



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 603 20 558 T2** 2009.05.28

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 523 294 B1**

(51) Int Cl.⁸: **A61F 9/008** (2006.01)

(21) Deutsches Aktenzeichen: **603 20 558.5**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/FR03/02259**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **03 753 650.5**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2004/009005**

(86) PCT-Anmeldetag: **17.07.2003**

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: **29.01.2004**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **20.04.2005**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **23.04.2008**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **28.05.2009**

(30) Unionspriorität:
0209132 18.07.2002 FR

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB,
GR, HU, IE, IT, LI, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK,
TR**

(73) Patentinhaber:
**Université des Sciences et Technologies de Lille,
Villeneuve-d'Ascq, FR**

(72) Erfinder:
**ZEMMOURI, Jaouad, F-59510 Hem, FR;
RAZDOBREEV, Igor, F-59155 Faches-Thumesnil,
FR; KURKOV, Andrey, F-109180 Mouscou, RU**

(74) Vertreter:
CBDL Patentanwälte, 47051 Duisburg

(54) Bezeichnung: **VORRICHTUNG ZUM BEHANDELN ALTERSBEDINGTER MAKULADEGENERATION**

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

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Gerät, das in der Ophthalmologie verwendet wird, um mittels eines Lichtstrahls und genauer eines „nicht thermischen“ Lasers die altersbedingte Makula-Degeneration (AMD) und genauer die AMD exsudativer Art zu behandeln.

[0002] Die altersbedingte Makula-Degeneration (AMD) stellt eine große Gefährdung für die Sicht dar, wobei die Häufigkeit der AMD-Fälle aufgrund der verlängerten Lebensdauer und der unterschiedlichen Umweltfaktoren sowie der täglichen Lichtexposition, wobei diese Faktoren noch zu den genetischen Veranlagungen hinzukommen, dazu tendiert, zuzunehmen.

[0003] Die AMD äußert sich durch den progressiven Verlust der Makula-Sehzellen. Dies ist die erste Ursache von schlechter Sicht in den Industrieländern bei Personen über fünfzig Jahren und erreicht lediglich die Makula. Auch kann sie nicht für vollständige Blindheit verantwortlich gemacht werden.

[0004] Es gibt zwei Hauptformen von AMD: Die trockene oder atrophe AMD, die durch eine Bildung kleiner Flecken oder „Drusen“ unter der Retina und eine Rückbildung des retinalen Pigmentepithels gekennzeichnet ist. Für diese Art von AMD gibt es keine Behandlung, insbesondere keine Laserbehandlung.

[0005] Die feuchte oder exsudative AMD ist durch die Gegenwart von abnormalen Blutgefäßen oder Neovaskularisationen gekennzeichnet. Diese Gefäße sind empfindlich, können bluten, undichte Stellen aufweisen, sich entwickeln und die Makula progressiv zerstören. Ihr Nachweis erfordert oftmals eine Angiographie, welche sie genau sichtbar werden läßt. Die Angiographie mit Fluorescein zeigt die undichten Stellen von Fluiden und die retinalen Neovaskularisationen auf, und die Angiographie mit Indocyanin-Grün zeigt die choroidalen und okkulten Neovaskularisationen auf. Die Angiographie besteht aus dem Injizieren des Farbstoffes in die Venen, damit sich die retinalen und choroidalen Blutgefäße besser beobachten lassen, und dem Photographieren der Retina nach variablen Zeitspannen.

[0006] Die ersten Anzeichen der Krankheit sind nur vom Augenarzt wahrnehmbar und lassen sich durch eine Untersuchung des Augenhintergrunds erkennen, die soweit erforderlich durch eine Angiographie mit Fluorescein oder Indocyanin-Grün durchgeführt wird. Der Patient nimmt die Symptome erst in einem Stadium wahr, das sich bereits zur Krankheit entwickelt hat. Es gibt keine Schmerzen.

[0007] Das üblichste Anzeichen ist der Rückgang

des Sehvermögens; zunächst in Form eines verstärkten Bedürfnisses nach Licht beim Lesen. Es werden also weniger Einzelheiten gesehen, gewisse Gesichtszüge verschwinden oder beim Lesen verschwinden gewisse Buchstaben oder Wörter in einem Satz. Ein weiteres Symptom, das Grund zur Besorgnis sein sollte und weshalb die Entscheidung, jemanden um Rat zu fragen, getroffen werden sollte: das Erscheinen von geraden Linien als verformte Linien.

