



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2011 116 368.2**

(22) Anmeldetag: **17.10.2011**

(43) Offenlegungstag: **18.04.2013**

(51) Int Cl.: **A61F 9/008 (2011.01)**

(71) Anmelder:
Carl Zeiss Meditec AG, 07745, Jena, DE

(72) Erfinder:
**Papastathopoulos, Evangelos, Dr., 07743, Jena,
DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE	44 07 949	A1
DE	44 30 720	A1
US	6 391 020	B1
US	2005 / 0 245 949	A1
US	2008 / 0 315 720	A1
US	2011 / 0 009 779	A1

Rechercheantrag gemäß § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG ist gestellt.

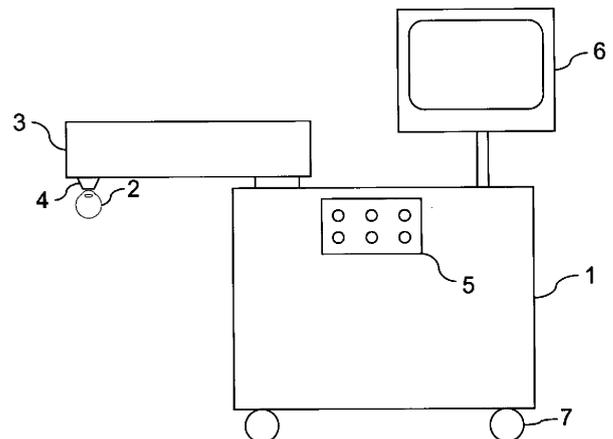
Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung und Verfahren zur extrakapsulären chirurgischen Kataraktbehandlung**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung bezieht sich auf eine Lösung zur Behandlung des menschlichen Auges, ausgebildet für chirurgische Eingriffe an der Kornea, der Sklera, dem Glaskörper und insbesondere zur Zerkleinerung des Linsenkerns für die extrakapsuläre chirurgische Kataraktbehandlung.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung basiert auf einer optischen Laser-Behandlungseinheit mit entsprechender Steuereinheit, wobei die optische Laser-Behandlungseinheit über einen Femtosekunden-Laser verfügt. Zusätzlich sind in der Vorrichtung eine Ultraschall-Behandlungseinheit, ein Koppellement zur Einkopplung der jeweiligen Energie der nacheinander zur Anwendung kommenden Behandlungseinheiten ins Auge vorhanden. Das Koppellement stellt hierbei eine Schnittstelle zum Patientenauge dar, durch welches sich sowohl die Laserstrahlung als auch die Ultraschallwellen ausbreiten können.

Der wesentliche Vorteil der Lösung besteht darin, dass eine vollständige Zertrümmerung und Entfernung der getrübbten Augenlinse mit nur einem Gerät möglich ist und zwar ohne dass eine Neupositionierung des Patienten zwischen den einzelnen Verfahrensschritten erforderlich ist. Die vorgeschlagene Lösung ist zudem für Augenlinsen unterschiedlichster Kataraktgrade gleichermaßen geeignet.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf eine Lösung zur Behandlung des menschlichen Auges, ausgebildet für chirurgische Eingriffe an der Kornea, der Sklera, dem Glaskörper und insbesondere zur Zerkleinerung des Linsenkerns für die extrakapsuläre chirurgische Kataraktbehandlung.

[0002] Zu einer Fehlsichtigkeitskorrektur durch chirurgische Eingriffe am Auge sind beispielsweise verschiedenartige Geräte erforderlich, deren Auslegung ihrem jeweiligen Verwendungszweck entspricht. So werden zu Beginn einer solchen Behandlung Geräte benutzt, die zur Diagnose am Auge geeignet sind, wie beispielsweise Operationsmikroskope, optische Anordnungen zur 3D-Messung an der Kornea oder Anordnungen zur optischen Kohärenztomographie. In Abhängigkeit vom Diagnoseergebnis werden dann die Therapiemaßnahmen festgelegt und durchgeführt.

[0003] Ein Großteil der Fehlsichtigkeiten kann durch Gewebeabtrag an der Kornea beispielsweise mit dem als LASIK bekannten Verfahren korrigiert werden. Dabei wird zunächst an der Oberfläche der Kornea ein als „Flap“ bezeichneter Deckel ausgebildet und nach dessen Aufklappen von dem nun freiliegenden inneren Bereich der Kornea Gewebe abgetragen und dadurch die Augenhornhautkrümmung verändert, bis die Fehlsichtigkeit korrigiert ist. Nach Abtragung des Gewebes mit Hilfe eines Laserablationsgerätes bzw. eines Femtosekunden-Lasergerätes wird der „Flap“ zurück geklappt, so dass die Wunde verschlossen ist.

