482 und **484** in **Fig. 42** gezeigt sind, verbunden. Dies kann beispielsweise dadurch geschehen, daß eine Prüfung durchgeführt wird, um zu bestimmen, ob irgendein Pixel in irgendeiner beleuchteten Fläche innerhalb einer gegebenen Anzahl von Pixeln, wie zum Beispiel zwei oder drei Pixeln, von irgendeinem Pixel in einer anderen beleuchteten Fläche liegt. Diese nahen beleuchteten Flächen werden so betrachtet, als bildeten sie tatsächlich eine beleuchtete Fläche.

[0188] Nachdem Schritt **480** beendet ist, wird ein Unterprogramm bei Schritt **486** aufgerufen, um die Fläche und den Schwerpunkt sowie die umhüllende für jede Fläche beleuchteter Pixel zu berechnen. Zahlreiche Unterprogramme sind in der Technik wohlbekannt, um diese Berechnung auszuführen. Irgendwelche solcher geeigneter Unterprogramme können in der Routine R_{11} verwendet werden, und es ist nicht erforderlich, diese Unterprogramme hier im Detail zu beschreiben.

[0189] Als nächstes bestimmt die Routine R_{11} den allgemeinen Ort von jeder beleuchteten Fläche. Spezieller werden bei Schritt **490** die Adressen der Mittelpunkte und die Radien der beiden Kreise erhalten, die an den äußeren und an den inneren Rand **150a** und **150b** des Kreisringes **150** angepaßt wurden. Dieses Daten wurden während des Dezentrierungstestes bestimmt oder gefunden und daraufhin in dem Prozessorspeicher gespeichert, wobei diese Daten dadurch erhalten werden können, daß die Daten einfach aus dem Prozessorspeicher wiedergewonnen werden. Daraufhin bestimmt bei Schritt **492** der Prozessor **64**, ob der Schwerpunkt von jeder Fläche beleuchteter Pixel (i) innerhalb des zentralen Bereiches der Linse (der Fläche, die radial innerhalb des an den inneren Rand des Kreisringes angepaßten Kreises liegt) oder (ii) dem Randbereich der Linse (der Fläche der Linse zwischen den beiden an den inneren und den äußeren Rand des Kreisringes angepaßten Kreisen) liegt.

[0190] Zahlreiche Unterprogramme zur Bestimmung, ob ein Schwerpunkt einer Fläche innerhalb eines ersten Kreises oder zwischen zwei allgemein konzentrischen Kreisen liegt, sind wohlbekannt, und es ist nicht erforderlich, diese Unterprogramme hier im Detail zu beschreiben.

[0191] Die Schritte **490** und **492** sind nicht für den Betrieb des Systems **10** im weitesten Sinne erforderlich. Vorzugsweise werden diese Schritte jedoch ausgeführt, und die damit in Verbindung stehenden Daten werden für Analysezwecke gesammelt, wobei sie insbesondere bei der Identifizierung behilflich sein sollen, wo mögliche Unregelmäßigkeiten oder Defekte in den Linsen auftauchen. Diese Daten können bei der Einstellung oder bei der Verbesserung des Verfahrens oder der für die Herstellung der Linsen verwendeten Materialien hilfreich sein.

[0192] Nachdem die Schritte **490** und **492** beendet sind, bestimmt der Prozessor daraufhin, ob die Größe von jeder beleuchteten Fläche von Pixeln ausreichend groß ist, um als ein Fehler oder ein Defekt qualifiziert zu werden, weswegen die Linse verworfen werden kann. Spezieller wird bei Schritt **494** die Größe von jeder Fläche beleuchteter Pixel mit einer vorgewählten Größe verglichen. Wenn diese beleuchtete Fläche geringer ist als die vorgewählte Größe, so ist die beleuchtete Fläche nicht ausreichend, um die Linse zu verwerfen. Wenn jedoch die Fläche beleuchteter Pixel größer ist als die vorgewählte Größe, so wird die beleuchtete Fläche als ein Fehler oder ein Defekt qualifiziert, wodurch die Linse zur Verwendung durch den Kunden ungeeignet wird. Diese vorgewählte Größe kann beispielsweise in der Speicherinheit **70** gespeichert werden.

[0193] Ebenso kann vorzugsweise bei Schritt **496** eine Zählung der Anzahl von Defekten, die in jeder Linse gefunden wurden, erhalten werden. Diese Zählung kann ebenso nützlich sein, um den Prozeß und die zur Herstellung der Linsen verwendeten Materialien zu analysieren.

[0194] Beim Schritt **500** wird auf einem Monitor **72** eine Anzeige erzeugt, welche die Flächen von beleuchteten Pixeln zeigt, wobei jene Flächen, die größer sind als die oben erwähnten Schwellengrößen innerhalb einer Umhüllenden gezeigt werden. Dann führt bei Schritt **502** der Prozessor **64** eine Prüfung durch, um zu bestimmen, ob tatsächlich irgendwelche Fehler in der Linse gefunden wurden. Wenn ein Defekt gefunden wurde, so wird bei Schritt **504** ein Linsen-Verwerfungssignal erzeugt und auf den Monitor **72** sowie den Drucker **76** übertragen, und die Linsen können aus dem System **10** entfernt werden. Wenn in der Linse jedoch kein Defekt gefunden wurde, so wird die Routine R_{11} schlicht beendet. Nachfolgend arbeitet das System **10** so, daß eine andere Linse unter das beleuchtete Teilsystem **14** bewegt wird und ein anderer Lichtpuls durch jene andere Linse transmittiert wird. Dieses transmittierte Licht wird auf der Pixelanordnung **46** fokussiert und das oben beschriebene Verarbeitungsverfahren wird wiederholt, um zu bestimmen, ob diese andere Linse für die Verwendung durch den Kunden annehmbar ist.

[0195] Während es offensichtlich ist, daß die hier offenbarte Erfindung gut geeignet ist, um die zuvor angeführten Aufgaben zu erfüllen, wird es erkannt werden, daß zahlreiche Veränderungen und Ausführungsformen von den Fachleuten erdacht werden können, und es ist beabsichtigt, daß die beigefügten Ansprüche sämtliche dieser Veränderungen und Ausführungsformen abdecken, die innerhalb des tatsächlichen Umfangs der vorliegenden Erfindung liegen.

Patentansprüche

1. Linseninspektionssystem (10) zum Inspizieren ophthalmischer Linsen (114), mit:
 Mitteln (110) zum Halten einer ophthalmischen Linse (114);
 Beleuchtungsmitteln (30) zum Erzeugen von Lichtimpulsen (82);
 einem Signalerzeugungsmittel (46) zum Erzeugen eines Satzes von Signalen, die die Intensität des einfallenden Lichtes repräsentieren;
 Mitteln (32, 34, 120, 122) zum Richten der Lichtimpulse (82) durch die Linsenhaltemittel (110) sowie auf das Signalerzeugungsmittel (46), um darauf ein Lichtmuster herzustellen, welches die in den Haltemitteln (110) gehaltene ophthalmische Linse (114) repräsentiert; und
 Verarbeitungsmitteln (14), die mit dem Signalerzeugungsmittel (46) zum Empfang des Satzes von Signalen aus diesem verbunden sind, sowie zum Verarbeiten der Signale gemäß einem vorbestimmten Programm, um ein Ausgangssignal zu erzeugen, das wenigstens einen Zustand der Linse (114) darstellt;
dadurch gekennzeichnet, daß das Richtmittel aufweist:
 eine Blende (40), die axial zwischen den Linsenhaltemitteln (110) und dem Signalerzeugungsmittel (46) angeordnet ist; und
 Mittel (120, 122) zum Richten von Anteilen der von der ophthalmischen Linse (114) gestreuten Lichtimpulse über die Blende (40) hinaus und auf das Signalerzeugungsmittel (46), so daß darauf ausgewählte Anteile der ophthalmischen Linse (114) abgebildet werden.

2. Linseninspektionssystem (10) nach Anspruch 1, bei dem das Mittel zum Richten von Anteilen der von der ophthalmischen Linse (114) gestreuten Lichtimpulse (82) über die Blende (40) hinaus und auf das Signalerzeugungsmittel (46) eine erste Linse (120) aufweist, die zwischen den Linsenhaltemitteln (110) und der Blende (40) angeordnet ist, um durch die ophthalmische Linse (114) transmittiertes Licht zu empfangen, einen Anteil des transmittierten Lichtes auf die Blende (40) zu richten und die gestreuten Anteile des transmittierten Lichtes auf das Signalerzeugungsmittel (46) zu richten.

3. Linseninspektionssystem (10) nach Anspruch 2, bei dem das Mittel zum Richten von Anteilen der von der ophthalmischen Linse (114) gestreuten Lichtimpulse über die Blende (40) hinaus und auf das Signalerzeugungsmittel (46) umfaßt: eine zweite Linse (122), die zwischen der Blende (40) und dem Signalerzeugungsmittel (46) angeordnet ist, um die gestreuten Anteile des transmittierten Lichtes von der ersten Linse (120) zu empfangen und die gestreuten Anteile des transmittierten Lichtes auf das Signalerzeugungsmittel (46) zu richten.

4. Linseninspektionssystem nach Anspruch 3, bei dem die erste Linse (120) vordere und hintere Brennebenen und eine Brennweite aufweist und wobei:
 die ophthalmische Linse (114) ungefähr bei der vorderen Brennebene der ersten Linse (120) angeordnet ist; und
 die zweite Linse (122) von der ersten Linse (120) etwa um die Brennweite der ersten Linse (120) entfernt ist.

5. Linseninspektionssystem nach Anspruch 3, bei dem die zweite Linse (122) eine vordere und eine hintere Brennebene und eine Brennweite aufweist und wobei:
 die Pixelanordnung (46) ungefähr bei der hinteren Brennebene der zweiten Linse (122) angeordnet ist; und
 die ophthalmische Linse (114) ungefähr bei der vorderen Brennebene der zweiten Linse angeordnet ist; und
 die erste Linse von der zweiten Linse ungefähr um die Brennweite der zweiten Linse entfernt ist.

6. Linseninspektionssystem (10) nach Anspruch 1, bei dem das Mittel zum Richten von Anteilen der von der ophthalmischen Linse (114) gestreuten Lichtimpulse (82) über die Blende (40) hinaus und auf das Signalerzeugungsmittel (46) aufweist:
 eine erste Linse (171), die an einer ersten Seite der Linsenhaltemittel (110) angeordnet ist, um die Lichtimpulse (82) durch die ophthalmische Linse (114) zu richten sowie auf die Blende (40) einen Anteil des durch die ophthalmische Linse (114) gerichteten Lichtes zu richten; und
 eine zweite Linse (174), die an einer zweiten Seite der Linsenhaltemittel (110) sowie zwischen der Blende (40) und dem Signalerzeugungsmittel (46) angeordnet ist, um den gestreuten Anteil des durch die ophthalmische Linse (114) gerichteten Lichtes zu empfangen und es auf das Signalerzeugungsmittel (46) zu richten.

7. Linseninspektionssystem (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, bei dem das Richtmittel aufweist: einen ersten Spiegel (34) zum Empfangen der Lichtimpulse (82) von den Beleuchtungsmitteln (30) und zum Richten der Lichtimpulse (82) auf einen gegebenen Pfad durch die Linsenhaltemittel (110); und Mittel (140), die den ersten Spiegel (34) beweglich tragen, um die Richtung, in der die Lichtimpulse (82) durch die Linsenhaltemittel (110) gerichtet werden, einzustellen.

8. Linseninspektionssystem (10) nach Anspruch 7, bei dem das Richtmittel weiterhin aufweist: einen zweiten Spiegel (32) zum Empfangen der Lichtimpulse (82) von den Beleuchtungsmitteln (30) und zum Richten der Lichtimpulse (82) auf den ersten Spiegel (34).

9. Linseninspektionssystem nach Anspruch 7 oder Anspruch 8, wobei:
 das Richtmittel ein Gehäuse (26) umfaßt;
 die Beleuchtungsmittel (30) und der erste Spiegel (34) in dem Gehäuse (26) angeordnet sind;
 wobei das Gehäuse (26) umfaßt:
 i) eine Oberfläche, in der eine direkt unterhalb der Linsenhaltemittel (110) angeordnete Öffnung (26d) ausgebildet ist und
 ii) ein Fenster (142), welches in der Öffnung (26d) angeordnet ist;
 wobei der erste Spiegel (34) die Lichtimpulse (82) durch das Fenster (142) und durch die Linsenhaltemittel (110) richtet; und
 das Gehäuse (26) weiterhin eine Dichtung aufweist, die sich um das Fenster (142) und die Gehäuseoberfläche erstreckt, um Flüssigkeiten daran zu hindern, aus den Linsenhaltemitteln (110) in das Gehäuse (26) durch die Verbindungsstelle zwischen dem Fenster (142) und der Gehäuseoberfläche einzudringen.

10. Linseninspektionssystem (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, bei dem das Richtmittel weiterhin Mittel (136) umfaßt, die die Beleuchtungsmittel (30) beweglich tragen, um die Richtung einzustellen, in der die Lichtimpulse (82) von den Beleuchtungsmitteln (30) transmittiert werden.

11. Linseninspektionssystem (10) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei: das Signalerzeugungsmittel eine Anordnung (46) von Pixeln (146a, 146b) aufweist.

12. Linseninspektionssystem nach einem der vorangehenden Ansprüche, bei dem wenigstens ein Zustand der Linse (114) ein Zustand aus der Gruppe ist, welche einen Randdefekt, einen inneren Defekt und Dezentrierung umfaßt.

13. Linseninspektionssystem (10) nach einem der vorangehenden Ansprüche, bei dem das Mittel zum Richten der Lichtimpulse (82) durch die Linsenhaltemittel (110) die Lichtimpulse (82) entlang eines gegebenen Pfades richtet, und ferner ein einstellbares Diaphragma (130) umfaßt, das auf dem gegebenen Pfad angeordnet ist, um die der Größe der Querschnittsfläche der Lichtimpulse (82) zu steuern.

14. Linseninspektionssystem (10) nach Anspruch 13 zur Verwendung bei ophthalmischen Linsen (114) mit einem vorgegebenen Durchmesser, wobei das Diaphragma (130) die Querschnittsfläche der Lichtimpulse (82) begrenzt, so daß die Lichtimpulse (82) eine kreisförmige Fläche ausleuchten, welche etwa 10 % bis 15 % größer ist als der vorher festgesetzte Durchmesser.