[0008] In einem fortgeschrittenen Stadium ist das zentrale Sehen stark verändert (schwarzer Fleck im Zentrum des Sichtbereiches): Gesichter werden nicht mehr erkannt, Lesen und Schreiben werden unmöglich. Das periphere Sehen wird bewahrt, was es dem Patienten ermöglicht, sich fortzubewegen und autonom zu bleiben.

[0009] Den Patienten, die an AMD erkrankt sind, werden unterschiedliche Behandlungen vorgeschlagen. Die Heilanzeigen können nicht noch mehr insoweit präzisiert werden, als zahlreiche Behandlungen evaluiert werden. Ferner ermöglicht keine dieser Behandlungen die Heilung von AMD. Es ist lediglich möglich, die Verschlechterung anzuhalten oder den Entwicklungsprozess der Krankheit zu verlangsamen.

[0010] Es wird zwischen Behandlungen der thermischen Art, bei denen eine Wärmewirkung gesucht und verwendet wird, und anderen Behandlungen unterschieden.

[0011] Die beiden Behandlungen der thermischen Art sind die Behandlung mit Laser durch Lichtkaustik und die transpupillare Thermotherapie.

BEHANDLUNG MIT LASER DURCH LICHTKAUSTIK:

[0012] Dies ist die erste Behandlung, die ihre Wirksamkeit in klinischer Form von Neovaskularisationen; sichtbaren, extrafovealen oder juxtafovealen Neovaskularisationen gezeigt hat.

[0013] Es handelt sich um eine Behandlung mit heikler Durchführung. Das Ziel der Behandlung besteht im Verbrennen der Neovaskularisationen durch das Verbreiten einer starken Wärme in der Nähe von diesen. Genauer interagiert der kohärente Strahl des Lasers mit dem hinteren Teil der Retina (Pigmentepithel), die das Licht absorbiert. Diese Reaktion führt eine Verbreitung von Wärme hinter das Epithel herbei, was ebenfalls auf schädliche Weise eine definitive Schädigung der Photodetektoren herbeiführt.

DIE TRANSPUPILLARE THERMOTHERAPIE (TTT):

[0014] Die transpupillare Thermotherapie ist eine Behandlung, die aus dem Verwenden eines Lasers besteht, um die zu behandelnde Zone wie bei der Behandlung mit Laser durch Lichtkaustik zu erwärmen. Hingegen wird in dieser Behandlung der Laserstrahl derart verwendet, daß er weniger stark erwärmt als bei der Behandlung mittels klassischer Lichtkaustik. Somit besteht die Neigung, die oben erwähnten Schädigungen aufgrund der Verwendung eines Lasers, der eine starke Wärme verbreitet, zu vermeiden. Allerdings muß der Laserstrahl zum Erhalten einer therapeutischen Wirkung bei weniger starker Erwärmung während einer längeren Zeitdauer angewendet werden (mehrere Sekunden im zweistelligen Bereich). Dies wird in der internationalen Patentschrift WO 02/45633 beschrieben. Genauer variiert die empfohlene Bestrahlungsdauer bei dieser Behandlung zwischen 30 und 40 Sekunden. Nun ist aber jede Behandlung mit Laser eine Genauigkeitsbehandlung, die vorschreibt, daß die zu behandelnde Zone während der Dauer der Behandlung ortsfest ist. Das Festhalten des Auges eines Patienten am selben Ort während mehrerer Sekunden im zweistelligen Bereich ist nicht durchführbar, es sei denn, die Behandlung wird unter Narkose angewendet.

[0015] Außerdem sind die beiden Behandlungen der nicht thermischen Art die klassischen medikamentösen Behandlungen und die dynamische Phototherapie.

