



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 696 35 684 T2 2006.08.24

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) EP 1 219 258 B1

(51) Int Cl.⁸: A61B 18/20 (2006.01)

(21) Deutsches Aktenzeichen: 696 35 684.8

(96) Europäisches Aktenzeichen: 02 076 295.1

(96) Europäischer Anmeldetag: 31.01.1996

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: 03.07.2002

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: 28.12.2005

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: 24.08.2006

(30) Unionspriorität:

382122	01.02.1995	US
593565	30.01.1996	US

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, ES, FR, GB, IT

(73) Patentinhaber:

The General Hospital Corp., Boston, Mass., US

(72) Erfinder:

Anderson, R. Rox, Lexington, Massachusetts
02173, US; Farinelli, William, Danvers,
Massachusetts 01923, US; Grossman, Melanie,
New York, US

(74) Vertreter:

Kuhnen & Wacker Patent- und
Rechtsanwaltsbüro, 85354 Freising

(54) Bezeichnung: Verfahren zur Haarentfernung unter Verwendung von optischen Pulsen

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 eingelebt, 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**Hintergrund**

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft kosmetische Verfahren zur Haarbeseitigung unter Verwendung optischer Strahlung.

[0002] Unerwünschter Haarwuchs ist ein allgemeines kosmetisches Problem. Haare können vorübergehend mit einer Reihe von Techniken wie Wachsepilation, Enthaarungscremes und natürlich Rasieren entfernt werden. Alternativ können Haare dauerhafter durch Elektrolyse entfernt werden; dieser Prozess schließt das Einführen einer stromführenden Nadel in jeden Haarfollikel ein und ist oft schmerhaft, ineffizient und zeitaufwendig.

[0003] Optische Verfahren wie die Verwendung von Laserlicht werden ebenfalls zur Haarbeseitigung angewendet. Die US-A-4 388 924 beschreibt zum Beispiel die Bestrahlung einzelner Haarfollikel mit Laserimpulsen mit einer Impulsdauer zwischen 10 ms und 400 ms; bei diesem Verfahren bewirkt die Erwärmung des Haarwurzelabschnitts eine Koagulation in lokalen Blutgefäßen, was zu einer Zerstörung des Follikels und somit der Beseitigung des Haars führt. Verwandte Techniken wie die in der US-A-5 226 907 beschriebenen beinhalten die Zerstörung des Follikels, indem zuerst eine lichtabsorbierende Substanz auf die Region von Interesse aufgetragen wird, die lichtabsorbierende Substanz wenigstens teilweise in den Follikel migriert, die überschüssige lichtabsorbierende Substanz entfernt und die Region dann bestrahlt wird, um die Substanz und somit den Follikel zu erwärmen und eine Zerstörung des Follikels zu bewirken. Es wird die Verwendung von ns- und μ s-Impulsen vorgeschlagen.

[0004] Die obigen Methoden des Standes der Technik haben eine Reihe von Beschränkungen. Zunächst einmal sind Techniken zum Bestrahlen eines einzelnen Haarfollikels zeitaufwendig und daher im Allgemeinen für die Beseitigung von Haaren unpraktisch, sofern es sich nicht um eine sehr kleine Region oder eine Region mit wenig Haaren handelt. Der Vorgang kann auch schmerhaft sein, vor allem dann, wenn ein nadelartiges Element in den Haarfollikel eingeführt wird, damit die Lichtenergie die Wulst und die Wurzel oder Papilla leichter erreicht, die Teile des Haarfollikels, die zerstört werden müssen, um ein erneutes Wachsen des Haars zu verhindern. Wird die Bestrahlungsquelle nicht in den Follikel eingefügt, dann ist es schwierig, genügend Energie zu den erforderlichen Abschnitten des Follikels zu bringen, damit es zu seiner Zerstörung kommt, ohne außerdem das umliegende Gewebe wesentlich zu beschädigen und dem Patienten somit Schmerzen und Verletzungen zuzufügen.

[0005] Zwar ist die Technik des letzteren Patentes darin von Vorteil, dass sie die gleichzeitige Beseitigung mehrerer Haare in einer bestimmten Region ermöglicht, doch ist es bei dieser Technik schwierig, die lichtabsorbierende Substanz oder den Chromophor tief genug in den Follikel zu bringen, um eine Zerstörung der Papilla zu bewirken. Ferner führt diese Technik dazu, dass erhebliche Energie auf die Epidermis und andere Hautschichten in der behandelten Region aufgebracht und von dieser/diesen absorbiert wird/werden, wobei wesentlich weniger Energie die Wurzel oder Papilla des Follikels erreicht. Eine völlige Zerstörung des Follikels und folglich eine dauerhafte oder zumindest langfristige Haarbeseitigung ist daher schwer zu erzielen, insbesondere ohne dabei eine Beschädigung der Epidermis und anderer Hautschichten in der Region zu riskieren.

[0006] Es besteht somit ein Bedarf an einer verbesserten Technik zur Haarbeseitigung, durch die optische Energie leichter die Wulst und Basis oder Wurzel von Haarfollikeln in einer Region erreichen kann, während gleichzeitig Schäden an der Epidermis in der Region minimiert und folglich Beschwerden beim Patienten und potenzielle nachteilige Nebenwirkungen aus der Behandlung minimiert werden.

Zusammenfassung der Erfindung

[0007] Die vorliegende Erfindung stellt ein kosmetisches Verfahren zur simultanen Beseitigung einer Mehrzahl von Haaren von einer Hautregion bereit, wobei sich jedes Haar in einem Follikel befindet, der von einer Hautoberfläche in die Haut verläuft, wobei das Verfahren die folgenden Schritte umfasst:

- (a) Positionieren eines Elements über der Hautoberfläche in der genannten Hautregion, durch das optische Strahlung geleitet werden kann; und
- (b) Aufbringen optischer Strahlung einer gewählten Wellenlänge und einer gewählten Fluenz durch das Element zu der genannten Hautregion über einen Zeitraum von 5 ms bis 200 ms.

[0008] Vorzugsweise umfasst Schritt (a) das Inkontaktbringen eines Applikators mit der Hautoberfläche in der

genannten Region, um den Abstand zwischen Applikator und Papilla der Haarfollikel zu reduzieren und deren Zerstörung zu erleichtern.

[0009] Vorzugsweise umfasst das Verfahren ferner auch das Aufbringen von Druck auf den Applikator im Laufe der Schritte (a) und (b), um zu bewirken, dass der Applikator die darunter liegende Hautregion verformt.

[0010] Vorzugsweise umfasst das Verfahren ferner auch einen Kühlungsschritt (c) vor Schritt (b) und/oder einen Kühlungsschritt (d) während Schritt (b), wobei die genannte gewählte Fluenz und der Zeitpunkt der Applikation so gewählt werden, dass es höchstens zu einer minimalen Erwärmung der Haut in der genannten Hautregion bis zu der genannten gewählten Tiefe kommt, während eine ausreichende Erwärmung der Haare und/oder Follikel unter der genannten ausgewählten Tiefe bewirkt wird, um die Haare und Follikel wenigstens zu beschädigen, ohne eine wesentliche Beschädigung des die Follikel umgebenden Gewebes zu verursachen, wobei die Haare und/oder Follikel erwärmt und beschädigt werden, ohne dass es zu einer wesentlichen Beschädigung der Hautoberfläche in der genannten Hautregion bis zu der genannten gewählten Tiefe kommt.

[0011] In bevorzugten Ausgestaltungen wird ein Applikator zum Kühlen der Hautoberfläche in der Hautregion bis zu der gewählten Tiefe verwendet und die gewählte Tiefe ist vorzugsweise wenigstens gleich der Tiefe der Epidermisschicht der Haut (d.h. die der Hautoberfläche am nächsten liegende Hautschicht). Dies kann zum Beispiel durch Kühlen von wenigstens der Oberfläche des mit der Hautoberfläche in Kontakt befindlichen Applikators erreicht werden, wobei eine solche Kühlung vorzugsweise sowohl vor als auch während der Bestrahlung der Haut vorgenommen wird. Die Kühlung eines Applikators erfolgt durch Leiten eines Kühlfluids durch den Applikator. Ferner wird bevorzugt, dass die Bestrahlung der Hautoberfläche nicht durchgeführt wird, so lange die Hautregion nicht im Wesentlichen bis zu der gewählten Tiefe gekühlt wurde. In bevorzugten Ausgestaltungen erfolgt die Kühlung sowohl vor als auch während der Bestrahlung, und der gewählte Strahlungsfluss und die vorbestimmte Belichtungsdauer (d.h. das Zeitintervall für die Bestrahlung) werden so gewählt, dass es höchstens zu einer minimalen Erwärmung der Haut in der Hautregion bis zu der gewählten Tiefe kommt, wohingegen Haare und Follikel unter der gewählten Tiefe ausreichend erwärmt werden, um die Haare und Follikel wenigstens zu beschädigen, ohne dass es zu einer wesentlichen Beschädigung des die Follikel umgebenden Gewebes kommt. Ein bevorzugtes Bestrahlungszeitintervall ist 5 bis 100 ms.

[0012] Ein Applikator ist außerdem vorzugsweise so gestaltet, dass er auf die Hautregion aufgebrachte optische Strahlung konvergiert, so dass eine Bestrahlung der Follikelpapillae weiter erleichtert wird. Ein Applikator kann eine konvexe Oberfläche haben, die mit der Hautoberfläche in Kontakt kommt und einen im Wesentlichen gleichmäßigen Druck darauf aufbringt, um die darunter liegende Hautoberfläche zu verformen. Ein Applikator kann so gestaltet sein, dass er eine Hautfalte in der Hautregion bildet und optische Strahlung auf zwei im Wesentlichen gegenüberliegende Seiten der Falte aufbringt. Ein Applikator kann zum Beispiel einen in seiner Oberfläche ausgebildeten Schlitz haben, der mit der Hautoberfläche in Kontakt ist, wobei wenigstens ein Teil der Hautregion in den Schlitz gezogen und optische Strahlung auf die Hautregion von wenigstens zwei einander gegenüberliegenden Seiten des Schlitzes aufgebracht wird.

[0013] Es ist auch wünschenswert, dass eine wesentliche Brechungsindexabgleichung zwischen einem Applikator und der Hautoberfläche in der genannten Hautregion beibehalten wird. Eine solche Brechungsindexabgleichung kann durch eine Schicht einer Brechungsindexabgleichungssubstanz zwischen einem Applikator und der Hautoberfläche in einer Hautregion und/oder durch die Herstellung eines Applikators aus einem Material erbracht werden, das wenigstens an der mit der Hautregion in Kontakt kommenden Oberfläche einen Brechungsindex aufweist, der im Wesentlichen mit dem der Hautoberfläche übereinstimmt.

[0014] Zur Erleichterung der Haarbeseitigung können die Haare in der Hautregion vor der Bestrahlung rasiert werden. Es wird jedoch möglicherweise bevorzugt, die Haare in der Hautregion vor der Bestrahlung zu epiliern. Werden Haare epiliert, dann kann die Zerstörung der Follikel erleichtert werden, indem die Follikel, aus denen die Haare epiliert wurden, mit einer Substanz gefüllt werden, die bevorzugt optische Strahlung mit der zur Bestrahlung gewählten Wellenlänge absorbiert (d.h. ein Chromophor). Wenn nur eine vorübergehende Haarbeseitigung erwünscht ist, dann kann diese ferner relativ schmerzfrei für einen Zeitraum von bis zu mehreren Wochen erreicht werden, indem der Chromophor auf den Bereich aufgetragen wird, der zuvor vorzugsweise rasiert wurde, wobei der Chromophor in die Haarfollikel bis auf eine Tiefe von paar Millimetern, etwa bis zur Tiefe der Talgdrüse, migriert. Eine schwache Bestrahlung, die durch den Applikator auf die Hautregion aufgebracht wird, führt dann zur Zerstörung des Haars, ohne dass der Follikel zerstört wird.