[0004] Im Gegensatz dazu handelt es sich bei einem Katarakt, der auch als „grauer Star“ bezeichnet wird, um eine Trübung der Augenlinse, die nicht durch einen Gewebeabtrag behandelt werden kann. Vielmehr ist die getrübbte Linse operativ zu entfernen und durch ein künstliches Linsenimplantat zu ersetzen. Obwohl die Ursache der Kataraktentwicklung meist unbekannt ist, kann jedoch festgestellt werden, dass in der Regel (mit über 90%) der graue Star zunehmend im hohen Alter auftritt.

[0005] Im Allgemeinen kann der Katarakt nach der Lokalisation der Trübung wie folgt eingeteilt werden:

- Trübungen in der Linsenrinde (cataracta corticalis),
- Trübungen der hinteren subkapsulären Bereiche (cataracta subcapsularis posterior) und
- Trübungen des Linsenkernes, auch Kernkatarakt (cataracta nuclearis).

[0006] Die etwa 10 Minuten dauernde Kataraktoperation ist eine der am häufigsten durchgeführten chirurgischen Eingriffe weltweit und kann deshalb bereits als routinemäßig bezeichnet werden. Sie erfolgt in der Regel lediglich bei örtlicher Betäubung. Es ist le-

diglich sicher zu stellen, dass das Auge nicht nur völlig schmerzfrei ist, sondern auch nicht mehr aktiv bewegt werden kann.

[0007] Allerdings haben sich im Stand der Technik zur Durchführung des operativen Eingriffes, insbesondere zum Entfernen der getrübbten Augenlinse unterschiedliche Techniken durchgesetzt, auf die im Folgenden näher eingegangen wird.

[0008] Unter Phakoemulsifikation, die als die derzeit gängigste Technik der chirurgischen Behandlung des grauen Stars gilt, versteht man die Zerkleinerung des Linsenkerns mittels Ultraschall und die anschließende Absaugung der Trümmer mittels einer Saug-Spül-Vorrichtung. Während bei der extrakapsulären Kataraktextraktion die hintere Linsenkapsel stehen bleibt, wird bei der intrakapsulären Kataraktextraktion die Linse mit der Kapsel zusammen entfernt.

[0009] Durch die klare Hornhaut eröffnet man einen sogenannten kornealen Tunnelschnitt (Inzision), der ca. 3 mm breit ist, durch den anschließend der Linsenkern mit einer Ultraschall-Sonde zerkleinert (emulsifiziert) und abgesaugt wird. Dabei besteht die Ultraschall-Sonde aus einem feinen Titanrohr, das mit Ultraschallfrequenz in Längsrichtung schwingt und auf diese Weise den Linsenkern Stück für Stück wie ein Rundhobel abträgt. Gleichzeitig werden die Kernbruchstücke durch das Rohr abgesaugt, während Flüssigkeit über eine Manschette zufließt.

[0010] Nach Entfernung der Linse muss ihre Brechkraft entweder durch das Einsetzen einer Intraokularlinse oder mittels einer Brille ausgeglichen werden. Meist wird heute eine Hinterkammerlinse eingesetzt, wobei oft postoperativ keine Brille mehr nötig wird. Sollte eine Brillenanpassung nötig sein, so erfolgt diese etwa 3–4 Wochen postoperativ. Bei der extrakapsulären Kataraktextraktion kann sich hinter der Kunstlinse durch Proliferation von verbliebenen Linsenepithelzellen eine dichte, als „Nachstar“ bezeichnete Membran bilden, die mittels Laserbehandlung wieder entfernt werden kann.

[0011] Als nachteilig wirkt sich bei der Phakoemulsifikation aus, dass diese manuell durchgeführt wird und es deshalb durch unachtsame Handhabung der Ultraschall-Sonde zu Verletzungen des Kapselsacks, wie beispielsweise Perforation der hinteren Kapselwand, der Ziliarkörper oder des kornealen Endothels kommen kann. Weiterhin kann der breite korneale Tunnelschnitt eine postoperative Abflachung der Kornea hervorrufen, welche das refraktive Ergebnis der Operation (induzierter Astigmatismus) beeinträchtigt.

[0012] Die Technik der Irrigation/Aspiration (kurz: I/A) wird eingesetzt um die Rindenreste des Nukleus und den verbleibenden Kortex zu entfernen. Dies erfolgt durch das gleichzeitige Spülen (Irrigation)

und Absaugen (Aspiration) des Kapselsackinhalts mit zwei feinen Kanülen (mit einem Durchmesser zwischen 0,6 mm und 0,8 mm), welche jeweils durch entsprechend breite korneale Schnitte (Parazentesen) ins Auge eingeführt werden. Oft werden die Irrigation und die Aspiration in einem koaxialen Instrument integriert, welches dann beispielsweise einen Durchmesser von ca. 1,6 mm aufweist.