MEDIKAMENTÖSE BEHANDLUNGEN:

[0016] Gegenwärtig hat sich noch keine der medikamentösen Behandlungen bewährt. Die am meisten studierten Behandlungen sind jene, die eine zusätzliche Zufuhr an Oligoelementen und Vitaminen verwenden: Vitamin A, E, Selen, Zink usw. Das Ziel besteht im Versetzen der Retina in die besten metabolischen Funktionsbedingungen und somit dem Einschränkung der Gefahr, daß mit dem Altern verbundene Abfallstoffe angehäuft werden.

DIE DYNAMISCHE PHOTOTHERAPIE (DPT):

[0017] Die dynamische Phototherapie ist ein neues Verfahren, das aus dem Kombinieren eines lichtempfindlichen Medikamentes mit einem „nicht thermischen“ Laser (der die Retina nicht verbrennt), im Gegensatz zu den Lasern, die in der Lichtkaustik verwendet werden, besteht.

[0018] Das lichtempfindliche Medikament, wie etwa jenes, das unter der Marke Visudyne® im Handel erhältlich ist, wird intravenös in den Körper des Patienten injiziert. Dieses Medikament erreicht die anormalen Blutgefäße der Retina schnell und setzt sich somit

auf den Innenwänden dieser Neovaskularisationen fest. Danach wird der zu behandelnde Teil der Makula mit rotem Laser beleuchtet, zum Beispiel mit einer Wellenlänge von 689 nm und während einer Dauer von 90 Sekunden. Dieser Laserstrahl aktiviert somit das lichtempfindliche Medikament, das eine Abfolge von chemischen Reaktionen in den Neovaskularisationen herbeiführt, die zu einem Verschuß der anormalen retinalen Gefäße führen, welche später verschwinden. Genauer ermöglicht die Wirkung des Laserstrahls auf die Moleküle des lichtempfindlichen Produktes hauptsächlich das Erzeugen von Singulett-Sauerstoff („Singlet“) ($^1\text{O}_2$), der das Hauptagens ist, welches das Erhalten des Verschlusses der anormalen retinalen Gefäße ermöglicht.

[0019] Neuste Studien haben sehr befriedigende Ergebnisse ergeben, wobei 60% der behandelten Patienten ein stabilisiertes oder verbessertes Sehvermögen verzeichneten. Dennoch weist dieses Verfahren mehrere Nachteile auf. Der erste Nachteil steht mit der Lichtempfindlichkeit der Patienten in Verbindung, was sie dazu verpflichtet, jegliche Sonnenexposition während einer relativ langen Zeitdauer, im Allgemeinen im Bereich von 48 h, zu vermeiden. Ein weiterer Nachteil steht mit der Injektion eines kostspieligen Medikamentes (lichtempfindliches Produkt) in Verbindung, was diese Behandlung teuer werden läßt, wobei präzisiert wird, daß die Behandlung zur Wirksamkeit wiederholt werden muß. Schließlich kann die Injektion eines lichtempfindlichen Medikamentes bei gewissen Patienten schädliche Nebenwirkungen hervorrufen.

[0020] Eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht somit darin, ein Gerät und ein Verfahren zur Behandlung von AMD und insbesondere von feuchter AMD vorzuschlagen, die auf mit dynamischer Phototherapie vergleichbare Weise einen nicht thermischen und nicht zerstörerischen therapeutischen Lichtstrahl verwendet (im Gegensatz zum Laser, der in der Lichtkaustik oder in der transpupillaren Thermotherapie verwendet wird), jedoch nicht die Injektion eines lichtempfindlichen Medikamentes erfordert.

[0021] Die Lösung der Erfindung beruht auf der Verwendung einer Laserquelle, die eine Sendewellenlänge zwischen 1,26 µm und 1,27 µm aufweist.

[0022] Eine Aufgabe der Erfindung besteht auch in einem Gerät zur Behandlung mit Laser der altersbedingten Makula-Degeneration, umfassend, auf eine an sich bekannte Weise, eine Lichtquelle, die im Betrieb das Aussenden eines nicht thermischen therapeutischen Lichtstrahls ermöglicht.