[0015] Ein Applikator, der zur kosmetischen Haarbeseitigung gemäß der Erfindung geeignet ist, kann Folgendes beinhalten: einen Einlass, durch den optische Strahlung zum Applikator geführt wird, eine Oberfläche, die

so geformt ist, dass sie mit der Hautoberfläche in der Hautregion in Kontakt kommt, einen Lichtweg vom Eingang zur Oberfläche, der für optische Strahlung mit der gewählten Wellenlänge im Wesentlichen durchlässig ist, ein Element in dem optischen Weg zum Konvergieren der den Applikator verlassenden optischen Strahlung durch die Oberfläche und irgendein Mittel zum Kühlen der Oberfläche auf eine Temperatur unter der der Hautregion. Wie zuvor erwähnt wurde, besteht die Oberfläche vorzugsweise aus einem Material mit einem Brechungsindex, der im Wesentlichen mit dem Brechungsindex der Hautoberfläche in der Hautregion übereinstimmt, aber nicht darunter liegt. Das Element zum Konvergieren der optischen Strahlung kann eine Linse sein und das Mittel zum Kühlen kann ein Kanal in der Nähe der Oberfläche sein, durch den Kühlwasser geleitet wird. Die mit der Haut in Kontakt kommende Oberfläche des Applikators kann eine konvexe Form haben oder die Oberfläche kann einen Schlitz aufweisen, wobei der optische Weg zu wenigstens zwei einander gegenüberliegenden Seiten des Schlitzes führt und der Applikator ein Mittel zum Ziehen von wenigstens einem Teil der Hautregion in den Schlitz enthält, wobei dieses Mittel zum Ziehen vorzugsweise ein Element zum Beaufschlagen eines Unterdrucks beinhaltet.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

- [0016] [Fig. 1](#) ist eine perspektivische Ansicht einer lasergestützten Haarbeseitigungsvorrichtung zur Verwendung in erfindungsgemäßen Verfahren;
- [0017] [Fig. 2A](#) und [Fig. 2B](#) sind Querschnittsdarstellungen einer Bestrahlungseinheit oder eines Applikators, die/der zur Verwendung in einem erfindungsgemäßen Verfahren geeignet ist, wobei der Applikator jeweils Licht von einem Lichtwellenleiter oder einem Lichtwellenleiterbündel und von einer Spiegelbaugruppe empfängt;
- [0018] [Fig. 3A](#), [Fig. 3B](#) und [Fig. 3C](#) sind jeweils eine vergrößerte Querschnittsdarstellung der Kontaktvorrichtung der Bestrahlungseinheit in direktem Kontakt mit einer Haare enthaltenen Hautregion, eine ausgeschnittene Querschnittsdarstellung, die die rückgestreuten optischen Felder in der Kontaktvorrichtung/Epidermis-Grenzflächenregion darstellt, und eine ausgeschnittene Querschnittsdarstellung des Wärmetransports in der Grenzflächenregion;
- [0019] [Fig. 4](#) ist ein Diagramm, das die optischen Absorptionsspektren von Melanin, Hämoglobin, oxygeniertem Hämoglobin und Wasser darstellt;
- [0020] [Fig. 5A](#) und [Fig. 5B](#) stellen jeweils die Zeit- und Raumprofile und das bevorzugte optische Feld dar, die/das im Laufe des Haarbeseitigungsprozesses verwendet werden/wird;
- [0021] [Fig. 6](#) ist ein Diagramm der computergenerierten optischen Intensität in Abhängigkeit von der Hauttiefe für verschiedene optische Felder;
- [0022] [Fig. 7](#) ist eine Fotografie, die Hautregionen eines Patienten drei Monate nach einer Behandlung mit dem erfindungsgemäßen Haarbeseitigungsverfahren zeigt;
- [0023] [Fig. 8A](#), [Fig. 8B](#) und [Fig. 8C](#) sind Oszilloskopspuren, die die zeitabhängigen Temperaturreaktionen von jeweils trockenem schwarzem Haar, nassem schwarzem Haar und lebender Haut, die die Probe von schwarzem Haar umgibt, nach der Bestrahlung darstellen;
- [0024] [Fig. 9](#) ist ein Diagramm, das den Temperaturanstieg in Abhängigkeit von Laserimpulsenergie für trockene Haar-(DH), nasse Haar-(WH) und Haut-(S)-Proben von acht verschiedenen Patienten darstellt;
- [0025] [Fig. 10A](#) ist eine teilweise Querschnittsdarstellung eines Applikators, der in einer alternativen Ausgestaltung der Erfahrung verwendet wird, bei der eine Epilation und Befüllung leerer Follikel mit einem Chromophor vor der Bestrahlung stattfinden; und
- [0026] [Fig. 10B](#) ist eine Querschnittsdarstellung eines Applikators für eine alternative Ausgestaltung, die zur Haarbeseitigung verwendet wird.

Ausführliche Beschreibung

- [0027] Gemäß [Fig. 1](#) beinhaltet ein beispielhaftes lasergestütztes Haarbeseitigungssystem **10** eine Lichtquelle **12**, die zum Beispiel einen oder mehrere Laser zum Erzeugen des Bestrahlungsfeldes beinhalten kann. Die Lichtquelle **12** kann optisch an eine Reihe strahlenmanipulierender optischer Elemente **14** gekoppelt sein,

die wiederum über ein Lichtwellenleiterkabel **16** (oder eine andere faseroptische Vorrichtung) mit der Bestrahlungseinheit oder dem Applikator **18** gekoppelt sein kann. Im Laufe der Haarbeseitigungstherapie wird die Lichtquelle von einer Spannungs- und Stromversorgung **19** gespeist und liefert einen Lichtstrahl durch die Optik **14** und den Lichtwellenleiter **16** zur Bestrahlungseinheit oder zum Applikator **18**. Das Feld wird dann zu einer Region **20** eines Patienten **22** (der sich zum Beispiel auf einem Tisch **25**, einem Stuhl oder einem anderen geeigneten Positionierungselement je nach dem Ort der Region **20** auf dem Körper des Patienten befindet) geführt und bewirkt eine Haarbeseitigung in der Region **20**. Nach der Behandlung der gewünschten Region kann die Bestrahlungseinheit ohne weiteres über den Patienten **22** bewegt, wie von den Pfeilen **27** angedeutet, und zur Behandlung folgender Regionen verwendet werden.

[0028] Die räumlichen und zeitlichen Eigenschaften des optischen Feldes beeinflussen die Wirksamkeit des Haarbeseitigungsprozesses, und einige dieser Eigenschaften können bei Bedarf über eine Reihe von Bedienungselementen **24**, **26**, **28**, die sich auf verschiedenen Komponenten des Haarbeseitigungssystems **10** befinden, eingestellt werden. Mit den Bedienungselementen **24** an der Stromversorgung können zum Beispiel die optische Intensität und Impulsfolgesequenz des Bestrahlungsfeldes geregelt werden, indem Parameter wie Spannung, Strom und Schaltrate für die Stromversorgung des Lasers eingestellt werden. Andere Eigenschaften des Feldes wie Wellenlänge und Impulsdauer können mit den Bedienungselementen **26** verändert werden, über die Komponenten (z.B. Gitter, Spiegel- oder Filterpositionen, Verschlüsse oder impulsbildende Mittel) der Lichtquelle **12** eingestellt werden; für bevorzugte Ausgestaltungen sollte die Wellenlänge jedoch nicht verändert werden. Ebenso können die Bedienungselemente **28** zum Einstellen der Modulationsoptik **14** verwendet werden, wodurch Eigenschaften wie Modenqualität, Strahldurchmesser und Einkopplung des Bestrahlungsfeldes in die Lichtwellenleiter **16** geregelt werden. Alle Bedienungselemente können manuell eingestellt werden; das System kann ebenfalls manuell oder alternativ über einen Fußhebel **30** betrieben werden (d.h. Einschalten des Lasers), der an das System **10** angeschlossen ist.

[0029] In alternativen Ausgestaltungen können die Lichtquelle, die Kopplungsoptik und die Bestrahlungseinheit in einer einzigen Handvorrichtung enthalten sein. In diesem Fall ist die Lichtquelle vorzugsweise eine Anordnung von Diodenlasern, die direkt mit der Bestrahlungseinheit gekoppelt sind, und wird von einer kleinen externen Stromversorgung gespeist. Durch die kompakte Beschaffenheit dieses Typs von optischem System wird eine kontrollierbarere und manövrikerbare Vorrichtung erhalten und ferner die Notwendigkeit für faseroptische Liefersysteme umgangen.

[0030] Zur wirksamen Zerstörung der bestrahlten Haarfollikel, ohne eine Beschädigung der umliegenden Haut, ist das von dem System **10** und der Bestrahlungseinheit **18** gelieferte Lichtfeld so ausgelegt, dass es die Menge an in den Haarfollikeln abgesetzter lichtinduzierter Wärme maximiert, während gleichzeitig der Verletzungsgrad umliegender Haut reduziert wird. Es wird zum Beispiel bevorzugt, ausreichend optische Energie zu verschiedenen „Ziel“-Regionen auf dem Haarfollikel zu führen; die zu diesen Regionen geführte Strahlung führt zu einer kompletten und lokalisierten Zerstörung der Follikel.

[0031] Vor der Behandlung kann die zu behandelnde Region rasiert werden, um die Bestrahlung der Follikel zu erleichtern. Alternativ können die Haare in der Region, wie später erörtert wird, epiliert werden und ein Chromophor kann auf die Region **20** aufgebracht werden, der in die leeren Follikel migriert. Überschüssiger Chromophor kann dann vor der Bestrahlung von der Hautoberfläche entfernt werden. Vor der Behandlung kann auch ein Anästhetikum lokal injiziert oder auf die Hautoberfläche aufgetragen werden, und nach der Behandlung können Patienten mit topischen antibiotischen Salben behandelt werden.

Mechanische Struktur

[0032] Gemäß den [Fig. 2A](#) und [Fig. 2B](#) ermöglicht der Applikator bzw. die Bestrahlungseinheit **18** des Haarbeseitigungssystems die Lieferung des Bestrahlungsfeldes **38** zu Haarfollikeln **40**, die sich in der Region **20** befinden. Wie in [Fig. 2A](#) zu sehen ist, kann das Feld **38** mit einem Lichtwellenleiterkabel **16** (oder einer anderen faseroptischen Vorrichtung), das eine oder mehrere Fasern oder faseroptische Bündel enthält, zur Bestrahlungseinheit **18** geführt werden. In diesem Fall wird das Feld **38** nach dem Verlassen des Wellenleiters typischerweise räumlich zerstreut und vorzugsweise mit einer Plankonvexlinse **42** gesammelt und grob kollimiert. Alternativ kann das Feld, wie in [Fig. 2B](#) dargestellt, zum Beispiel mit einem oder mehreren Umlenkspiegeln **44** zur Bestrahlungseinheit geliefert werden. Dadurch kann das Feld **38** grob kollimiert werden, bevor es auf die Linse **42** trifft. Je nach der Brennweite der Linse **42** und der Modenqualität des Bestrahlungsfeldes wird das Feld vorzugsweise z.B. mit einer Plankonvexlinse wie in der Figur dargestellt kondensiert. Nach dem Passieren dieser Optik trifft der Strahl dann auf eine Linse oder Kontaktvorrichtung **46**, die mit der Hautregion **20** in Kontakt ist. Die optischen und mechanischen Eigenschaften der Kontaktvorrichtung **46** werden so gewählt, dass

eine effiziente Einkopplung der optischen Strahlung in die Hautregion ermöglicht wird (und in der Lieferung des Feldes **38** resultiert), und die Wärmeeigenschaften der Kontaktvorrichtung werden so gewählt, dass eine effiziente Auskopplung von Wärme aus der Hautregion ermöglicht wird. Nach der Lieferung wird das Feld zum Bestrahlen, Erwärmen und dann Zerstören der Haarfollikel **40** verwendet. Die Kontaktvorrichtung **46** wird darüber hinaus zum Auskoppeln von Licht und Wärme aus der oberflächlichen Hautschicht (d.h. Epidermis) der bestrahlten Region verwendet. Dadurch wird das lichtabsorbierende Pigment (d.h. Melanin) im tiefen Teil der Haarfollikel bestrahlt und selektiv erwärmt, so dass es zu einer dauerhaften Zerstörung des Follikels kommt, wohingegen potenziell schädliche optische und thermische Energie simultan aus den darüber liegenden Hautschichten geleitet wird. Folglich können mehrere Haarfollikel zerstört werden, wodurch Haare aus der Hautregion dauerhaft entfernt werden, ohne dem Patienten wesentliche Schmerzen oder Verletzungen zuzufügen. Die zerstörten Follikel werden vom Körper schließlich beseitigt.

[0033] Sowohl die Linse **42** als auch die Kontaktvorrichtung **46** befinden sich vorzugsweise in einem Gehäuse **48**, das sowohl Eingangs- **50** als auch Ausgangsöffnungen **52** zum Ein- und Ausströmen von Fluids wie Kühlwasser und reines Gas (d.h. Stickstoff zur Vermeidung einer Kondensation auf der Linse) enthält; Fluids können zum Beispiel zum Kühlen der Kontaktvorrichtung **46** verwendet werden, die wiederum die Hautoberfläche kühlt. Alternativ kann das Gehäuse **48** einen elektrisch gesteuerten Kühler beinhalten, um die Temperatur der Kontaktvorrichtung **46** genau zu regeln. Bei der Verwendung von Kühlmitteln wird die Temperatur der Oberflächenschicht oder Epidermis der Haut vorzugsweise auf 4 bis 15°C reduziert. In diesem Fall wird es darüber hinaus bevorzugt, einen kurzen Zeitabschnitt (z.B. etwa 1 Sekunde) vor der Bestrahlung verstreichen zu lassen, um zu gewährleisten, dass die Epidermis ausreichend gekühlt ist. Ein in [Fig. 2B](#) mit der gestrichelten Linie dargestellter externer Kasten **39** oder ein in [Fig. 2A](#) dargestelltes Faserkopplungsgehäuse **37** kann zum Anschließen des Lichtzuführungsmittels am Gehäuse **48** verwendet werden.

