



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 696 33 110 T2 2005.01.05**

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 0 812 166 B1**

(51) Int Cl.7: **A61F 2/16**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **696 33 110.1**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US96/01652**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **96 903 799.3**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 96/025126**

(86) PCT-Anmeldetag: **08.02.1996**

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: **22.08.1996**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **17.12.1997**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **11.08.2004**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **05.01.2005**

(30) Unionspriorität:
388735 15.02.1995 US

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IT, LI, NL, PT, SE

(73) Patentinhaber:
Medevac Licensing B.V., Amsterdam, NL

(72) Erfinder:
Cumming, Stuart, J, Anaheim, US

(74) Vertreter:
LOUIS, PÖHLAU, LOHRENTZ, 90409 Nürnberg

(54) Bezeichnung: **ANPASSBARE INTRAOKULARE LINSE MIT T-FÖRMIGEN HALTEBÜGELN**

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

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

Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die Erfindung betrifft allgemein eine Intraokularlinse für das menschliche Auge und insbesondere eine neue akkommodierende Intraokularlinse zur Implantation in einen natürlichen Kapselsack im Auge mit einer rückwärtigen Seite, die durch die hintere Kapsel der natürlichen Okularlinse gebildet ist, und einer vorderen Öffnung, die am Umfang von einem Rest der vorderen Kapsel der natürlichen Okularlinse umgeben ist.

Stand der Technik

[0002] Das menschliche Auge weist eine vordere Kammer zwischen der Hornhaut und der Iris, eine hintere Kammer hinter der Iris, die eine kristalline Linse enthält, einen Glaskörperraum hinter der Linse, der eine Glaskörperflüssigkeit enthält, und eine Retina am rückwärtigen Teil der Glaskörperkammer auf. Die kristalline Linse eines normalen menschlichen Auges weist eine Linsenkapsel auf, die an ihrem Umfang mittels Zonulæ am Ziliarmuskel des Auges befestigt ist und eine kristalline Linsenmatrix enthält. Diese Linsenkapsel weist elastische, optisch klare, vordere und hintere membranartige Wände auf, die von den Ophthalmologen üblicherweise als vordere bzw. hintere Kapsel bezeichnet werden. Zwischen der Iris und dem Ziliarmuskel befindet sich ein ringförmiger, spaltenartiger Raum, der als Ziliarfurche bezeichnet wird.

[0003] Das menschliche Auge besitzt ein natürliches Akkommodationsvermögen. Die natürliche Akkommodation beinhaltet eine Relaxation und Konstriktion des Ziliarmuskels durch das Gehirn, um dem Auge Sehvermögen im Nah- und Fernbereich zu verleihen. Diese Tätigkeit des Ziliarmuskels erfolgt automatisch und bringt die natürliche kristalline Linse in die geeignete optische Konfiguration, um Lichtstrahlen, die von der betrachteten Umgebung aus in das Auge eintreten, auf der Retina zu fokussieren.

[0004] Das menschliche Auge unterliegt verschiedenen Störungen, die die Fähigkeit zur einwandfreien Funktion des Auges beeinträchtigen oder vollkommen ausschalten. Eine der häufigsten Störungen ist die zunehmende Trübung der natürlichen kristallinen Linsenmatrix, was zum sogenannten Katarakt führt. Es ist derzeit übliche Praxis, einen Katarakt zu behandeln, indem man auf chirurgischem Wege die vom grauen Star betroffene humane kristalline Linse entfernt und in das Auge als Ersatz eine künstliche Intraokularlinse implantiert. Gemäß dem Stand der Technik steht ein breites Sortiment von Intraokularlinsen für diesen Zweck zur Verfügung.

[0005] Intraokularlinsen unterscheiden sich stark in ihrem physikalischen Erscheinungsbild und in ihrer Anordnung. Die Erfindung betrifft Intraokularlinsen, die einen zentralen optischen Bereich oder eine Optik und Haptiken aufweisen, die sich von der Optik nach außen erstrecken und in das Innere des Auges so eingreifen, dass sie die Optik in der Augenachse stützen.

[0006] Bis in die späten 80er Jahre wurde grauer Star auf chirurgischem Wege beseitigt, indem man entweder eine intrakapsuläre Extraktion unter Entfernung der gesamten menschlichen Linse, einschließlich ihrer äußeren Linsenkapsel und ihrer inneren kristallinen Linsenmatrix durchführte oder indem man eine extrakapsuläre Extraktion unter Entfernung der vorderen Linsenkapsel und der inneren kristallinen Linsenmatrix durchführte, wobei aber die hintere Linsenkapsel intakt blieb. Bei derartigen intrakapsulären und extrakapsulären Verfahren besteht jedoch eine Tendenz zu bestimmten postoperativen Komplikationen, die unerwünschte Risiken mit sich bringen. Zu den schwerwiegendsten Komplikationen gehören eine Trübung der hinteren Kapsel im Anschluss an die extrakapsuläre Linsenextraktion, eine intraokulare Linsendezentrierung, ein zystoides Makularödem, eine Netzhautablösung und Astigmatismus.

[0007] Um die vorerwähnten und andere postoperativen Komplikationen und die mit der intrakapsulären und extrakapsulären Kataraktextraktion verbundenen Risiken zu mildern, wurde ein verbessertes chirurgisches Verfahren entwickelt, das als vordere Kapsulotomie bezeichnet wird. Einfach ausgedrückt, beinhaltet eine vordere Kapsulotomie die Bildung einer Öffnung in der vorderen Kapsel der natürlichen Linse, wobei innerhalb des Auges ein Kapselsack intakt gelassen wird, der eine elastische hintere Kapsel, einen Rest der vorderen Kapsel oder einen Rand um die vordere Kapselöffnung und eine ringförmige Furche, die hier als Blindsack bezeichnet wird, zwischen dem Rest der vorderen Kapsel und dem äußeren Umfang der hinteren Kapsel aufweist. Dieser Kapselsack bleibt mit seinem Umfang durch die Zonulæ des Auges am umgebenden Ziliarmuskel des Auges befestigt. Die vom grauen Star betroffene Linsenmatrix wird aus dem Kapselsack durch die Öffnung der vorderen Kapsel unter Linsenemulgierung und Absaugen oder auf eine andere Art und Weise extrahiert, wonach eine Intraokularlinse durch die Öffnung in den Sack implantiert wird.

[0008] Eine relativ neue und verbesserte Form einer als Kapsulorhexis bekannten vorderen Kapsulotomie besteht im wesentlichen aus einer kontinuierlichen, aufreißenden, kreisförmigen oder runden Kapsulotomie. Eine Kapsulorhexis wird durchgeführt, indem man die vordere Kapsel der natürlichen Linsenkapsel entlang einer im allgemeinen kreisförmigen Reißlinie, die im wesentlichen koaxial mit der Linsenachse verläuft, aufreißt und den im allgemeinen kreisförmigen Bereich der vorderen Kapsel, die von der Reißlinie umgeben ist, entfernt. Eine kontinuierliche, aufreißende, kreisförmige Kapsulotomie oder Kapsulorhexis ergibt bei korrekter Durchführung eine im allgemeinen kreisförmige Öffnung in der vorderen Kapsel der natürlichen Linsenkapsel, wobei die Öffnung im wesentlichen koaxial mit der Augenachse verläuft und an ihrem Umfang von einem kontinuierlichen, ringförmigen Rest oder Rand der vorderen Kapsel mit einer relativ glatten und kontinuierlichen inneren Kante, die die Öffnung begrenzt, umgeben ist. Bei der Durchführung einer kontinuierlichen, aufreißenden, kreisförmigen Kapsulorhexis wird jedoch häufig unabsichtlich der vordere Rand eingerissen, eingeknickt oder anderweitig aufgebrochen, so dass der Rand leicht reißt, wenn er einer Belastung ausgesetzt wird, wie es gemäß den nachstehenden Ausführungen bei der Fibrose der Fall ist.

[0009] Ein weiteres vorderes Kapsulotomie-Verfahren, das als Hüll-Kapsulotomie bezeichnet wird, beinhaltet die Vornahme eines horizontalen Schnittes in der vorderen Kapsel der natürlichen Linsenkapsel, anschließend das Anbringen von zwei vertikalen Schnitten in der vorderen Kapsel, die den horizontalen Schnitt kreuzen und von diesem ausgehen, und schließlich das Reißen der vorderen Kapsel entlang einer Reißlinie mit einem oberen, nach oben gebogenen Bereich, der an der oberen Extremität des vertikalen Schnittes beginnt und sich in einem nach unten gerichteten vertikalen Bereich parallel zum vertikalen Schnitt, der sich nach unten erstreckt, und sodann quer zum zweiten vertikalen Schnitt fortsetzt. Dieses Verfahren liefert eine im allgemeinen bogenförmige vordere Kapselöffnung, die um die Augenachse zentriert ist. Die Öffnung ist unten durch den horizontalen Schnitt, an einer vertikalen Seite durch den vertikalen Schnitt, an ihrer gegenüberliegenden vertikalen Seite durch den zweiten vertikalen Schnitt der vorderen Kapsel und an ihrer oberen Seite durch den oberen Bogenbereich des Kapselrisses begrenzt. Der vertikale Schnitt und das benachbarte Ende des horizontalen Schnittes bilden eine flexible Klappe an der Seite der Öffnung. Die vertikale Reißkante und das benachbarte Ende des horizontalen Schnittes bilden eine zweite Klappe an der gegenüberliegenden Seite der Öffnung.

[0010] Ein drittes Kapsulotomie-Verfahren, das als Bierdosen- oder Dosenöffner-Kapsulotomie bezeichnet wird, beinhaltet das Durchstechen der vorderen Kapsel der natürlichen Linse an einer Mehrzahl von Positionen entlang einer Kreislinie, die im wesentlichen koaxial mit der Augenachse verläuft, und anschließend die Entfernung des im allgemeinen kreisförmigen Bereiches der Kapsel, der am Umfang von dieser Linie umgeben ist. Dieses Verfahren liefert eine im allgemeinen kreisförmige vordere Kapselöffnung, die im wesentlichen koaxial mit der Augenachse verläuft und an ihrem Umfang von einem ringförmigen Rest oder Rand der vorderen Kapsel begrenzt ist. Die Innenkante dieses Randes weist eine Mehrzahl von Bögen auf, die durch die Kanten der Durchstichlöcher in der vorderen Kapsel gebildet sind und die eine Tendenz des ringförmigen Restes zum radialen Einreißen bei Beanspruchung des Randes bewirken, wie es während der nachstehend erörterten Fibrose der Fall ist.