[0023] Kennzeichnend für die Erfindung ist die Lichtquelle derart ausgelegt, daß sie einen nicht thermischen therapeutischen Lichtstrahl aussendet, der eine Sendewellenlänge zwischen 1,26 µm und 1,27

μm aufweist, um in einem Wellenlängenbereich zu liegen, welcher dem genauen Molekülübergang des Sauerstoffs entspricht, wodurch ermöglicht wird, daß Singulett-Sauerstoff direkt und in ausreichender Menge intrazellulär erzeugt wird.

[0024] Eine Aufgabe der Erfindung besteht ebenfalls in einem Verfahren zur Behandlung der altersbedingten Makula-Degeneration, bestehend aus dem Beleuchten der Makula mit einem nicht thermischen therapeutischen Lichtstrahl, der eine Sendewellenlänge zwischen $1,26\ \mu\text{m}$ und $1,27\ \mu\text{m}$ aufweist, um in einem Wellenlängenbereich zu liegen, welcher dem genauen Molekülübergang des Sauerstoffs entspricht, wodurch ermöglicht wird, daß Singulett-Sauerstoff direkt und in ausreichender Menge intrazellulär erzeugt wird.

[0025] Vorzugsweise ist die Lichtquelle eine Laserquelle (kohärenter therapeutischer Lichtstrahl).

[0026] Vorzugsweise, jedoch nicht auf die Erfindung einschränkende Weise, ist die verwendete Laserquelle ein Faser-Raman-Laser.

[0027] Genauer liegt die Leistung der Laserquelle zwischen 1 mW und 1 W und vorzugsweise zwischen 10 mW und 1 W.

[0028] Es wurde festgestellt, daß die Verwendung eines therapeutischen Lichtstrahls auf den vorher erwähnten bestimmten Frequenzen vorteilhafterweise und überraschenderweise das Erhalten von befriedigenden Ergebnissen ermöglicht was die Behandlung von AMD (Verzögerung des Verlustes des Sehvermögens und sogar Verbesserung des Sehvermögens) betrifft, ohne daß die Verwendung eines Medikamentes erforderlich ist. Aposteriorisch kann angenommen werden, daß die Wirkung des therapeutischen Lichtstrahls im vorher erwähnten Wellenlängenbereich das Erzeugen des Singulett-Sauerstoffs direkt ab Blut, das in den Neovaskularisationen enthalten ist, ermöglicht, und dies in einer ausreichenden Menge, um therapeutische Wirkungen zu erhalten, die mit jenen vergleichbar sind, die mit der Injektion eines lichtempfindlichen Medikamentes erhalten wurden. Somit wirkt im Gegensatz zum vorher erwähnten DPT-Verfahren der Lichtstrahl nicht auf ein Zwischenprodukt (lichtempfindliches Medikament), um den Singulett-Sauerstoff zu erzeugen, sondern in Anbetracht des bestimmten vorher erwähnten Wellenlängenbereichs des Lichtstrahls, der in der Erfindung verwendet wird, wirkt der Strahl direkt auf den Sauerstoff, der in den Neovaskularisationen enthalten ist, um den Singulett-Sauerstoff zu erzeugen. Die Anmelderin ist allerdings nicht durch diese Erläuterung gebunden.

[0029] Weitere Eigenschaften und Vorteile der Erfindung werden angesichts der nachfolgenden Be-

schreibung einer bevorzugten Ausführungsvariante eines Behandlungsgerätes der Erfindung und dessen Verwendung deutlicher, wobei die Beschreibung lediglich beispielhaft und nicht einschränkend und unter Bezugnahme auf die angehängten Zeichnungen gegeben ist, wobei:

[0030] [Fig. 1](#) ein Beispiel eines Behandlungsgerätes der Erfindung der Art Spaltlampe darstellt,

[0031] [Fig. 2](#) ein Schaubild ist, das die zwei Hauptlichtquellen (therapeutische Quelle und Beleuchtungsquelle) ausführlich darlegt, die im Inneren der Behandlungseinheit des Gerätes aus [Fig. 1](#) befestigt sind,

[0032] [Fig. 3](#) ein Schaubild eines Faser-Raman-Lasers ist, der im Gerät aus [Fig. 1](#) implementiert ist.

[0033] In [Fig. 1](#) ist ein Ausführungsbeispiel eines Gerätes der Erfindung dargestellt, das die Behandlung von AMD ermöglicht und von der Art Spaltlampe ist.