Es folgen 36 Blatt Zeichnungen

FIG. 1

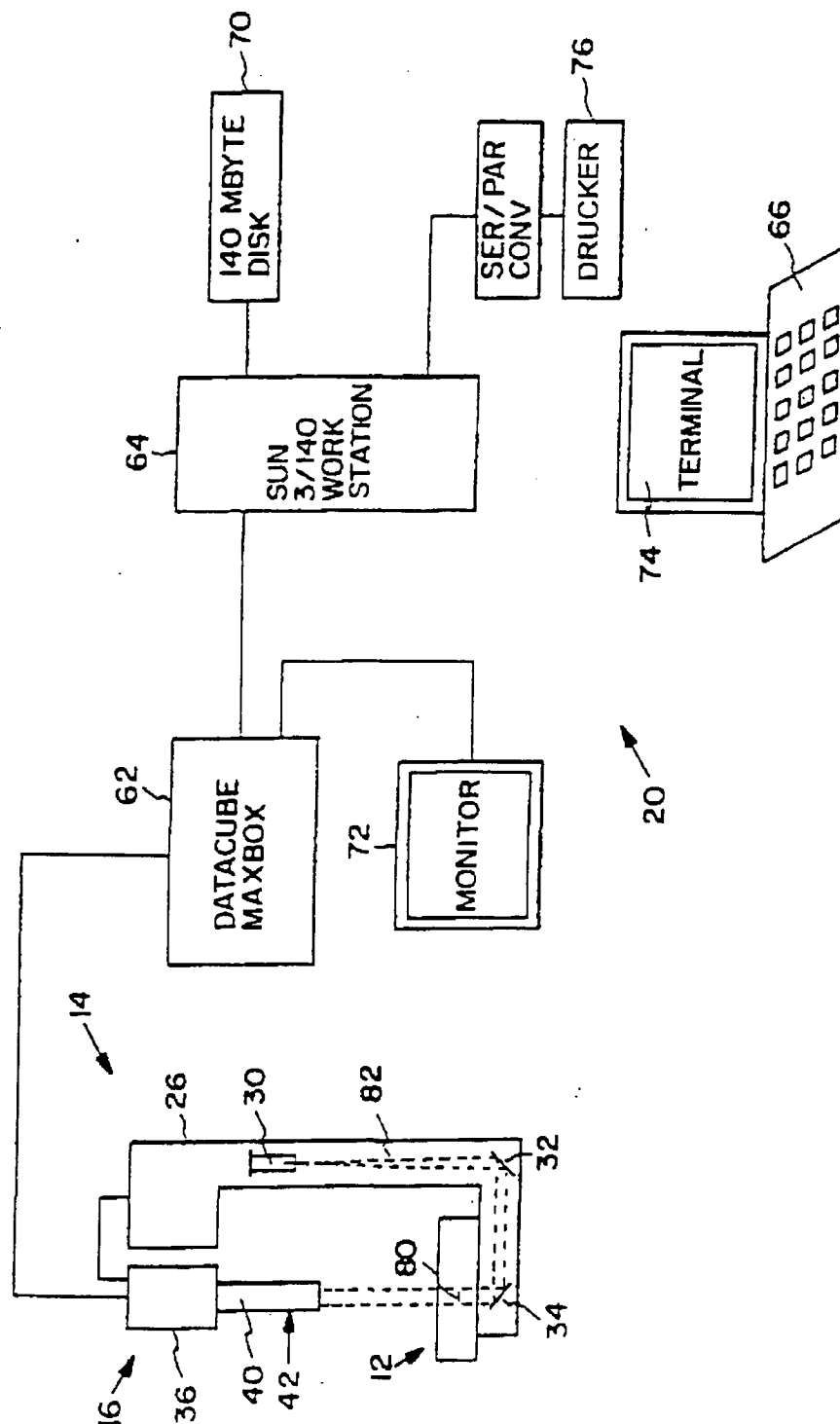


FIG. 2

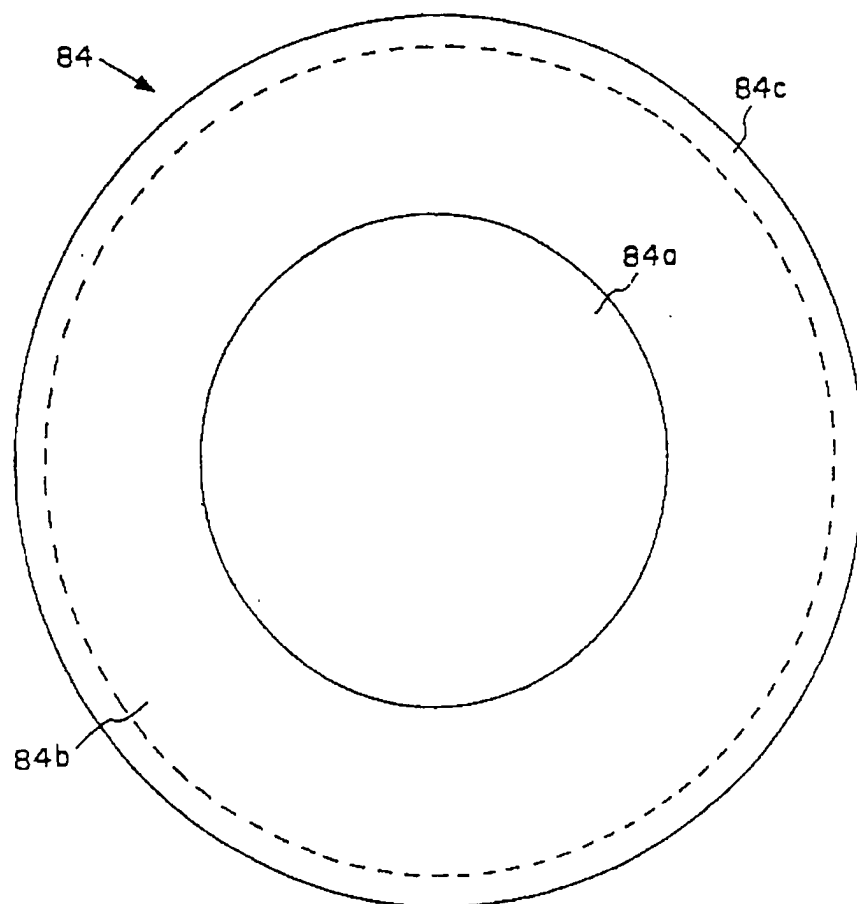


FIG. 3

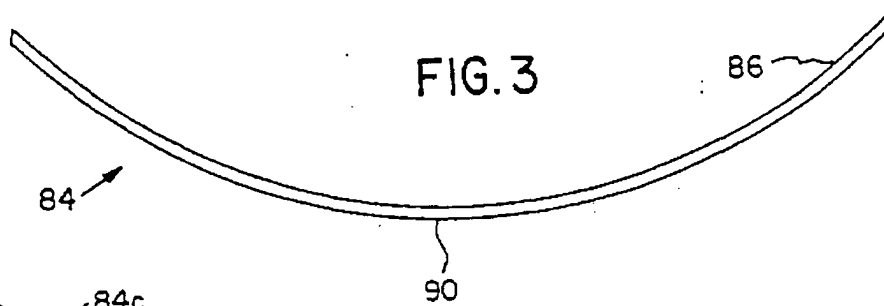


FIG. 3A

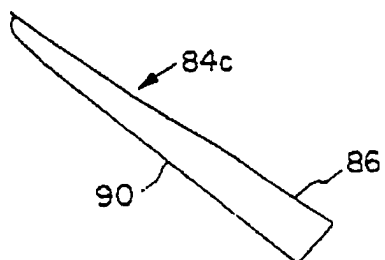


FIG. 4

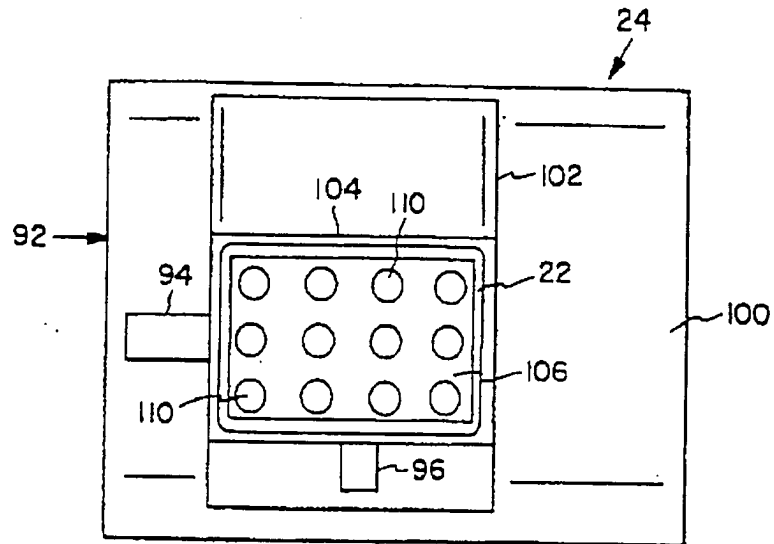


FIG. 5

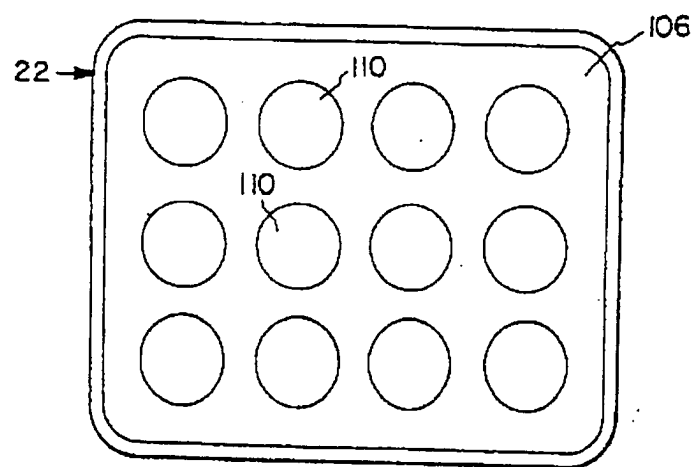


FIG. 6

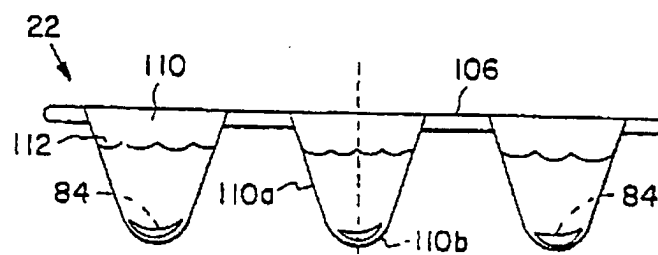


FIG. 7

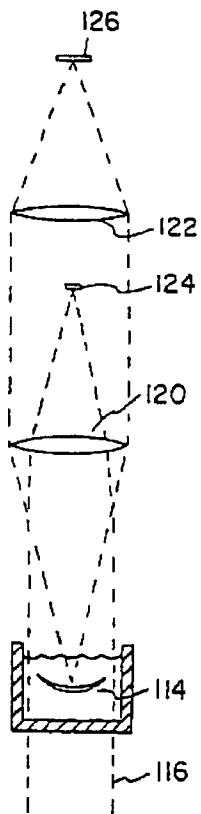


FIG. 8

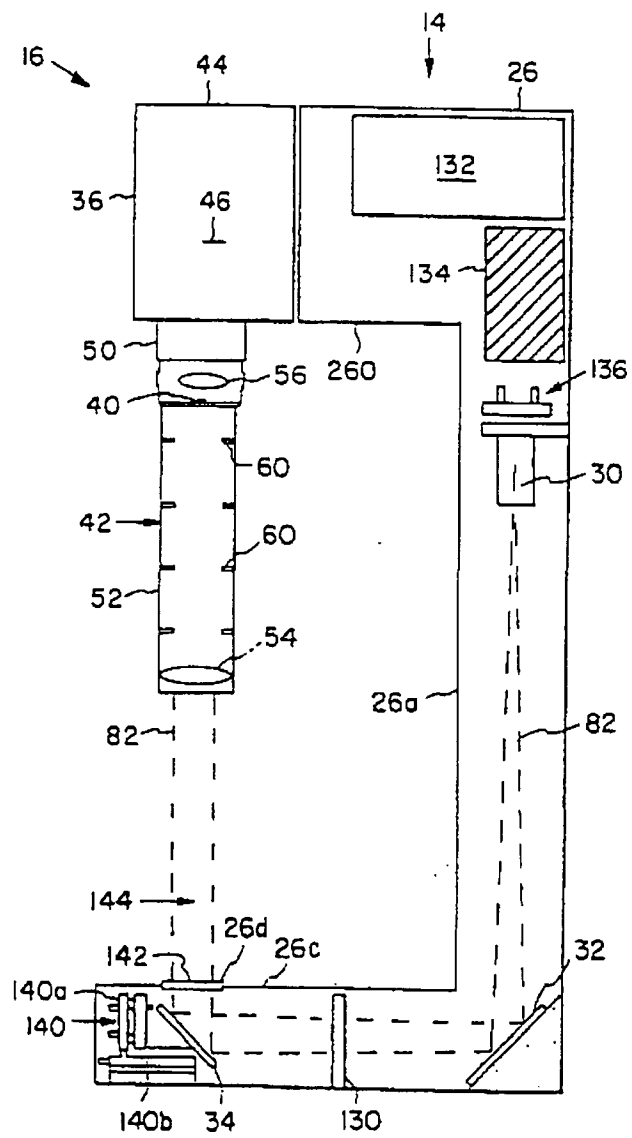


FIG. 9

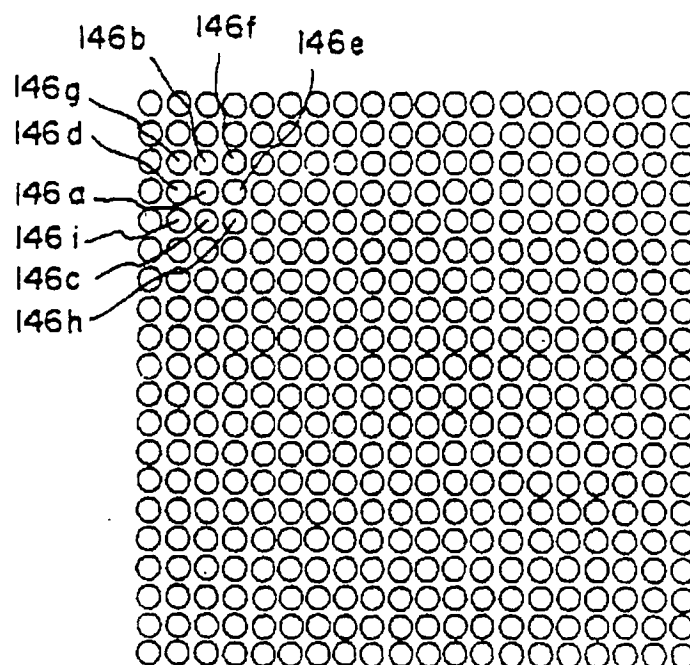
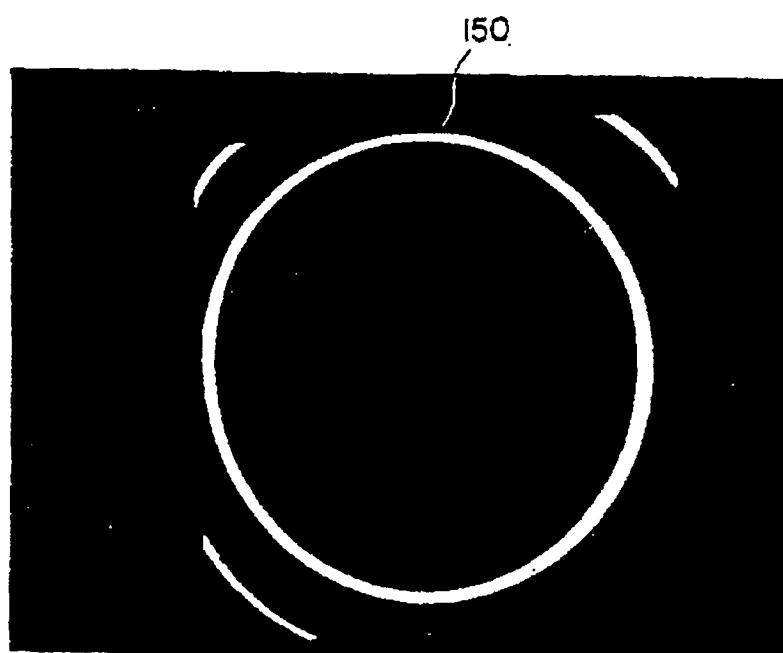