[0034] Mit Bezug auf [Fig. 3A](#) hat die Kontaktvorrichtung **46** vorzugsweise eine Linsenform, um das Bestrahlungsfeld vorzugsweise in die Nähe der Basis der Haarfollikel **40** zu konvergieren. Zum Konvergieren von Licht muss die Kontaktvorrichtung bei der Bestrahlungswellenlänge optisch durchlässig sein und hat vorzugsweise eine Bikonvex- oder Plankonvexlinsenform, vorzugsweise mit einer f-Zahl gleich oder kleiner als f/1,0 und einer Brennweite zwischen etwa 0,5 und 2 cm. Durch die kontrollierte Oberflächengestalt der Kontaktvorrichtung kann das konvergierte Lichtfeld **38'** simultan verschiedene Zielabschnitte des Haarfollikels bestrahlen, wodurch eine effiziente Zerstörung erreicht wird. Typischerweise hat jeder bestrahlte Haarschaft einen Durchmesser von etwa 75 Mikron, wobei der gesamte Follikel einen Durchmesser von etwa 200 Mikron hat. Nach dem Passieren der Kontaktvorrichtung **46** wird das Lichtfeld **38'** vorzugsweise durch die Epidermis **56** der Hautschicht (mit einer Dicke von z.B. etwa 0,1 mm) konvergiert und in der Dermis **58** in der Nähe der Papillae **54** der Follikel **40** kondensiert. Da die Hautdicke über den Körper stark variiert, können die Papillae oberflächlich sein (wie z.B. beim Augenlid und Skrotum), allerdings befinden sich die Papillae in den meisten Bereichen von Interesse (z.B. Gesicht, Achseln und Beine) in einer Tiefe von etwa 4 bis 7 mm unter der epidermalen Fläche. Einige Zehntel eines Millimeters unterhalb der Papillae befinden sich neurovaskuläre Bündel **60**, die den metabolischen und anderen Bedürfnissen einer Haarmatrix nützen, der Region schnell wachsender, keratinisierender Zellen, die sich in der Papilla befinden und den Haarschaft **55** erzeugen. Matrix, Papilla und das entsprechende vaskuläre Bündel sowie die Wulst in der Nähe des Zentrums des Follikels stellen zu bestrahlende/zerstörende Follikelziele dar. Während der Bestrahlung dieser Regionen wird das Feld vorzugsweise gepulst, wobei die Impulsdauer der Bestrahlung so kurz gehalten wird, dass der Schaden auf eine kleine Region der Dermis (typischerweise innerhalb etwa 0,2 mm), die die jeweiligen Follikel umgibt, gemäß den Prinzipien der selektiven Fotothermolyse begrenzt wird. Das Ausmaß des Schadens erstreckt sich vorzugsweise auf weit weniger als die halbe Strecke zwischen nebeneinander liegenden Follikeln (typischerweise zwischen 1 und 4 mm); überschreitet es diesen Bereich wesentlich, dann kann die lichtinduzierte Verletzung in einer Verbrennung dritten Grades resultieren.

[0035] Neben der Erfüllung einer Lichtkonvergierungsfunktion ermöglicht eine Kontaktvorrichtung **46** mit einer konkav geformten Oberfläche **62** eine effiziente Kompression der Haut während des Kontaktes. Durch eine Kompression der Dermis **58** nahe der Oberfläche **62** der Kontaktvorrichtung verringert sich der Abstand zwischen dieser Region und den Papillae; je nach der angewendeten Kraft kann der Abstand um bis zu mehrere Millimeter verringert werden. Da das Strahlungsfeld **38'** während seiner Ausbreitung durch die Dermis gestreut und entsprechend abgeschwächt wird, führt die Kompression der Haut dazu, dass mehr Licht zu den tiefen Abschnitten der Haarfollikel für eine effizientere lichtinduzierte Erwärmung der Papilla geführt wird. Durch eine Kompression der Dermis mit der Kontaktvorrichtung unter Verwendung eines Drucks, der über dem Blutdruck des Patienten liegt, wird außerdem lichtabsorbierendes Blut aus der bestrahlten Region gedrängt (wird im Laufe der Behandlung durch ein Weißwerden der Haut in der unter Druck gesetzten Region angezeigt). Dadurch wird die Absorption des optischen Feldes reduziert, was in einer effizienteren Zuführung von Licht zu den Fol-

likelzielregionen resultiert. Druck, der mit einer Kontaktvorrichtung mit konvexer Oberfläche aufgebracht wird, führt zu einer relativ gleichmäßigen Verdrängung von Blut aus der Hautregion. Eine Kontaktvorrichtung mit dieser Gestalt wird daher gegenüber einer flachen Vorrichtung bevorzugt, die dazu neigt, Regionen mit zentralen Abschnitten zu erzeugen, die nicht völlig blutleer sind.

[0036] In alternativen Ausgestaltungen kann die Kontaktvorrichtung unter Federspannung so in dem Gehäuse montiert werden, dass sie gegen die Hautoberfläche mit einem einstellbaren Druck gedrückt werden kann. In dieser Ausgestaltung kann der Federmechanismus darüber hinaus an einem Sensor und einer Anzeigevorrichtung angebracht sein, so dass der auf die Hautoberfläche aufgebrachte exakte Druck genau überwacht und/oder gesteuert werden kann.

[0037] Beim Drücken gegen die Haut lässt die Kontaktvorrichtung **46** optische Strahlung in die und aus der Epidermis ein- bzw. auskoppeln. Mit Bezug auf [Fig. 3B](#) sollte der Brechungsindex (n_{CD}) der Kontaktvorrichtung **46** in etwa mit dem (n_{EP}) der Epidermis **56** übereinstimmen, der bei etwa 1,55 liegt. Da Licht, das von einem brechenden Medium (d.h. die Kontaktvorrichtung) zu einem anderen (die Epidermis) wandert, an der die beiden Regionen voneinander trennenden Grenzfläche **57** um einen Betrag bezogen auf das Quadrat der Brechungsindexdifferenz reflektiert wird, ermöglicht eine annähernde Indexabgleichung eine effiziente Einkopplung des Bestrahlungsfeldes in die Haut. Eine Kontaktvorrichtung, die aus einem Material mit einem Brechungsindex nahe 1,5 oder etwas darüber besteht, ermöglicht es daher, dass das auffallende Bestrahlungsfeld minimale Reflexionen (in der Figur durch den Pfeil **64** angedeutet) an der Grenzfläche **57** zwischen Epidermis und Kontaktvorrichtung erfährt. Wie in der Figur mit den Pfeilen **66** angegeben ist, werden optische Felder innerhalb der Dermis infolge einer diffusen Remission ebenso in Richtung auf die Epidermis zurückgestreut. Diese rückgestreuten Felder tragen zu einer unerwünschten Epidermiserwärmung bei und können mit der indexabgeglichenen Kontaktvorrichtung **46** ohne weiteres aus der Haut ausgekoppelt werden. Dies führt zu einer Minimierung der lichtinduzierten Beschädigung der Epidermis **56**, während gleichzeitig eine effektive Bestrahlung der Follikelzielorte innerhalb der Dermis möglich ist. In bevorzugten Ausgestaltungen besteht die Kontaktvorrichtung, um im Wesentlichen indexabgeglichen zu sein, vorzugsweise aus einem hochdichten Material wie Saphir ($n_{CD} = 1,7$), Quarzglas ($n_{CD} = 1,5$) oder ähnlichen optisch durchlässigen Glas- oder Plastikmaterialien. Zur Erzeugung eines konvergenten Feldes, das in die Haut eindringt, und für die dargestellte konvexe Gestalt der Kontaktvorrichtung ist die Verwendung von Saphir vorteilhaft, dessen etwas höherer Index die erwünschte Feldkonvergenz erleichtert.

[0038] Mit Bezug auf [Fig. 3C](#) wird es zum Wegführen von Wärme von der Epidermis zusätzlich bevorzugt, dass die Kontaktvorrichtung **46** aus einem Material mit einer hohen Wärmeleitfähigkeit (k_{CD}) besteht, die der der Haut ähnlich ist. Dadurch wird ein effizienter Wärmetransfer (in der Figur mit den Pfeilen **68** angegeben) von der Epidermis **56** über die Kontaktvorrichtung/Epidermis-Grenzfläche **57** und in die Kontaktvorrichtung **46** ermöglicht. Eine hohe Wärmeleitfähigkeit ist außerdem nötig, um lokale Erwärmungseffekte zu minimieren, die an der Grenzfläche **57** auftreten können, so dass die Möglichkeit eines/einer wärmeinduzierten Schadens oder Verletzung der bestrahlten Epidermis verringert wird. Wie an späterer Stelle erörtert wird, ist dies besonders beim Kühlen der Kontaktvorrichtung wichtig. Idealerweise ermöglichen die thermischen Eigenschaften der Kontaktvorrichtung und der Zeitraum, über den die Kontaktvorrichtung auf die Haut aufgebracht wird, bevor die Bestrahlung beginnt, eine Minimierung der Erwärmung in der Nähe der Epidermis, haben jedoch eine geringe Auswirkung auf die in der Nähe der Papillae des Haarfollikels abgesetzten Wärme (in der Figur als Region **70** dargestellt). Zu Materialien mit einer hohen Wärmeleitfähigkeit gehören Saphir ($K_{CD} = 0,083 \text{ cal sec}^{-1} \text{ cm}^{-2} \text{ }^{\circ}\text{C}$ cm^{-1} entlang der C-Achse bei 30°C), Quarzglas ($K_{CD} = 0,026 \text{ cal sec}^{-1} \text{ cm}^{-2} \text{ }^{\circ}\text{C}$ cm^{-1} entlang der C-Achse bei 30°C) sowie andere hochdichte Glas- und Plastikmaterialien.

[0039] Zur Verbesserung von sowohl optischen (d.h. Übertragung von rückgestreutem Licht) als auch thermischen (d.h. Wärmeleitung) Eigenschaften an der Grenzfläche **57** von Kontaktvorrichtung und Epidermis ist es erwünscht, ein(e) topische(s) Flüssigkeit oder Aufweichungsmittel wie eine Lotion, Wasser, Alkohol oder Öl mit einem Brechungsindex auf die Haut aufzutragen, der dem der Kontaktvorrichtung **46** und der Epidermis ähnlich ist. Durch das Auftragen eines Öls mit einem Brechungsindex zwischen dem der Epidermis ($n = 1,55$) und von Saphir ($n = 1,7$) werden zum Beispiel Lichtreflexionseffekte an der Grenzfläche minimiert, so dass ein effizienterer Transfer von Licht von der Kontaktvorrichtung in die Hautregion und von rückgestreuter Strahlung aus der Hautregion ermöglicht wird. Außerdem ermöglicht eine Flüssigkeit einen effizienteren Wärmetransfer durch Leitung von der Haut in den Saphir, wodurch der Grad der Beschädigung oder Verletzung der Epidermis reduziert wird.

Optische Eigenschaften

[0040] Anhand der zeitlichen und räumlichen Intensitätsverteilung des optischen Bestrahlungsfeldes in der Haut wird letztendlich die Wärmemenge bestimmt, die in die Zielregionen des Haarfollikels abgesetzt wird; diese Eigenschaften können daher so gewählt und/oder angepasst werden, dass der Haarbeseitigungsprozess optimiert wird. Zu Eigenschaften, die den Haarbeseitigungsprozess beeinflussen, gehören insbesondere die Impulsenergie, Impulsdauer, Wiederholungsfrequenz (d.h. der Zeitabschnitt zwischen aufeinander folgenden Impulsen), Wellenlänge, Energie, Belichtungsfleckgröße, Strahlkonvergenz beim Eintreten in die Haut und Mündgeometrie (d.h. räumlicher Umfang und Gleichmäßigkeit) des optischen Impulses. Diese Charakteristiken können entsprechend dem in dem/der zu bestrahlenden Haar und Haut vorliegenden Pigment gewählt werden; vorzugsweise wird jeder Parameter so eingestellt, dass die Temperatur an jedem Zielort unmittelbar nach der Bestrahlung auf etwa 80 bis 120°C steigt. Eine Erwärmung des Follikels auf diese Temperatur führt zu einem dauerhaften Schaden und einer anschließenden Beseitigung.