[0034] Dieses Gerät umfaßt im Grunde und üblicherweise auf dem Gebiet von Spaltlampen:

- eine optische Einheit **1** zur Betrachtung des zu behandelnden Auges durch den praktizierenden Arzt,
- eine Behandlungseinheit **2**, die das Erzeugen eines Lichtstrahls **3** ermöglicht, wobei dieser Strahl im vorliegenden Fall am Ausgang der Behandlungseinheit **2** vertikal ausgerichtet ist,
- einen Spiegel **4**, der das Ablenken des Lichtstrahls **3** um 90° ermöglicht, damit dieser horizontal nach derselben optischen Betrachtungsachse der optischen Einheit **2** ausgerichtet ist;
- Mittel **5** der Art Kinnriemen, die das Positionieren des Kopfes des Patienten und dadurch des zu behandelnden Auges selbst hinsichtlich der optischen Einheit **1** und des Lichtstrahls **3** ermöglichen.

[0035] Unter Bezugnahme auf [Fig. 2](#) ist in der Behandlungseinheit **2** eine therapeutische Lichtquelle **20** und eine Lichtquelle **22** integriert, die an sich gewöhnlich ist und das Beleuchten des Auges (standardmäßige Beleuchtungs-Leuchte) ermöglicht. Der therapeutische Lichtstrahl **20a**, der aus der Quelle **20** ausgeht, wird auf gewöhnliche Weise mit dem Beleuchtungsstrahl **22a**, der aus der Lichtquelle **22** ausgeht, durch ein optisches Kopplungssystem **23** gekoppelt, nachdem er auf ebenfalls bekannte Weise (optisches Kollimationssystem **21**) geformt wurde. Im Betrieb wird am Ausgang der Behandlungseinheit **2** der vorher erwähnte Lichtstrahl **3** ausgegeben, der zugleich einen therapeutischen Lichtstrahl und einen nicht therapeutischen Lichtstrahl umfaßt, wobei das Beleuchten des Auges zwecks Betrachtung des Auges mittels der optischen Einheit **1** ermöglicht wird.

[0036] Die Erfindung liegt in der Lichtquelle **20** der Einheit **2**, die nun in Einzelheiten dargelegt wird. Die anderen Elemente des Gerätes sind jene, die gewöhnlich in den Spallampen des Stands der Technik implementiert werden und die in der nachfolgenden Beschreibung nicht weiter beschrieben werden.

[0037] Allgemein nach der Erfindung ist die Lichtquelle **20** derart ausgelegt, daß sie einen therapeutischen Lichtstrahl **20a** aussendet, der eine Sendewellenlänge zwischen 1,2 µm und 1,3 µm aufweist.

[0038] Vorzugsweise ist der therapeutische Lichtstrahl **20a** ein kohärenter Lichtstrahl (Laser). Dennoch könnte der therapeutische Lichtstrahl **20a** in einer anderen Ausführung ein inkohärenter Lichtstrahl sein, der von einer Lichtquelle erzeugt wird, die nach einer optischen Filterung eine ausreichende Leistung aufweist, um lediglich die Frequenzkomponenten im Bereich zwischen 1,2 µm und 1,3 µm zu bewahren.

[0039] Da es sich in ihrem allgemeinsten Anwendungsbereich um einen kohärenten Lichtstrahl **20a** handelt, ist die Erfindung nicht auf eine bestimmte Art von Laserquelle **20** beschränkt, wobei jede beliebige Laserquelle verwendet werden kann, die das Aussenden eines Laserstrahls ermöglicht, welcher die obige Wellenlängenbedingung erfüllt und die dem Fachmann bekannt ist. Insbesondere und auf nicht vollständige Weise können die folgenden Arten von Laserquellen verwendet werden:

- kontinuierlicher oder impulsartiger Faser-Raman-Laser;
- Cr-Laser: Forsterit ($\text{Cr}_4^+ : \text{Mg}_2\text{SiO}_4$), gepulst oder kontinuierlich, gepumpt durch einen Festkörperlaser oder mit Faser und neodymdotiert (Nd), durch einen Festkörperlaser oder mit Faser und ytterbi-umdotiert oder diodengepumpt;
- gepulster oder kontinuierlicher parametrischer Oszillator, gepumpt durch eine andere Laserquelle,
- Laserdiode,
- kontinuierlicher oder impulsartiger Raman-Festkörperlaser oder -Konverter, gepumpt durch eine andere Laserquelle.