FIG. 10



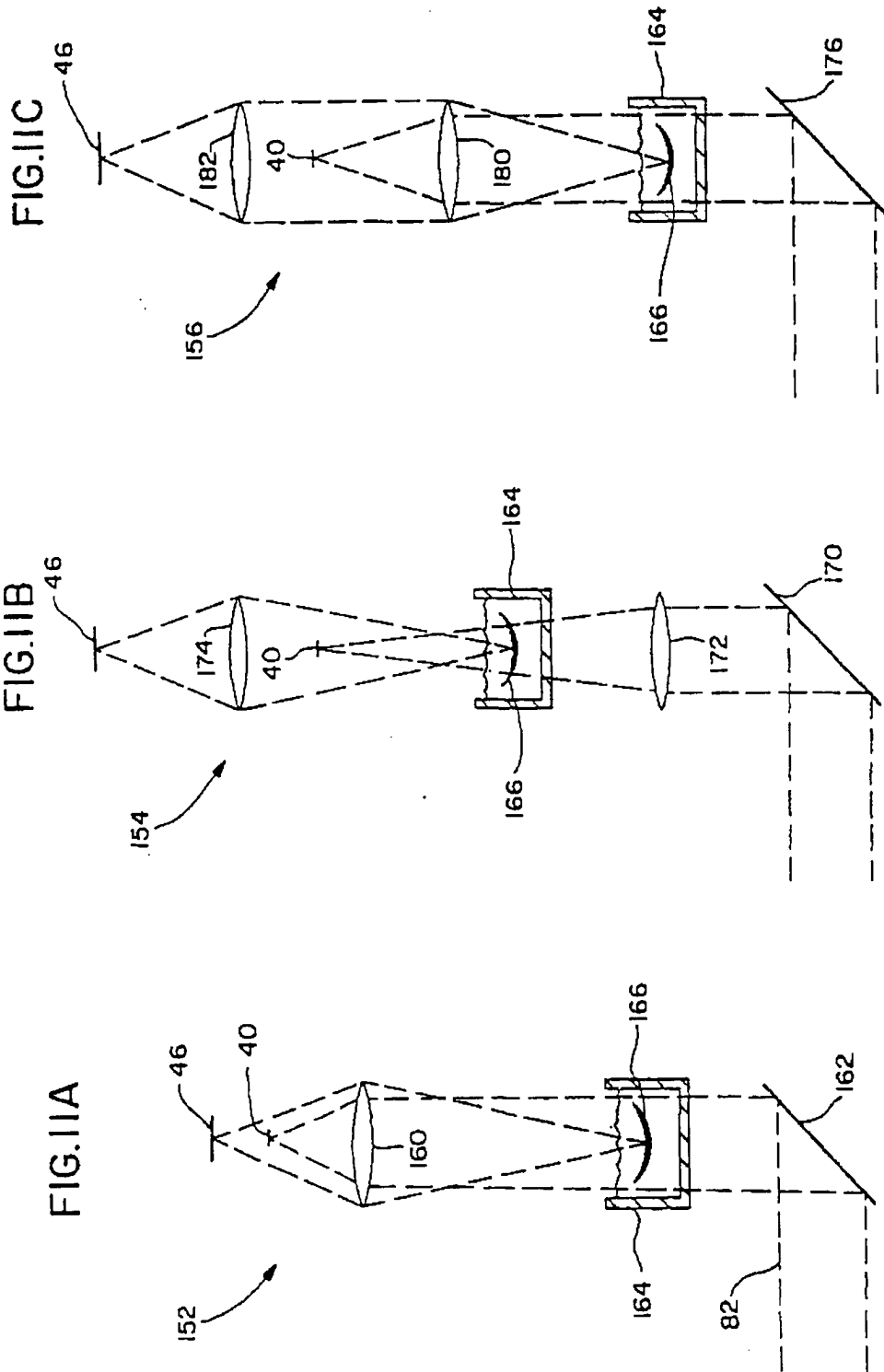


FIG.12A

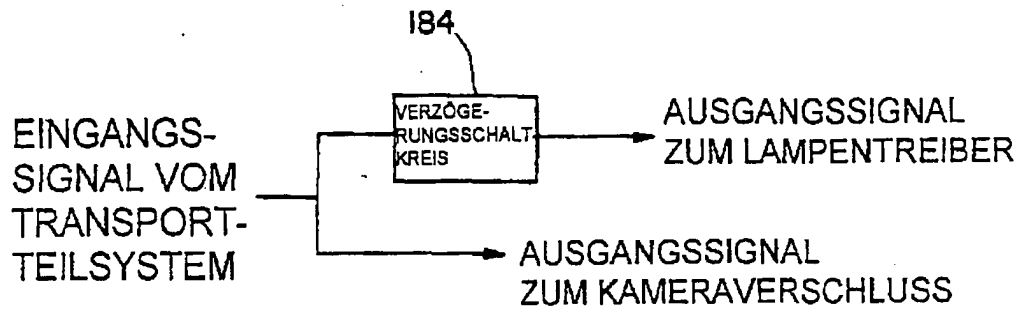


FIG.12B

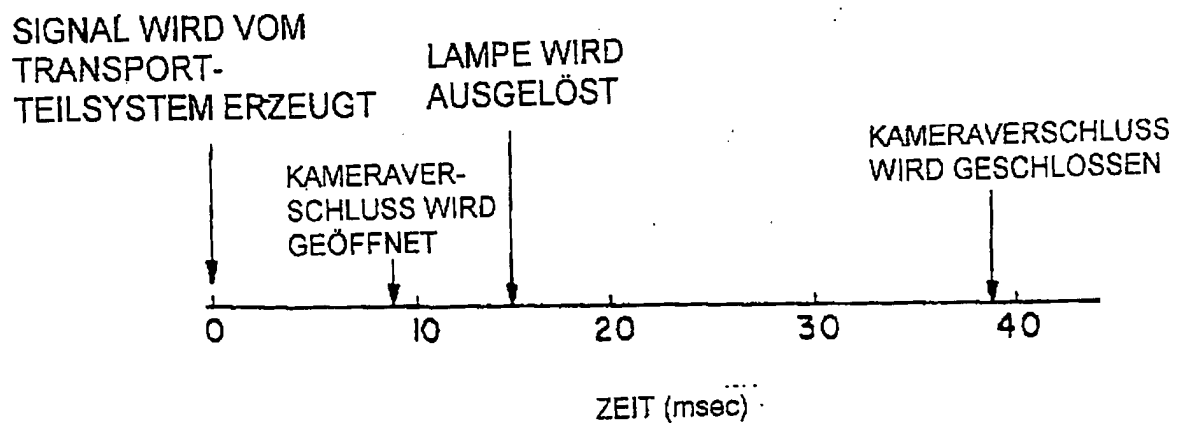


FIG.13

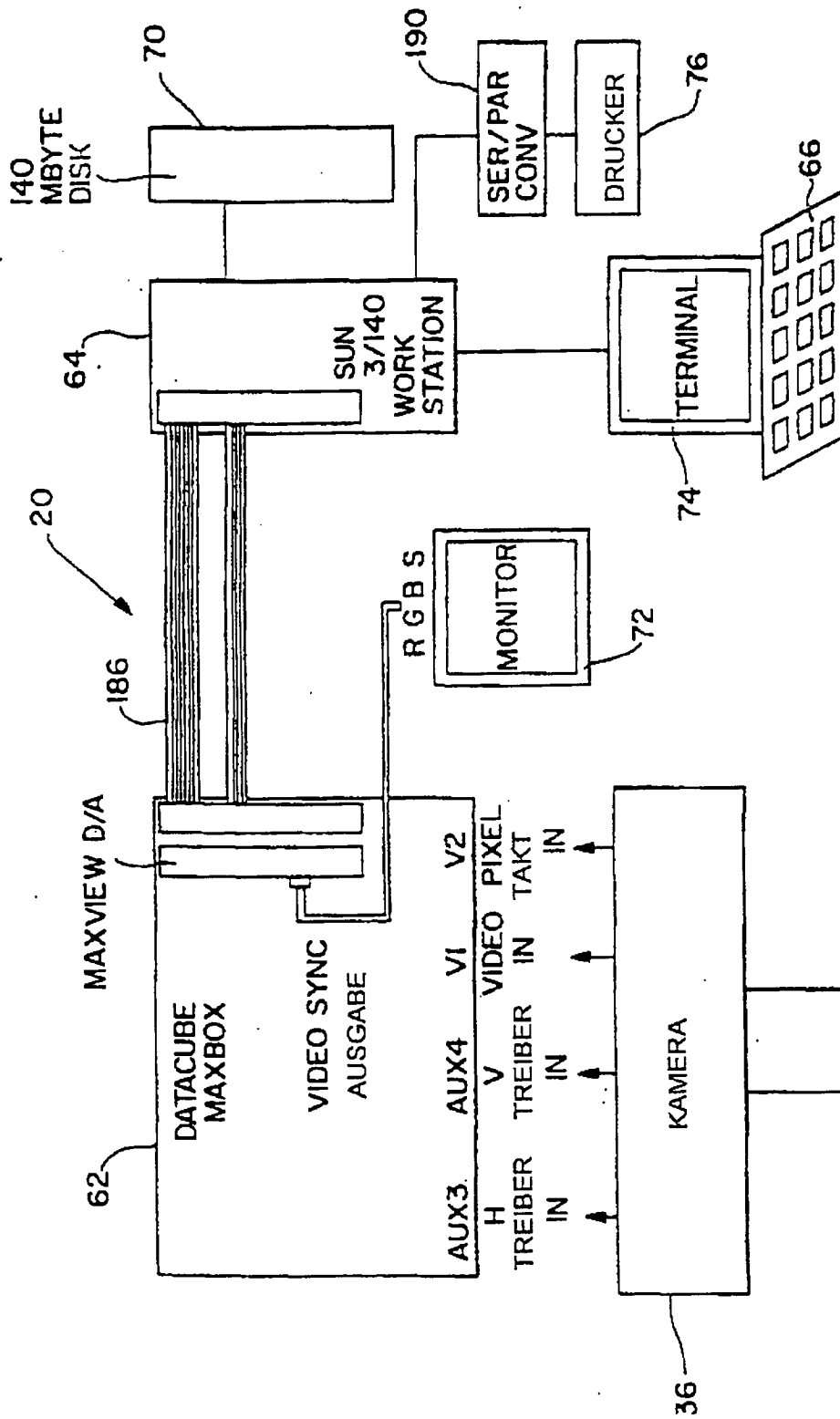


FIG.14

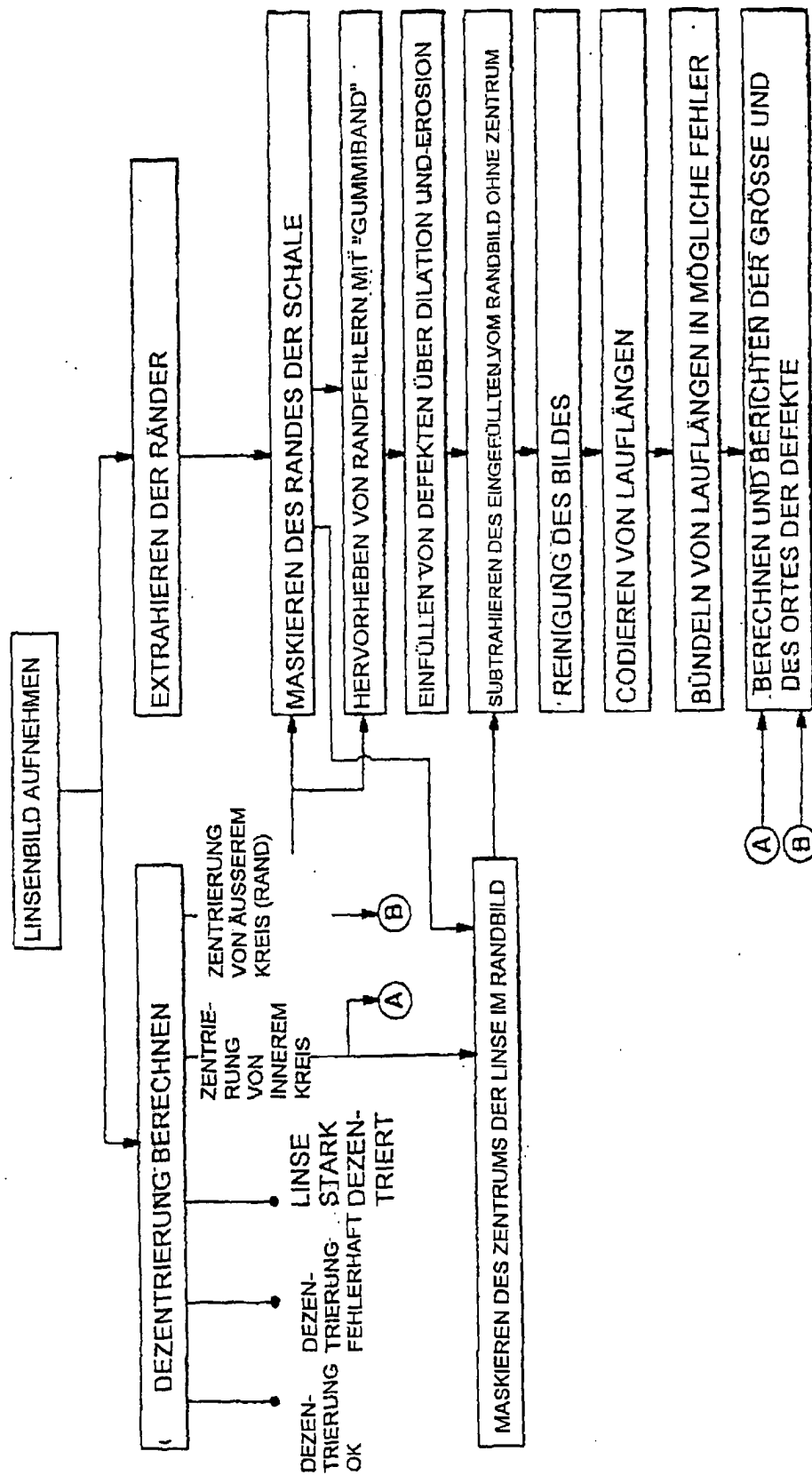


FIG. 15

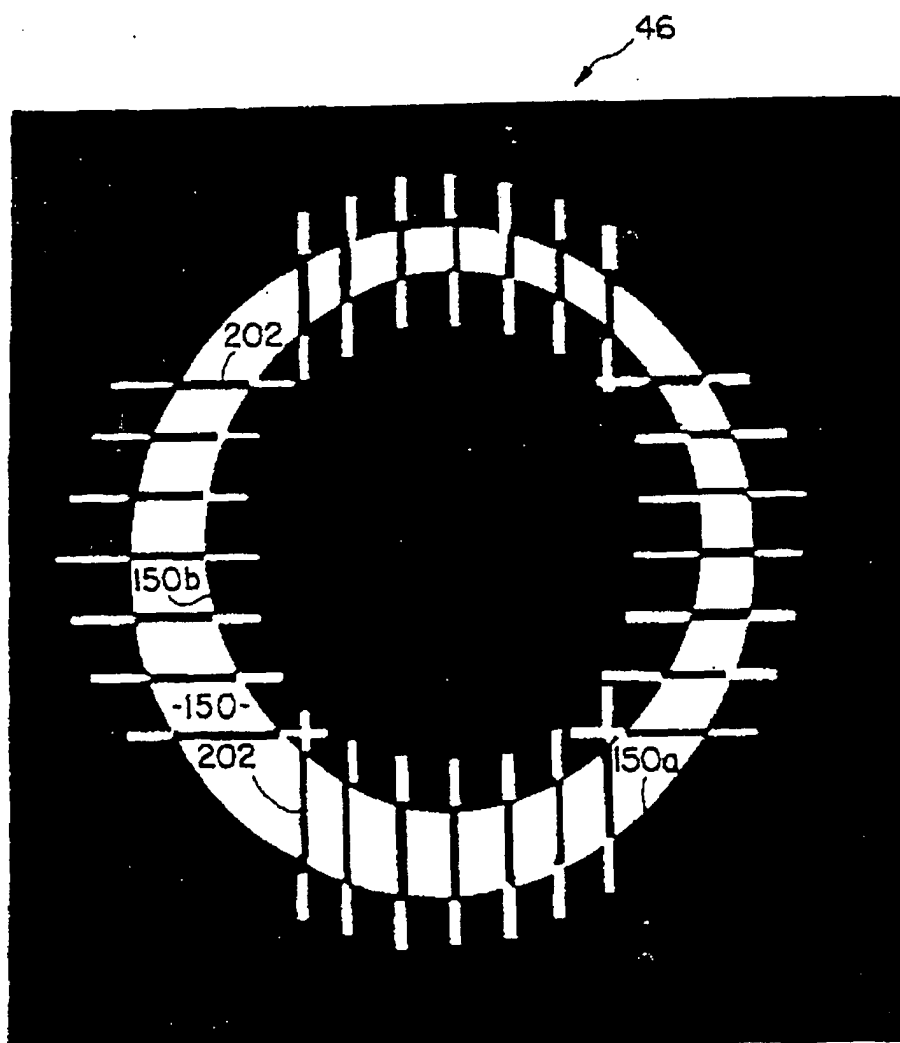


FIG. 16A

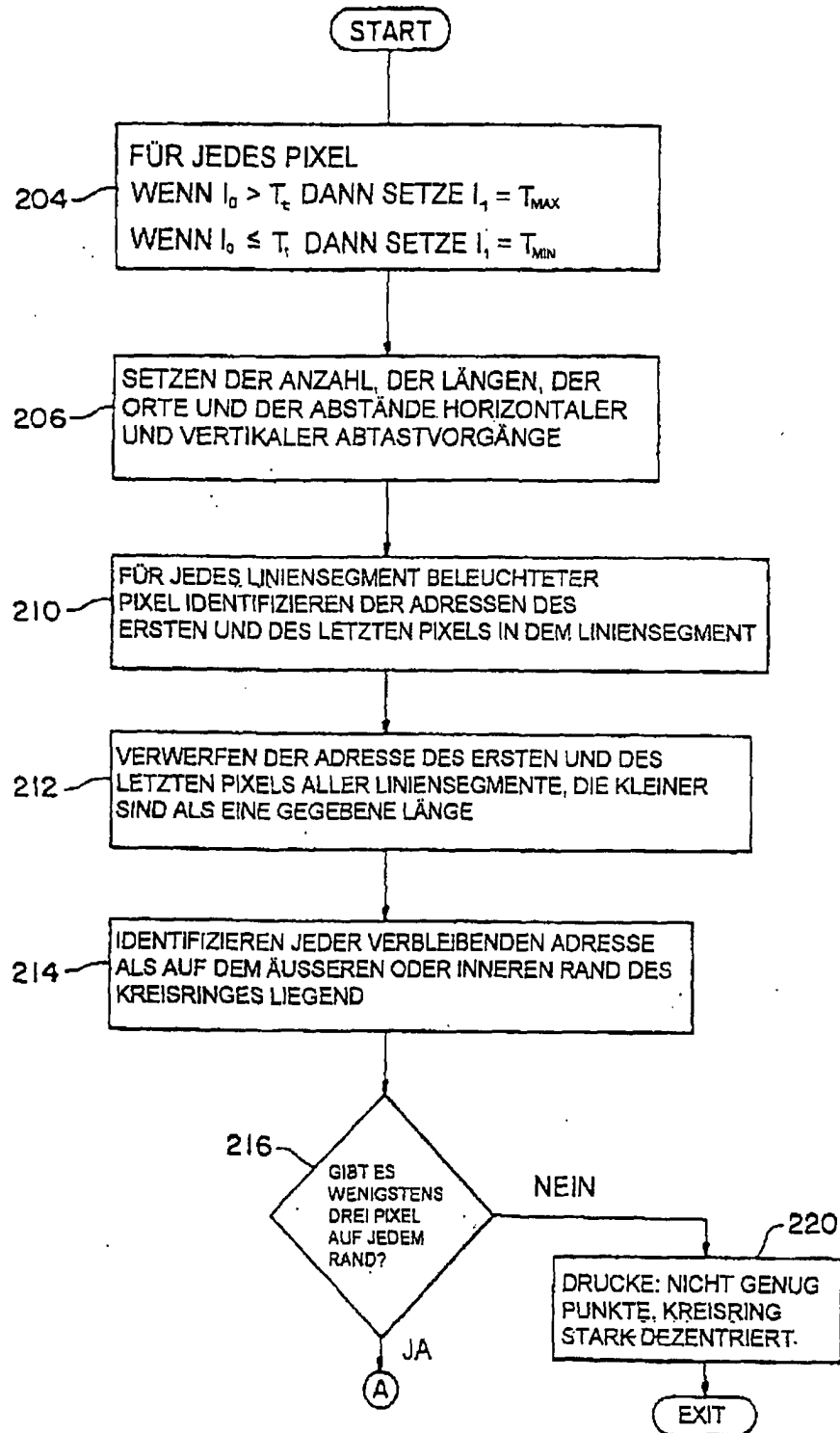


FIG. 16B

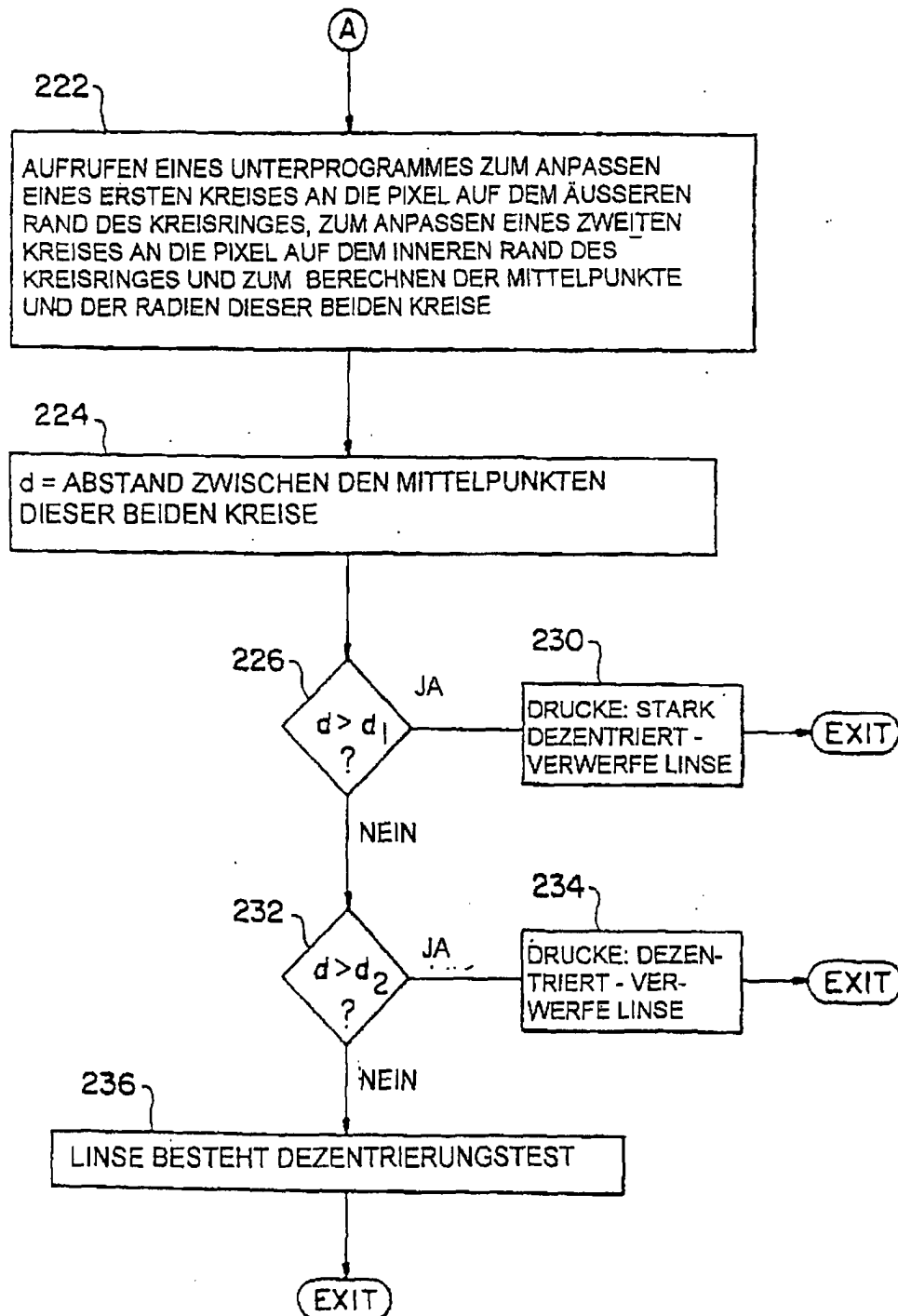


FIG. 17A