[0011] Bei Intraokularlinsen gibt es auch hinsichtlich ihres Akkommodationsvermögens und ihrer Platzierung im Auge Unterschiede. Unter Akkommodation wird die Fähigkeit einer Intraokularlinse zum Akkommodieren verstanden, d. h. zur Fokussierung des Auges zum Sehen in der Nähe und in der Ferne. Bestimmte Patentschriften beschreiben Intraokularlinsen mit angeblicher akkommodierender Wirkung. Andere Patentschriften beschreiben nicht-akkommodierende Intraokularlinsen. Die meisten nicht-akkommodierenden Linsen weisen eine Optik mit einem einzigen Brennpunkt auf, die das Auge nur in einem bestimmten fixierten Abstand fokussieren, wobei zur Veränderung des Brennpunktes das Tragen einer Brille erforderlich ist. Andere, nicht-akkommodierende Linsen weisen eine bifokale Optik auf, die Bilder von Gegenständen in der Nähe und in der Ferne auf der Retina des Auges abbilden. Das Gehirn wählt das geeignete Bild aus und unterdrückt das andere Bild, so dass eine bifokale Intraokularlinse das Sehen im Nah- und Fernbereich ohne Verwendung einer Brille ermöglicht. Bifokale Intraokularlinsen sind jedoch mit dem Nachteil behaftet, dass die einzelnen bifokalen Bilder nur jeweils etwa 40% des verfügbaren Lichts repräsentieren und die restlichen 20% des Lichts durch Streuung verloren gehen.

[0012] Es gibt vier mögliche Positionen einer Intraokularlinse im Auge. Es handelt sich um folgende Positionen: (a) in der vorderen Kammer, (b) in der hinteren Kammer, (c) im Kapselsack und (d) in der Glaskörperkammer. Die hier beschriebenen Intraokularlinsen sind für eine Platzierung innerhalb des Kapselsackes vorgesehen.

[0013] US-4 477 931 beschreibt eine Intraokularlinse für die hintere Kammer, die jedoch nicht zur Akkommodation befähigt ist.

[0014] Die Erfindung stellt eine verbesserte akkommodierende Intraokularlinse gemäß Anspruch 1 zur Implantation in einen Kapselsack eines menschlichen Auges bereit, der nach Entfernung der kristallinen Linsenmatrix aus der natürlichen Linse des Auges durch eine vordere Kapselöffnung in der natürlichen Linse intakt bleibt. Diese vordere Öffnung wird durch eine vordere Kapsulotomie, vorzugsweise eine vordere Kapsulorhexis, an der natürlichen Linse geschaffen und ist in Umfangsrichtung durch einen vorderen Kapselrand umgeben, bei dem es sich um den Rest der vorderen Kapsel der natürlichen Linse handelt. Die verbesserte akkommodierende Intraokularlinse umfasst eine zentrale Optik mit normalerweise vorderen und rückwärtigen Seiten und zwei Plattenhaptiken, die mit diametral gegenüberliegenden Kanten der Optik verbunden sind und sich von diesen im allgemeinen radial nach außen erstrecken. Diese Haptiken weisen im Vergleich zum Durchmesser der Optik eine geringere Breite auf und verjüngen sich in Längsrichtung, so dass ihre Breite in Richtung zu den äußeren Enden der Haptiken abnimmt. Die Haptiken können sich relativ zur Optik nach vorne und nach hinten bewegen. Zu diesem Zweck sind sie an ihren inneren Enden an der Optik angehängt und über ihre Länge elastisch biegsam bzw. drehbar.

[0015] Diesbezüglich ist es wichtig, am Anfang der Beschreibung festzustellen, dass die Ausdrücke "biegen", "flexibel" und dergl., mit denen die Linsen-haptiken belegt werden, in einer breiten Bedeutung so verwendet werden, dass sie sowohl mit einem Gelenk versehene als auch elastisch biegsame Haptiken umfassen.

[0016] Bei den Plattenhaptiken der erfindungsgemäßen Intraokularlinse handelt es sich um allgemein T-förmige Haptiken, die jeweils eine eigentliche Haptikplatte und ein Paar von relativ schmalen, elastisch flexiblen Fingern am äußeren Ende der Haptikplatten umfassen. In ihrem normalen entspannten Zustand erstrecken sich die beiden Finger am äußeren Ende der einzelnen Haptiken seitlich von gegenüberliegenden Kanten der jeweiligen Haptikplatte in der Ebene der Haptikplatte und fluchten im wesentlichen mit der radialen äußeren Endkante der Haptikplatte, so dass die horizontale "Querstange" der Haptik-T-Gestalt gebildet wird.

[0017] Die Linse wird in den evakuierten Kapselsack des Auges durch die vordere Kapselöffnung im Sack und in einer Position implantiert, bei der die Linsenoptik mit der Öffnung ausgerichtet ist und sich die äußeren T-Enden der Linsen-haptiken innerhalb des äußeren Umkreises oder des Blindsackes befinden. Die Linse weist eine solche radiale Länge vom äußeren Ende einer Haptikplatte zum äußeren Ende der anderen Haptikplatte auf, dass dann, wenn die Linse in den Kapselsack implantiert ist, die äußeren Enden der Haptiken an der inneren Umkreiswand des Sackes ohne Dehnung des Sackes eingreifen.

[0018] Die bevorzugte erfindungsgemäße akkommodierende Linse weist Haptikplatten auf, deren radiale äußere Endkanten kreisförmig um die zentrale Achse der Linsenoptik auf im wesentlichen gleiche Radien gekrümmt sind, die dem Radius des inneren Umkreises des Kapselsackes bei relaxiertem Zustand des Ziliarmuskels sehr nahe kommen. Während der Implantation der Linse in den Sack bewirkt die innere Umfangswand des Sackes eine Ablenkung der Haptikfinger radial nach innen aus ihren normalen entspannten Positionen zu bogenförmig gebogenen Konfigurationen, bei denen die radialen äußeren Kanten der Finger und die gekrümmten äußeren Endkanten der entsprechenden Haptikplatten sich in etwa an eine gemeinsame kreisförmige Krümmung, die der Krümmung der inneren Umfangswand des Sackes sehr nahe kommt, anpassen. Die äußeren T-Enden der Haptiken, d. h. die äußeren Enden der Haptikplatten und die Haptikfinger, drücken sodann leicht gegen die Umfangswand des Sackes, um die implantierte Linse im Sack genau zu zentrieren, wobei die Linsenoptik zur vorderen Kapselöffnung im Sack ausgerichtet ist.

[0019] Nach der chirurgischen Implantation der akkommodierenden ektodermalen Linse im Kapselsack des Auges bewirken aktive endodermale Zellen auf der rückwärtigen Seite des vorderen Kapselrandes des Sackes eine Fusion des Randes mit der elastischen hinteren Kapsel des Sackes durch Fibrose. Diese Fibrose erfolgt um die Linsen-haptiken herum in der Weise, dass die Haptiken in wirksamer Weise einer "Schrumpfverpackung" durch den Kapselsack unterliegen, wodurch die äußeren T-Enden der Haptiken im äußeren Blindsack des Sackes fixiert werden und radiale Haptiktaschen entstehen, die die Bereiche der Haptikplatten zwischen den Haptikfingern und der Optik enthalten. Die Linse wird hierdurch in ihrer zentrierten Position innerhalb des Kapselsackes fixiert. Der vordere Kapselrand schrumpft während einer derartigen Fibrose. Diese Schrumpfung des vorderen Kapselrandes bewirkt in Kombination mit der Schrumpfverpackung der Haptiken eine gewisse endseitige Kompression der Linse in einer Art und Weise, die tendenziell eine Bewegung der Linsenoptik relativ zu den fixierten äußeren Haptikenden in der einen oder anderen Richtung entlang der Achse der Optik bewirkt. Der fibrosierte, lederartige vordere Kapselrand verhindert eine Bewegung der Optik nach vorne. Demgemäß erfolgt die durch Fibrose induzierte Bewegung der Optik nach hinten in eine Fernsichtposition, bei der die Optik nach rückwärts gegen die elastische rückwärtige Kapsel des Kapselsackes drückt und diese rück-

wärtige Kapsel nach hinten streckt.

[0020] Während des chirurgischen Eingriffes wird der Ziliarmuskel des Auges durch ein Ziliarmuskel-Relaxans, d. h. ein Zyklusplegikum, paralytisiert, um den Muskel in seinen relaxierten Zustand zu bringen. Nach dem chirurgischen Eingriff wird ein Ziliarmuskel-Relaxans periodisch in das Auge während der gesamten postoperativen Fibrose- und Heilungsdauer (2 bis 3 Wochen) eingeführt, um den Ziliarmuskel im relaxierten Zustand zu halten, bis die Fibrose beendet ist. Diese arzneistoffinduzierte Relaxation des Ziliarmuskels verhindert eine Kontraktion des Muskels und immobilisiert den Kapselsack während der Fibrose. Durch diese Maßnahme wird die Linsenoptik in ihrer Fernsichtposition im Auge relativ zur Retina fixiert, wobei die Linsenoptik nach rückwärts gegen die elastische hintere Kapsel des Kapselsackes drückt und diese dabei nach hinten streckt. Würde der Ziliarmuskel nicht bis zur Beendigung der Fibrose auf diese Weise im relaxierten Zustand gehalten, so würde der Muskel einer im wesentlichen normalen, durch das Gehirn induzierten Sichtanpassungskontraktion und -relaxation während der Fibrose unterliegen. Diese Ziliarmuskelwirkung während der Fibrose würde eine unsachgemäße Bildung der Haptiktaschen im Fibrosegewebe bewirken. Außerdem würde die Ziliarmuskelkontraktion während der Fibrose den Kapselsack in radialer Richtung und die Linse an den Enden in der Weise zusammendrücken, dass die Linse mit hoher Wahrscheinlichkeit aus ihrer einwandfreien Position im Sack verschoben würde.

[0021] Wenn die zyklusplegische Wirkung des Ziliarmuskel-Relaxans nach Beendigung der Fibrose aufhört, kann der Ziliarmuskel wieder frei seine normale, gehirniinduzierte Kontraktion und Relaxation ausüben. Die normale, gehirniinduzierte Kontraktion des Muskels drückt sodann die Linse endseitig zusammen, entspannt den vorderen Kapselrand und erhöht den Glaskörperdruck in der Glaskörperkammer des Auges. Diese normale Kontraktion des Ziliarmuskels bewirkt eine Akkommodationsbewegung der Linsenoptik nach vorne zur Nahsicht durch die kombinierte Wirkung des erhöhten Glaskörperdrucks, der Linsenkompression, der Relaxation des vorderen Kapselrandes und der Vorspannung der gestreckten hinteren Kapsel nach vorne. Gleichermaßen verringert eine gehirniinduzierte Relaxation des Ziliarmuskels den Glaskörperdruck, hebt die endseitige Kompression der Linse auf und dehnt den vorderen Kapselrand unter Bewirkung einer Bewegung der Linsenoptik nach hinten zur Fernsicht durch die Einwirkung des gedehnten vorderen Kapselrandes.