[0040] Unter den obigen Lasern wird vorzugsweise aus den nachfolgenden Hauptgründen ein Faser-Raman-Laser verwendet:

- der Faserausgang des Lasers erleichtert die Beförderung des Strahls bis zum Ausgang der Behandlungseinheit **2**;
- der erzeugte Laserstrahl **20a** weist eine gute spektrale und räumliche Qualität auf;
- die Laserquelle **20** ist vorteilhafterweise kompakt,
- die Laserquelle **20** ist zuverlässig und erfordert keinerlei Wartung;
- diese Art von Laserquelle bietet den besten Qualität-Herstellungskosten-Kompromiss des La-

sers.

BEVORZUGTES BEISPIEL EINES FASER-RAMAN-LASERS MIT EINER WELLENLÄNGE ZWISCHEN 1,2 µm UND 1,3 µm ([Fig. 3](#))

[0041] Die Laserquelle **20**, die in der Behandlungseinheit **2** verwendet wird, ist vorzugsweise ein Faser-Raman-Laser, der ausgelegt wurde, um einen therapeutischen Laserstrahl **20a** bei einer Wellenlänge zwischen 1,26 µm und 1,27 µm auszusenden, mit einer Leistung zwischen 1 mW und 1 W und vorzugsweise zwischen 10 mW und 1 W.

[0042] Mit Bezug auf [Fig. 3](#) umfaßt dieser Faser-Raman-Laser eine Pump-Laserdiode **201** mit einer Wellenlänge zwischen 910 und 930 nm oder 970 und 980 nm, einen Ytterbium Yb Faserlaser **202** und einen Raman-Konverter **204**, dessen Aufgabe darin besteht, die Wellenlänge des Strahls beim Ausgang des Faserlasers **202** umzusetzen, um einen Laserstrahl mit einer Wellenlänge zwischen 1260 nm und 1270 nm zu erhalten.

[0043] Der Yb-Faserlaser **202** ist aus einer Faser mit doppeltem Mantel **205** zusammengesetzt, dessen Kern mit Ytterbium dotiert ist, und aus zwei Bragg-Gittern **207a** am Eingang und am Ausgang, welche in die Faser photoeingeschrieben sind. Der Ausgang **203** der Faser des Yb-Lasers **202** ist direkt an den Eingang des Raman-Konverters **204** geschweißt.

[0044] Der Raman-Konverter **204** umfaßt eine Faser **206**, deren Kern mit Phosphor dotiert ist, und zwei Bragg-Gitter (**207b**) am Eingang und am Ausgang, welche auf eine Wellenlänge im Bereich zwischen 1260 und 1270 nm eingestellt sind. Dieser Konverter ermöglicht das Durchführen des Umsetzens der Sendelänge des Yb-Lasers (**202**) in einem einzelnen Schritt.

[0045] In einer anderen Variante ist es möglich, eine Monomodens- oder Multimodenfaser zu verwenden, die sich von der vorhergehenden Faser unterscheidet; in diesem Fall ist es angemessen, die Anzahl an Umwandlungsschritten des Raman-Konverters **204** in Abhängigkeit der Beschaffenheit der Faser und insbesondere der Art des verwendeten Dotierstoffs anzupassen.

[0046] Es ist ebenfalls möglich, die Bragg-Gitter durch Monomodens-Koppler zu ersetzen.

[0047] Die Steuerung der Leistung erfolgt über einen Koppler **208**, der eine geringe Kopplungsrate aufweist, und eine Photodiode **209**, die mit einer Steuerelektronik **210** verbunden ist, welche das Steuern der Leistung am Ausgang **215** ermöglicht und zum Beispiel direkt auf den Strom der Pumpdio-

de **201** wirkt. Die Steuerelektronik **210** ermöglicht es dem praktizierenden Arzt, die Leistung des therapeutischen Laserstrahls **20a** manuell zwischen 1 mW und 1 W und vorzugsweise zwischen 10 mW und 1 W einzustellen.