[0041] Mit Bezug auf [Fig. 4](#) wird die Wellenlänge des Bestrahlungsfeldes so gewählt, dass sie mit dem natürlichen Pigment (d.h. Melanin), das in den Zielorten (d.h. Haarschaft, Wulst, Matrix und Papilla) vorliegt, in Resonanz ist. Die Absorptionsspektren von Melanin, Wasser, Hämoglobin und Oxyhämoglobin in der Figur weisen auf die Fähigkeit dieser Verbindungen hin, optische Strahlung mit verschiedenen Wellenlängen zu absorbieren; eine schwache Absorption zeigt, dass Licht mit der jeweiligen Wellenlänge tiefer in das absorbierende Medium eindringt. Zum selektiven Erwärmen der Zielregionen wird die Wellenlänge des Bestrahlungsfeldes im Allgemeinen so gewählt, dass sie mit dem Absorptionsspektrum von Melanin übereinstimmt, das Licht im Wesentlichen zwischen etwa 200 und 1200 nm absorbiert; im umgekehrten Fall wird die Wellenlänge nicht an die Absorptionsspektren von Verbindungen angepasst, die in der Haut enthalten sind, wie Wasser und Hämoglobin.

[0042] Licht mit einer Wellenlänge zwischen 680 und 1200 nm, ein Bereich, der in der Figur mit dem Pfeil **70** angegeben wird, wird von Melanin effektiv absorbiert, während es sowohl von Hämoglobin als auch von Wasser relativ übertragen wird, und kann daher zur selektiven Erwärmung von pigmentiertem Haar verwendet werden, das von weißer oder leicht gebräunter Haut umgeben ist. Insbesondere wird Licht im Bereich zwischen 680 und 900 nm oder 1000 bis 1200 nm bevorzugt, da diese Strahlung von Melanin stark absorbiert wird und von den Banden in Wasser und in Oxyhämoglobin nahe 950 nm nicht absorbiert wird. Bei Patienten mit weniger Melanin in den Haarfollikeln (z.B. mit rotbraunem oder hellbraunem Haar) werden die kürzeren Wellenlängen in dieser Region aufgrund des höheren Absorptionskoeffizienten von Melanin bevorzugt. Darüber hinaus sind andere lichtdämpfende Effekte neben der Absorption, z.B. Streuung der Strahlung, ebenfalls wellenlängenabhängig und sollten bei der Auswahl der Wellenlänge des optischen Feldes berücksichtigt werden. Bei menschlicher Haut wird das Eindringen von Licht z.B. teilweise durch den Transportstreuungskoeffizienten (μ_s) bestimmt, der bei größeren Wellenlängen infolge einer Streuung in der Dermis abnimmt. Bei einer Strahlung mit 1000 nm beträgt der μ_s etwa 10 cm^{-1} ; Licht, das sich in die Haut von einem im Allgemeinen indexabgeglichenen Medium mit dieser Wellenlänge ausbreitet, erreicht daher etwa 1 mm unter der Hautoberfläche eine Höchstintensität.

[0043] Zu Quellen, die sichtbares oder nahe Infrarotlicht im bevorzugten Bereich von 680 bis 1200 nm erzeugen, gehören Diodenlaser ($\lambda \gg 800\text{--}1000 \text{ nm}$), Nd: YAG- und Nd: YLF- ($\lambda = 1064$ und 1053 nm), Ti: Saphir- und Infrarotfarbstoff- ($\lambda \gg 700\text{--}1000 \text{ nm}$), Rubin- ($\lambda = 694 \text{ nm}$) und Alexandrit- ($\lambda = 700\text{--}850 \text{ nm}$). Rubin-, Nd: YAG- und Diodenlaser (vor allem Anordnungen von Diodenlasern) werden bevorzugt, da diese Quellen im Handel erhältlich, gut kategorisiert sind und in kleinen Serien hergestellt werden können. Lichtquellen dieses Typs können in kompakte Haarbeseitigungsvorrichtungen integriert werden, die wiederum vom Bediener während des Haarbeseitigungsvorgangs leicht zu handhaben sind.

[0044] Die Dauer des optischen Impulses kann auch gesteuert werden, um die Erwärmung des Haarfollikels zu variieren. Mit Bezug auf [Fig. 5A](#) haben die durch die Wellenformen **74**, **74'** angegebenen optischen Impulse vorzugsweise eine Dauer **76**, **76'**, die die kurzzeitige Erwärmung des Follikels ermöglicht. Die Impulsdauer wird gesteuert, um die Wärmeleitung während des optischen Impulses und somit die Beschädigung des Follikels und der ihn unmittelbar umgebenden Dermis zu variieren; bei einer zu geringen Beschädigung treten die Haare wieder auf, wohingegen eine starke Beschädigung zu einer Vernarbung in der bestrahlten Region führen kann. Vorzugsweise liegt die Impulsdauer **76**, **76'** zwischen etwa 5 ms und 100 ms.

[0045] Die exakte Impulsdauer wird durch die Diffusion von Wärme in der Haut vorgegeben, ein Prozess, der ungefähr der Wärmediffusionsgleichung folgt, die die Diffusionszeit t , den Diffusionsabstand d und das Wärmediffusionsvermögen k miteinander in Bezug bringt, wie von Welch, A. J. In „The thermal response of laser-ir-

radiated tissue", IEEE J. Quant. Electron. QE-21 (12), 1471–1481 (1984): $t = d^2/4k$ (bei humaner Dermis liegt k ungefähr bei $1,3 \times 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{sec}$) erörtert wird. Die Zeit, die zum Extrahieren von Wärme von der Epidermis im Laufe eines Laserimpulses benötigt wird, liegt bei etwa 2 ms und die thermische Relaxationszeit für einen typischen 200 Mikrometer Haarfollikel liegt bei etwa 40 ms. Bei Lichteinwirkungen von mehr als ein paar hundert Millisekunden kann es zu einer zu starken Thermodiffusion im Laufe des Belichtungszeitraums kommen, die entweder eine ineffiziente Zerstörung der Zielregionen des Haarfollikels, eine übermäßige Hautschädigung oder beides zur Folge hat. Da sich ferner der größte Teil des Melanins (ungefähr zwei Drittel) in der Epidermis im unteren Teil der Epidermis befindet, findet die Erwärmung der Epidermis in erster Linie in ihren tieferen Abschnitten statt, und es dauert einige Zeit, bis diese Wärme die Oberfläche erreicht, um von der Kontaktvorrichtung 46 entfernt zu werden. Die Impulsdauer beträgt mindestens 5 ms, um einen Epidermisschaden zu minimieren. Ferner könnte je nach dem verwendeten Laser jeder Impuls die Form eines einzelnen kontinuierlichen Impulses wie in [Fig. 5A](#) dargestellt oder die Form einer Reihe eng voneinander beabstandeter Impulse kürzerer Dauer haben, wobei der Raum zwischen solchen eng beabstandeten Impulsen weit kürzer ist als 5 ms.

[0046] Bei einer bestimmten Fluenz ist die Intensität des optischen Feldes umgekehrt proportional zur Impulsdauer; wenn die Impulsdauer unter etwa 10 μs liegt, dann können hohe optische Intensitäten folglich in unerwünschten Schadensarten an umliegenden Hautregionen resultieren. Darüber hinaus können kurze Impulse in lokalisierten wärmeinduzierten „Explosionen“ im Follikel resultieren, die einen mechanischen Schaden an der Haut verursachen. In besonders bevorzugten Ausgestaltungen hat der Impuls eine Dauer oder Impulsbreite von etwa 5 bis 100 ms. Während dieses Zeitraums findet eine Thermodiffusion über eine Strecke von etwa 0,05 bis 0,3 mm statt; ein etwa auf diese Strecke begrenzter Schaden führt in erster Linie zur Zerstörung der bestrahlten Haarfollikel, so dass die umliegende Haut nur wenig oder gar nicht beschädigt wird.

[0047] Optische Impulse mit gut definierter und veränderbarer Dauer können mit bekannten Techniken erzeugt werden. Eine Intracavity-Modulation des Lichtfeldes mit elektro- oder akustisch-optischen Güteschaltungsvorrichtungen ermöglicht zum Beispiel die Erzeugung von Impulsen mit Zeitprofilen, die typischerweise eine Gaußsche Form haben. Mit diesen Verfahren erzeugte Impulse sind jedoch gewöhnlich zu kurz und haben eine Dauer im Bereich von weniger als eine Mikrosekunde. Normalmodus-Impulse, die durch Blitzlampenerregung von Rubin-, Alexandrit-, Ti: Saphir- oder Nd: YAG-Lasern erzeugt werden, werden bevorzugt, da sie gewöhnlich energiereiche Impulse in der Impulsdauerregion von 0,1 bis 10 ms sind. Alternativ kann ein von einem Laser ausgesendetes kontinuierliches (d.h. zeitabhängiges) optisches Feld zum Beispiel unter Verwendung eines mechanischen Verschlusses oder elektrooptischen Gatters extern moduliert werden. Durch eine Modulation mit externen Verfahren kann die Impulsbreite ohne weiteres von ein paar hundert Mikrosekunden bis hin zu mehreren hundert Millisekunden variiert werden. Impulse, die mit einer externen Modulation erzeugt werden, können auch „Rechteckwellen“-Zeitprofile haben (siehe [Fig. 5A](#)), die das Aufbringen eines gleichförmigen optischen Feldes auf die Region von Interesse ermöglichen. Eine externe Modulation wird für derzeit bevorzugte Ausgestaltungen jedoch nicht verwendet.

[0048] Wird eine Kontaktvorrichtung zum Liefern des optischen Impulses verwendet, dann gibt es vorzugsweise eine Zeitverzögerung zwischen dem Zeitpunkt, da die Kontaktvorrichtung die Hautoberfläche berührt, und der Ankunft des Impulses. Dadurch kann die gesamte Epidermisschicht 56 vor der Bestrahlung wesentlich gekühlt werden, wodurch ihre Schadensschwelle erhöht wird. Schmerzen und Schäden an der Epidermis werden folglich reduziert und durch eine fortgesetzte Kühlung der Kontaktvorrichtung 46 während der Bestrahlung weiter minimiert, so dass Wärme weiterhin von der Epidermis entfernt wird. Eine schwächere Erwärmung, bei der die Zerstörung der Follikel und insbesondere ihrer Wulst und Papilla erwünscht ist, wird durch die Kühlung vor und/oder während der Bestrahlung jedoch nicht beeinflusst.

[0049] Der Zeitabschnitt zwischen optischen Impulsen (in [Fig. 5A](#) durch den Pfeil 78 angegeben) kann außerdem verändert werden, um die durchschnittliche Gesamtmenge und Rate von in die bestrahlte Region abgesetzter Wärme zu steuern. Ist eine wiederholte Beleuchtung zur Zerstörung des Follikels notwendig, dann ist dieser Zeitabschnitt vorzugsweise konstant und liegt zwischen mehreren Sekunden und ein paar hundert Millisekunden. Alternativ wird dieser Zeitabschnitt bei der „Einmal“-Beleuchtung selektiv durch den Bediener gesteuert. In diesem Fall wird ein einziger Laserschuss zur Region von Interesse geliefert, und anschließend wird die Region durch den Bediener auf Schäden hin untersucht. Ist eine weitere Bestrahlung erforderlich, dann können zusätzliche Laserschüsse zur Region geliefert werden. Ansonsten wird die Bestrahlungseinheit verschoben und zur Behandlung einer anderen Region verwendet.

[0050] Der räumliche Umfang des optischen Feldes wird so gewählt, dass mehrere Haarfollikel mit einem einzigen Laserschuss bestrahlt werden können. Darüber hinaus werden größere Lichtfleckgrößen bevorzugt, da die Abschwächung entlang der Strahlachse innerhalb der Haut infolge einer Streuung mit der Zunahme des

Strahlradius R abnimmt. Breitflächige Strahlen ermöglichen daher eine effizientere Lieferung optischer Strahlung zu den tiefen Zielorten. Mit Gemäß [Fig. 5B](#) liegt die Breite **80** des Raumprofils **82** des bestrahlenden Strahls an der Oberfläche der Haut vorzugsweise bei etwa und vorzugsweise bei weit mehr als der Tiefe des zu bestrahlenden Ziels. Am bevorzugtesten beträgt der Strahldurchmesser wenigstens 8 mm. Die Fläche des Bestrahlungsfeldes liegt vorzugsweise zwischen etwa 0,5 und 2 cm², wobei 0,75 bis 1 cm² am meisten bevorzugt wird. Da der Strahl vorzugsweise konvergiert wird, wird das Raumprofil in Abhängigkeit von der Tiefe kondensiert, bevor eine Taille in einer Tiefe erreicht wird, die durch optische Streuung in der Dermis definiert ist. Vorzugsweise ist die Intensität über den Strahldurchmesser wie in [Fig. 5B](#) gezeigt ungefähr konstant, um ein im Wesentlichen gleichförmiges Bestrahlungsfeld bereitzustellen.