[0013] Da die größeren Linsenfragmente durch die feinen Kanülen nicht abgetragen werden können, wird dieser Technik in der Regel nur am Anschluss der Phakoemulsifikation eingesetzt.

[0014] Die Technik der Irrigation & Aspiration kann die Phakoemulsifikation nicht ersetzen, außer wenn der Linsenkern sehr weich (Katarakt-Grad 1) und/oder mit Hilfe von Laserstrahlung oder Ultraschall bereits zerkleinert ist.

[0015] Bei dem Verfahren der laserinduzierten Photodisruption wird gepulste Laserstrahlung in der Linse fokussiert. Aufgrund der hohen Laserleistung tritt im Fokuspunkt der Effekt der Photodisruption auf, womit das Gewebe durch die Erzeugung von kleinen Gasbläschen durchtrennt wird. Durch die gezielte Platzierung mehrerer von diesen kleinen Gasbläschen können eine Art Schnitte zustande kommen, welche die Fragmentierung der Linse ermöglichen. Ein derartiges Verfahren wird beispielsweise in der US 4,538,608 A beschreiben.

[0016] Damit der Laserstrahl in exakter Tiefe und mit möglichst wenigen Abberation fokussiert werden kann, wird ein spezielles Kontaktglas auf das Auge aufgesetzt, welches die opto-mechanische Schnittstelle zwischen dem Lasersystem und dem Patient darstellt. Alternativ zum Kontaktglas kann ein mit Flüssigkeit gefüllter Saugring, gemäß der in der US 2010/0022994 A1 beschriebenen Lösung eingesetzt werden.

[0017] Die Führung des Laserstrahls erfolgt automatisch durch eine vorprogrammierte Scanneinheit, wobei die genauen Koordinaten des Schnittes auf der Basis einer, z. B. mittels eines OCT-Verfahrens, einer Scheimpflug-Kamera oder eines Konfokal-Mikroskops aufgenommenen, dreidimensionalen Aufnahme der Linsen- und Kornea-Topographie definiert werden.

[0018] Die laserinduzierte Photodisruption wird in der Regel automatisch gesteuert und gilt deshalb im Vergleich zur manuellen Phakoemulsifikation als sicherer und präziser. Jedoch ist der Einsatz dieser Methode bei hartem Katarakt durch die Streuung des Laserlichtes in der trüben Linse stark eingeschränkt.

[0019] So hat sich beispielsweise gezeigt, dass die laserinduzierte Photodisruption bei Kataraktgraden

von 2 bis 4 lediglich unterstützend dazu benutzt werden kann, um die erforderliche Ultraschallenergie bei der Phakoemulsifikation reduzieren zu können.

[0020] Gemäß dem heutigen Stand der Technik wird die laserinduzierte Photodisruption sequenziell eingesetzt, d. h. erst wird das Auge mit dem Laserstrahlung vorbehandelt und erst danach wird die Linse mit einer Ultraschall-Sonde komplett zerstört und abgesaugt. Allerdings ist das Umschalten zwischen dem Lasersystem und dem Ultraschallgerät sehr zeitaufwändig und benötigt nach wie vor einen breiten kornealen Tunnelschnitt.

[0021] Obwohl die Phakoemulsifikation mit einer Komplikationsrate von unter 3%, allgemein als eine sehr sichere Methode akzeptiert ist, führt der nicht-invasive Charakter der Laserbehandlung mittels Femtosekunden-Technologie dazu, dass diese Technologie zunehmend attraktiver für die Patienten wird.

[0022] Obwohl der nicht-invasive Aspekt der Femtosekunden-Laser sehr vorteilhaft ist, musste auch hier festgestellt werden, dass eine komplette Emulgierung der Linse nur mit optischen Methoden insbesondere für Linsentrübungen mit einem Kataraktgrad von 2 bis 4 nicht möglich ist, da die benötigten Intensitäten der Laser die Sicherheitsstandards (DIN EN 15004-2: 2007 und DIN EN 60825-1:2008) überschreiten würde.