[0022] Die normale gehirniinduzierte Relaxation und Kontraktion des Ziliarmuskels nach Beendigung der Fibrose bewirkt somit eine Akkommodationsbewegung der Linsenoptik nach vorne und nach hinten zwischen den Nahsicht- und Fernsichtpositionen relativ zur Retina. Während dieser Akkommodationsbewegung der Optik unterliegen die Linsenoptikplatten einer endseitigen Bewegung innerhalb der Taschen im fibrosierten Kapselgewebe. Primäre Vorteile der erfindungsgemäßen verbesserten akkommodierenden Intraokularlinse liegen in der Tatsache, dass die relativ schmalen Haptikplatten der T-förmigen Haptiken sich relativ leicht biegen, um die akkommodierende Wirkung der Linse zu unterstützen und um Haptiktaschen von maximaler Länge im Fibrosegewebe zwischen den Haptikfingern und der Optik zu bilden, was eine maximale Akkommodationsbewegung der Linsenoptik ergibt. Die konisch verlaufenden Plattenhaptiken, die in der Nähe der Optik breiter sind, können während der Kontraktion des Ziliarmuskels in radialer Richtung in den Kapselsacktaschen gleiten, wodurch die Optik veranlasst wird, sich zur Erzielung einer Akkommodation nach vorne zu bewegen.

[0023] Gemäß einer weiteren wichtigen Ausführungsform sind die Haptiken verdickt und konturiert. Bei Kontraktion der Ziliarmuskeln und bei der sich ergebenden endseitigen Kompression der Linse gleiten die konturierten Haptiken relativ zur vorderen Kapsel, was zu einer verstärkten Bewegung der Optik nach vorne unter Erzielung einer Akkommodation führt.

Kurze Beschreibung der Zeichnung

[0024] Fig. 1 ist eine vordere Draufsicht einer bevorzugten erfindungsgemäßen verbesserten akkommodierenden Intraokularlinse, wobei die Linse in ihrem normalen entspannten Zustand dargestellt ist.

[0025] Fig. 2 ist eine Kantenansicht der verbesserten Linse von Fig. 1 bei Betrachtung in Richtung des Pfeils 2 von Fig. 1, wobei die Gelenkwirkung der Linsenoptikplatten mit gestrichelten Linien dargestellt ist.

[0026] Fig. 3 ist ein Schnitt durch ein menschliches Auge, wobei die verbesserte akkommodierende Intraokularlinse der Fig. 1 und 2 innerhalb eines natürlichen Kapselsackes im Auge implantiert ist.

[0027] Fig. 4 ist eine vergrößerte Ansicht entlang der Linie 4-4 in Fig. 3, wobei aus Klarheitsgründen Teile weggelassen sind.

[0028] **Fig. 5** ist ein vergrößerter Teilschnitt ähnlich dem vorderen Bereich von **Fig. 1** zur Darstellung der anfänglichen Platzierung der Linse im Auge.

[0029] **Fig. 6 bis 8** sind Schnitte ähnlich **Fig. 5** zur Darstellung der normalen Sehakkommodationswirkung der akkommodierenden Linse.

[0030] **Fig. 9** ist eine vordere Draufsicht einer erfindungsgemäßen modifizierten akkommodierenden Intraokularlinse.

[0031] **Fig. 10** ist eine Kantenansicht der Linse von **Fig. 9** zur Darstellung der Flexibilität der Linsenlaptiken.

[0032] **Fig. 11** ist eine vordere Draufsicht einer erfindungsgemäßen modifizierten akkommodierenden Intraokularlinse, wobei drei Laptiken verwendet werden.

[0033] **Fig. 12** ist ein vergrößerter Teilschnitt ähnlich dem vorderen Bereich von **Fig. 3** zur Darstellung einer erfindungsgemäßen Ausführungsform, bei der verdickte, verkrümmte Laptiken verwendet werden.

[0034] **Fig. 13** ist eine Teilschnittansicht ähnlich einem Bereich von **Fig. 12** zur Darstellung der Linse von **Fig. 12** nach Fibrose der Laptikendbereiche.

[0035] **Fig. 14** ist eine ähnliche Ansicht wie in **Fig. 11**, wobei aber die Linse für den mittleren Sehbereich positioniert ist.

[0036] **Fig. 15** ist eine ähnliche Ansicht wie in den **Fig. 13** und **14**, wobei die Linse so positioniert ist, dass eine Akkommodation für die Nahsicht erreicht wird.

Beste Ausführungsform zur Durchführung der Erfindung

[0037] Nachstehend wird auf die Zeichnung Bezug genommen. In **Fig. 3** ist ein menschliches Auge **10** dargestellt, dessen natürliche kristalline Linsenmatrix aus der natürlichen Linsenkapsel des Auges durch eine vordere Öffnung in der Kapsel, die durch vordere Kapsulotomie (in diesem Fall eine kontinuierliche aufreißende, kreisförmige Kapsulotomie oder Kapsulorhexis) entfernt worden ist. Wie vorstehend ausgeführt, wird diese natürliche Linsenmatrix, die normalerweise optisch klar ist, häufig trüb und bildet einen Katarakt, der durch Entfernung der Matrix und Ersetzen durch eine künstliche Intraokularlinse geheilt wird.

[0038] Wie vorstehend erwähnt, beinhaltet die kontinuierliche aufreißende, kreisförmige Kapsulotomie oder Kapsulorhexis ein Aufreißen des vorderen Kapselsackes entlang einer im allgemeinen kreisförmigen Reißlinie in der Weise, dass eine relativ glattkantige kreisförmige Öffnung im Zentrum des vorderen Kapselsackes entsteht. Der Katarakt wird durch diese Öffnung aus der natürlichen Linsenkapsel entfernt. Nach Beendigung dieses chirurgischen Eingriffs umfasst das Auge eine optisch klare vordere Hornhaut **12**, eine trübe Lederhaut **14**, auf deren Innenseite sich die Retina **16** des Auges befindet, eine Iris **18**, einen Kapselsack **20** hinter der Iris und einen Glaskörperhohlraum **21** hinter dem Kapselsack, der mit der gelartigen Glaskörperflüssigkeit gefüllt ist. Der Kapselsack **20** stellt die Struktur der natürlichen Linse des Auges dar, der innerhalb des Auges intakt bleibt, nachdem die kontinuierliche, aufreißende, kreisförmige Aufreißkapsulorhexis durchgeführt worden ist und die natürliche Linsenmatrix aus der natürlichen Linse entfernt worden ist.

[0039] Der Kapselsack **20** umfasst einen ringförmigen vorderen Kapselrest oder Rand **22** und eine elastische hintere Kapsel **24**, die entlang des Sackumfangs unter Bildung eines ringförmigen spaltenartigen Blindsackes **25** (**Fig. 5**) zwischen dem Rand und der hinteren Kapsel verbunden sind. Der Kapselrand **22** stellt den Rest der vorderen Kapsel der natürlichen Linse dar, der nach der Durchführung der Kapsulorhexis an der natürlichen Linse zurückbleibt. Dieser Rand umgibt in Umfangsrichtung eine zentrale, im allgemeinen runde vordere Öffnung **26** (Kapsulotomie) im Kapselsack, durch die die natürliche Linsenmatrix vorher aus der natürlichen Linse entfernt worden ist. Der Kapselsack **20** ist an seinem Umfang am Ziliarmuskel **28** des Auges durch Zonulæ **30** befestigt.

[0040] Die natürliche Akkommodation in einem normalen menschlichen Auge mit einer normalen menschlichen kristallinen Linse beinhaltet die automatische Kontraktion oder Konstriktion und Relaxation des Ziliarmuskels des Auges durch das Gehirn in Reaktion auf die Betrachtung von Gegenständen in verschiedenen Abständen. Die Relaxation des Ziliarmuskels, die den normalen Zustand des Muskels darstellt, formt die menschliche kristalline Linse für die Fernsicht. Eine Kontraktion des Ziliarmuskels formt die menschliche kristalline Lin-

se für die Nahsicht. Die gehirniinduzierte Veränderung aus der Fernsicht zur Nahsicht wird als Akkommodation bezeichnet.

[0041] In den Kapselsack **20** des Auges **10** ist eine erfindungsgemäße akkommodierende Intraokularlinse **32** implantiert, die die entfernte menschliche kristalline Linse ersetzt und deren Akkommodationsfunktion durchführt. Die akkommodierende Intraokularlinse kann entweder zum Ersatz einer natürlichen Linse, die praktisch vollständig fehlt, z. B. einer natürlichen Linse mit Katarakt, oder zum Ersatz einer natürlichen Linse, die eine zufriedenstellende Sicht in einem Abstand ohne Tragen von Brillengläsern ermöglicht, jedoch eine zufriedenstellende Sicht in einem anderen Abstand nur ergibt, wenn Brillengläser getragen werden. Beispielsweise kann die erfindungsgemäße akkommodierende Intraokularlinse zur Korrektur von Brechungsfehlern oder zur Wiederherstellung der Akkommodation bei Personen in einem Alter von über 40 Jahren, die für die Nahsicht eine Lesebrille oder eine bifokale Brille benötigen, verwendet werden.

[0042] Die Intraokularlinse **32** umfasst einen einheitlichen Körper, der aus einem relativ harten Material, einem relativ weichen flexiblen, halbstarren Material oder aus einer Kombination aus harten und weichen Materialien gebildet sein kann. Beispiele für relativ harte Materialien, die für den Linsenkörper geeignet sind, sind Methylmethacrylat, Polysulfone und andere, relativ harte, biologisch inerte optische Materialien. Zu Beispielen für geeignet, relativ weiche Materialien für den Linsenkörper gehören Silicon, Hydrogele, thermolabile Materialien und andere flexible, halbstarre, biologisch inerte optische Materialien.