[0051] Mit Bezug auf [Fig. 6](#) wird die Intensitätsverteilung optischer Strahlung (d.h. die y-Achse in der Figur) nach der Beleuchtung in Abhängigkeit von der Hauttiefe (d.h. die x-Achse) mit Monte-Carlo-Computersimulationen berechnet. Die Verteilung ist abhängig vom Raumprofil des Strahls, den optischen Eigenschaften des Mediums in Kontakt mit der Haut. Zwar beruhen die graphisch dargestellten Daten auf einer Computersimulation und sind daher nur ein Näherungswert, doch liegen die x-Achseneinheiten voraussichtlich bei etwa 500 Mikron je Skalenstrich. Die erste Kurve **90** zeigt die hauttiefenabhängigen Eigenschaften eines optischen Feldes, das von einem kleinen, kollimierten Fleck von 800 nm Licht in Luft stammt. In diesem Fall wird der größte Teil der optischen Intensität nahe der Hautoberfläche verteilt (wird vom „0“-Punkt entlang der x-Achse angegeben), wobei die Intensität in größeren Tiefen schnell abnimmt. Ein von Luft stammender größerer, kollimierter Punkt (Kurve **92**) hat eine gleichmäßiger verteilte hauttiefenabhängige Intensität, obschon der größte Teil des Lichts noch immer nahe der Hautoberfläche konzentriert ist. Die Lieferung eines großen kollimierten Strahlungsflecks von einem Material mit einem Brechungsindex von 1,5 (Kurve **94**) resultiert in einer relativ gleichförmigen optischen Intensität etwa im ersten Millimeter der Haut; in größeren Tiefen beginnt diese Intensität mit einer relativ langsamen Zeitkonstante abzunehmen. In der bevorzugten Ausgestaltung hat ein großes, räumlich konvergierendes optisches Feld von dem brechenden Material ($n = 1,5$) schließlich eine Intensität an der Hautoberfläche, die nach dem Ausbreiten über etwa einen Millimeter in die Haut auf einen Höchstwert steigt. Die Intensität schwächt dann in Abhängigkeit von der Hauttiefe mit einer Zeitkonstante ab, die langsamer als die von der Kurve **94** gezeigte ist. Folglich kann ein Feld dieses Typs verwendet werden, um effektiv die Zielorte des Follikels bei gleichzeitig reduzierter Erwärmung der Haut an der Oberfläche zu erwärmen, so dass Verletzungen der Haut durch Wärme verringert werden.

[0052] Wenn der Beleuchtungslaser einen Strahl mit einem Durchmesser erzeugt, der unter den bevorzugten Werten liegt, dann muss der Strahl vor der Lieferung zur Bestrahlungseinheit möglicherweise erweitert werden. Dies kann mit konventioneller Teleskopoptik, z.B. mit einem Zweilinsensystem, erfolgen, die so konfiguriert ist, dass der ausgesendete Strahl zuerst erweitert und dann kollimiert wird. Alternativ kann das Bestrahlungsfeld wie in [Fig. 2A](#) dargestellt in eine optische Faser eingekoppelt und dann zur Bestrahlungseinheit geliefert werden. In diesem Fall wird das austretende Feld infolge der Wellenleiterbeschaffenheit der Faser natürlich zerstreut und dann von einer Kollimationslinse gesammelt. Durch eine Verlagerung der Linse von der Faserspitze kann das Profil des bestrahlenden Strahls auf den gewünschten Betrag erhöht werden.

[0053] Die Fluenz des optischen Feldes variiert gemäß dem Pigmentationsgrad des Patienten und liegt vorzugsweise zwischen etwa 10 und 200 J/cm² für jeden Impuls; Patienten mit dunkleren Haaren erfordern eine geringere Fluenz als Patienten mit hellerem Haar. Am bevorzugtesten liegt die Impulsfluenz des Bestrahlungsfeldes für Impulse mit einer Dauer von etwa 1 ms zwischen 30 und 50 J/cm². Wie hierin beschrieben, wird die Fluenz in jedem Fall eingestellt, um die Zielregionen auf die gewünschte Temperatur von etwa 80 bis 120°C einzustellen. Außerdem kann der Fluenzwert mit der Zunahme der Impulsdauer erhöht werden, um eine weniger effiziente Erwärmung von Follikeln infolge einer Wärmeleitung bei langen Impulsen zu kompensieren. Möglicherweise muss die optische Fluenz erhöht oder verringert werden, um den Haarfollikel auf die gewünschte Temperatur zu erwärmen, wenn die Wellenlänge des Bestrahlungslichtfeldes nicht in den bevorzugten Spektralregionen liegt (d.h. 680–900 nm oder 1000–1200 nm). In Fällen, in denen der Laserausgang unter der gewünschten optischen Fluenz liegt, kann es außerdem erforderlich sein, die individuellen Impulse vor dem Bestrahen der Haut zu verstärken. Zu diesem Zweck können optische Verstärker wie externe optische Resonatoren verwendet werden.

[0054] In der folgenden Tabelle 1 sind die bevorzugten Parameter der zur Haarbeseitigung verwendeten optischen Felder enthalten. Der Wert jedes Parameters hängt von der Haarmenge in der Region von Interesse, dem Pigmentationsgrad der Haare und der Pigmentation der umliegenden Haut des Patienten ab.

Tabelle 1

Bevorzugte Parameter optischer Felder		
Parameter	Bereich	Bevorzugte Werte
Wellenlänge	680 – 1200 nm	680 – 900, 1000 – 1200 nm
Impulsdauer	50 μ s – 200 ms	2 – 100 ms
Strahlfläche	> 0,5 cm ²	0,75 – 1,0 cm ²
Impulsenergie	10 – 200 J/cm ²	30 – 50 J/cm ²
Optische Ankopplung	Extern $n \geq 1,4$	$n = 1,5$ bis 1,7
Strahlkonvergenz an Hautoberfläche	kollimiert oder konvergent	F-Zahl 0,5 – 2

[0055] Die Erfindung wird nun ausführlicher unter Bezugnahme auf die folgenden Beispiele beschrieben.

Beispiele

[0056] Um die Wirksamkeit eines erfindungsgemäßen kosmetischen Haarbeseitigungsverfahrens zu demonstrieren, wurde schwarz behaarte Hundehaut in vitro mit Licht im normalen Modus eines Rubinlasers mit $\lambda = 694$ nm und einer Impulsdauer von 270 μ s und optischen Fluenzen von 40 J/cm², 71 J/cm² und 160 J/cm² belichtet.

[0057] Der räumliche Umfang des Strahls (8 mm Durchmesser an der Hautoberfläche) ermöglichte eine Bestrahlung von etwa 100 Haaren mit einem einzigen Laserschuss. Nach der Bestrahlung wurde jede Hautregion histologisch untersucht. Die Untersuchung ergab, dass bei den höchsten Fluenzen eine Hautbeschädigung mit Vernarbungen der Haut zu erkennen war, was ein Hinweis darauf war, dass der lichtinduzierte Wärmeschaden bei den höchsten Fluenzen nicht auf die Haare begrenzt war. Im Gegensatz dazu wurde bei niedrigeren Fluenzen, insbesondere bei 40 J/cm², ein lokalisierter Follikelschaden beobachtet, ohne dass es zu einem erkennbaren Schaden in den benachbarten Hautregionen oder der Dermis zwischen Haarfollikeln kam.

[0058] In einer anderen Versuchsreihe wurden frische menschliche Haar- und Hautproben mit unterschiedlicher Farbe unter Anwendung des hierin beschriebenen Haarbeseitigungsverfahrens belichtet, um zu zeigen, dass der Temperaturanstieg in dem bestrahlten Haar von dem Pigmentationsgrad abhängig ist. Bei allen Versuchen wurde der oben beschriebene Rubinlaser als Lichtquelle verwendet. Ausgestrahltes Licht wurde zunächst in eine umschlossene Strahlensteuerungsvorrichtung eingekoppelt, die mehrere Spiegel enthielt, die für ein hohes Reflexionsvermögen bei 694 nm beschichtet waren, und dann zu einer Bestrahlungseinheit geliefert, die der in [Fig. 2B](#) dargestellten ähnlich war. Die Einheit beinhaltete eine 5 cm Plankonvexlinse, die am proximalen Ende eines wassergekühlten Plexiglasgehäuses positioniert war. Eine Saphir-Kontaktvorrichtung in Form einer Linse mit einer Brennweite von 1 cm befand sich am distalen Ende der Kontaktvorrichtung, wobei die konvexe Seite die Haut berührte, um im Laufe der Belichtung wie oben beschrieben eine Kompression zu ermöglichen. Menschliche Haut wurde mit einem Strahl mit einem Durchmesser von 8 mm durch Pressen der gekühlten (4°C) Kontaktvorrichtung gegen die Hautregion der Patienten und anschließend liefern eines einzigen Laserschusses bestrahlt. Jeder Schuss führte typischerweise zu einer simultanen Belichtung von etwa 10 Haaren.

[0059] Haut und Haare von sechs erwachsenen Patienten mit Haarfarben von rot bis schwarz wurden bestrahlt und anschließend beobachtet. Bei jedem Patienten wurden acht Behandlungsstellen mit jeweils einer Fläche von 10 cm² bestrahlt. Zur Überwachung der Zerstörung der Papilla wurden die Stellen 1–4 vor dem Belichten mit Laserlicht mit Wachs epiliert, wohingegen die Stellen 5–8 vor der Belichtung rasiert wurden. Jede Stelle empfing dann eine optische Fluenz von 28 J/cm², 42 J/cm² oder 57 J/cm². Die Patienten kamen einen Monat und drei Monate (und einige Patienten auch ein Jahr) nach der Belichtung zu Nachsorgeuntersuchungen. Wie anhand der Fotografien der belichteten Regionen in [Fig. 7](#) (d.h. Regionen A–C) erkennbar ist, war erneuter Haarwuchs nach drei Monaten in allen Fällen im Vergleich zu der rasierten aber unbehandelten Region (Region D) minimal oder nicht vorhanden, was deutlich auf eine dauerhafte Beschädigung des Haarfollikels hinwies. Die in der Figur dargestellten Stellen A–C wurden mit abnehmender Laserenergie behandelt. Es

ist deutlich erkennbar, dass die Haarbeseitigung in der Region C, die mit einer Fluenz von 27 J/cm² behandelt wurde, im Verhältnis weniger stark ausgeprägt ist. Die Region D (Kontrollregion) wurde am selben Tag rasiert, als die Regionen A-C behandelt wurden. Darüber hinaus zeigten histologische Proben, die von den behandelten Stellen erhalten wurden, dass eine Beschädigung ausschließlich am Haarfollikel auftrat, wohingegen die umliegende Dermis im Wesentlichen verschont blieb. Statistisch gesehen gab es bei allen Versuchspersonen in den laserbehandelten Stellen einen signifikanten Haarverlust im Vergleich zu den unbelichteten, rasierten Kontrollstellen. Ein Jahr später gab es noch immer keinen neuen Haarwuchs und es waren keine Narben vorhanden.

[0060] Es fand eine separate Versuchsreihe mit einem gepulsten photothermischen Radiometrie-(PPTR)-Gerät statt, bei der die zeitabhängigen Temperaturcharakteristiken von Haar- und Hautproben gemessen wurden. Für diese Versuche wurde der oben beschriebene Rubinlaser mit niedrigeren Fluenzen verwendet, um optische Impulse zu erzeugen, die eine Energie aufwiesen, die eine Erwärmung aber keine Zerstörung der Follikel zuließ. Der Laserausgang wurde auf die Proben menschlicher Haare und Haut fokussiert, um ein gleichförmiges Erregungsfeld zu erzeugen. Ein Schwarzkörper-Strahlungsdetektor von New England Research Inc. mit einem verstärkten, mit Flüssigstickstoff gekühlten HgCdTe-Detektor wurde zur Überwachung zeitabhängiger Charakteristiken der Probentemperatur verwendet und ein Laserenergiemessgerät von Gentec, Inc. wurde zur Überwachung des Bestrahlungsimpulses verwendet. Der Ausgang beider Detektoren wurde anschließend mit einem kompensierten 0–10 MHz gleichspannungsgekoppelten Vorverstärker verstärkt und dann zu einem digitalen Oszilloskop zur Aufzeichnung und Speicherung der Daten übertragen.

[0061] Es wurden acht Patienten mit verschiedenen Hauttypen und Haarfarben von rot/blond bis schwarz untersucht. Im Allgemeinen zeigten die PPTR-Ergebnisse, dass nach einer Bestrahlung mit 694 nm schwarzes Haar einen größeren Temperaturanstieg als helleres braunes Haar aufwies, und dass diese beiden Proben einen größeren Temperaturanstieg als rotes/blondes Haar aufwiesen. Nach der Bestrahlung wies die Typ II Haut außerdem einen geringeren Temperaturanstieg als Haut des Typs III oder IV auf.

[0062] Mit Bezug auf die [Fig. 8A](#)–[Fig. 8C](#) zeigen zeitabhängige Spuren, die mit dem PPTR-Gerät gemessen wurden, in einem speziellen Beispiel eines Patienten mit schwarzen Haaren und weißer Haut, dass 400 ms nach der Bestrahlung sowohl nasses als auch trockenes schwarzes Haar einen Temperaturanstieg von jeweils etwa 7°C und 72°C ([Fig. 8A](#) und [Fig. 8B](#)) von einer Basislinientemperatur von 23°C aufweist, wohingegen die umliegende Haut ([Fig. 8C](#)) einen Temperaturanstieg von weniger als 1°C aufweist. Die Differenz in Bezug auf Temperaturanstieg und zeitabhängige Verfallscharakteristiken des nassen Haares ist wahrscheinlich in thermischen Effekten begründet (z.B. die höhere Wärmekapazität von nassem Haar).