[0023] Deshalb bleiben auch Femtosekunden-Laser bei der Kataraktbehandlung nur eine ergänzende Methode zur Phakoemulsifikation, d. h. Linse mit einem Kataraktgrades von 2 bis 4 werden erst mit einem Femtosekunden-Laser „zerhackt“ und danach mit einer Phako-Sonde komplett zerstört und abgesaugt. Allerdings kann aufgrund der Vorbehandlung mittels Femtosekunden-Laser die für die Emulgierung der Linse erforderliche Ultraschallenergie reduziert werden.

[0024] Davon ausgehend liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine Lösung zur extrakapsulären chirurgischen Kataraktbehandlung zu entwickeln, die die Nachteile der Lösungen des Standes der Technik beseitigt und die ausgehend von den Vorteilen einer nicht-invasiven Behandlung, auf einem optischen Verfahren mittels Femtosekunden-Laser basiert. Dabei soll die Lösung bei einem einfachen Aufbau eine möglichst schnelle Behandlung realisieren und auch für Linsentrübungen mit hohem Kataraktgrad geeignet sein.

[0025] Die erfindungsgemäße Lösung zur extrakapsulären chirurgischen Kataraktbehandlung weist die in den Ansprüchen 1 und 6 angegebenen technischen Merkmale und Verfahrensschritte auf. Ausgestaltungsmerkmale sind in den Ansprüchen 2 bis 5 und 7 bis 10 angegeben.

[0026] Im Rahmen der vorliegenden Erfindung werden eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Zerkleinerung (Emulsifikation) der Linse auf der Basis der Kombination von Ultraschall und Laserstrahlung eingeführt, wobei die Laserleistung und die Ultraschall Energie durch dieselbe Schnittstelle ins Auge geführt werden. Zur Fokussierung der Laserstrahlung aufs Auge ein Kontaktglas oder ein mit Flüssigkeit gefüllter Trichter mit Saugring aufgesetzt, der die opto-mechanische Schnittstelle zum Patienten darstellt.

[0027] Der wesentliche Vorteil der für chirurgische Eingriffe am menschlichen Auge und dabei insbesondere zur Zerkleinerung des Linsenkerne für die extrakapsuläre chirurgische Kataraktbehandlung vorgesehenen Lösung besteht darin, dass eine vollständige Zertrümmerung und Entfernung der getrübbten Augenlinse mit nur einem Gerät möglich ist und zwar ohne dass eine Neupositionierung des Patienten zwischen den einzelnen Verfahrensschritten erforderlich ist. Die vorgeschlagene Lösung ist zudem für Augenlinsen unterschiedlichster Kataraktgrade gleichermaßen geeignet. Da ein automatisierter Ablauf vorgesehen ist, sind manuelle Fehler der Bediener nicht mehr möglich.

[0028] Die erfindungsgemäße Vorrichtung zur extrakapsulären chirurgischen Kataraktbehandlung basiert auf einer optischen Laser-Behandlungseinheit mit entsprechender Steuereinheit, wobei die optische Laser-Behandlungseinheit über einen Femtosekunden-Laser verfügt. Zusätzlich sind in der Vorrichtung eine Ultraschall-Behandlungseinheit, ein Koppellement zur Einkopplung der jeweiligen Energie der nacheinander zur Anwendung kommenden Behandlungseinheiten ins Auge vorhanden. Das Koppellement stellt hierbei eine Schnittstelle zum Patientenauge dar, durch welches sich sowohl die Laserstrahlung als auch die Ultraschallwellen ausbreiten können.

[0029] In einer ersten vorteilhaften Ausgestaltung verfügt die Ultraschall-Behandlungseinheit zur Erzeugung entsprechender Ultraschallwellen über eine Anzahl von Piezo-Elementen, die in Form eines zweidimensionalen oder eines Annular-Phased-Arrays angeordnet sind.

[0030] Um eine Neupositionierung zwischen den einzelnen Verfahrensschritten zu vermeiden verfügt die erfindungsgemäße Vorrichtung über ein Koppellement zur Einkopplung der jeweiligen Energie der nacheinander zur Anwendung kommenden Behandlungseinheiten ins Auge. Das Koppellement weist dafür vorzugsweise eine Kegelform auf und ist beispielsweise ein Kontaktglas oder ein flüssigkeitsgefüllter Trichter mit Saugring. Die Kegelförmige Geometrie des Koppellementes begünstigt die Ausbreitung der Ultraschallwellen, die von den in der Form eines Arrays angeordneten Piezo-Elementen erzeugt

werden. Die Symmetrieachse des Arrays verläuft dabei durch die Mitte des optischen Fensters des Koppellementes.

[0031] Zur Umlenkung der Laserstrahlung oder der Ultraschallwellen verfügt das Koppellement über ein Element mit mindestens einer Reflektorfläche. Vorzugsweise ist das Element mit mindestens einer Reflektorfläche aus Glas oder Kristall, wie z. B. Quarz.