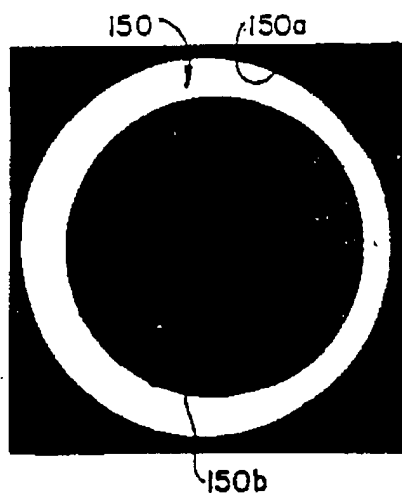


FIG. 17B

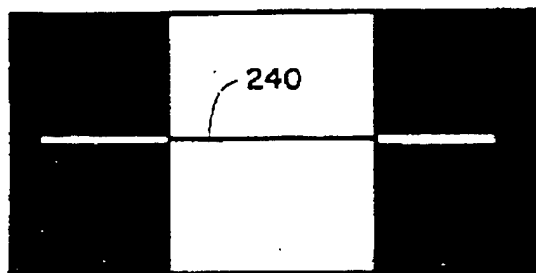


FIG. 17C



FIG. 17D

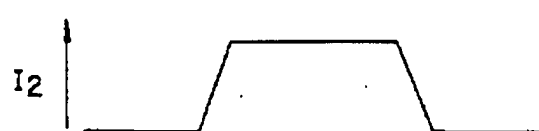


FIG. 17E

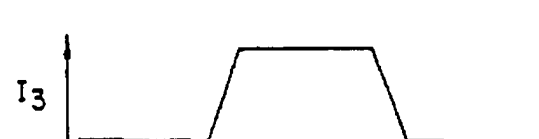


FIG.17F



FIG.17G

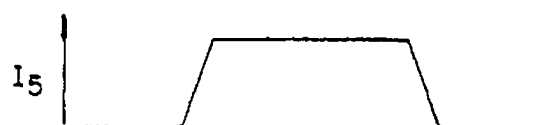


FIG.17H



FIG.17I



FIG.17J

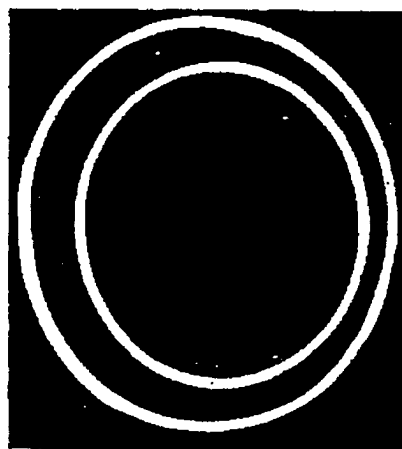


FIG. 18

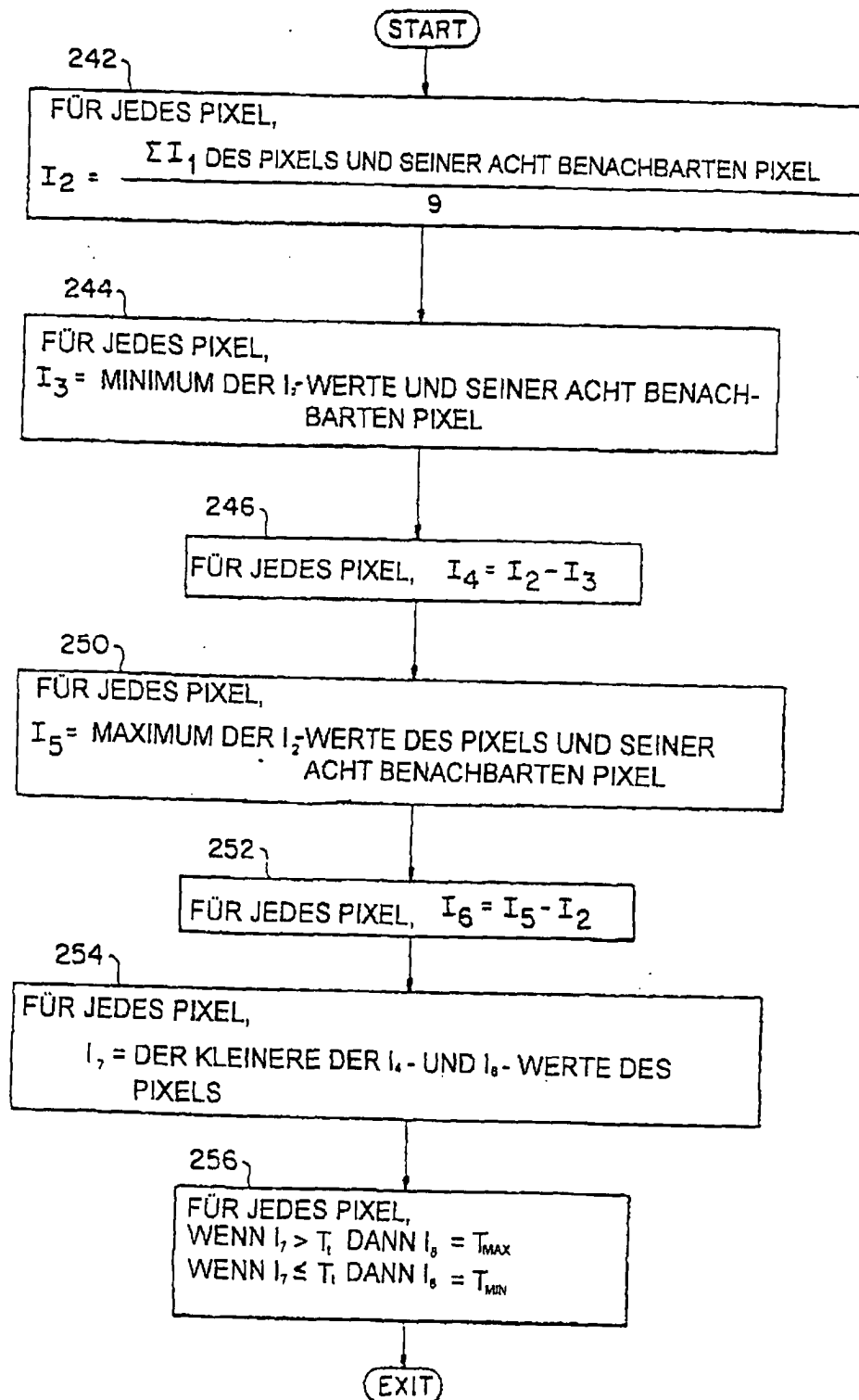


FIG. 19A

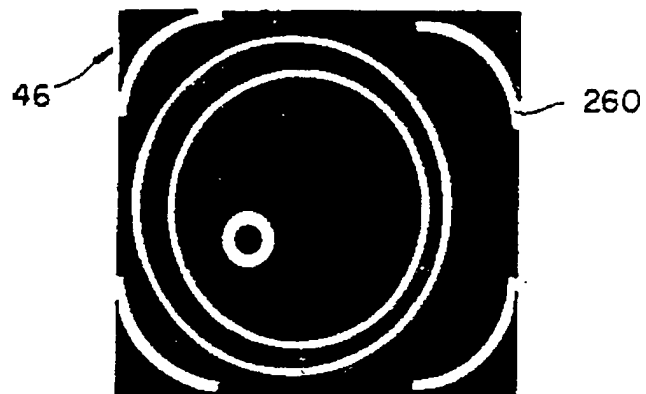