[0063] Mit Bezug auf [Fig. 9](#) war der normalisierte Temperaturanstieg (d.h. das Verhältnis zwischen Temperaturanstieg und Laserimpulsenergie) in den nassen und trockenen Haarfollikeln in allen Fällen wesentlich größer als der in der Haut gemessene, was ein Hinweis auf die selektive Erwärmung der Follikel mit dem erfindungsgemäßen Verfahren ist. In der folgenden Tabelle 2 sind die Haar- und Hauttypen der jeweiligen Patienten der Studie aufgeführt. Die Patientennummern in der Tabelle stimmen mit den Patientennummern in [Fig. 9](#) überein.

Tabelle 2

Haar- und Hauttypen der Patienten		
Patient	Haare	Hauttyp
1	Rot	II
2	Braun	III
3	Braun	II
4	Grau/Schwarz	III
5	Grau/Schwarz	III
6	Dunkelbraun	III
7	Grau/Schwarz	II
8	Schwarz	III

Weitere Ausgestaltungen

[0064] [Fig. 10A](#) zeigt eine alternative Ausgestaltung der Erfindung, bei der die Region **20** vor der erfindungsgemäßen Behandlung epiliert wird anstatt nur rasiert zu werden. Anschließend kann eine Fluidlösung oder Suspension **100**, die einen Chromophor enthält, auf die Hautregion **20** aufgetragen werden, wobei das chromophorhaltige Fluid in die leeren Follikel migriert und diese füllt. Eine „Kapillarwirkung“ des Fluids/Chromophors in die Follikel ist erwünscht und kann durch die Erzeugung einer geringen Oberflächenspannung zwischen Fluid und Haut, zum Beispiel mit Tensiden oder Lösungsmitteln, verstärkt werden. Das/der überschüssige Fluid/Chromophor kann dann von der Hautoberfläche durch Abwaschen, Wegwischen oder Abstreifen entfernt werden. Während der Bestrahlung absorbiert der Chromophor 100 im Follikel Licht und wird erwärmt und bewirkt zusammen mit der Erwärmung des Melanins des Follikels selbst eine wesentliche Erwärmung des Follikels, um dessen Teile, wie die Wulst und Papilla, zu zerstören, damit ein erneuter Haarwuchs verhindert wird. Der Chromophor muss folglich Licht mit der Wellenlänge oder den Wellenlängen absorbieren, die zur Bestrahlung verwendet wird/werden. Geeignete Chromophore können eine Kohlepartikelsuspension oder einen Farbstoff wie Methylenblau oder Indocyaningrün umfassen. Auch Melanin an sich kann in liposomaler Form verwendet werden. Da sich der Chromophor nur in den Follikeln befindet, wird mit dieser Technik der Follikelschaden maximiert, während gleichzeitig der Schaden an umliegendem Gewebe minimiert wird, so dass sie bevorzugt zur Umsetzung der Erfindung vor allem bei Personen mit blonden, roten, hellbraunen oder anderen hellfarbigen Haaren angewendet wird. Abgesehen von den oben genannten Unterschieden, funktioniert diese Ausgestaltung der Erfindung in der gleichen Weise wie die zuvor beschriebenen Ausgestaltungen, einschließlich der Kühlung der Kontaktvorrichtung **46**, der Verformung der Haut in der Region **20** und der bevorzugten optischen Strahlung, mit der Ausnahme, dass bei der Verwendung der Chromophoren eine niedrigere Frequenz möglich ist.

[0065] [Fig. 10B](#) zeigt eine(n) modifizierte(n) Vorrichtung oder Applikator **46'** zur simultanen Belichtung beider Seiten einer Hautfalte gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung. Dadurch wird die relative Lieferung von Licht zu den tiefen Abschnitten der Follikel weiter erhöht. In [Fig. 10B](#) hat die Kontaktvorrichtung zum Beispiel eine Öffnung oder einen Schlitz **110** in der Oberfläche des Applikators, in die die Fläche **20** der Haut gezogen werden kann, indem zum Beispiel die Leitung **112**, die in die Oberseite des Schlitzes **110** führt, mit Unter- oder Saugdruck beaufschlagt wird, wobei die Haut im Schlitz **110** zu einer Falte **113** geformt wird. Strahlung kann durch ein faseroptisches Bündel **114** aufgebracht werden, das sich teilt, um die Strahlung zu Linsen **116** auf beiden Seiten des Schlitzes **110** zu führen. Kühlwasser kann über die Oberfläche der Linsen **116** durch eine Leitung **118** fließen gelassen werden. Alternativ können zwei Applikatoren, die zum Beispiel den in [Fig. 2A](#) oder [Fig. 2B](#) dargestellten ähnlich sind, auf gegenüberliegenden Seiten einer Hautfalte positioniert werden, die durch Klemmen der Hautregion dazwischen oder durch andere geeignete Mittel gebildet wird.

[0066] Der Vorteil einer Faltung der Haut wie in den oben beschriebenen Ausgestaltungen besteht darin, dass Strahlung auf einen relativ dünnen Abschnitt der Haut von beiden Seiten aufgebracht wird. Folglich kann die Papilla eines bestimmten Follikels nicht nur Strahlung von der Linse **116** auf der Seite des Schlitzes **110**, auf der sich der Follikel befindet, sondern auch einen Teil Strahlung von der Linse **116** auf der gegenüberliegenden Seite des Schlitzes empfangen. Somit wird die auf die Papilla jedes Follikels aufgebrachte Energie erhöht, ohne dass die Energie an der Oberfläche erhöht wird, so dass eine Haarbeseitigung mit weniger Schmerzen und Verletzungen möglich ist. Dadurch, dass der Schlitz **110** relativ schmal gestaltet wird, wird Druck auf die Haut auf beiden Seiten des Schlitzes aufgebracht, wobei die Haut zwischen den Wänden des Schlitzes komprimiert wird. Die Vorteile der Hautkompression, wie die Entfernung von Blut daraus und die Reduzierung des Abstands zwischen Hautoberfläche und Papilla, werden somit ebenfalls mit dieser Ausgestaltung der Erfindung erreicht. Durch das Klemmen zur Bildung der Falte wird ebenfalls Druck auf die Haut aufgebracht.

[0067] Die Erfindung kann außerdem für die kurzfristige Haarbeseitigung verwendet werden, die vielleicht ein bis zwei Wochen lang hält. Dies wird durch das Auftragen des Fluids/Chromophors auf die zu „rasierende“ Region erreicht, die vorzugsweise mit konventionellen Techniken rasiert, aber nicht epiliert wurde. In diesem Fall kann der Chromophor nur einige Millimeter weit in den Follikel migrieren, zum Beispiel auf die Höhe der Talgdrüse. Überschüssiger Chromophor kann dann entfernt und die Kontaktvorrichtung mit einer relativ schwachen Strahlung zur Erwärmung des Chromophors verwendet werden, wobei das davon umgebene Haar zerstört wird, ohne dass es zu einer wesentlichen Beschädigung von Haut oder Follikel kommt.

[0068] Zwar wurde Kühlwasser zur Kühlung der Kontaktvorrichtung **46** vorgeschlagen, doch können auch andere Kühltechniken angewendet werden. Es kann zum Beispiel ein Tieftemperaturgas oder flüssiges Gas über die Kontaktvorrichtung zum Kühlen geleitet werden oder die Kontaktvorrichtung kann vor der Verwendung ausreichend gekühlt werden, damit sie während der Bestrahlung weiterhin die Kühlfunktion erfüllen kann, ohne

dass ein Kühlmedium über sie geführt werden muss. Andere in der Technik bekannte Kühlmethoden können ebenfalls angewendet werden.

[0069] Andere Ausgestaltungen liegen innerhalb des Umfangs der folgenden Ansprüche. Die Kontaktvorrichtung kann zum Beispiel nicht gekühlt werden oder die Kühlung der Epidermis kann ohne einen Applikator (zum Beispiel kryogenisch) erfolgen. Wird kein Applikator verwendet (dieses Verfahren wird nicht beansprucht), dann wird Strahlung direkt auf die Region von Interesse aufgebracht, nachdem sie die entsprechende Optik passiert hat.

Patentansprüche

1. Kosmetisches Verfahren zur simultanen Beseitigung einer Mehrzahl von Haaren von einer Hautregion, wobei sich jedes Haar in einem Follikel befindet, der von einer Hautoberfläche in die Haut verläuft, wobei das Verfahren die folgenden Schritte umfasst:

- (a) Positionieren eines Elements über der Hautoberfläche in der genannten Hautregion, durch das optische Strahlung geleitet werden kann; und
- (b) Aufbringen optischer Strahlung einer gewählten Wellenlänge und einer gewählten Fluenz durch das Element zu der genannten Hautregion über einen Zeitraum von 5 ms bis 200 ms.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei Schritt (a) das Inkontaktbringen eines Applikators mit der Hautoberfläche in der genannten Region umfasst.

3. Verfahren nach Anspruch 2, ferner umfassend das Aufbringen von Druck auf den Applikator im Laufe der Schritte (a) und (b), um zu bewirken, dass der Applikator die darunter liegende Hautregion verformt.

4. Verfahren nach Anspruch 1, wobei Schritt (a) das Verwenden eines Applikators zur Bildung einer Hautfalte in der genannten Hautregion umfasst, wobei der Applikator mit der Hautoberfläche in der genannten Hautregion auf zwei im Wesentlichen gegenüberliegenden Seiten der Falte in Kontakt ist, wobei die optische Strahlung in Schritt (b) auf die beiden genannten im wesentlichen gegenüberliegenden Seiten der Falte aufgebracht wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4, wobei in der Oberfläche des Applikators ein Schlitz ausgebildet ist, der mit der Hautoberfläche in Kontakt ist, wobei im Laufe von Schritt (a) wenigstens ein Teil der Hautregion in den Schlitz gezogen wird, und wobei im Laufe von Schritt (b) optische Strahlung auf die Hautregion von wenigstens zwei einander gegenüberliegenden Seiten des Schlitzes aufgebracht wird.

6. Verfahren nach Anspruch 2, 3, 4 oder 5, wobei der auf den Applikator aufgebrachte Druck höher ist als der Blutdruck einer behandelten Person, von der Haare entfernt werden, wobei wenigstens etwas Blut von der Hautregion entfernt wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 6, wobei der Applikator eine konvexe Oberfläche hat, die mit der Hautoberfläche in Kontakt ist.

8. verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, ferner umfassend (c) das Kühlen der Hautoberfläche in der genannten Hautregion auf eine gewählte Tiefe vor Schritt (b), wobei die genannte gewählte Fluenz und der Zeitpunkt der Applikation so gewählt werden, dass es höchstens zu einer minimalen Erwärmung der Haut in der genannten Hautregion bis zu der genannten gewählten Tiefe kommt, während eine ausreichende Erwärmung der Haare und/oder Follikel unter der genannten ausgewählten Tiefe bewirkt wird, um die Haare und Follikel wenigstens zu beschädigen, ohne eine wesentliche Beschädigung des die Follikel mgebenden Gewebes zu verursachen, wobei die Haare und/oder Follikel erwärmt und beschädigt werden, ohne dass es zu einer wesentlichen Beschädigung der Hautoberfläche in der genannten Hautregion bis zu der genannten gewählten Tiefe kommt.

9. verfahren nach Anspruch B, wobei die gewählte Tiefe im Wesentlichen die gesamte Epidermisschichttiefe in der Region ist, die jedoch nicht wesentlich in die dermale Schicht verläuft.

10. verfahren nach Anspruch 8 oder 9, wobei Schritt (a) das Inkontaktbringen eines Applikators mit der Hautoberfläche in der genannten Hautregion umfasst, und wobei Schritt (c) und/oder Schritt (d) das Verwenden des Applikators zum Kühlen der Hautoberfläche in der Hautregion bis zu der genannten gewählten Tiefe umfasst.

11. Verfahren nach Anspruch 10, wobei Schritt (c) Schritt (e) des Kühlens von wenigstens der Oberfläche des Applikators in Kontakt mit der Hautoberfläche sowohl während Schritt (c) und/oder Schritt (d) als auch vor deren Durchführung beinhaltet.
12. Verfahren nach Anspruch 13, wobei in Schritt (e): ein Kühlfluid durch den Applikator geleitet wird.
13. Verfahren nach Anspruch 10, 11 oder 12, wobei Schritt (b) nicht durchgeführt wird, solange die Hautoberfläche in der genannten Hautregion nicht im wesentlichen bis zu der genannten gewählten Tiefe gekühlt wurde.
14. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei die optische Strahlung in Schritt (b) bis zu 100 ms lang auf die genannte Haut aufgebracht wird.
15. verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, umfassend, vor Schritt (a), das Rasieren der Haare in der genannten Hautregion.
16. verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 14, umfassend, vor Schritt (a), das Epilieren der Haare in der genannten Hautregion.
17. verfahren nach Anspruch 16, umfassend, nach dem Epilierschritt, aber vor Schritt (a), das Befüllen der Follikel, aus denen die Haare epiliert wurden, mit einer Substanz, die bevorzugt optische Strahlung mit der genannten gewählten Wellenlänge absorbiert.
18. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei die genannte gewählte Fluenz und das Zeitintervall derart sind, dass es zu einer erheblichen Zerstörung der Follikel kommt.