[0032] Die Ultraschallwellen oder die Laserstrahlung werden mit Hilfe von einem Element mit mindestens einem Reflektor umgelenkt um ins Koppellement eingekoppelt zu werden. Die generierte Ultraschallwelle kann vorzugsweise durch die Sklera ins Auge eingekoppelt werden, um die Belastung des Hornhautendothels zu verringern. Dazu können die zur Erzeugung der Ultraschallwellen vorhandenen Piezo-Elemente ringförmig angeordnet sein.

[0033] Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zur extrakapsulären chirurgischen Kataraktbehandlung wird in einem ersten Verfahrensschritt die Augenlinse durch eine optische Laserbehandlung zerkleinert. In einem zweiten Verfahrensschritt wird die Augenlinse durch eine Behandlung mit Ultraschall vollständig zertrümmert.

[0034] Erfindungswesentlich ist hierbei, dass sowohl die Positionierung als auch die Modulation der in den beiden ersten Verfahrensschritten erforderlichen Energiemengen automatisch erfolgt.

[0035] Gemäß dem in der US 6,391,020 B1 beschriebenen Prinzip wirkt sich hierbei besonders vorteilhaft aus, dass die Positionierung und Modulation der im ersten Verfahrensschritt erforderlichen Energiemenge so erfolgen kann, dass definierte „Defektstellen“ in der Augenlinse erzeugt werden, die die Ultraschall-Energie im zweiten Verfahrensschritt besonders effektiv absorbieren. Dadurch ist eine effektivere Zertrümmerung der Augenlinse bei geringeren Energiemengen für die Ultraschallwellen möglich.

[0036] Nach der im zweiten Verfahrensschritt erfolgten vollständigen Zertrümmerung der Augenlinse durch eine Behandlung mit Ultraschall kann in einem zusätzlichen Verfahrensschritt die Augenlinse inklusive des Kortex mittels Irrigation und Aspiration aus dem Kapselsack entfernt werden.

[0037] Wie bereits zuvor beschrieben, kann dies durch das gleichzeitige Spülen (Irrigation) und Absaugen (Aspiration) des Kapselsackinhalts mit zwei feinen Kanülen oder auch nur einem koaxialen Instrument erfolgen.

[0038] Die Erfassung der dreidimensionalen Topographie des Auges kann hierbei zum Beispiel optisch auf der Basis eines OCT-Verfahrens, mit Hilfe einer

Scheimpflug-Kamera oder mittels konfokaler Prinzipien erfolgen.

[0039] Es ist aber auch möglich die dreidimensionale Topographie des Auges akustisch auf der Basis von Ultraschall-Imaging zu realisieren. Für das Ultraschall-Imaging könnten die für die Emulsifikation der Augenlinse vorgesehenen Piezo-Elemente als Ultraschall-Empfänger benutzt werden.

[0040] Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines Ausführungsbeispiels näher erläutert. In den zugehörigen Zeichnungen zeigen:

[0041] **Fig. 1:** eine Prinzipdarstellung der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur extrakapsulären chirurgischen Kataraktbehandlung und

[0042] **Fig. 2:** Detailansichten des Koppel-elementes in Form eines Kontaktglases sowie eines flüssigkeitsgefüllten Trichters mit Saugring.

[0043] Die **Fig. 1** zeigt eine Prinzipdarstellung der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur extrakapsulären chirurgischen Kataraktbehandlung, die auf einer optischen Laser-Behandlungseinheit mit einem Femtosekunden-Laser und einer entsprechender Steuereinheit basiert und über eine zusätzliche Ultraschall-Behandlungseinheit verfügt. Sowohl die beiden Behandlungseinheiten als auch die Steuereinheit befinden sich in einem gemeinsamen Gehäuse **1**. Zur Einkopplung der jeweiligen Energie der nacheinander zur Anwendung kommenden Behandlungseinheiten ins Auge **2** weist die Vorrichtung einen beweglichen, exakt positionierbaren Arm **3** auf, an dessen Ende ein Koppel-element **4** vorhanden ist.

[0044] Zur Bedienung der im Gehäuse **1** befindlichen Steuereinheit kann eine Eingabeeinheit **5** vorhanden sein. Um die Behandlung verfolgen zu können, ist ein Monitor **6** vorgesehen, der zum Zweck der Verwendung als User-Interface auch als „Touch-Screen“ ausgebildet sein kann.