[0048] Der Ausgang **215** des Faser-Raman-Lasers ist zum Beispiel mit einem in den Figuren nicht dargestellten Ausgangsstecker versehen (Stecker der Art FC, SMA oder dergleichen), wobei das leichte und direkte Verbinden mit der Kollimationsoptik **21** der Spaltlampe ermöglicht wird.

[0049] Ein Betätigungspedal **211** oder Gleichwertiges, das mit der Steuerelektronik **210** verbunden ist, ist ebenfalls vorgesehen, um es dem praktizierenden Arzt zu ermöglichen, das Auslösen des therapeutischen Laserstrahls **20a** zu steuern.

[0050] Entsprechend einer zusätzlichen Eigenschaft sind in der Laserquelle **20** ebenfalls Sichtmittel (**212**, **213**, **214**) integriert. Genauer umfassen diese Sichtmittel eine rote Faser-Laserdiode **212**, welche im Wellenlängenbereich zwischen 630 und 690 nm aussendet und die über einen Dämpfer **213** und einen WDM Monomod-Koppler **214** mit dem Ausgang des Faser-Raman-Lasers gekoppelt ist. Die Diode **212** dient als Sichtquelle und ermöglicht es dem praktizierenden Arzt (über die optische Einheit **1**) den Auftreffpunkt des therapeutischen Laserstrahls zu visualisieren.

[0051] Der Faser-Raman-Laser, der soeben mit Bezug auf [Fig. 3](#) beschrieben wurde und der das Aussenden eines therapeutischen Laserstrahls mit einer Wellenlänge zwischen 1,2 μm und 1,3 μm ermöglicht, ist an sich neu und kann somit vorteilhafterweise ebenfalls in anderen medizinischen Anwendungen oder nicht, außerhalb des bestimmten Bereiches der Behandlung von AMD verwendet werden.

[0052] Die Implementierung des Gerätes der Erfindung ist wie folgt. Der Patient positioniert seinen Kopf auf dem Kinnriemen **5**. Der praktizierende Arzt stellt auf sehr genaue und an sich bekannte Art und Weise die räumliche Position des zu behandelnden Auges hinsichtlich des Strahls **3** ein, indem er den Aufprallpunkt des therapeutischen Laserstrahls **20a** mittels des Sichtstrahls, der kontinuierlich von der Diode **212** produziert wird, visualisiert. Wenn die Ausrichtung perfekt ist, stellt der praktizierende Arzt die Aussendungsleistung des therapeutischen Strahls **20a** ein und betätigt das Steuerpedal **211** oder Gleichwertiges während einer vorherbestimmten Zeitdauer, was das Aussenden des therapeutischen Strahls (Beleuchtung der zu behandelnden Zone der Makula) auslöst. Die Dauer der Behandlung wird vom praktizierenden Arzt berechnet. Soweit erforderlich können elektronische Mittel zur Steuerung dieses Behandlungszeitraums auf dem Gerät vorgesehen werden.

Während die Sichtzone der Makula behandelt wird, wiederholt der praktizierende Arzt diese Vorgänge auf einer neuen erkrankten Zone (abermäßige Ausrichtung des Auges hinsichtlich des Strahls **3**).

Patentansprüche

1. Gerät für die Behandlung der altersbedingten Makula-Degeneration, umfassend eine Lichtquelle, die im Betrieb das Aussenden eines therapeutischen Lichtstrahls ähnlich der Lichtquelle, die im Rahmen der dynamischen Phototherapie verwendet wird, ermöglicht, **dadurch gekennzeichnet**, daß die genannte Lichtquelle ausgelegt ist, um einen therapeutischen Lichtstrahl (**20a**) auszusenden, der eine Sendewellenlänge zwischen 1,26 μm und 1,27 μm aufweist, so daß Singulett-Sauerstoff direkt und in ausreichender Menge intrazellulär erzeugt wird.

2. Gerät nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Leistung des therapeutischen Lichtstrahls (**20a**) zwischen 1 mW und 1 W und vorzugsweise zwischen 10 mW und 1 W liegt.