Es folgen 8 Blatt Zeichnungen

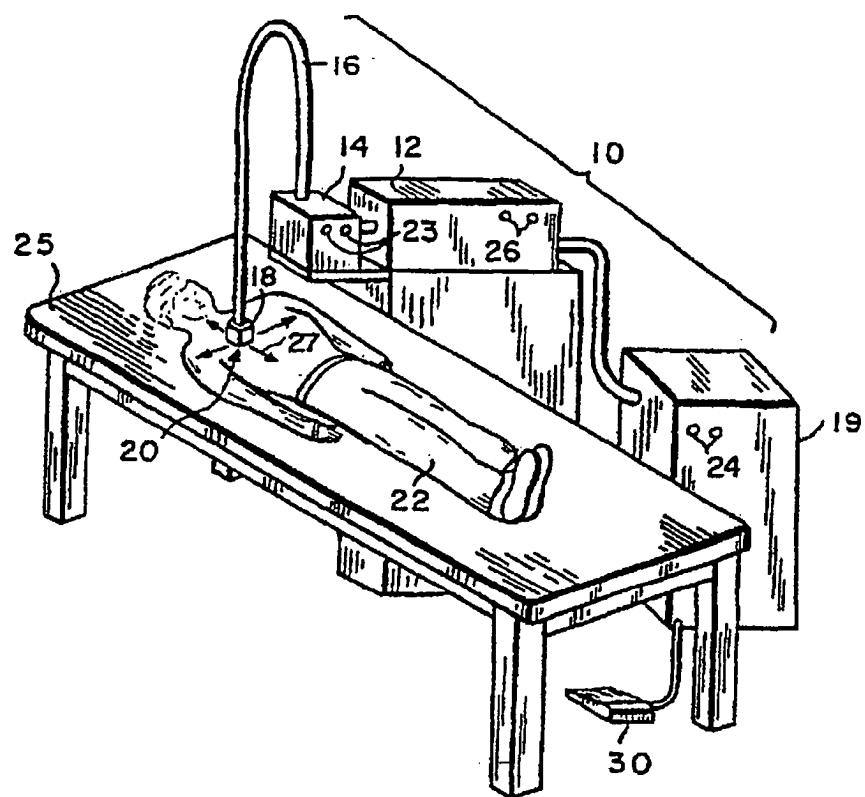


FIG. I

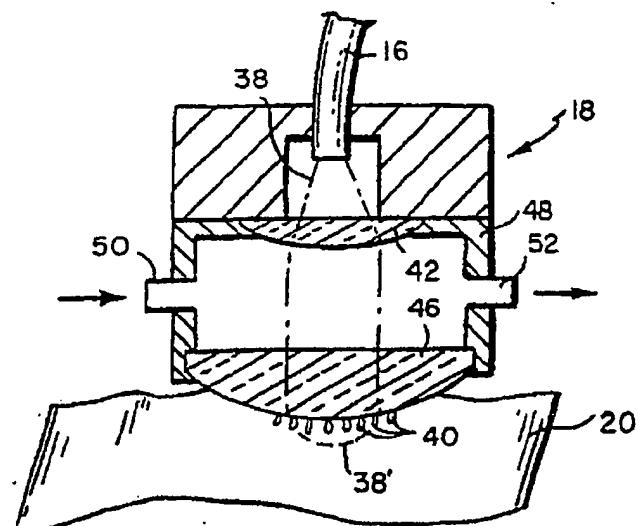


FIG. 2A

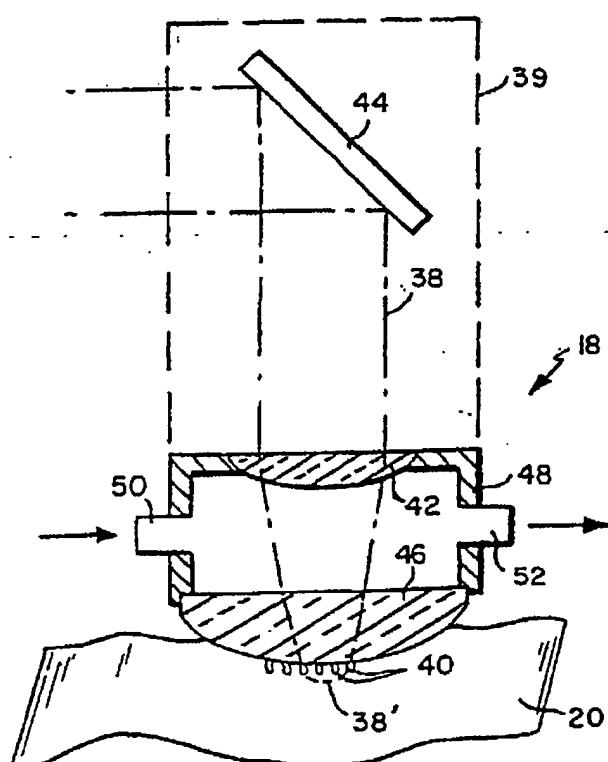


FIG. 2B

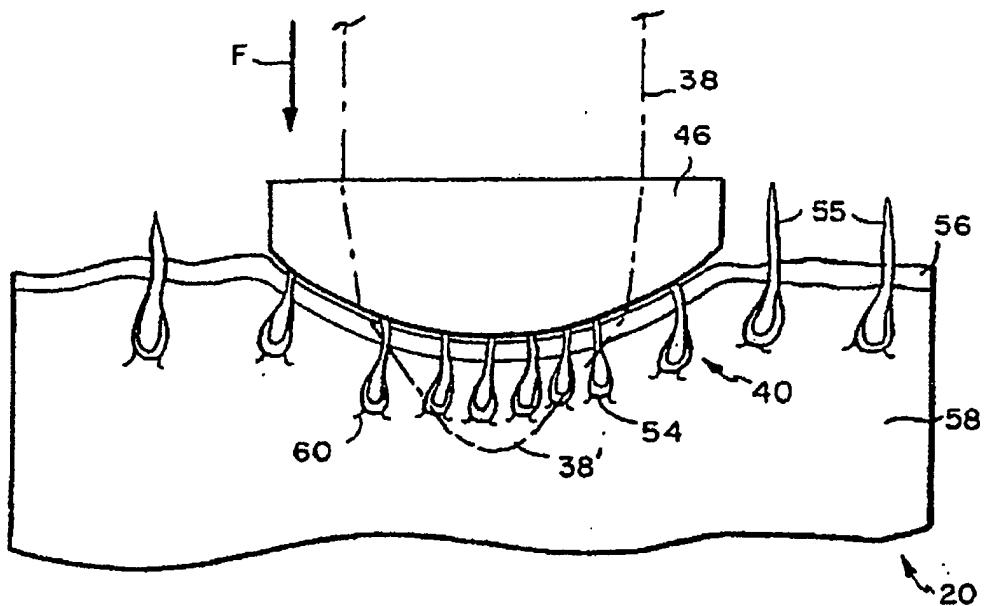


FIG. 3A

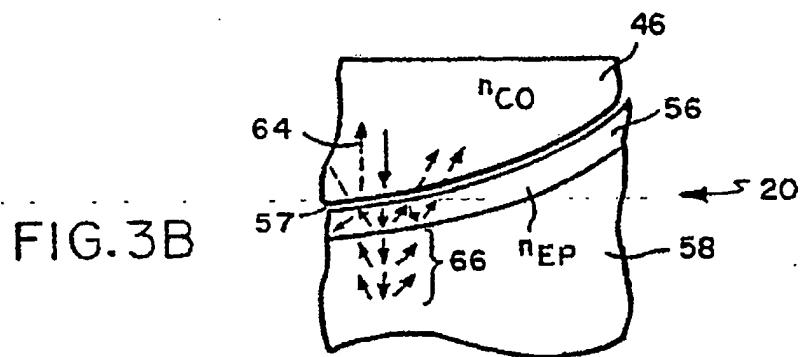


FIG. 3B

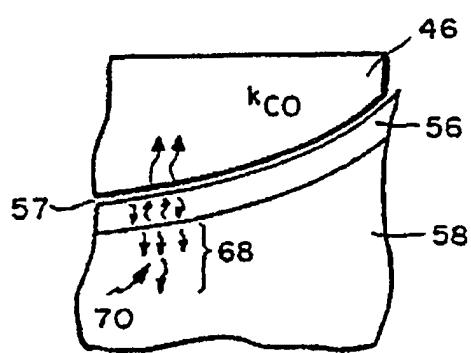


FIG. 3C

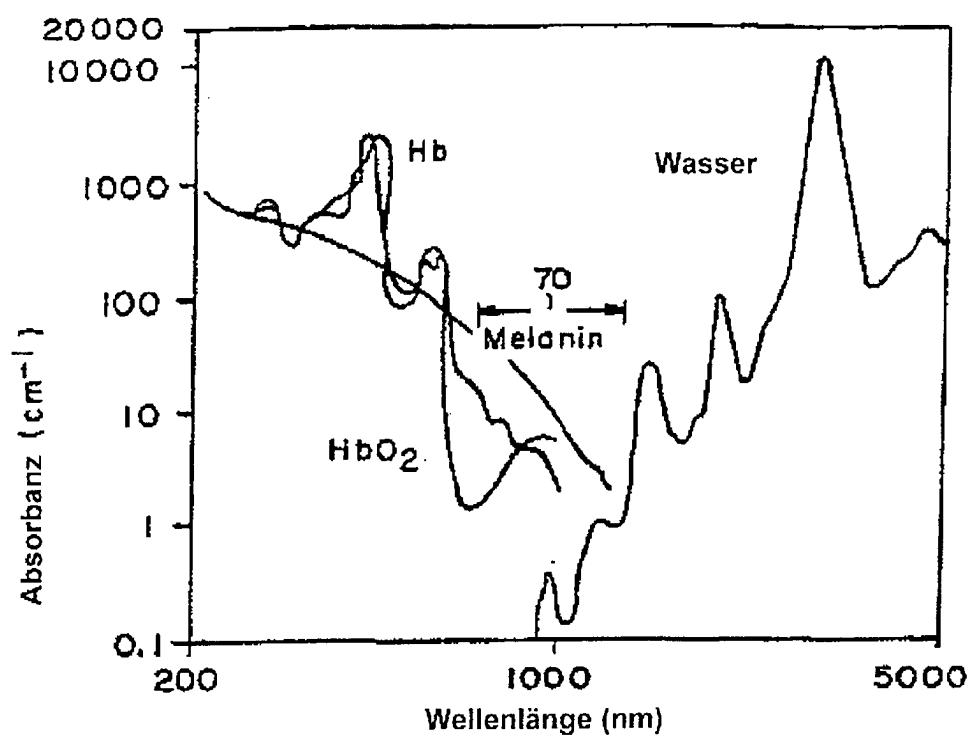


FIG. 4

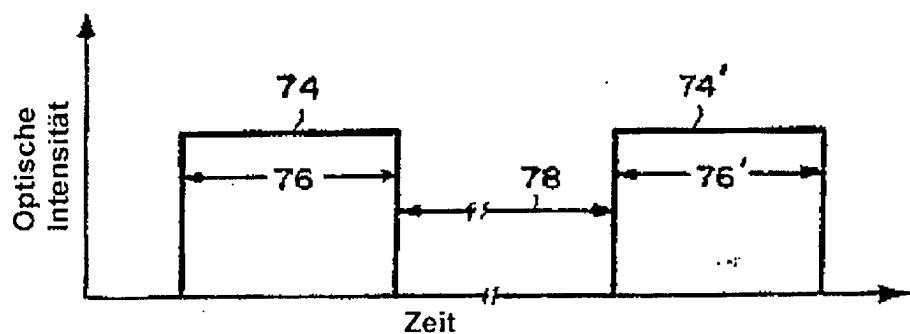


FIG. 5A

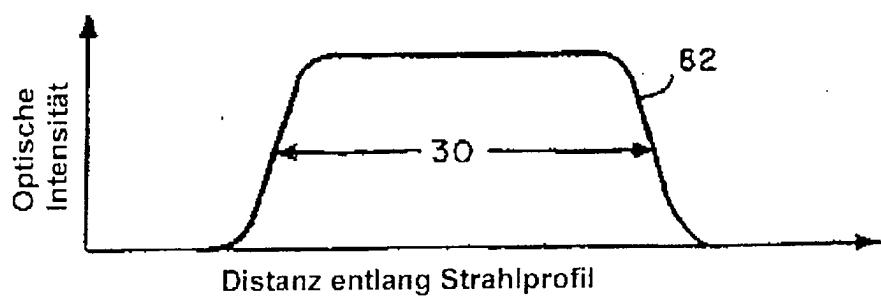