[0043] Die Linse **32** umfasst eine zentrale Optik **34** und T-förmige Plattenhaptiken **36**, die diametral von gegenüberliegenden Kanten der Optik ausgehen. Diese Haptiken umfassen eigentliche Haptikplatten **36a** mit inneren Enden, die mit der Optik verbunden sind, und gegenüberliegenden äußeren freien Enden sowie seitliche Finger **36b** an ihren äußeren Enden. Die Haptikplatten **36a** verjüngen sich in Längsrichtung, so dass sie in Richtung zu den äußeren Enden schmaler werden und über ihre gesamte Länge hinweg eine Breite aufweisen, die kleiner als der Durchmesser der Optik **34** ist. Die Haptiken **36** sind relativ zur Optik **34** nach vorne und nach hinten beweglich, d. h. die äußeren Enden der Haptiken sind relativ zur Optik nach vorne und nach hinten beweglich. Die bevorzugte dargestellte Linsenausführungsform ist aus einem elastischen, halbstarren Material gebildet und weist flexible Gelenke **38** auf, die die inneren Enden der Haptikplatten **36a** mit der Optik verbinden. Die Haptiken sind relativ starr und um die Gelenke relativ zur Optik nach vorne und nach hinten flexibel, wie in **Fig. 2** dargestellt ist. Diese Gelenke werden durch Rillen **40** gebildet, die in den Vorderseiten vorhanden sind und sich quer zu den inneren Enden der Haptikplatten **36a** erstrecken. Die Haptiken **36** sind um die Gelenke **38** in Bezug zur Optik in Richtung nach vorne und nach hinten flexibel. Die Linse weist eine relativ flache entspannte Konfiguration auf, wie in **Fig. 3** dargestellt ist, wobei die Haptiken **36** und ihre Gelenke **38** in einer gemeinsamen Ebene quer zur Optikachse der Optik **34** angeordnet sind. Eine Deformation der Linse aus ihrem normalen entspannten Zustand durch eine Ablenkung der Haptiken nach vorne oder hinten um ihre Gelenke bewirkt in den Gelenken elastische Spannungsenergiekräfte, die die Linse in ihre normale entspannte Konfiguration drängen. Die äußeren Endkanten **41** der Haptikplatten **36a** sind vorzugsweise kreisförmig auf gleiche Radien um die optische Achse der Optik **34** gekrümmt, wie in **Fig. 1** dargestellt ist. In ihrem normalen entspannten Zustand, der in **Fig. 1** in ausgezogenen Linien dargestellt ist, erstrecken sich die Finger **36b** der einzelnen Plattenhaptiken **36** in seitlicher Richtung von gegenüberliegenden longitudinalen Kanten der entsprechenden Haptikplatten **36a** aus in der Ebene der Platte und fluchten im wesentlichen mit der äußeren Endkante **41** der Platte. Im entspannten Zustand sind die Finger **36b** vorzugsweise mit einer geringfügig radial nach innen verlaufenden Krümmung gebogen, wie durch die ausgezogenen Linien in **Fig. 1** dargestellt ist. Wie mit den gestrichelten Linien in **Fig. 1** dargestellt ist, sind die Finger **36b** in seitlicher Richtung elastisch flexibel, und zwar radial von den Haptikplatten **36a** zu den in gestrichelten Linien dargestellten Positionen von **Fig. 1**, wobei die radial äußeren Kanten der Finger und die Endkanten **41** der Haptikplatten **36a** im wesentlichen einen gemeinsamen Kreis bilden, der um die Achse der Optik **34** zentriert ist.

[0044] Die akkommodierende Intraokularlinse **32** wird in den Kapselsack **20** des Auges **10** in der in den **Fig. 4** und **5** dargestellten Position implantiert. Bei der Implantation der Linse in das Auge wird der Ziliarmuskel **28** des Auges in seinem entspannten Zustand paralytisiert, wie in **Fig. 5** dargestellt ist. In diesem Zustand dehnt dieser Muskel den Kapselsack **20** auf seinen maximalen Durchmesser. Die Linse wird in den Sack durch die vordere Kapselöffnung **26** eingesetzt und ist in ihrer Länge, endseitig von den Haptiken, für die Platzierung der Linse in der in den **Fig. 4** und **5** dargestellten Position bemessen. In dieser Position ist die Linsenoptik **34** mit der vorderen Öffnung **26** im Sack ausgerichtet, wie in **Fig. 4** dargestellt ist. Die hintere Seite der Linse ist der elastischen hinteren Kapsel **24** des Kapselsackes zugewandt. Die hintere Seite der Linsenoptik **34** ist in unmittelbarer Nähe zur hinteren Kapsel angeordnet oder berührt diese. Die radial äußeren T-Enden der Linsenhaptiken **36** sind innerhalb des Blindsackes **25** des Kapselsackes angeordnet, wobei sich die äußeren Endkanten **41** der Haptikplatten **36a** und die Haptikfinger **36b** in unmittelbarer Nähe zur Kapselwand des Blindsackes be-

finden oder leicht daran anstoßen. Diese Blindsackwand bewirkt eine Ablenkung der Haptikfinger nach innen in die Positionen, die in **Fig. 4** mit gestrichelten Linien dargestellt sind (die den gestrichelten, in **Fig. 1** dargestellten Fingerpositionen nahe kommen). In diesen abgelenkten Positionen stimmen die Endkanten **41** der Haptikplatten und die Haptikfinger **36b** eng mit der Krümmung der Blindsackwand überein, um eine genaue Zentrierung der Linse im Kapselsack zu erreichen. Die Linse ist somit so bemessen und geformt, dass sie dann, wenn der Ziliarmuskel **28** in seinem entspannten Zustand paralytisch ist, in den Kapselsack **20** passt, wobei eine ausreichend enge Anpassung gegeben ist, um die Linsenoptik **34** genau mit der vorderen Kapselöffnung **26** im Sack auszurichten, ohne den Sack wesentlich zu deformieren.

[0045] Die tatsächlichen Abmessungen einer erfindungsgemäßen Intraokularlinse werden entsprechend den Augenabmessungen der einzelnen Patienten festgelegt.

[0046] Nachstehend sind die Abmessungen einer typischen erfindungsgemäßen akkommodierenden Intraokularlinse angegeben:

Durchmesser der Optik 34	4,50 mm
Innere Endbreite der Haptikplatten 36a	1,5 mm
Äußere Endbreite der Haptikplatten 36a	1,3 mm
Äußerer Endradius der Haptikplatten 36a	5,25 mm
Dicke der Haptikfinger	0,12 mm
Abstand zwischen entspannten Haptikfingerspitzen	4,5 mm
Längsabstand zwischen entspannten Haptikfingerspitzen	11,5 mm

[0047] Während einer postoperativen Fibrose- und Heilungsperiode in der Größenordnung von 2 bis 3 Wochen im Anschluss an die chirurgische Implantation der Linse **32** in den Kapselsack **20** bewirken die Epithelzellen unter dem vorderen Kapselrand **22** des Sackes eine Fusion des Randes mit der hinteren Kapsel **24** aufgrund von Fibrose. Diese Fibrose erfolgt rund um die Linsenlaptiken **36** in der Weise, dass die Laptiken durch den Kapselsack **20** "schrumpfverpackt" werden und die Laptiken Taschen **42** im fibrosierten Material **43** bilden. Diese Taschen wirken mit den Linsenlaptiken zusammen, um die Linse im Auge zu positionieren und zu zentrieren. Um eine einwandfreie Bildung der Laptiktaschen **42** zu gewährleisten und eine Verschiebung der Linse durch eine Ziliarmuskelkontraktion während der Fibrose zu verhindern, muss man für eine zu einem vollständigen Ablauf der Fibrose ausreichende Zeitspanne sorgen, ohne dass sich der Ziliarmuskel **28** aus seinem entspannten Zustand gemäß **Fig. 5** zusammenzieht. Dies wird durch Zufuhr eines Ziliarmuskel-Relaxans (Zykloplegikums) in das Auge vor dem chirurgischen Eingriff erreicht, um die Pupille zu erweitern und den Ziliarmuskel in seinem entspannten Zustand zu paralytisieren. Anschließend werden dem Patienten periodisch während einer postoperativen Periode von ausreichender Dauer (2 bis 3 Wochen) zyklologische Tropfen in das Auge verabreicht, um den Ablauf der Fibrose bis zum Ende ohne eine Kontraktion des Ziliarmuskels zu gewährleisten. Das Zyklologikum hält den Ziliarmuskel **28** im entspannten Zustand, in dem der Kapselsack **20** auf seinen maximalen Durchmesser (**Fig. 5**) gedehnt und immobilisiert ist. Der vordere Kapselrand **22** ist zu einem gespannten, trampolinartigen Zustand oder Position gedehnt. Der Rand unterliegt einer Fibrose ausgehend von diesem gespannten Zustand. Das Zyklologikum gelangt durch die Hornhaut des Auges in die Flüssigkeit innerhalb des Auges und sodann aus der Flüssigkeit in den Ziliarmuskel. Obgleich andere Zyklologika verwendet werden können, stellt Atropin das bevorzugte Zyklologikum dar, da es im Vergleich zu anderen Zyklologika eine längere paralytische Wirkung aufweist. Ein Tropfen Atropin kann beispielsweise 2 Wochen anhalten. Um jedoch auf der sicheren Seite zu sein, werden die Patienten angewiesen, während der Fibrosedauer jeden Tag einen Tropfen Atropin in das Auge zu geben.

[0048] Der Kapselsack **22** schrumpft während der Fibrose. Dabei schrumpft der Kapselsack **20** geringfügig in radialer Richtung. Diese Schrumpfung erzeugt zusammen mit der Schrumpfverpackung der Linsenlaptiken **36** eine gewisse von entgegengesetzten Enden ausgehende Kompression der Linse, wodurch eine Tendenz entsteht, die Linse an ihren Gelenken **38** zu wölben oder zu biegen und dadurch die Linsenoptik **34** entlang der Achse des Auges zu bewegen. Sofern keine Einschränkung besteht, kann diese Biegung der Linse entweder nach vorne oder nach hinten erfolgen. Der gespannte vordere Kapselrand **22** bewirkt einen Druck nach hinten und verhindert dabei eine Vorwärtsbiegung der Linse. Diese fibroseinduzierte Kompression der Linse reicht nicht aus, um eine einwandfreie Bildung der Laptiktaschen im Fibrosegewebe zu stören oder eine Verschiebung der Linse zu bewirken. Demzufolge bewirkt die endseitige Kompression der Linse, die durch das Stoßen des gespannten Kapselrandes nach hinten gegen die Linsenlaptik **36** unterstützt wird, eine Rückwärtsbiegung der Linse aus ihrer anfänglichen Position von **Fig. 5** in die Position von **Fig. 6**. Die Linsenlaptiken **36** sind aus-

reichend starr, so dass sie sich unter den Kräften der Fibrose nicht krümmen. Am Schluss der Fibrose nimmt die Linse ihre hintere Position von **Fig. 6** ein, wobei die Linse nach rückwärts gegen die elastische hintere Kapsel **24** drückt und diese Kapsel nach hinten dehnt. Die hintere Kapsel übt sodann eine nach vorne gerichtete elastische Vorspannkraft auf die Linse aus. Diese hintere Position der Linse stellt die Fernsichtposition dar.