[0045] Wie des weiteren aus der **Fig. 1** ersichtlich, ist die erfindungsgemäße Vorrichtung gegen seine Aufstandsfläche optional mittels Rollen **7** abgestützt, die dessen manuellen Transport zum und vom Einsatzort vereinfachen. Um die Vorrichtung trotz der Rollen **7** am Einsatzort in eine stabile Lage und Ausrichtung bringen zu können, kann eine Feststellbremse vorgesehen sein (zeichnerisch nicht dargestellt), die dann auch vorteilhaft so an die Schwenkbewegung des Laserarms gekoppelt ist, dass das Ausschwenken des Laserarms ausschließlich nach erfolgter Lagestabilisierung am Einsatzort möglich ist.

[0046] Die **Fig. 2** zeigt Detailansichten des Koppel-elementes in Form eines Kontaktglases sowie eines flüssigkeitsgefüllten Trichters mit Saugring.

[0047] Das Koppel-element **4** zur Einkopplung der jeweiligen Energie der nacheinander zur Anwendung kommenden Behandlungseinheiten ins Auge **2** weist hierzu eine Kegelform auf und verfügt zur Umlenkung der Laserstrahlung **8** über ein Element mit einer Reflektorfläche **9**. Im einfachsten Fall ist das Koppel-element **4** ein Kontaktglas **4'** oder ein flüssigkeitsgefüllter Trichter **4''** mit Saugring **10**, wobei der Flüssigkeitsstand **13** mit der gestrichelten Linie dargestellt sein soll.

[0048] Die von einer nicht dargestellten Laserquelle in Form eines Femtosekunden-Lasers erzeugte Laserstrahlung **8** wird von einem Objektiv **11** über das Element mit der Reflektorfläche **9** und das Kontaktglas **4'** auf das Auge **2** gelenkt. Zur Erzeugung der entsprechenden Ultraschallwellen **12** ist eine Anzahl von Piezo-Elementen **13** vorhanden. Durch die Anordnung der Piezo-Elementen **13** in Form eines zweidimensionalen oder eines Annular-Phased-Arrays werden die Ultraschallwellen durch das Element mit der Reflektorfläche **9** und das Kontaktglas **4'** oder den flüssigkeitsgefüllter Trichter **4''** mit Saugring **10** in die Augenlinse **2'** des Auges **2** fokussiert.

[0049] Während bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zur extrakapsulären chirurgischen Kataraktbehandlung die zu entfernende Augenlinse einem ersten Verfahrensschritt durch eine optische Laserbehandlung zerkleinert wird, erfolgt in einem zweiten Verfahrensschritt durch eine Behandlung mit Ultraschall deren vollständig Zertrümmerung.

[0050] Danach kann die vollständig zertrümmerte Augenlinse in einem zusätzlichen Verfahrensschritt inklusive des Kortex mittels Irrigation & Aspiration aus dem Kapselsack entfernt werden.

[0051] Vorzugsweise erfolgt sowohl die Positionierung als auch die Modulation der in erforderlichen Energiemengen für die Laserstrahlung sowie die Ultraschallwellen automatisch.

[0052] In diesem Zusammenhang ist es weiterhin möglich, durch die Modulierung der Treibersignale der einzelnen Piezo-Elemente die genaue Position des Fokussierpunktes der Ultraschallwellen zu steuern, wodurch auch eine scannende Bewegung realisierbar ist.

[0053] Mit der vorgeschlagenen Lösung können mit Hilfe der Laserstrahlung gezielte Schnitte im Kapselsack (Kapsulorhexis) und in der Linse erzeugt werden, während insbesondere bei der Behandlung von hartem Katarakt (Grad 2 bis 4) die fokussierten Ultraschallwellen die Emulsifikation der Linse vervollständigt.

[0054] Da die genaue Lage der Fokussierpunkte sowohl der Laserleistung als auch der Ultraschallener-

gie im Auge automatisch gesteuert wird, ist das vorgeschlagene Verfahren präziser und sicherer als die manuelle Phakoemulsifikation. Anders als bei herkömmlichen laserinduzierten Photodisruptions-Systemen können mit der hier eingeführten Vorrichtungen Augenlinsen mit Kataraktgraden bis zu 4 vollständig emulsifiziert werden.

[0055] Im Gegenteil zur Phakoemulsifikation wird im Rahmen der hier eingeführten Methode keine Ultraschallsonde ins Auge eingebracht. In der Kornea werden nur kleine Parazentesen geschnitten (0,1 ... 0,6 mm), die keinen Postoperativen Astigmatismus hervorrufen.