3. Gerät nach einem der Ansprüche 1 bis 2, dadurch gekennzeichnet, daß die therapeutische Lichtquelle eine Laserquelle ist.

4. Gerät nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Laserquelle einen Faser-Raman-Laser (**20**) aufweist.

5. Gerät nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Faser-Raman-Laser eine Pump-Laserdiode (**201**), einen Ytterbium-Faserlaser (**202**) und einen Raman-Konverter (**204**) aufweist, dessen Aufgabe darin besteht, die Wellenlänge des aus dem Ytterbium-Faserlaser (**202**) ausgetretenen Strahls umzusetzen.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

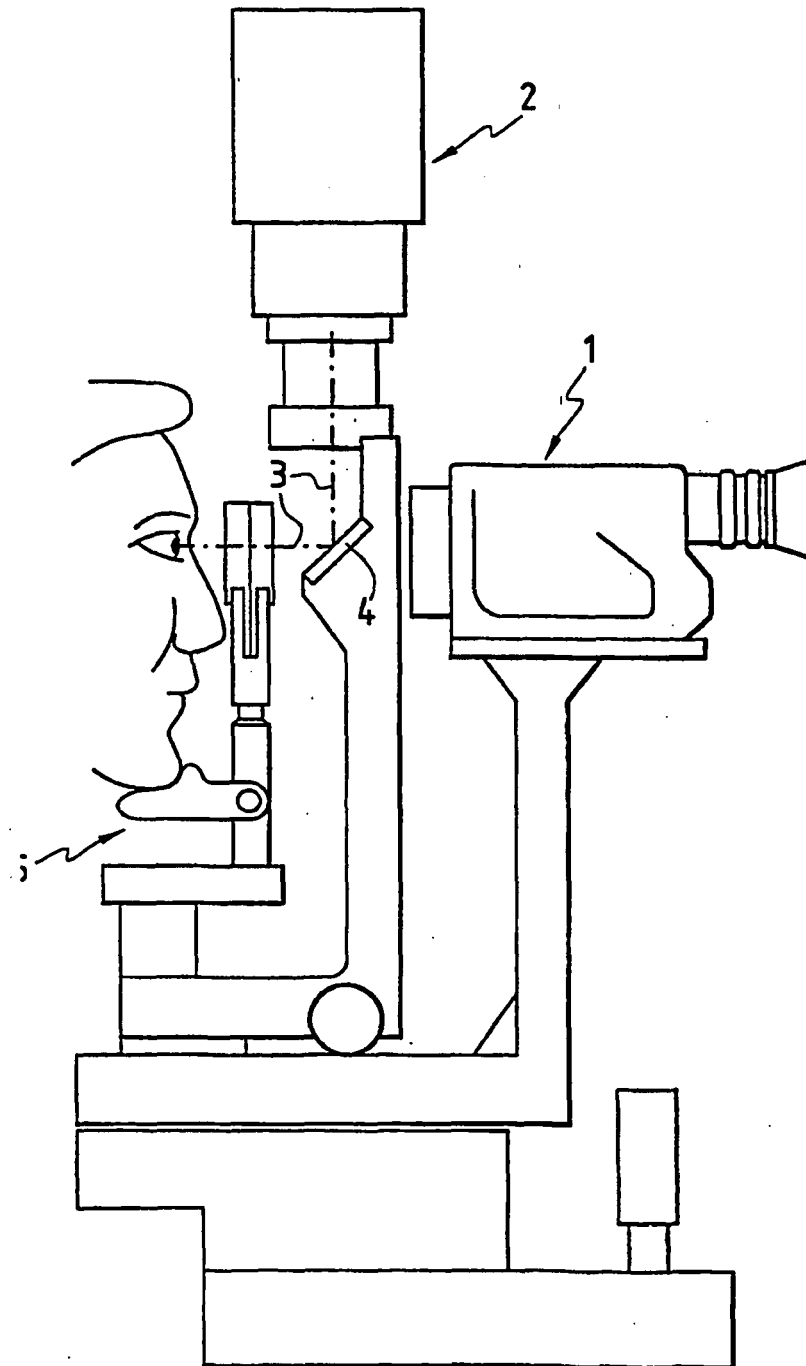


FIG.1