[0049] Eine natürliche Akkommodation in einem normalen menschlichen Auge beinhaltet eine Formgebung der natürlichen kristallinen Linse durch eine automatische Kontraktion und Relaxation des Ziliarmuskels des Auges durch das Gehirn, um das Auge auf verschiedene Abstände zu fokussieren. Eine Relaxation des Ziliarmuskels formt die natürliche Linse für die Fernsicht. Eine Kontraktion des Ziliarmuskels formt die natürliche Linse für die Nahsicht.

[0050] Die akkommodierende Intraokularlinse **32** ist in besonderer Weise konstruiert, um diese gleiche Ziliarmuskelwirkung auszunützen, damit der fibrosierte Kapselrand **22**, die elastische hintere Kapsel **24** und der Glaskörperdruck innerhalb der Glaskörperhülle **21** eine Akkommodationsbewegung der Linsenoptik **34** entlang der optischen Achse des Auges zwischen der Fernsichtposition von **Fig. 6** und der Nahsichtposition von **Fig. 8** ausüben. Beim Sehen aus der Ferne entspannt das Gehirn die Ziliarmuskeln **28**. Eine Relaxation des Ziliarmuskels dehnt den Kapselsack **20** auf seinen maximalen Durchmesser und dessen fibrosierten vorderen Rand **22** auf den gespannten, trampolinartigen Zustand oder Position, wie vorstehend erörtert. Der gespannte Rand bewirkt eine Ablenkung der Linse nach hinten in die hintere Fernsichtposition von **Fig. 6**, bei der die elastische hintere Kapsel **24** durch die Linse nach hinten relativ zur allgemeinen Ebene der fibrosierten Haptikendbereiche gedehnt ist und dabei eine nach vorwärts gerichtete Vorspannkraft auf die Linse ausübt. Beim Sehen im Nahbereich, z. B. beim Lesen eines Buches, zieht das Hirn den Ziliarmuskel zusammen. Diese Kontraktion des Ziliarmuskels hat die dreifache Wirkung einer Erhöhung des Drucks im Glaskörperhohlraum, einer Relaxation des Kapselsackes **20** und insbesondere von dessen fibrosiertem Kapselrand **22** und einer Ausübung von gegenüberliegenden Endkompressionskräften auf die Enden der Linsenlaptiken **36**, wodurch sich eine endseitige Kompression der Linse ergibt. Eine Relaxation des Kapselrandes ermöglicht eine Biegung des Randes nach vorne und ermöglicht somit die Ausübung der kombinierten Vorspannkraft nach vorne auf die Linse durch die rückseitig gedehnte hintere Kapsel und den erhöhten Druck der Glaskörperhöhle, um die Linse relativ zu der allgemeinen Ebene der fibrosierten Haptikendbereiche nach vorne zu drücken, und zwar von einer anfänglichen Akkommodationsbewegung aus der Position von **Fig. 6** zur mittleren Akkommodationsposition von **Fig. 7**.

[0051] In dieser mittleren Akkommodationsposition ist die Linse im wesentlichen flach und die Enden der Linsenlaptiken und ihre Gelenke **38** sind im wesentlichen in einer gemeinsamen Ebene, die senkrecht zur Augenchse steht, angeordnet. Vor der Akkommodation krümmt sich die Linse nach hinten, so dass die endseitige Kompression der Linse durch die Kontraktion des Ziliarmuskels tendenziell eine nach rückwärts gerichtete Krümmungskraft auf die Linse ausübt. Jedoch reichen der erhöhte Druck der Glaskörperhöhle und die nach vorne gerichtete Vorspannkraft der gedehnten hinteren Kapsel aus, um diese entgegengesetzte, nach rückwärts gerichtete Krümmungskraft zu überwinden und eine nach vorne gerichtete Akkommodationsbewegung der Linse in die mittlere Position von **Fig. 7** und zumindest geringfügig darüber hinaus zu bewirken. An dieser Stelle erzeugt die Endkompression der Linse durch den kontrahierten Ziliarmuskel eine nach vorne gerichtete Biegekräft auf die Linse, die eine endgültige Akkommodation der Linse über die mittlere Position von **Fig. 7** hinaus in die Nahsichtposition von **Fig. 8** bewirkt. Eine anschließende, gehirniinduzierte Relaxation des Ziliarmuskels **28** in Reaktion auf einen Sehvorgang in der Ferne verringert den Druck der Glaskörperhöhle, dehnt den Kapselsack **20** auf seinen maximalen Durchmesser und bringt den vorderen Kapselrand **22** wieder in seinen gespannten, trampolinartigen Zustand, wodurch eine Rückkehr der Linse in ihre Fernsichtposition gemäß **Fig. 6** hervorgerufen wird. Während der Akkommodation bewegt sich die Linsenoptik **34** entlang der Achse des Auges in Richtung zur Retina **16**. Die wirksame Kraft der Optik wird durch das Gehirn so gewählt, dass eine scharfe Fokussierung von eintretendem Licht durch Bewegung der Optik entlang der Achse des Auges unter Kontraktion und Relaxation des Ziliarmuskels erreicht wird.

[0052] Die Linsenlaptiken **36** biegen sich während der Akkommodation an ihren Gelenken **38** in Bezug zur Linsenoptik **34**. Etwaige elastische Spannungsenergiekräfte, die in den Gelenken während dieser Biegung entstehen, rufen zusätzliche, nach vorne und/oder nach hinten gerichtete Kräfte auf die Linse hervor. Nimmt man beispielsweise an, dass die Linse im normalen ungespannten Zustand der Linse relativ flach ist, d. h. die Linsenlaptiken **36** liegen in einer gemeinsamen Ebene, wie in **Fig. 1** dargestellt ist, so erzeugt eine rückwärtige Ablenkung der Linse aus ihrer in **Fig. 1** dargestellten Position in die Fernsichtposition gemäß **Fig. 6** elastische Spannungsenergiekräfte in den Gelenken **38**, die die Linse nach vorne zurück in die in **Fig. 1** dargestellte ungespannte Position drängen und somit zu der vorstehend erörterten, anfänglichen Akkommodation der Linse in Reaktion auf eine Kontraktion des Ziliarmuskels beitragen. Eine endgültige Akkommodationsbiegung der

Linse aus ihrer mittleren Position gemäß **Fig. 7** in ihre Nahsichtposition gemäß **Fig. 8** erzeugt in den Gelenken **38** elastische Spannungsenergiekräfte, die die Linse nach hinten in ihre ungespannte Position drücken und somit die anfängliche Rückkehr der Linse aus ihrer Nahsichtposition in ihre Fernsichtposition in Reaktion auf eine Relaxation des Ziliarmuskels unterstützen. Die Linse kann so konstruiert sein, dass sie selbstverständlich eine andere normale ungespannte Position einnimmt, wobei etwaige elastische Spannungsenergiekräfte, die in der Linse während der Biegung der Haptiken entstehen, die Akkommodation der Linse in die Nahsichtposition und die Rückkehr der Linse in ihre Fernsichtposition in Abhängigkeit von der ungespannten Position der Linse unterstützen und/oder dieser Akkommodation widerstehen.

[0053] Während der Akkommodation gleiten die Linsenlaptikplatten **36a** endseitig in ihren fibrosierten Gewebetaschen **42**. Wie am besten aus den **Fig. 1, 2 und 4** ersichtlich ist, sind die Haptiken endseitig in ihrer Breite und Dicke verjüngt, so dass sich die Haptiken frei in den Taschen bewegen können. Die Linsenoptik **34** bewegt sich in Richtung zum vorderen Kapselrand **22** und davon weg. Der Durchmesser der Optik ist so groß wie möglich, um den optischen Abbildungswirkungsgrad auf ein Maximum zu bringen. Die Optik ist vorzugsweise (jedoch nicht notwendigerweise) kleiner als der Durchmesser der vorderen Kapselöffnung **26**, um eine Akkommodationsbewegung der Optik in die Öffnung und aus dieser heraus ohne Störung durch den Kapselrand **22** zu ermöglichen, um den Oxidationsbereich auf ein Maximum zu bringen.

[0054] Die modifizierte akkommodierende Intraokularlinse **100** gemäß der Darstellung in den **Fig. 9 und 10** ist identisch mit der Linse **32** gemäß der Darstellung in den **Fig. 1 bis 8**, mit der Ausnahme der nachstehenden Änderungen. Die modifizierte Linse weist nämlich eine Optik **102** und im allgemeinen T-förmige Haptiken **104**, die sich radial von diametral gegenüberliegenden Kanten der Optik aus erstrecken, auf. Diese Haptiken umfassen in Längsrichtung konisch verlaufende Haptikplatten **106** und flexible Haptikfinger **108** an den äußeren Enden dieser Platten, die sich seitlich von den Längskanten der Platten aus erstrecken. Die modifizierte Linse **100** unterscheidet sich von der Linse **32** nur darin, dass die Haptikgelenke **38** und die Haptikkrillen **40** der Linse **32** in der modifizierten Linse **100** weggelassen sind. Die Haptikplatten **106** der modifizierten Linse sind in ihrer gesamten Länge elastisch flexibel oder drehbar ausgestaltet, wie in **Fig. 10** durch die gestrichelten Linien dargestellt ist. Die modifizierte Linse wird in einen Kapselsack eines menschlichen Auges implantiert und ermöglicht eine Sehakkommodation in Reaktion auf eine Kontraktion und Relaxation des Ziliarmuskels auf die gleiche Weise, wie es für die Linse **32** beschrieben wurde.

[0055] Die akkommodierende Intraokularlinse **110** von **Fig. 11** unterscheidet sich von früher beschriebenen Linsen insofern, als sie eine Optik **112** aufweist, aus der sich drei Haptiken **36a**, die radial nach außen verlaufen, erstrecken. Die Haptik **36a** umfasst eine sich in Längsrichtung verjüngende Haptikplatte **114** und flexible Haptikfinger **36b**. Obgleich drei Haptiken dargestellt sind, ist es ersichtlich, dass auch vier oder sogar mehr Haptiken vorgesehen sein können. Wie die früher beschriebenen Linsen, wird die Linse **110** in den Kapselsack eines Auges implantiert und ermöglicht eine Sehakkommodation in Reaktion auf eine Kontraktion und Relaxation des Ziliarmuskels. Die Anordnung von drei oder mehr Haptiken dient dazu, eine verbesserte Zentrierung der Linse und der Optik relativ zum Auge und der Optik relativ zur Öffnung in der vorderen Kapsel des Kapselsackes zu ermöglichen.