FIG. 19B

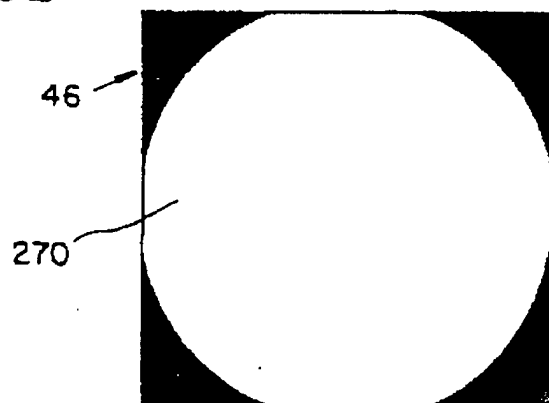


FIG. 19C

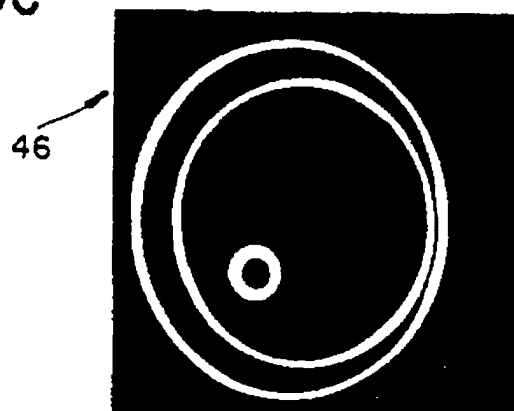


FIG. 20

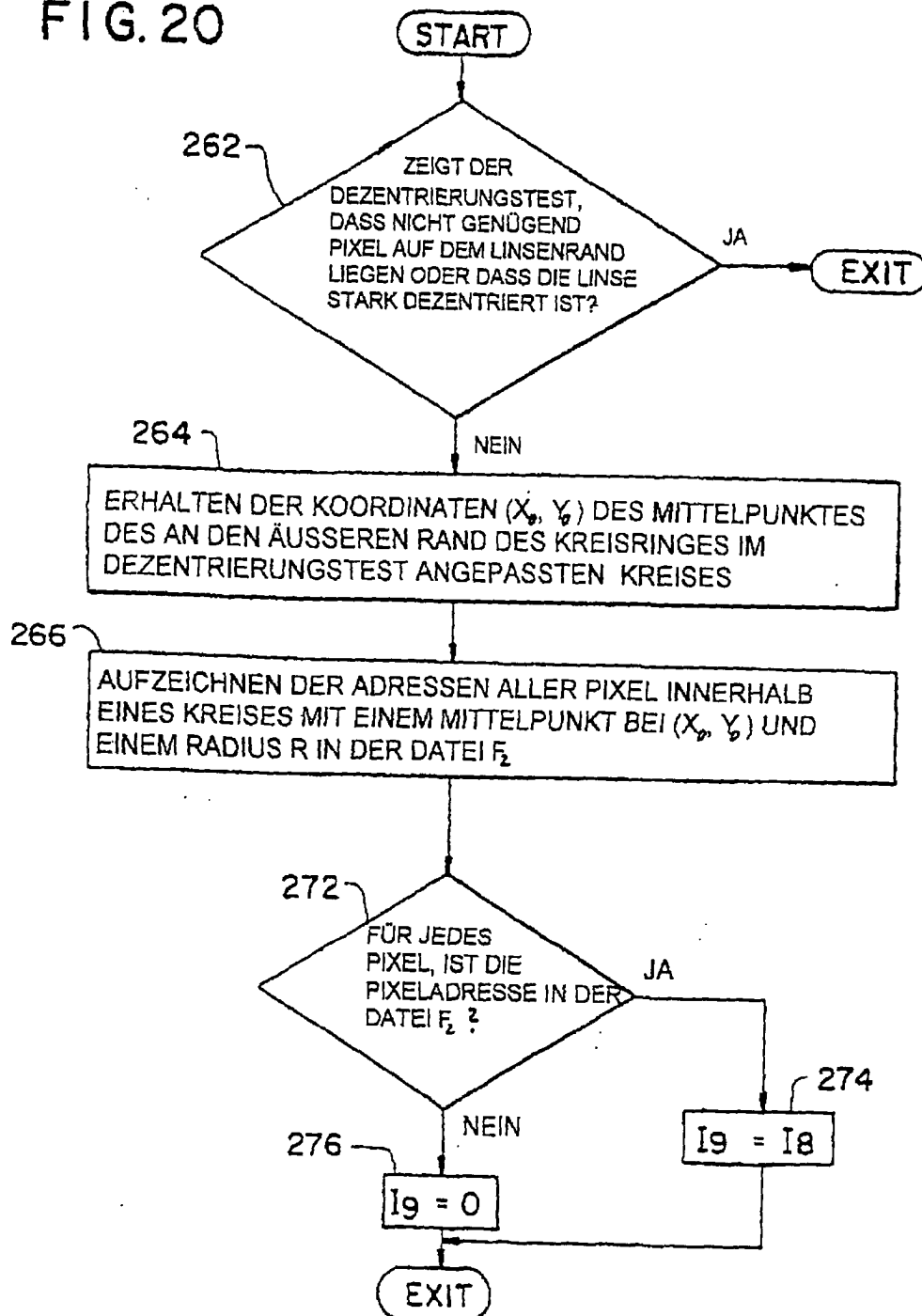


FIG. 21A

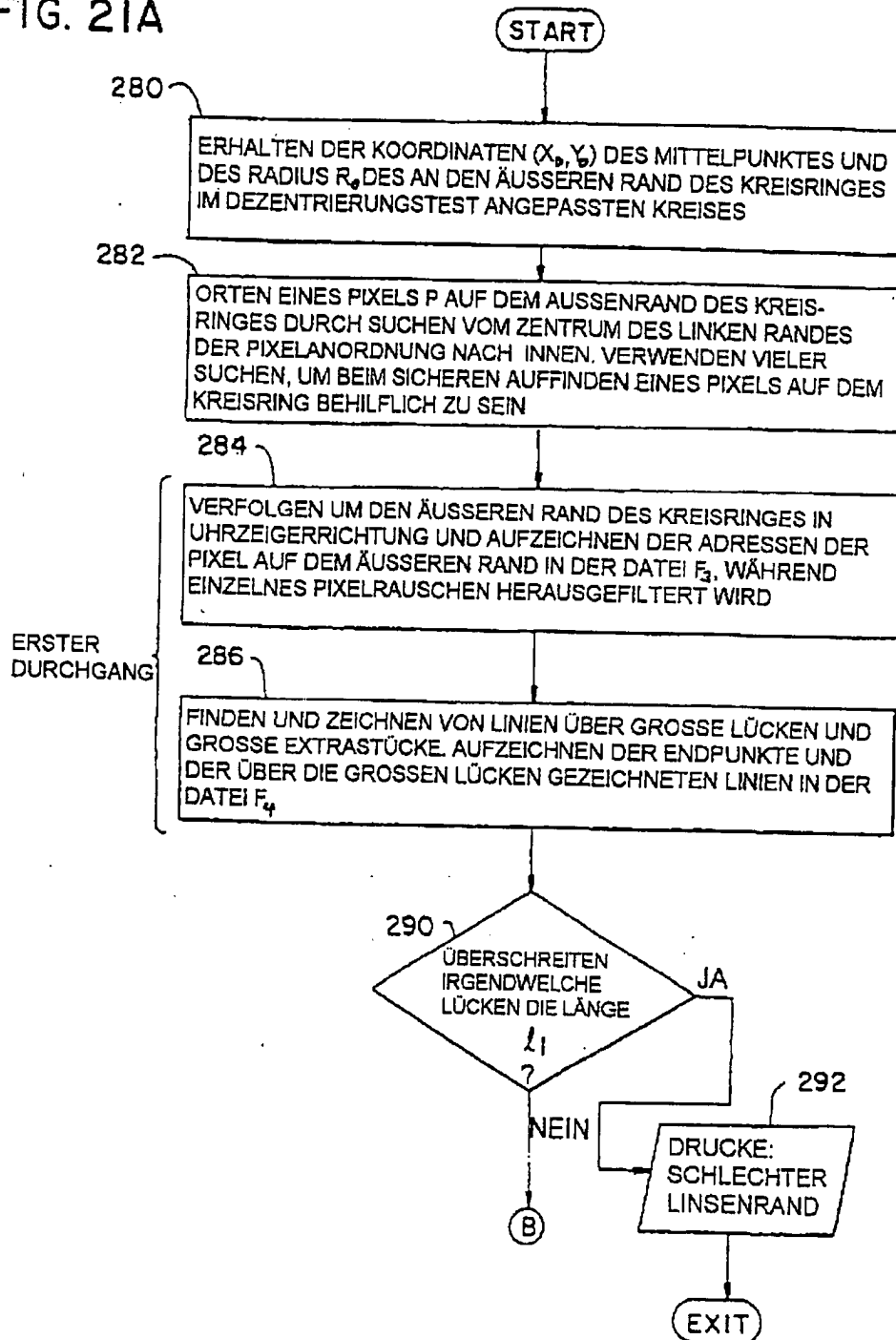


FIG.2IB

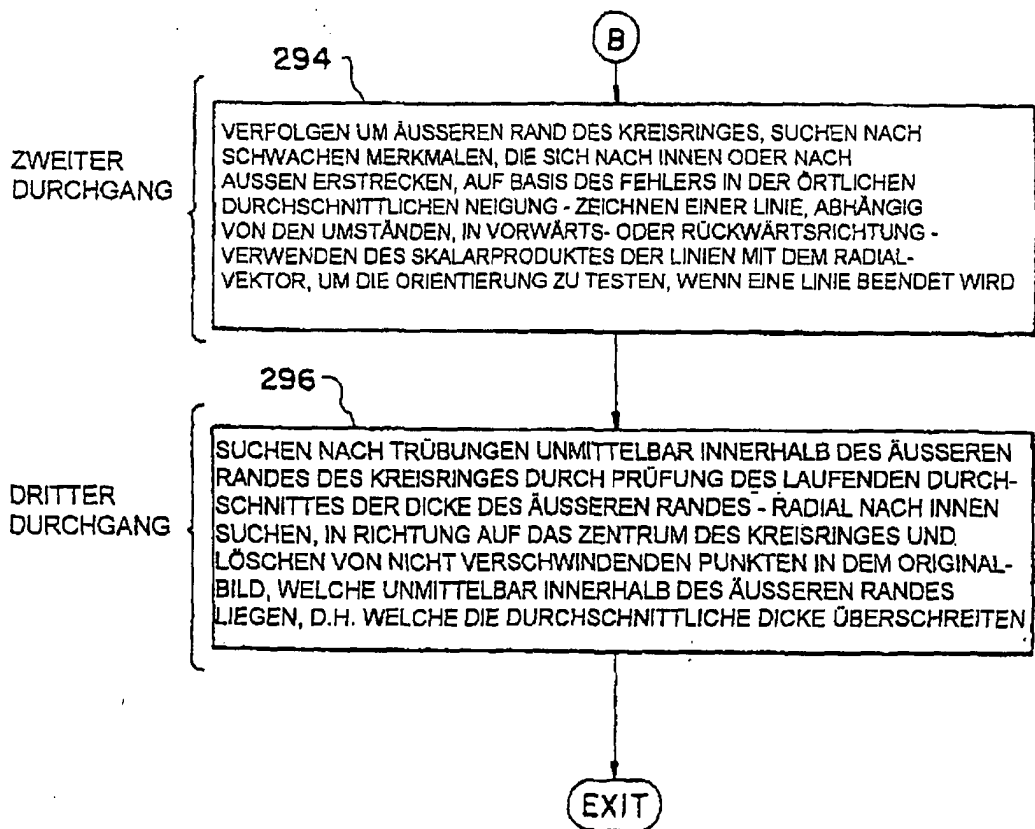


FIG. 22

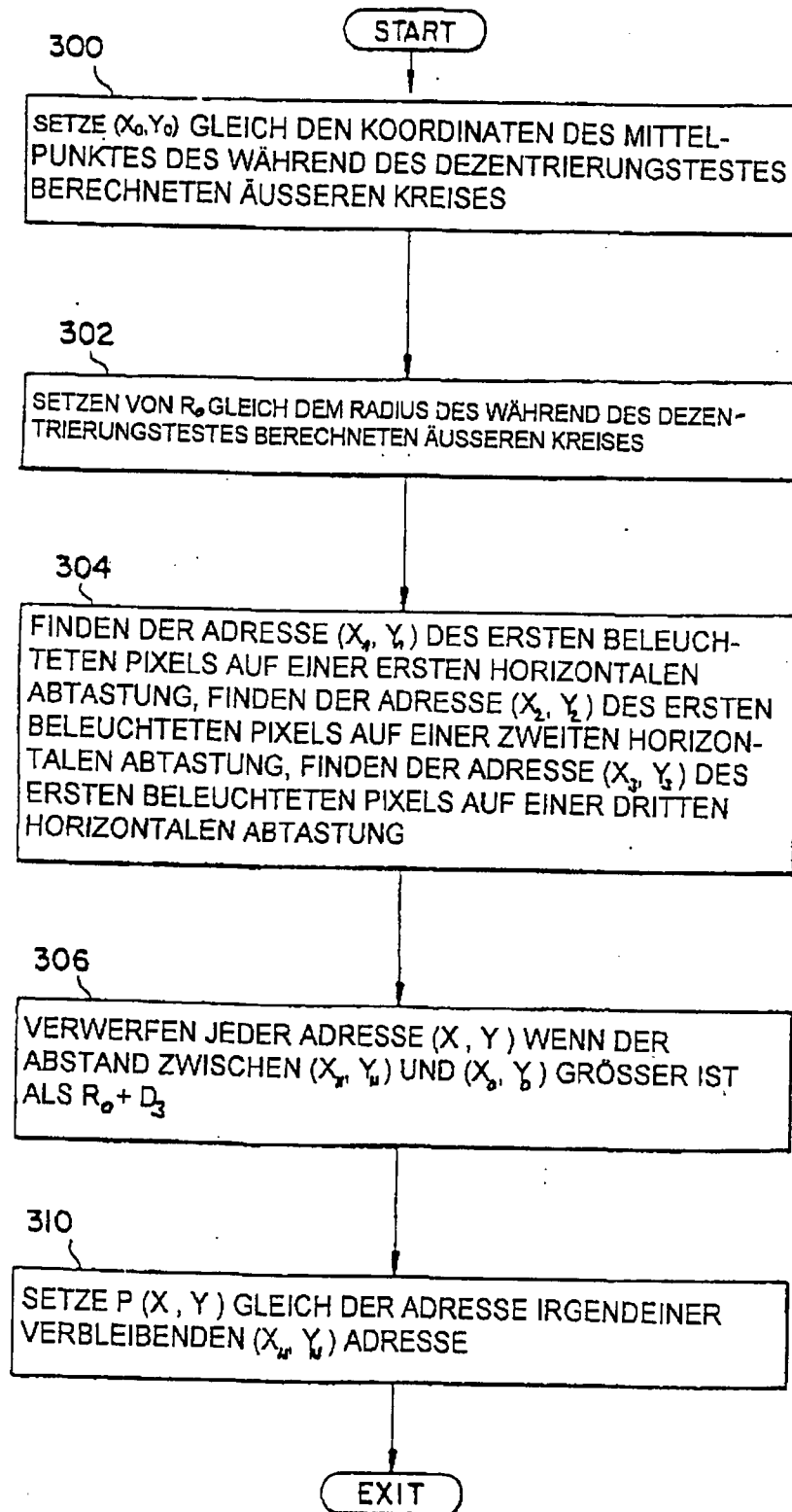


FIG. 23

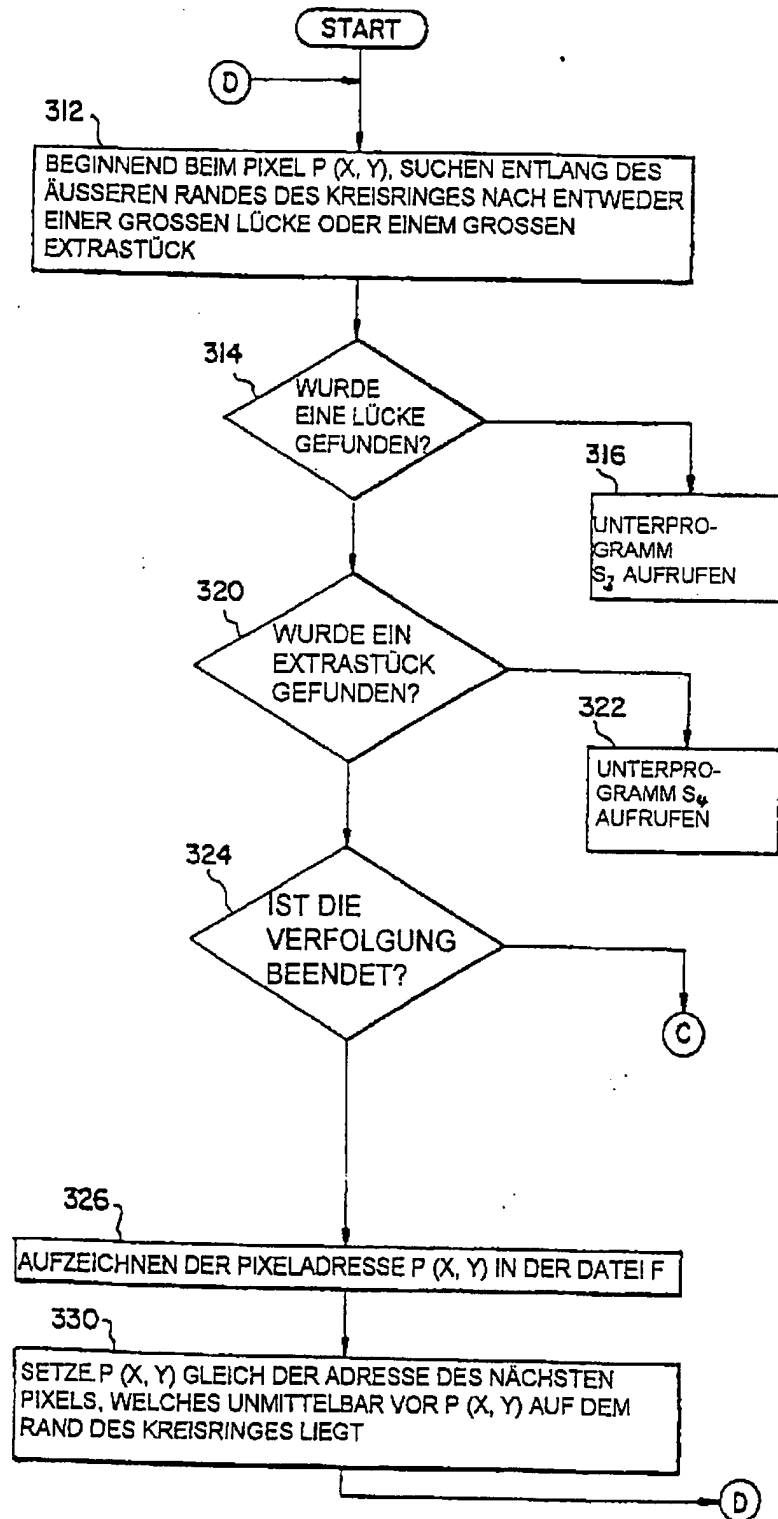


FIG. 24

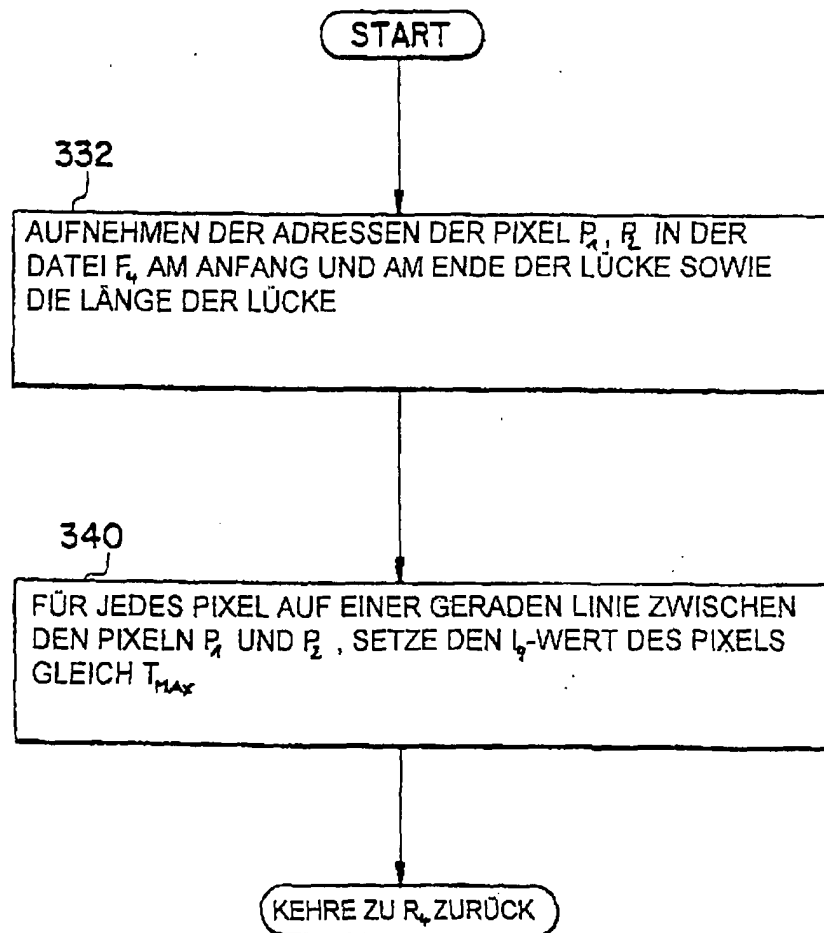


FIG.25A