FIG. 5B

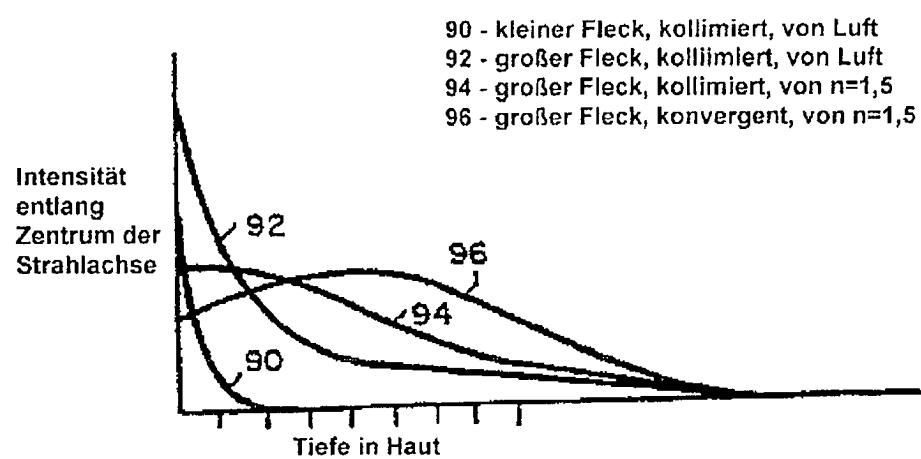


FIG. 6

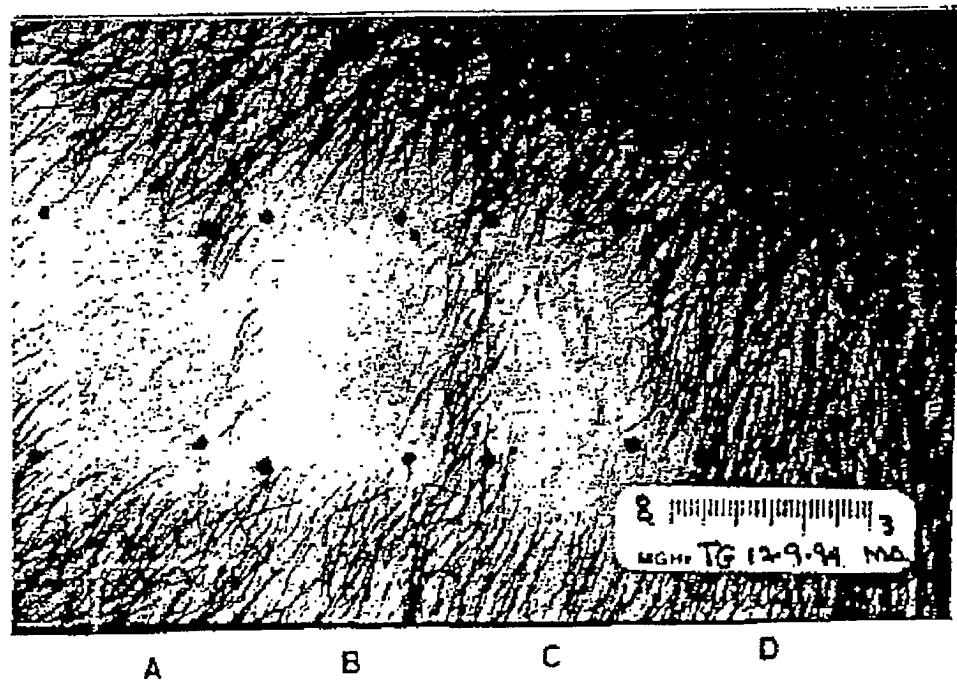


FIG. 7

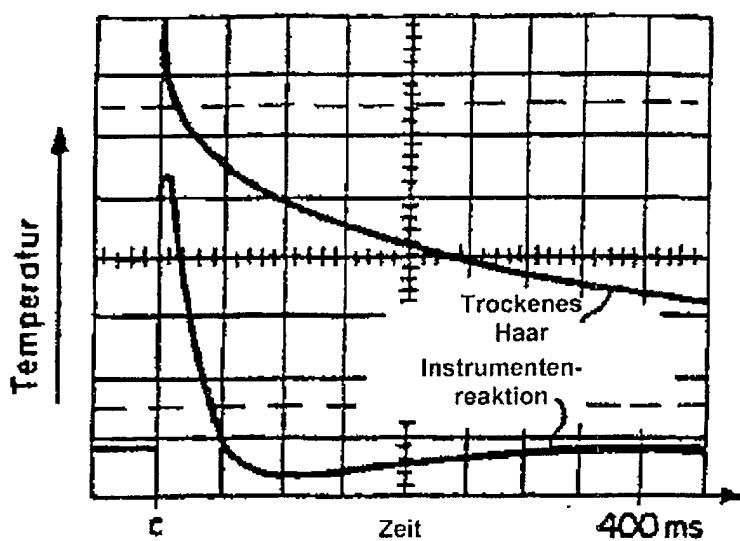


FIG. 8A
(Trockenes Haar)

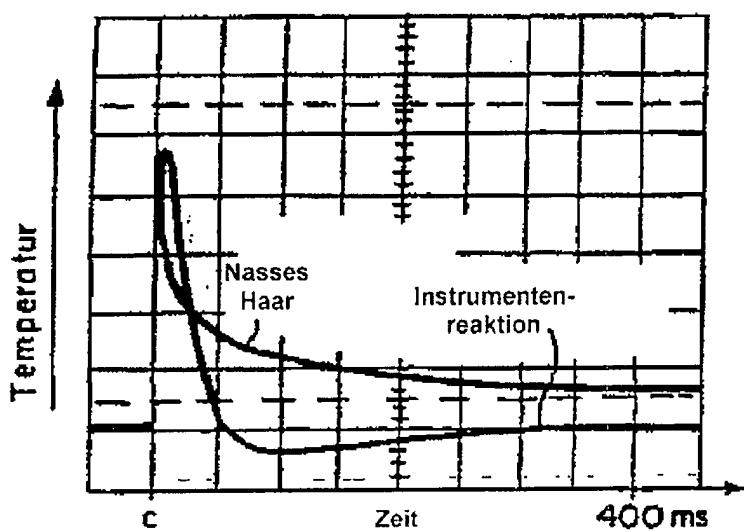


FIG. 8B
(Nasses Haar)

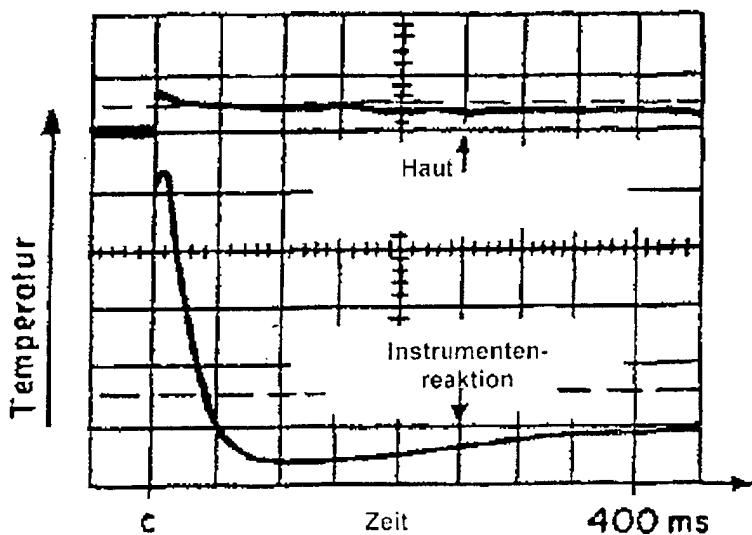


FIG. 8C
(Haut)

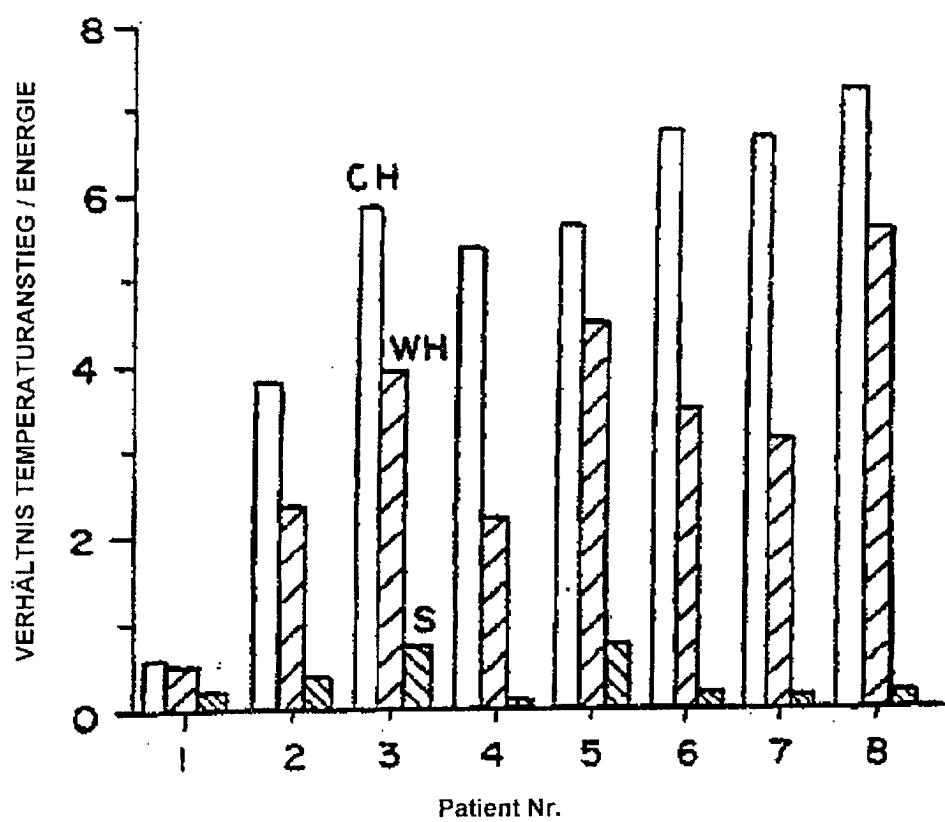


FIG. 9

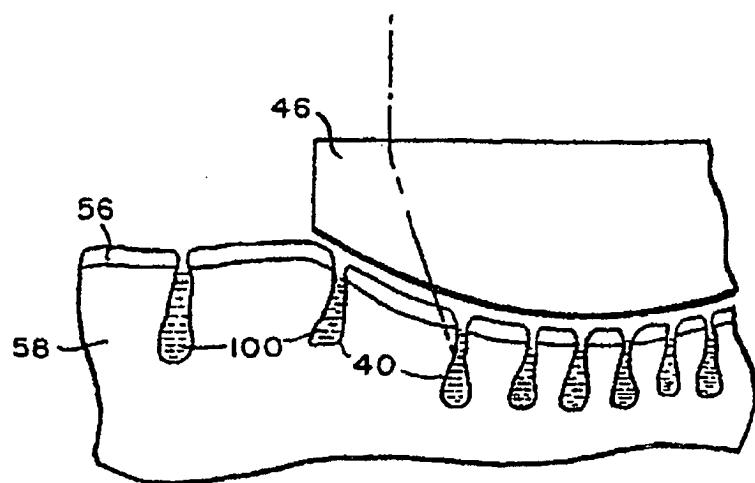


FIG. 10A

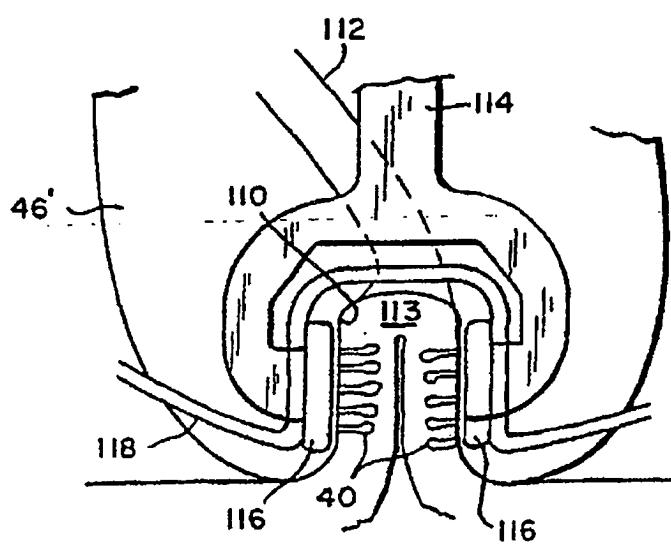


FIG. 10B