[0056] Die akkommodierende Intraokularlinse **200** der **Fig. 12–15** unterscheidet sich von der Linse der **Fig. 1–8** dahingehend, dass die Haptiken **202** in ihrer Dicke von den äußeren Enden in Richtung zu ihren Verbindungen mit der Optik **204** zunehmen. Die verdickten Bereiche der Haptiken weisen gekrümmte Oberflächen **206** auf und sind mit der Optik durch einen flexiblen Bereich oder Gelenkbereiche **208** verbunden.

[0057] Wenn die Linse **200** bei der Durchführung einer Akkommodation in Tätigkeit ist, erfassen die gekrümmten Oberflächen **206** der Haptiken die hintere Kapsel **20**. Nach einer Fibrose um die Endbereiche der Haptiken sind die Haptiken und die Optik im allgemeinen gemäß der Darstellung in **Fig. 13** für die Fernsicht positioniert. Die Dicke und die Verhältnisse der Haptiken bewirken einen Abstand der Optik von der hinteren Kapsel zur Definition eines Zwischenraums zwischen der Optik **204** und der hinteren Kapsel **20**. Daher übt der Druck der Glaskörperflüssigkeit eine Kraft auf die Haptiken **202** und nicht auf die Optik **204** aus, wenn der Glaskörper allmählich nach vorne drückt. Der Glaskörperdruck übt keine Kraft auf die Optik aus, wie es bei früher beschriebenen Ausführungsformen der Fall ist, sondern übt Kräfte auf die Haptiken **202** aus, wie in **Fig. 13** durch den Pfeil V angegeben ist. Da die Optik im Abstand vom vorderen Kapselsack angeordnet ist, wird die erste, nach vorne gerichtete Kraft nicht auf die Optik ausgeübt. Eine Kontraktion des Ziliarmuskels **28** ruft zunächst eine Steigerung des Druckes im Glaskörperhohlraum hervor, wodurch eine Bewegung der Haptiken und der Optik nach vorne eingeleitet wird. Wenn sich die Optik vor der Haptik befindet, setzt sich die Bewegung nach vorne durch einen End-End-Kompressionsdruck auf die Linse **200** fort, was zu einem Gleiten der gekrümmten Oberflächen **206** der Haptiken relativ zur gespannten rückwärtigen Kapsel führt, wodurch die Optik

weiter nach vorne über die Ebene der Haptikendbereiche hinaus, die zwischen dem fibrosierten vorderen Kapselrand und der rückwärtigen Kapsel eingekapselt sind, bewegt wird. Es ergibt sich eine weitgehendere Bewegung der Optik nach vorne im Vergleich zu der Bewegung, die durch die früher beschriebenen Linsenausführungsformen erreicht wird. Die Optik kann für die Nahsichtakkommodation weiter nach vorne positioniert sein, wie in **Fig. 15** dargestellt ist. **Fig. 13** zeigt die Positionierung der Linse durch die Einwirkung des Ziliarmuskels für die Fernsicht. Wenn der Ziliarmuskel sich entspannt, bewirkt er einen Zug der Haptikfinger in Umfangsrichtung, wobei die Finger im fibrosierten Umfang des Kapselsackes eingekapselt sind. **Fig. 14** zeigt die Positionierung der Linse für eine Akkommodation im mittleren Bereich.

Patentansprüche

1. Akkommodierende Intraokularlinse (**32, 100, 110, 200**) zur Implantation in den Kapselsack des menschlichen Auges, umfassend:
 - einen Linsenkörper mit normalerweise vorderen und hinteren Seiten und einer Optik (**34, 102, 112, 204**) und T-förmigen Haptiken (**36, 104, 202**), die sich allgemein in radialer Richtung von der Optik aus erstrecken, und wobei die Haptiken ein Paar von flexiblen Fingern (**36b, 108**) am äußeren Ende (**41**) jeder Haptik und innere Endbereiche neben dem Rand der Optik umfassen,
 - wobei die flexiblen Finger einen normalen entspannten Zustand aufweisen, in dem die Finger sich vom äußeren Ende der Haptiken aus erstrecken, und wobei die Finger in elastischer Weise nach innen in Richtung zur Optik zu Positionen flexibel sind, in denen die Finger in etwa an die innere Oberfläche des Kapselsackes (**20**) des Auges (**10**) angepasst sind, und
 - wobei die Haptiken entlang mindestens eines Teils ihrer Länge flexibel sind, um die Optik in Reaktion auf Kräfte, die durch Kontraktion und Relaxation des Ziliarmuskels (**28**) des Auges ausgeübt werden, nach vorne und/oder nach hinten zu bewegen.
2. Akkommodierende Intraokularlinse (**32, 100, 110, 200**) nach Anspruch 1, wobei die inneren Endbereiche der Haptik flexibel sind, wobei die Optik (**34, 102, 112, 204**) um die flexiblen inneren Endbereiche relativ zur Ebene der äußeren Enden (**41**) der Haptik nach vorne und nach hinten beweglich ist.
3. Akkommodierende Intraokularlinse (**32, 100, 110, 200**) nach Anspruch 1 oder 2, wobei die flexiblen Finger (**36b, 108**) im allgemeinen in Querrichtung zur Länge der Haptik verlaufen.
4. Akkommodierende Intraokularlinse (**32, 100, 110, 200**) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Haptiken (**36, 104, 202**) Längskanten und äußere Endkanten aufweisen, wobei die Haptikfinger (**36b, 108**) von den jeweiligen Längskanten der einzelnen Haptiken in der Ebene der entsprechenden Haptik ausgehen und im wesentlichen mit den äußeren Endkanten der jeweiligen Haptik fluchten.
5. Akkommodierende Intraokularlinse (**32, 100, 110, 200**) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Optik (**34, 102, 112, 204**) eine Optikachse aufweist und die Haptiken (**36, 104, 202**) äußere Endkanten aufweisen, wobei die äußeren Endkanten im allgemeinen kreisförmig auf im wesentlichen gleiche Radien um den Kapselsack (**20**) gekrümmt sind.
6. Akkommodierende Intraokularlinse (**32, 100, 110, 200**) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Haptiken (**36, 104, 202**) auf ihrer gesamten Länge eine Breite aufweisen, die erheblich geringer als der Durchmesser der Optik (**34, 102, 112, 204**) ist.
7. Akkommodierende Intraokularlinse (**32, 100, 110, 200**) nach einem der Ansprüche 2 bis 6, wobei es sich beim flexiblen inneren Endbereich der Haptik um ein Gelenk (**38, 208**) handelt.
8. Akkommodierende Intraokularlinse (**32, 100, 110, 200**) nach Anspruch 7, wobei es sich bei dem Gelenk um eine Rille (**40**), die sich über mindestens eine Seite der Haptik erstreckt, handelt.
9. Akkommodierende Intraokularlinse (**32, 100, 110, 200**) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die inneren Enden der Haptiken (**36, 104, 202**) relativ zu der Optik drehbar angelenkt sind, wobei die Haptiken elastisch relativ zur Optik nach vorne und nach hinten biegsam sind.
10. Akkommodierende Intraokularlinse (**32, 100, 110, 200**) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Haptiken (**36, 104, 202**) auf ihrer gesamten Länge elastisch flexibel sind, wobei die Haptiken elastisch relativ zur Optik nach vorne und nach hinten biegsam sind.

11. Akkommodierende Intraokularlinse (**32, 100, 110, 200**) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die inneren Endbereiche der Haptiken (**36, 104, 202**) relativ dünn sind, wobei die Haptiken elastisch relativ zur Optik nach vorne und nach hinten biegsam sind, wobei die Haptiken insbesondere Haptikplattenbereiche (**36a, 106, 114**) umfassen, wobei die inneren Endbereiche der Haptikplattenbereiche relativ zur Optik nach vorne und nach hinten biegsam sind.
12. Akkommodierende Intraokularlinse (**32, 100, 110, 200**) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Flexibilität oder das Gelenk der einzelnen Haptiken dazu geeignet sind, die Optik nach hinten zu bewegen, wenn der Ziliarmuskel relaxiert, und nach vorne zu bewegen, wenn der Ziliarmuskel sich zusammenzieht.
13. Akkommodierende Intraokularlinse (**32, 100, 110, 200**) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Flexibilität oder das Gelenk (**38, 208**) der einzelnen Haptiken ein elastisches Gedächtnis aufweisen, das eine Vorspannung des Gelenkes zurück in seine im normalen Zustand entspannte Position im Anschluß an eine Relaxation oder Kontraktion des Ziliarmuskels bewirken kann.
14. Akkommodierende Intraokularlinse (**32, 100, 110, 200**) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Haptiken (**36, 104, 202**) sich zum Ende in ihrer Breite verjüngen und insbesondere gegenüberliegende Längskanten umfassen, die sich nach innen in ihrem Verlauf von der Optik aus verjüngen, wobei die Haptiken insbesondere Haptikplattenbereiche (**36a, 106, 114**) umfassen, wobei die Haptikplattenbereiche sich zum Ende in ihrer Breite verjüngen.
15. Akkommodierende Intraokularlinse (**32, 100, 110, 200**) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Haptiken (**36, 104, 202**) sich zum Ende in ihrer Dicke verjüngen, wobei sie insbesondere obere und untere Oberflächen umfassen, die sich in ihrem Verlauf von der Optik aus nach innen verjüngen, wobei die Haptiken insbesondere Haptikplattenbereiche (**36a, 106, 114**) umfassen, wobei sich die Haptikplattenbereiche zum Ende in ihrer Dicke verjüngen.
16. Akkommodierende Intraokularlinse (**32, 100, 110, 200**) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Haptiken (**36, 104, 202**) mit der äußeren Kante der Optik (**34, 102, 112, 204**) verbunden sind und sich von dieser aus erstrecken.
17. Akkommodierende Intraokularlinse (**32, 100, 110, 200**) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die T-förmigen Haptiken sich in radialer Richtung von diametral gegenüberliegenden Kanten der Optik aus erstrecken.
18. Akkommodierende Intraokularlinse (**32, 100, 110, 200**) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Linse eine zentrale Optik und T-förmige Plattenhaptiken umfaßt, die sich diametral von gegenüberliegenden Kanten der Optik aus erstrecken.
19. Akkommodierende Intraokularlinse (**32, 100, 110, 200**) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei zwei Haptiken (**36, 104, 202**) sich von gegenüberliegenden Seiten der Optik aus erstrecken.
20. Akkommodierende Intraokularlinse (**32, 100, 110, 200**) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei drei Haptiken (**36, 104, 202**) im Abstand voneinander um die Optik herum angeordnet sind.
21. Akkommodierende Intraokularlinse (**32, 100, 110, 200**) nach einem der Ansprüche 1 bis 18, wobei die Linse vier oder mehr Haptiken (**36, 104, 202**) umfaßt.
22. Akkommodierende Intraokularlinse (**32, 100, 110, 200**) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Haptiken (**36, 104, 202**) und die Optik (**34, 102, 112, 204**) im entspannten Zustand in einer normalerweise uniplanaren Ausrichtung angeordnet sind, wobei die Haptiken insbesondere Haptikplattenbereiche (**36a, 106, 114**) umfassen, wobei die Haptikplattenbereiche und die Optik im entspannten Zustand in der normalerweise uniplanaren Ausrichtung angeordnet sind.
23. Akkommodierende Intraokularlinse (**32, 100, 110, 200**) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Optik (**34, 102, 112, 204**) kreisförmig ist.
24. Akkommodierende Intraokularlinse (**32, 100, 110, 200**) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Linse aus einem einzigen Materialstück gebildet ist.