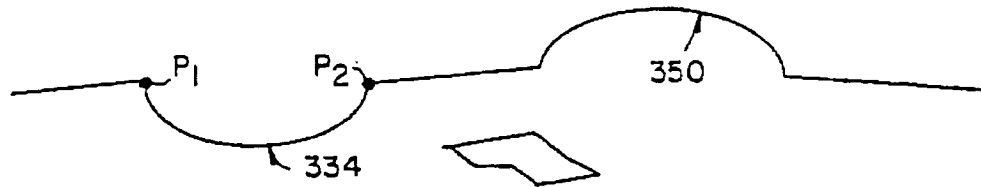


FIG.25B

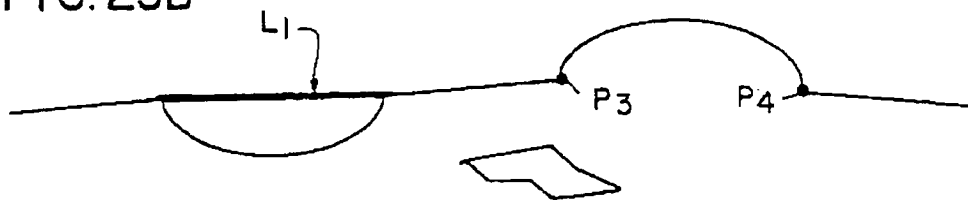


FIG.25C

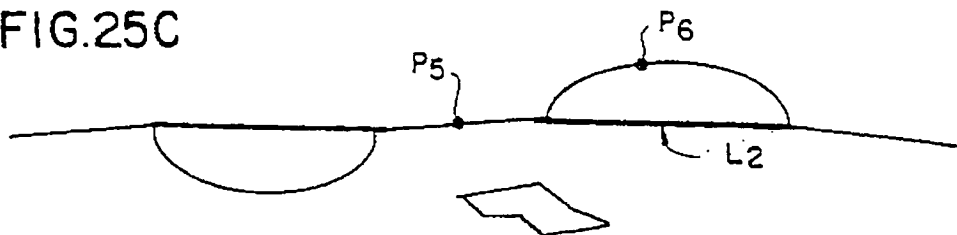


FIG.25D

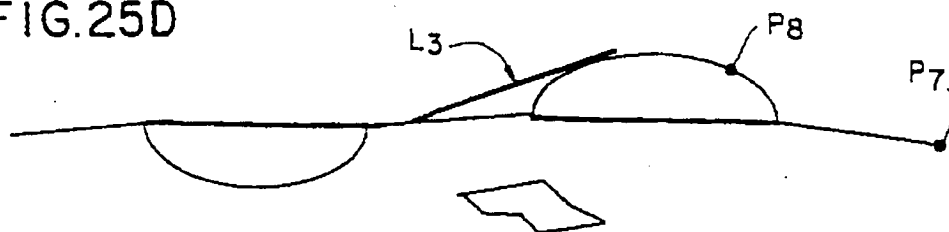


FIG.25E



FIG.26

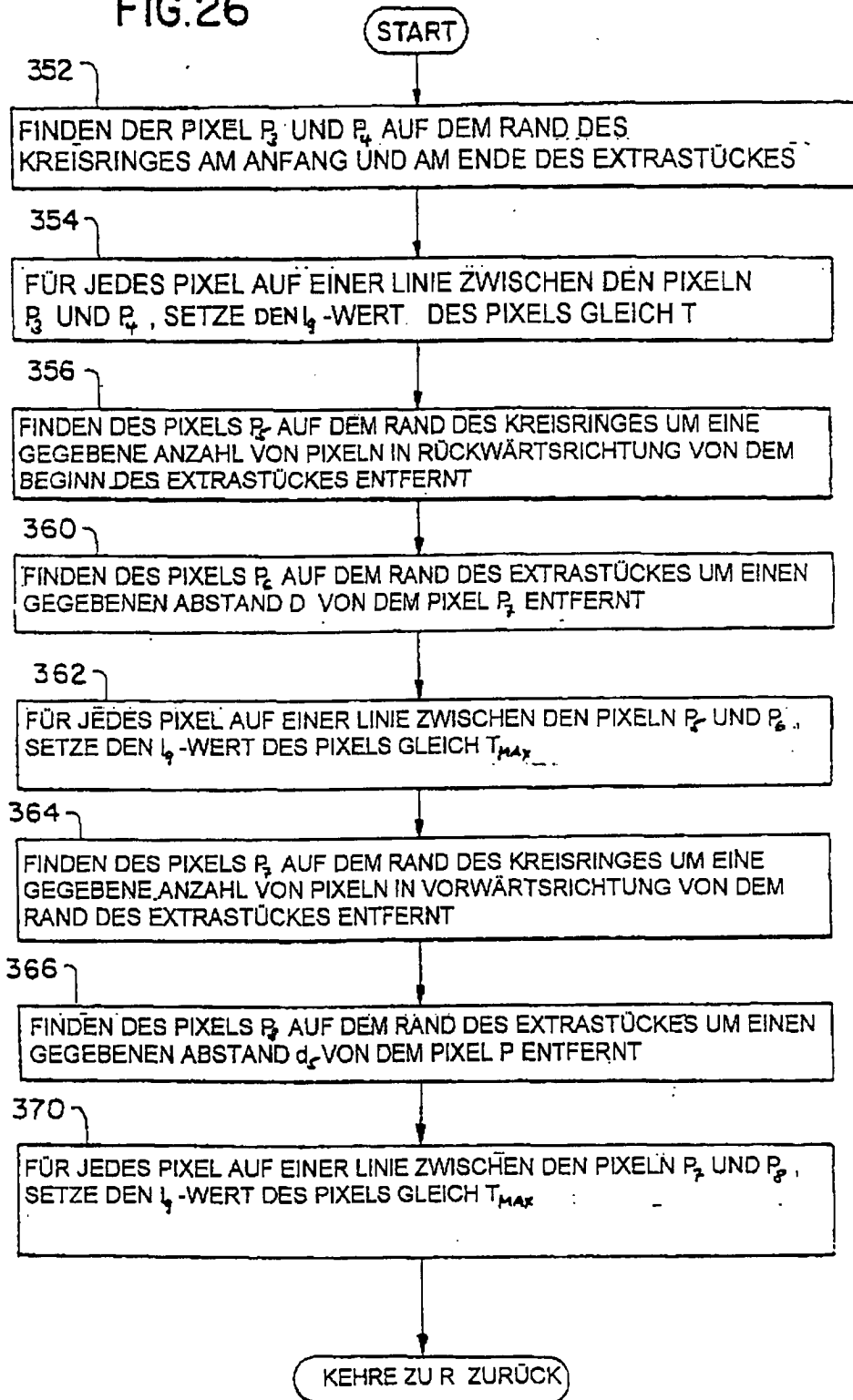


FIG.27

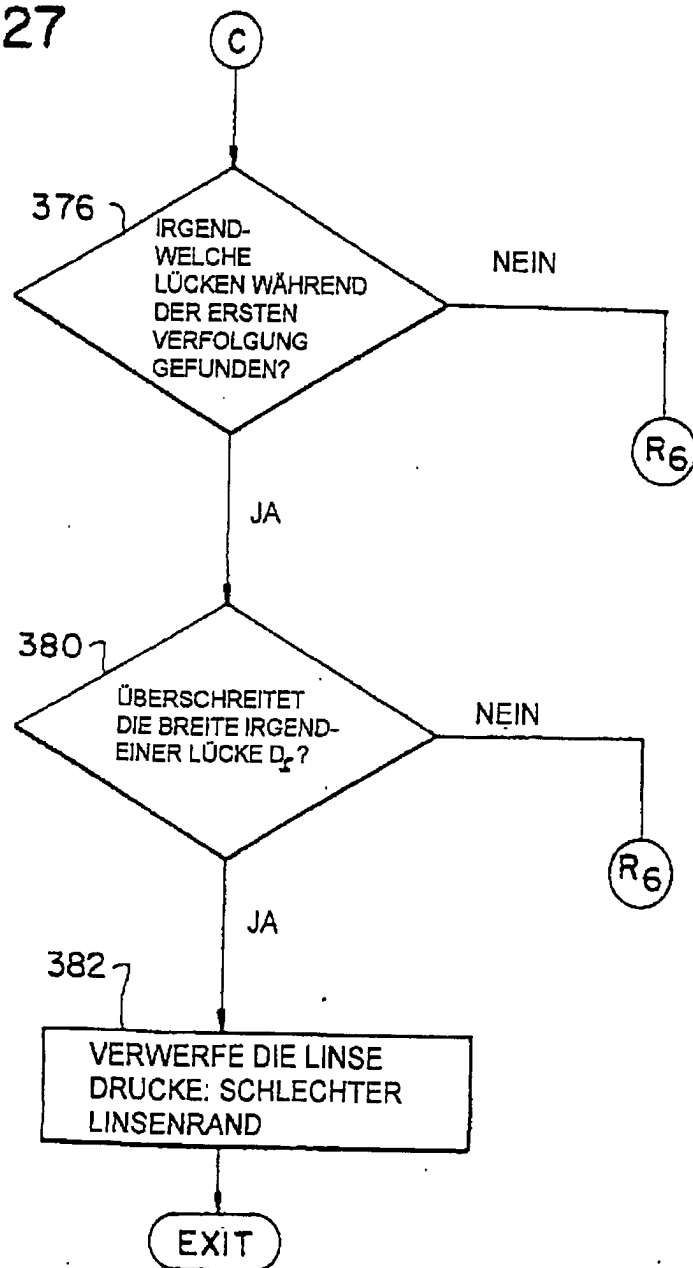


FIG. 28

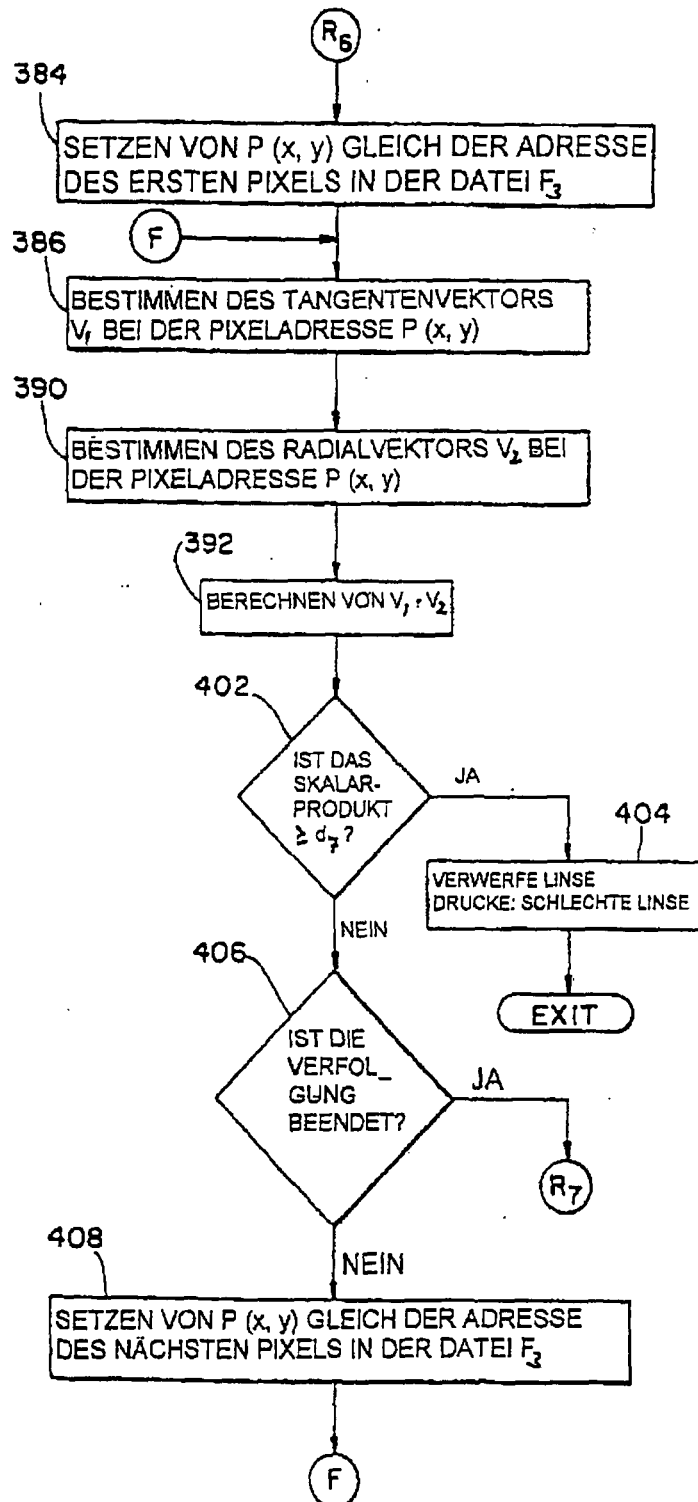


FIG.29

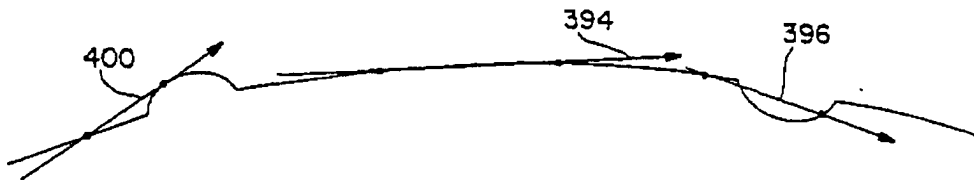


FIG.31