[0056] Die Lösung bietet weiterhin die Möglichkeit, dass die Positionierung und Modulation der im ersten Verfahrensschritt erforderlichen Energiemenge so erfolgt, dass definierte „Defektstellen“ in der Augenlinse erzeugt werden, die die Ultraschall-Energie im zweiten Verfahrensschritt besonders effektiv absorbieren. Dies hat den Vorteil, einer äußerst effektiven Zertrümmerung der Augenlinse bei einer geringeren Energiemenge.

[0057] Dabei ist ohnehin zu berücksichtigen, dass die Leistung der Ultraschallwellen so gering sein muss, dass das Hornhautendothel nicht beschädigt wird. Da die Ultraschallwellen im Bereich der Kornea unfokussiert sind, ist im Rahmen dieser Anordnung die Belastung des Endothels durch die Ultraschallwellen ohnehin sehr gering.

ZITATE ENHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- US 4538608 [0015]
- US 2010/0022994 A1 [0016]
- US 6391020 B1 [0035]

Zitierte Nicht-Patentliteratur

- DIN EN 15004-2:2007 [0022]
- DIN EN 60825-1:2008 [0022]

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur extrakapsulären chirurgischen Kataraktbehandlung, basierend auf einer optischen Laser-Behandlungseinheit mit entsprechender Steuereinheit, **dadurch gekennzeichnet**, dass die optische Laser-Behandlungseinheit über einen Femtosekunden-Laser verfügt und dass eine zusätzliche Ultraschall-Behandlungseinheit sowie ein Koppелеlement zur Einkopplung der jeweiligen Energie der nacheinander zur Anwendung kommenden Behandlungseinheiten ins Auge vorhanden sind.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Ultraschall-Behandlungseinheit zur Erzeugung entsprechender Ultraschallwellen über eine Anzahl von Piezo-Elementen verfügt.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Piezo-Elemente der Ultraschall-Behandlungseinheit in Form eines zweidimensionalen oder eines Annular-Phased-Arrays bzw. ringförmig angeordnet sind.

4. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Koppелеlement zur Einkopplung der jeweiligen Energie der nacheinander zur Anwendung kommenden Behandlungseinheiten ins Auge eine Kegelform aufweist und ein Kontaktglas oder ein flüssigkeitsgefüllter Trichter mit Saugring ist.

5. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Koppелеlement über mindestens ein Element mit einer Reflektorfläche zur Umlenkung der Laserstrahlung oder der Ultraschallwellen verfügt.

6. Verfahren zur extrakapsulären chirurgischen Kataraktbehandlung, bei dem in einem ersten Verfahrensschritt die Augenlinse durch eine optische Laserbehandlung zerkleinert wird, dadurch gekennzeichnet, dass die Augenlinse in einem zweiten Verfahrensschritt durch eine Behandlung mit Ultraschall vollständig zertrümmert wird, wobei die Einkopplung der jeweiligen Energie ins Auge gemäß der beiden Verfahrensschritte über ein und das Selbe Koppелеlement erfolgt.

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die zur Zerkleinerung der Augenlinse erforderliche optische Energie, gemäß dem ersten Verfahrensschritt von einem Femtosekunden-Laser erzeugt wird.

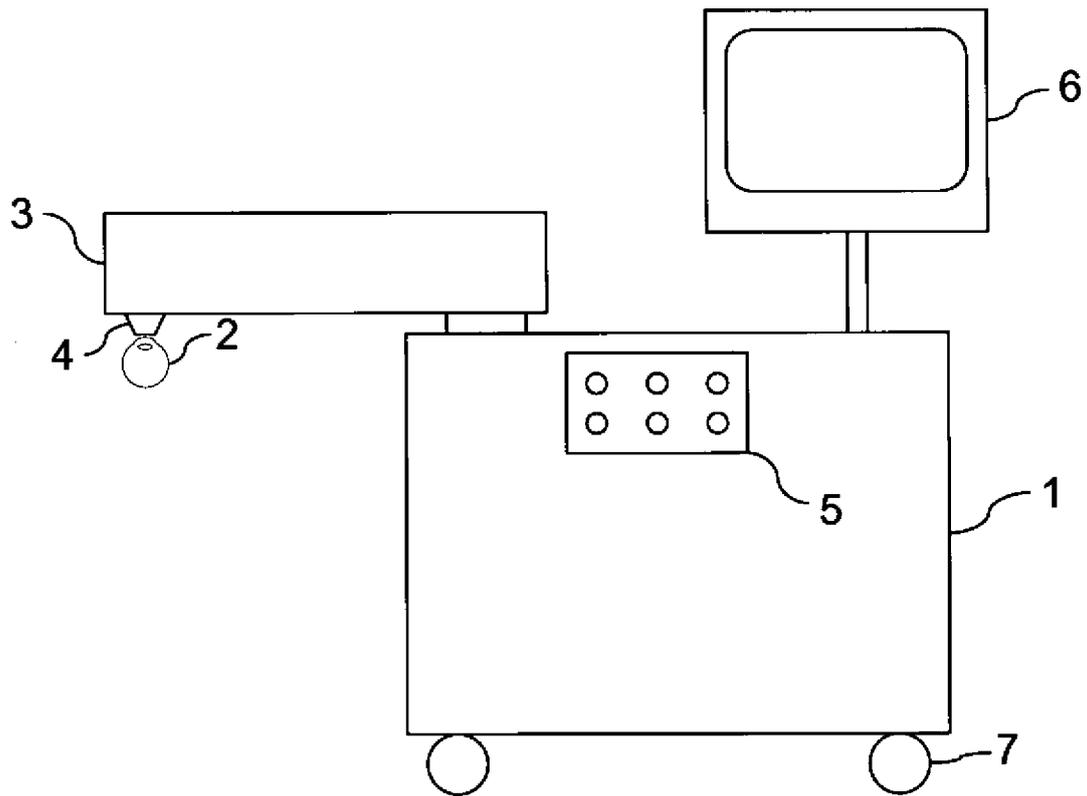
8. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die zur vollständigen Zertrümmerung der Augenlinse erforderliche Ultraschall-Energie, gemäß dem zweiten Verfahrensschritt von Piezo-Elementen erzeugt wird.

9. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass sowohl die Positionierung als auch die Modulation der in den beiden ersten Verfahrensschritten erforderlichen Energiemengen automatisch erfolgt.

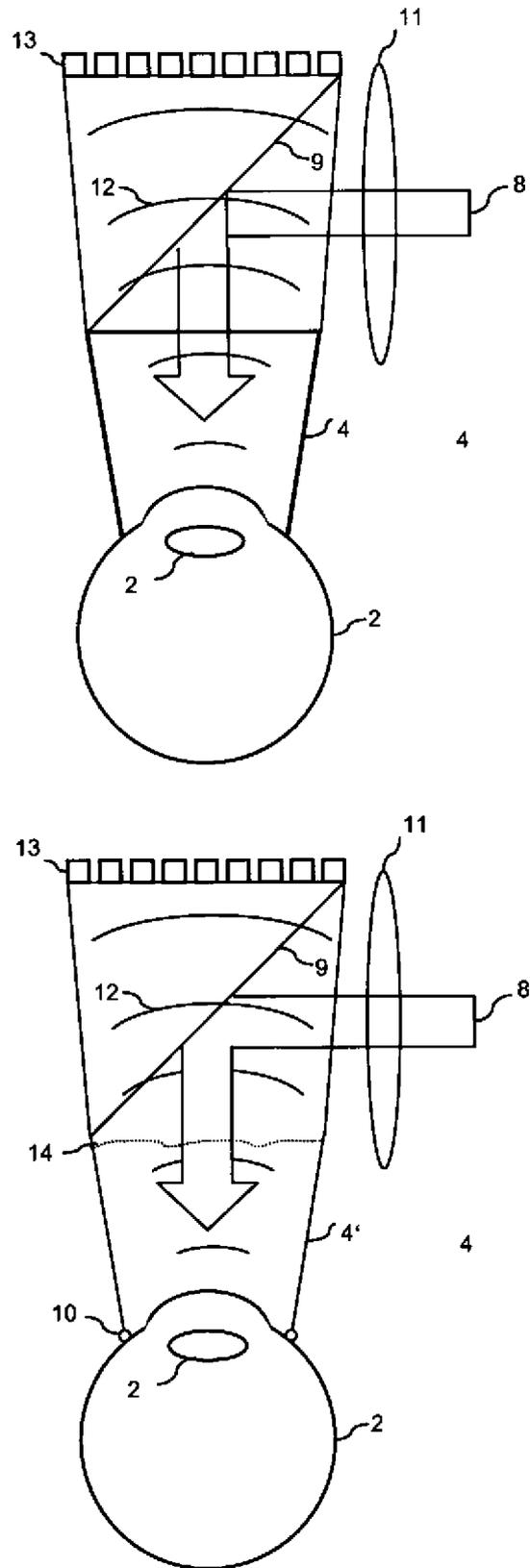
10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Positionierung und Modulation der im ersten Verfahrensschritt erforderlichen Energiemenge so erfolgt, dass definierte „Defektstellen“ in der Augenlinse erzeugt werden, die die Ultraschall-Energie im zweiten Verfahrensschritt besonders effektiv absorbieren.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen



Figur 1



Figur 2