25. Akkommodierende Intraokularlinse (**32, 100, 110, 200**) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Finger (**36b, 108**) in ihrem entspannten Zustand relativ gerade sind.
26. Akkommodierende Intraokularlinse (**32, 100, 110, 200**) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Finger (**36b, 108**) in ihrem entspannten Zustand nach innen gekrümmt sind.
27. Akkommodierende Intraokularlinse (**32, 100, 110, 200**) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Finger (**36b, 108**) einstückig mit den einzelnen Haptiken (**36, 104, 202**) ausgebildet sind.
28. Akkommodierende Intraokularlinse (**32, 100, 110, 200**) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Finger (**36b, 108**) am äußeren Ende der einzelnen Haptiken (**36, 104, 202**) angebracht sind.
29. Akkommodierende Intraokularlinse (**32, 100, 110, 200**) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Finger (**36b, 108**) zur Einkapselung durch die innere Oberfläche des Kapselsackes (**20**) angepasst sind, um die Haptiken relativ zur inneren Oberfläche des Kapselsackes an Ort und Stelle zu halten, wenn der Ziliarmuskel sich entspannt oder sich zusammenzieht.
30. Akkommodierende Intraokularlinse (**32, 100, 110, 200**) nach Anspruch 7, wobei es sich beim Haptikgelenk (**38, 208**) um einen geschwächten Bereich der Haptik handelt.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