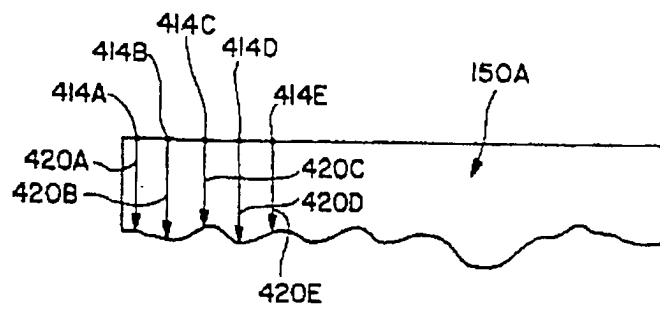


FIG.32

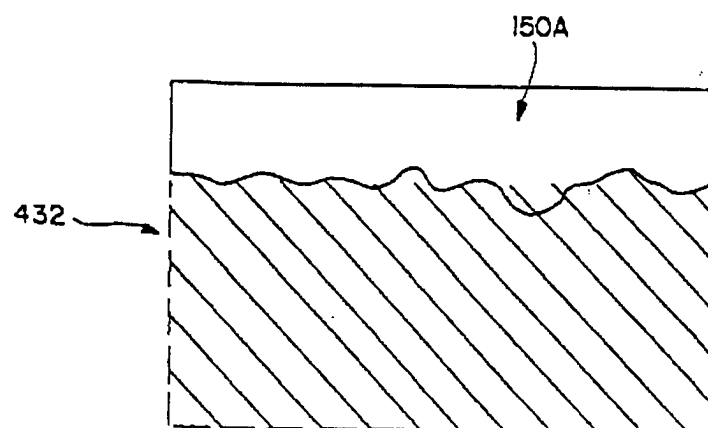


FIG. 30

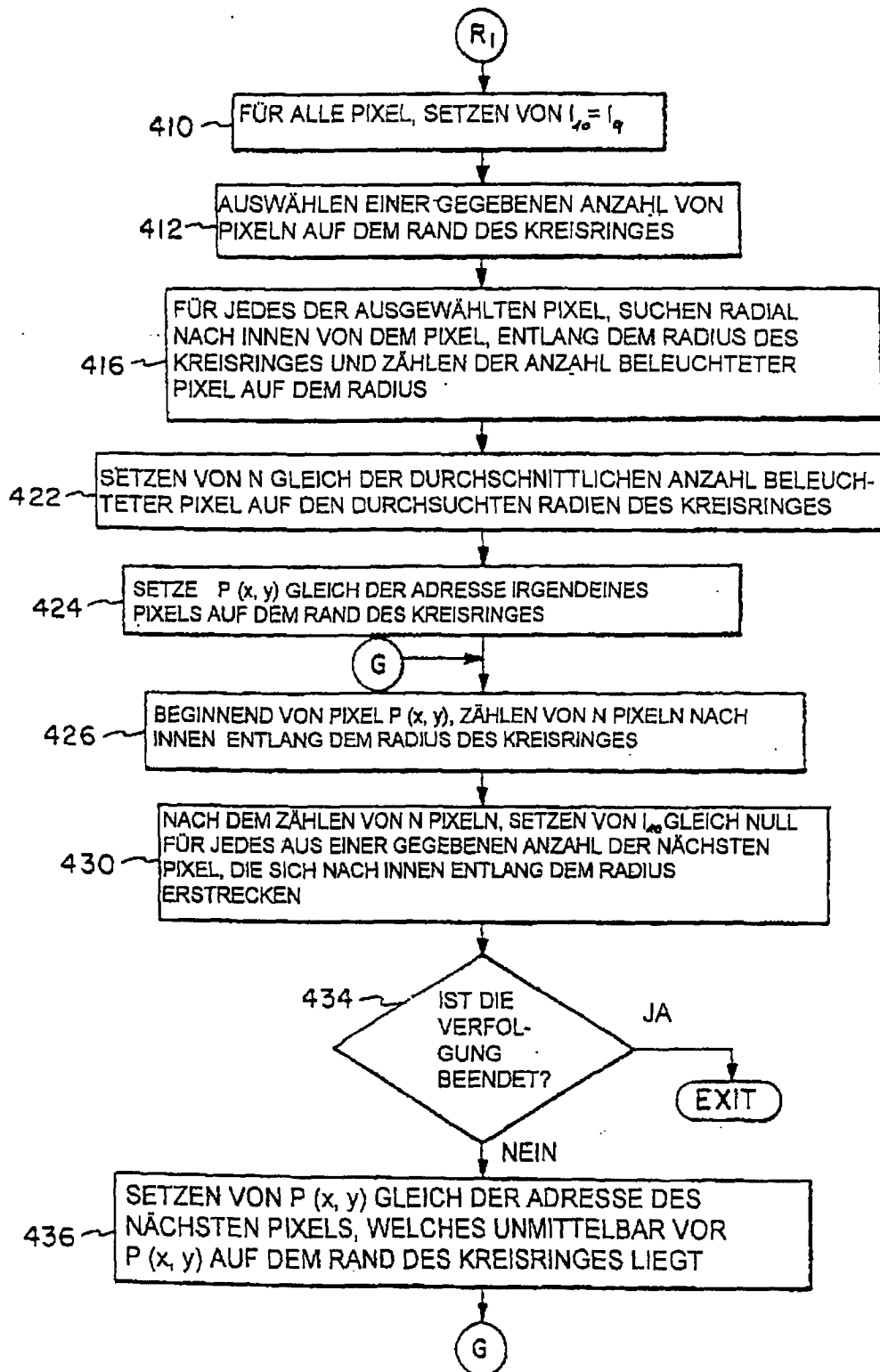


FIG.33

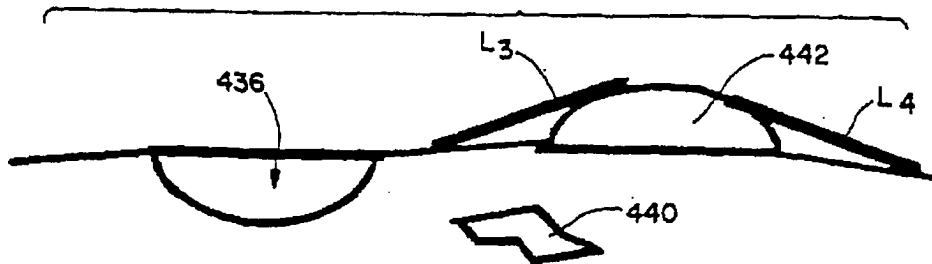


FIG.35

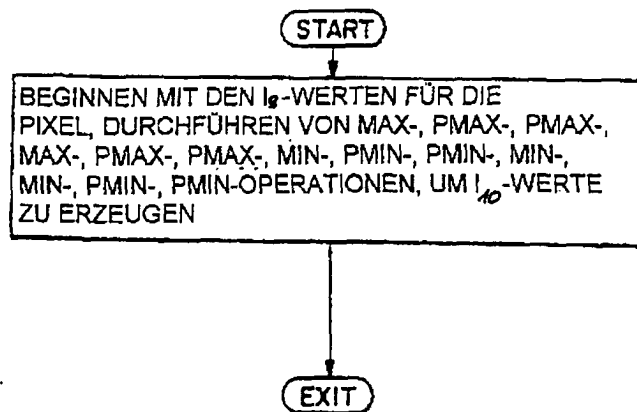


FIG.36

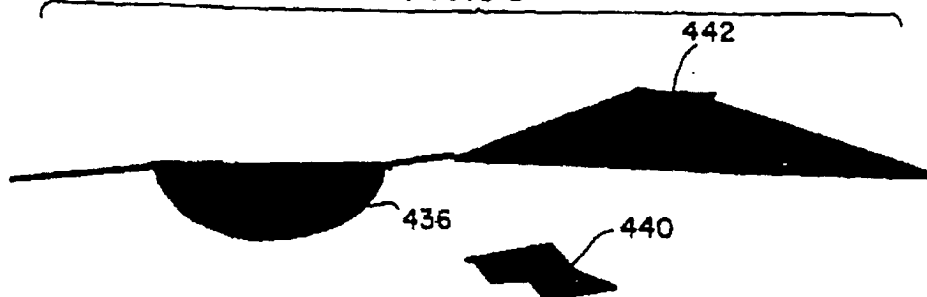


FIG.34A

7	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0
4	0	7	7	7	7	0	0
3	7	7	7	7	7	0	0
2	7	7	7	7	0	0	0
1	7	7	7	0	0	0	0
	1	2	3	4	5	6	7