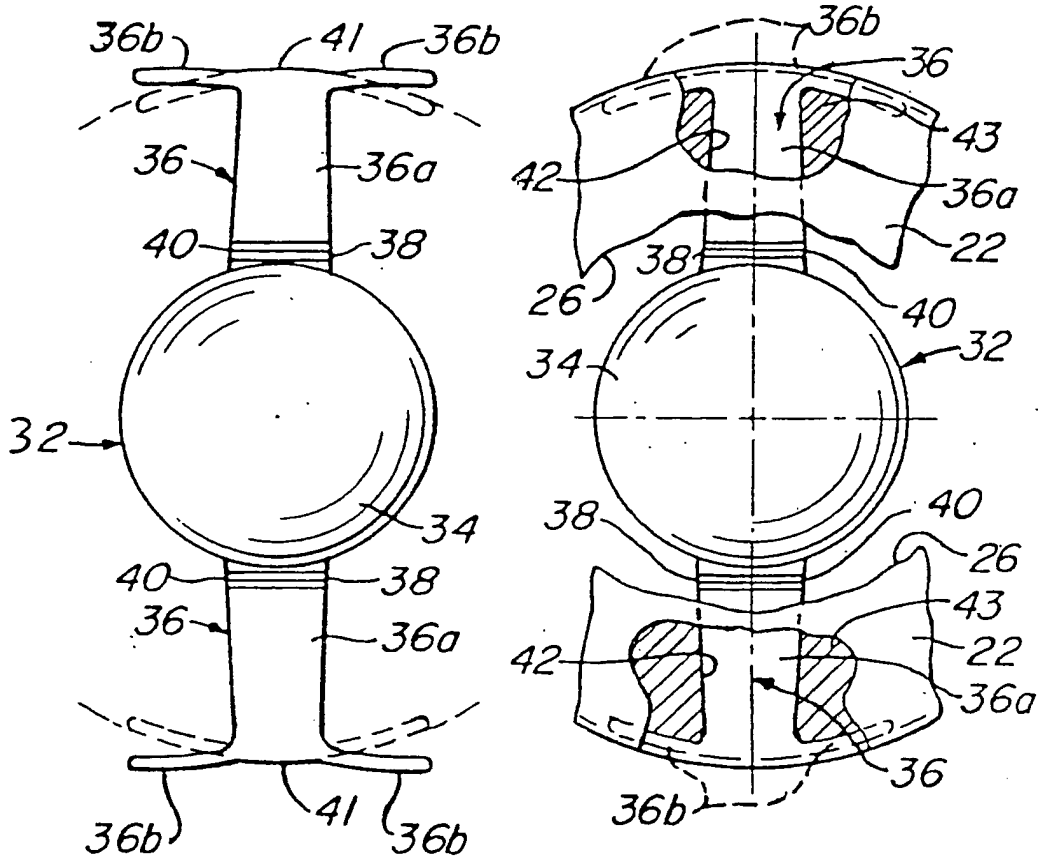


FIG. 1

FIG. 4

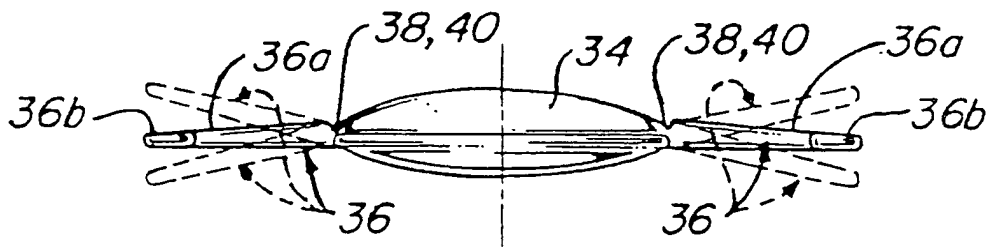


FIG. 2

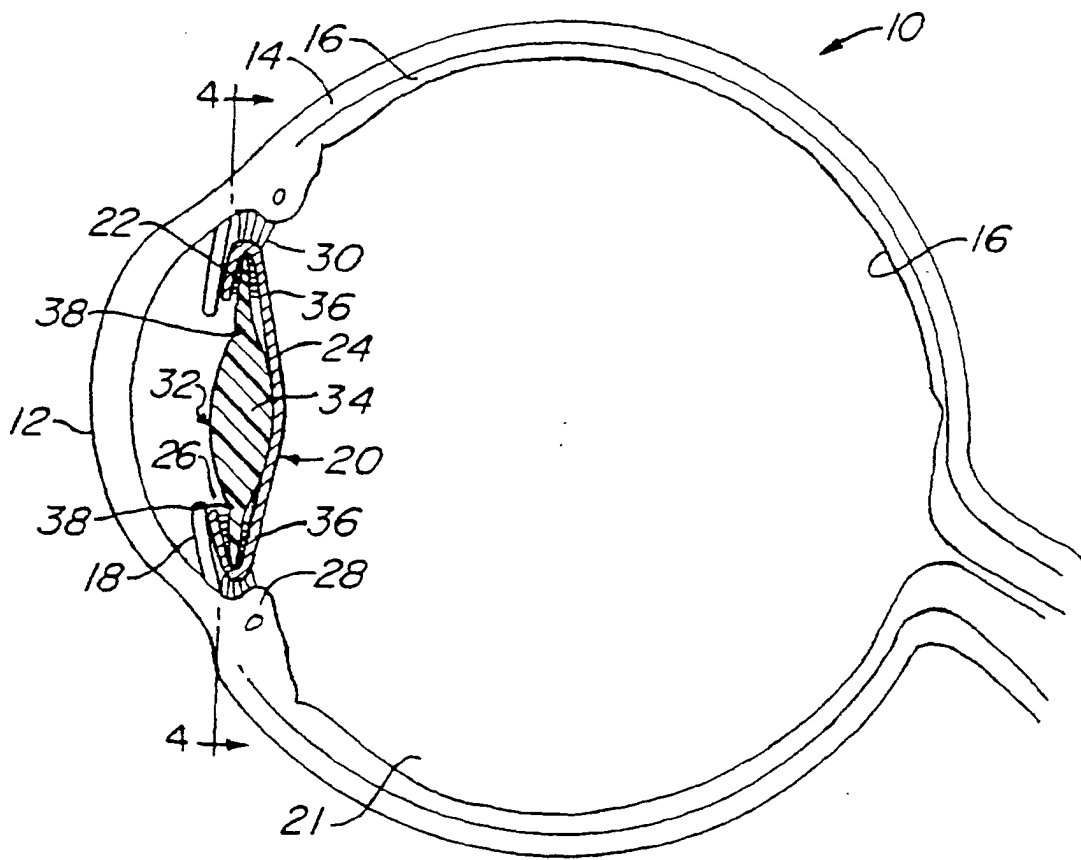


FIG. 3

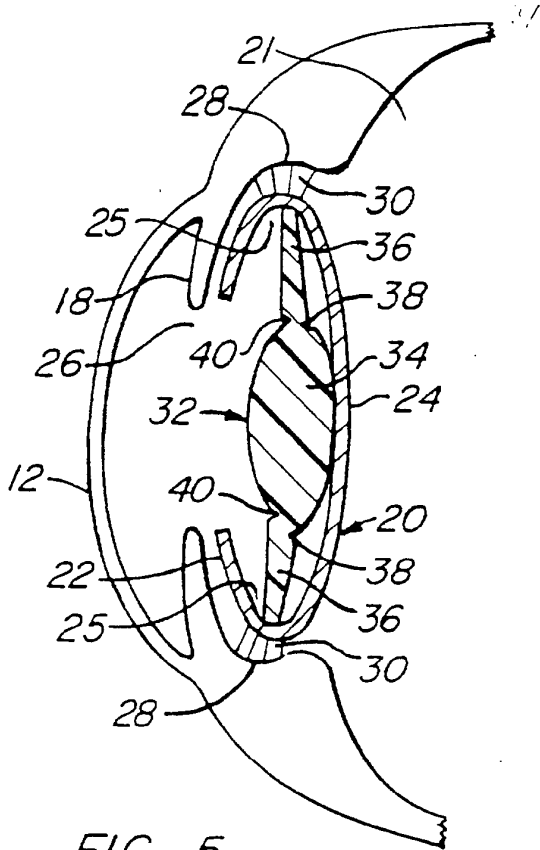


FIG. 5

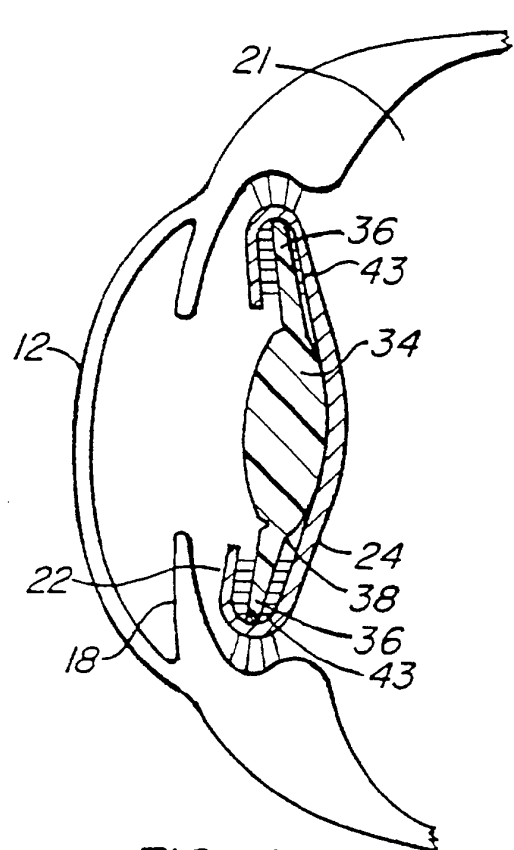


FIG. 6

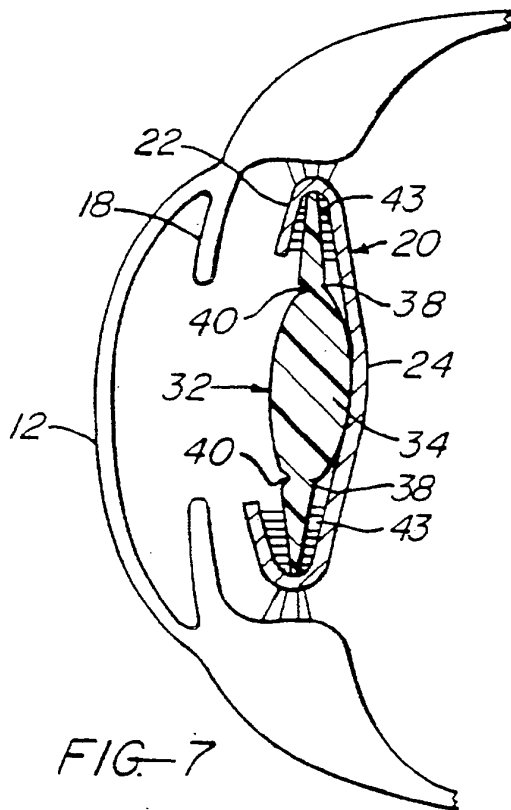


FIG. 7

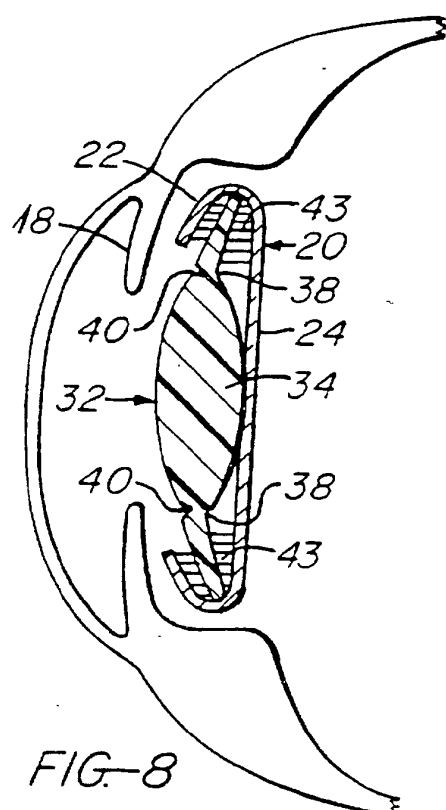
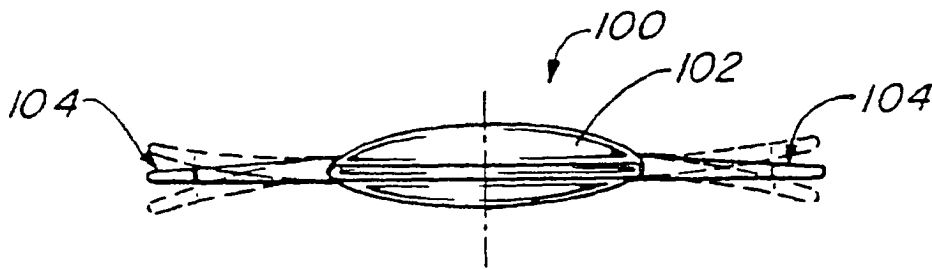
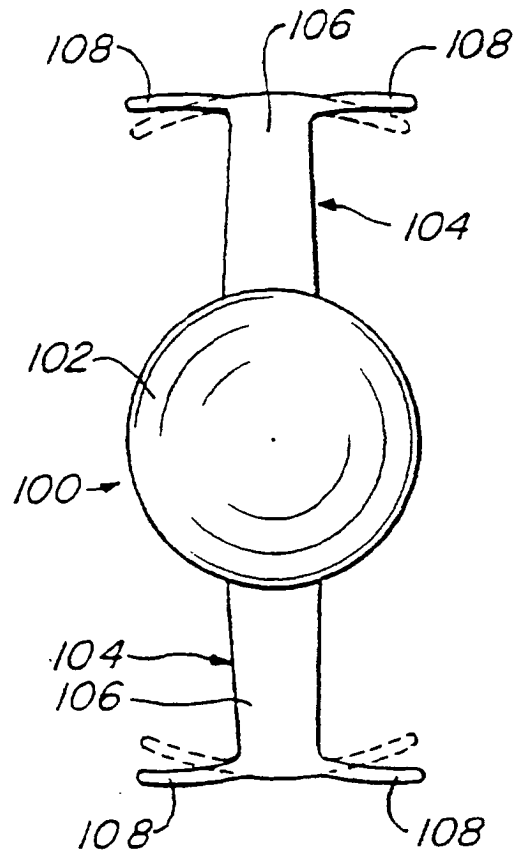


FIG. 8



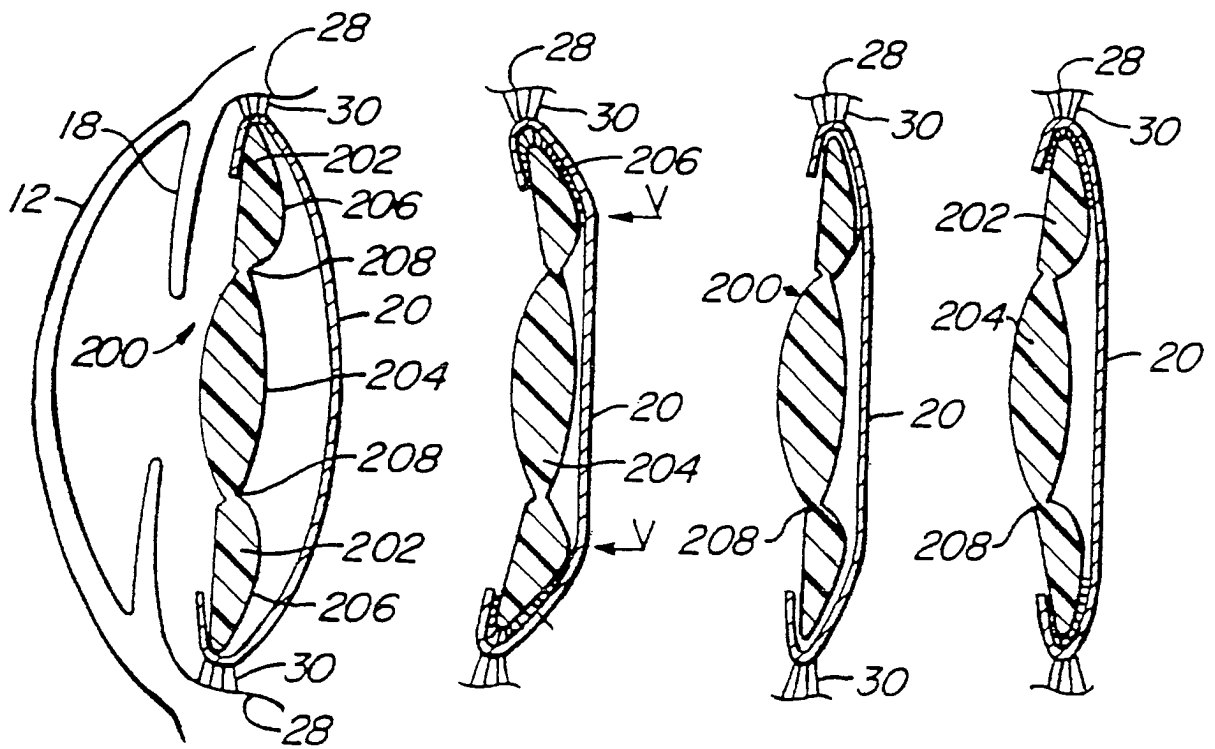
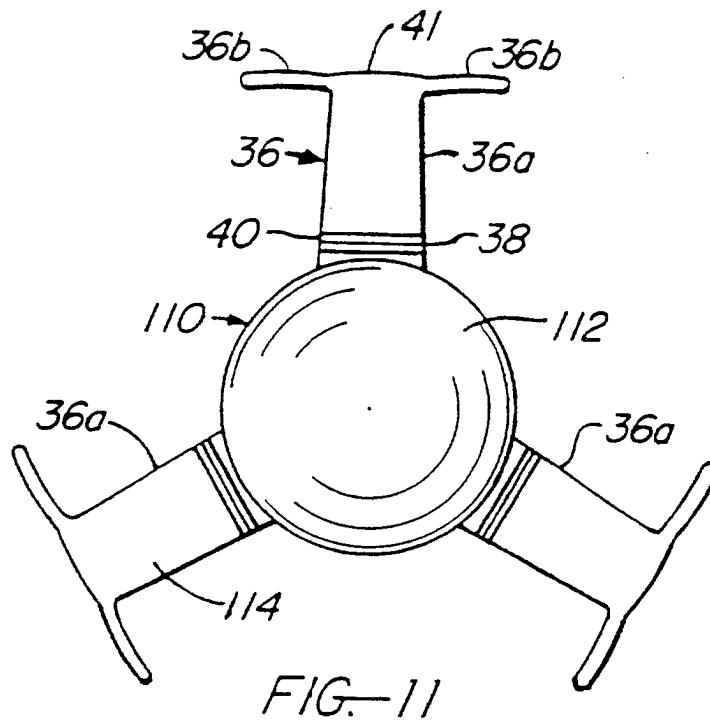


FIG. 12

FIG. 13

FIG. 14

FIG. 15