FIG.34B

MAX

7	0	0	0	0	0	0	0
6	0	7	7	7	7	0	0
5	7	7	7	7	7	7	0
4	7	7	7	7	7	7	0
3	7	7	7	7	7	7	0
2	7	7	7	7	7	7	0
1	7	7	7	7	7	0	0
	1	2	3	4	5	6	7

FIG.34C

PMAX

7	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	7	7	0	0	0
5	0	7	7	7	7	0	0
4	7	7	7	7	7	7	0
3	7	7	7	7	7	7	0
2	7	7	7	7	7	0	0
1	7	7	7	7	0	0	0
	1	2	3	4	5	6	7

FIG.34D

MIN

7	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	7	0	0	0	0
2	7	7	0	0	0	0	0
1	7	7	0	0	0	0	0
	1	2	3	4	5	6	7

FIG.34E

PMIN

7	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	7	7	0	0	0
3	0	7	7	7	0	0	0
2	7	7	7	0	0	0	0
1	7	7	0	0	0	0	0
	1	2	3	4	5	6	7

FIG.37

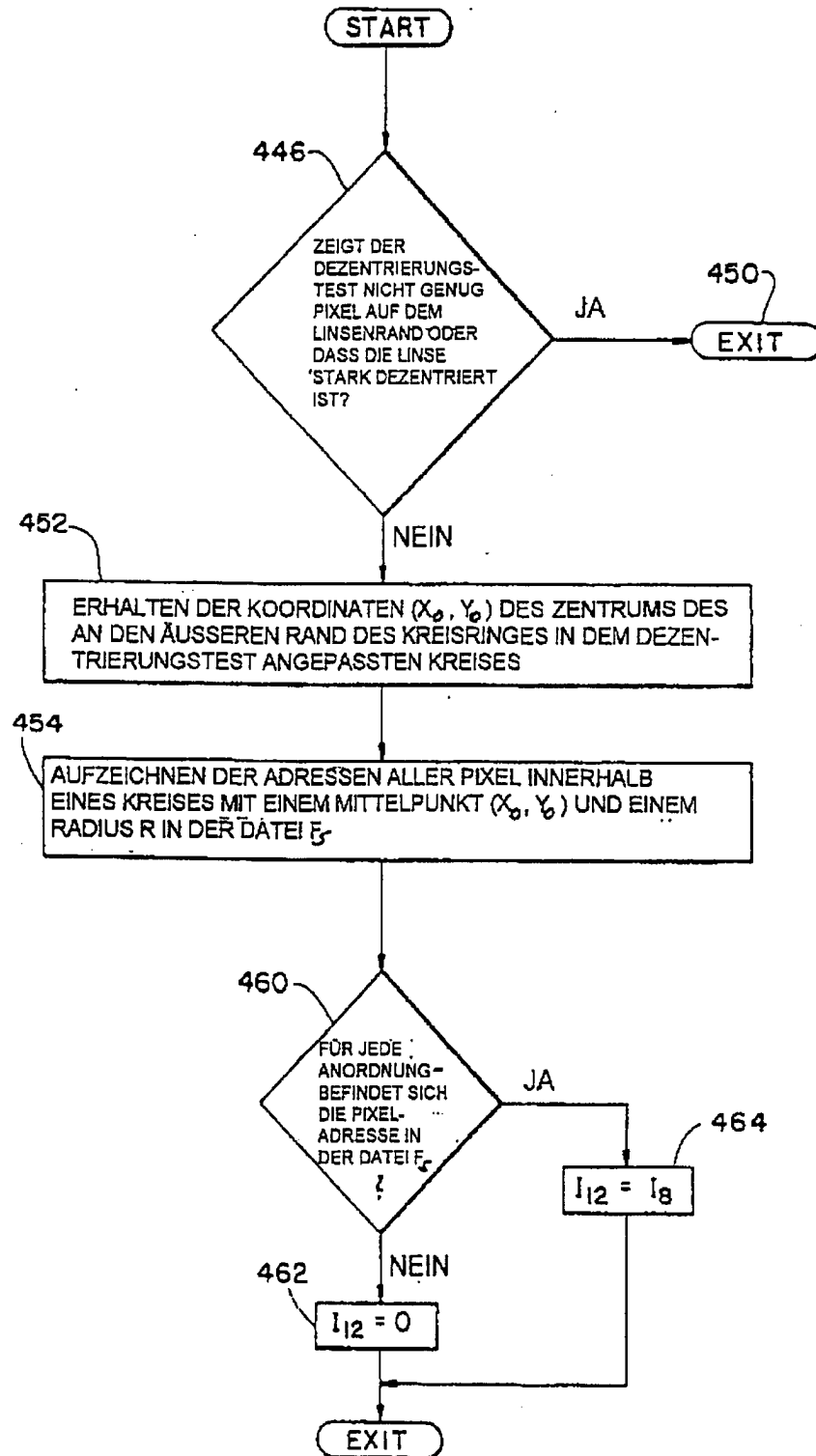


FIG. 38A

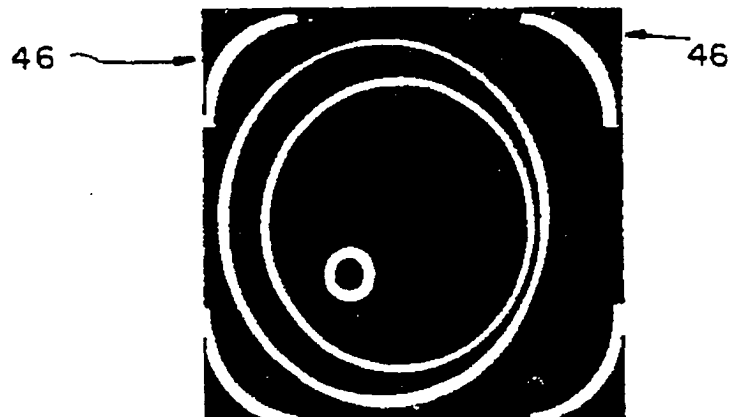


FIG. 38B

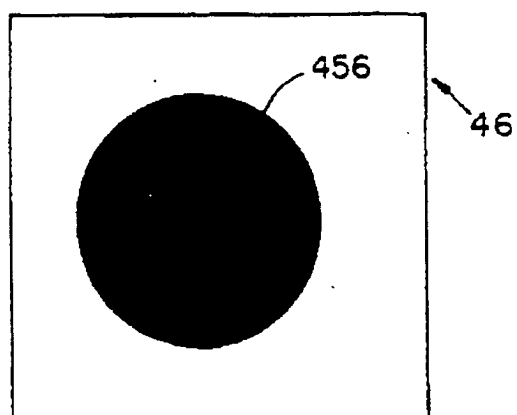


FIG. 38C



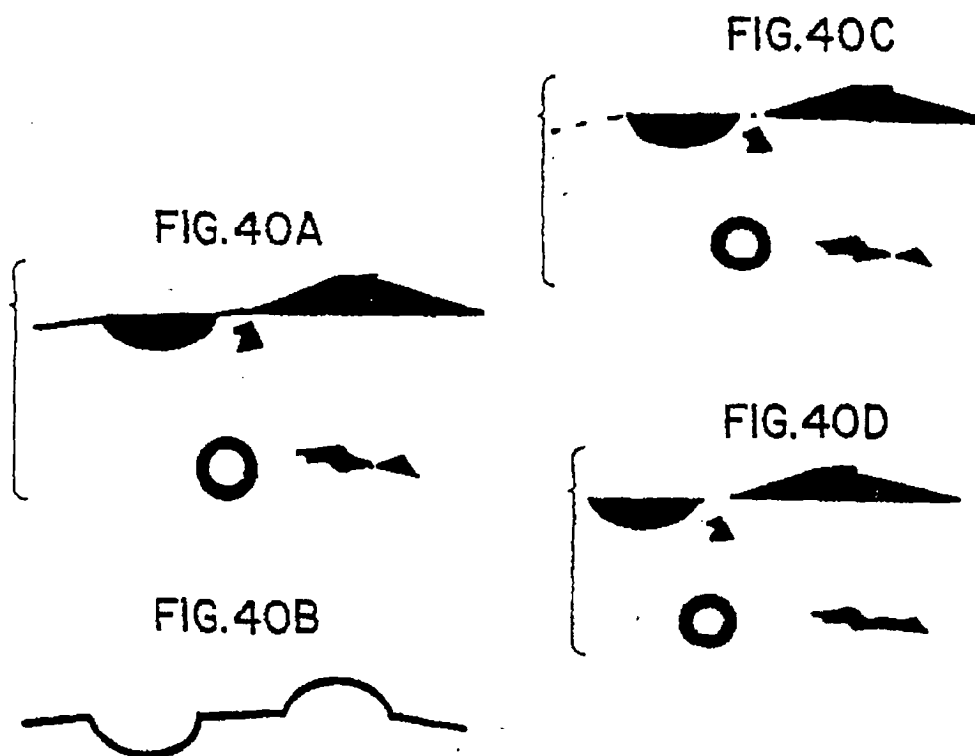
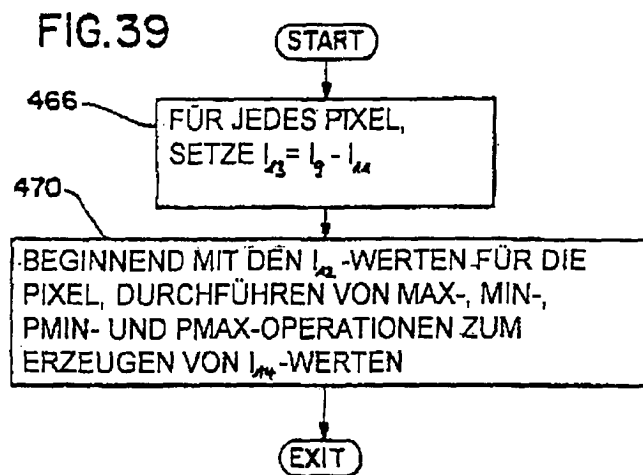


FIG. 41A

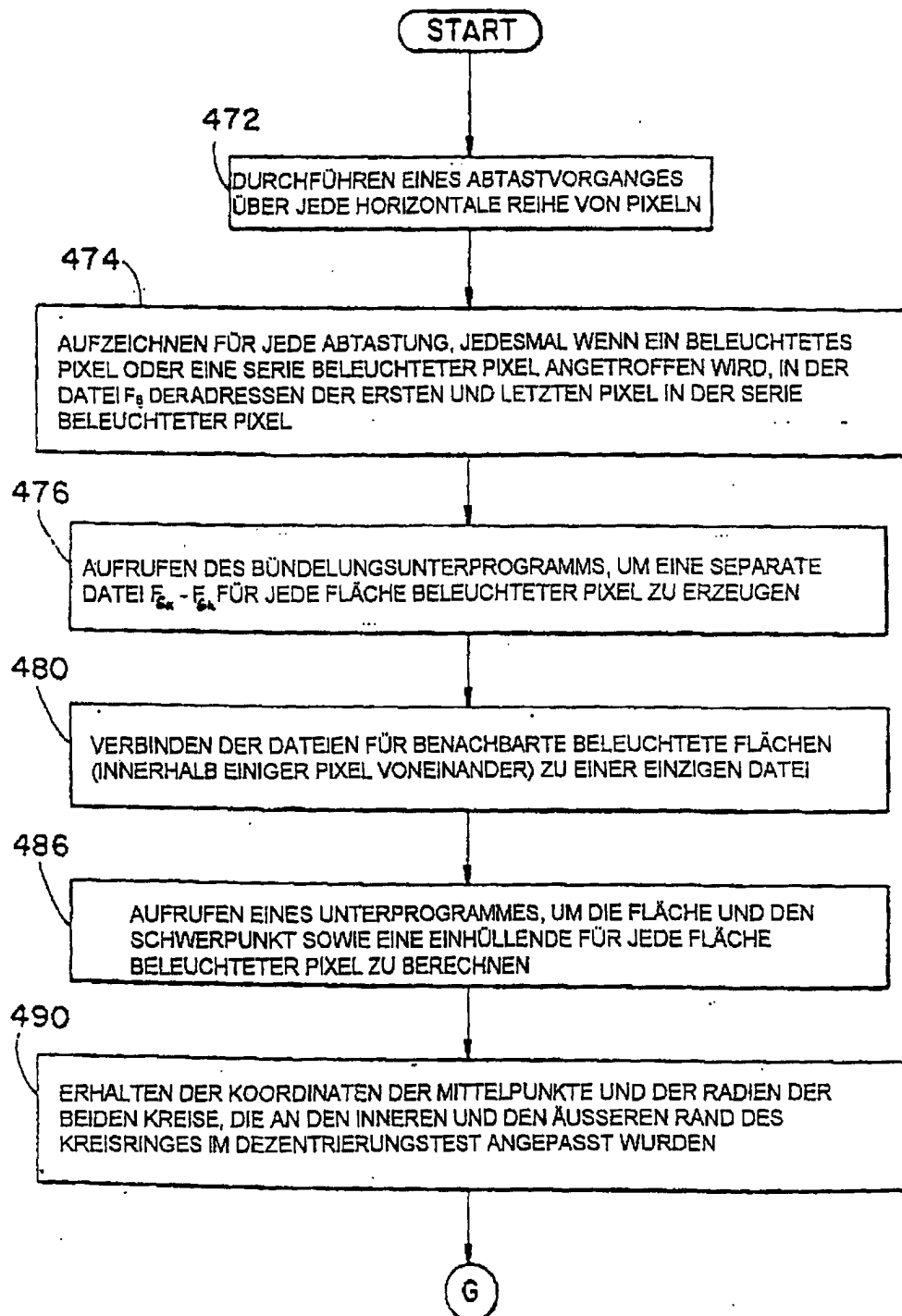


FIG. 41B

