



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) CH

706 988 A1

(51) Int. Cl.: A61B 5/01 (2006.01)
G01J 5/00 (2006.01)

Patentanmeldung für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: 01684/12

(71) Anmelder:
Mathias Bonmarin, Alderstrasse 47
8008 Zürich (CH)

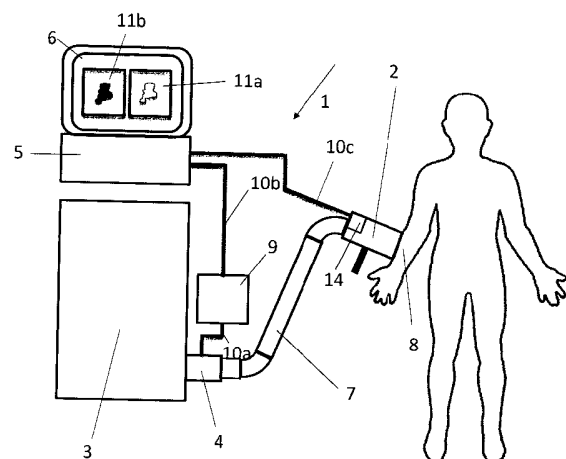
(22) Anmeldedatum: 18.09.2012

(43) Anmeldung veröffentlicht: 31.03.2014

(72) Erfinder:
Mathias Bonmarin, 8008 Zürich (CH)
Nils Reinke, 8405 Winterthur (CH)
Andreas Fastrich, 8049 Zürich (CH)

(54) Vorrichtung und Verfahren zur Charakterisierung von Gewebe.

(57) Es wird eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Charakterisierung von Gewebe, insbesondere von Hautläsionen, bereitgestellt. Die Vorrichtung (1) umfasst eine Stimulationsvorrichtung (8) zur thermischen Stimulation des Gewebes, eine Modulationsvorrichtung (4) zur Modulation der Temperatur des Gewebes, eine Infrarotkamera (14) zur Erfassung von modulierten Infrarotbildern, eine mit der Infrarotkamera verbundene Recheneinheit (5) zur Demodulation der modulierten Infrarotbilder und ein Anzeigemodul (6) zur Darstellung der von der Recheneinheit demodulierten Bilder. Die Modulationsvorrichtung (4) und die Infrarotkamera (14) sind derart synchronisiert, dass eine vom Gewebe abgestrahlte, modulierte Infrarotstrahlung mittels der Infrarotkamera (14) während der thermischen Stimulation des Gewebes erfassbar ist.



Beschreibung

Hintergrund

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Charakterisierung von Gewebe, insbesondere von Hautläsionen, gemäss den unabhängigen Ansprüchen.

Stand der Technik

[0002] Verfahren zur Charakterisierung von Gewebe sind in vielen Technikbereichen bekannt. Beispielsweise werden solche Verfahren bei der Charakterisierung von Haut verwendet, um Hautläsionen zu detektieren. Bisher haben sich in diesem Bereich die Methoden auf eine visuelle Untersuchung der Haut beschränkt. Diese Methode ist subjektiv und eine nach einer visuellen Charakterisierung der Haut, also nach einer Unterteilung der Haut in Bereiche mit verschiedenen Eigenschaften, stattfindende Diagnose bzw. Identifizierung von Hautläsionen, wie z.B. Krebszellenbereiche, hängt stark von der Erfahrung des jeweiligen Arztes ab.

[0003] Einige Geräte und Techniken wurden vorgeschlagen, um diese Charakterisierung zu vereinfachen und mit höherer Genauigkeit durchzuführen. Eine solche Technik basiert auf der aktiven Thermographie.

[0004] Die aktive Thermographie basiert auf einer Erwärmung oder einem Abkühlen eines zu untersuchenden Gewebereichs und auf einer anschliessenden orts aufgelösten Aufzeichnung der Oberflächentemperatur des Gewebes. Dabei erzeugt die Erwärmung oder Abkühlung einen nichtstationären Temperaturgradienten innerhalb des zu untersuchenden Gewebes, der wiederum die Verteilung der Oberflächentemperatur beeinflusst. Hat ein Bereich des Gewebes, insbesondere auch unterhalb seiner Oberfläche, unterschiedliche thermo-physikalische Eigenschaften im Vergleich zu seiner Umgebung, wie z.B. eine unterschiedliche Dichte, Wärmekapazität, Wärmeleitfähigkeit, usw., so beeinflusst dieser Bereich den Wärmefluss und folglich auch die zeitabhängige Oberflächentemperatur. Durch die Überwachung der zeitabhängigen Oberflächentemperatur ist es daher möglich, Bereiche mit unterschiedlichen thermo-physikalischen Eigenschaften unterhalb der Oberfläche zu detektieren. Bei der aktiven Thermographie wird der Untersuchungsgegenstand durch Konduktion, Konvektion oder Absorption erhitzt oder durch Konduktion oder Konvektion gekühlt. Dabei kann die Energieübertragung kontinuierlich oder periodisch sein. Die Prinzipien der aktiven Thermographie finden sich z.B. im Dokument «Infrared thermal imaging» von M. Vollmer und K.P. Möllmann, Wiley-VCH, 2010.

[0005] Bei der Untersuchung von Haut weisen manche Läsionstypen andere thermo-physikalische Eigenschaften auf als gesunde Haut. Insbesondere werden im Falle von Krebsläsionen eine höhere metabolische Wärmeentwicklung und eine höhere Blutperfusionsrate am Ort der Läsion erwartet.

[0006] WO 2010 065 052 A1 offenbart ein medizinisches Diagnosesystem, bei dem die Hautoberfläche durch Zufuhr von kalter Luft während maximal einer Minute abgekühlt wird. Mit einer hochempfindlichen stationären InSb-Infrarotkamera wird das thermische Verhalten der Haut nach der thermischen Stimulation aufgezeichnet. Nach einer Nachbearbeitung der Infrarotbilder zur Kompensation von Bewegungen des Patienten wird die zeitabhängige Temperatur der Haut berechnet und das Ergebnis mit einem Computermodell für die Wärmeübertragung verglichen. Dabei hat sich gezeigt dass sich die thermische Signatur von Melanomen sehr von derjenigen von gesundem Gewebe oder von gutartigen melanozytären Nävi unterscheidet. Ferner wurde herausgefunden dass der thermo-physikalische Hauptparameter, der das thermische Verhalten beeinflusst, die Blutperfusion ist, wobei die anderen oben genannten Parameter eine eher untergeordnete Rolle spielen.

[0007] In DE 1 9515 317 A1 wird die Hauttemperatur kontaktthermometrisch oder berührungslos nach der Stimulation gemessen, wobei das Dokument keine Aussage über die Vorgehensweise bei der Messung macht.

[0008] Die genannten Verfahren messen die Temperatur der Hautoberfläche nach der Stimulation, wodurch die Ergebnisse relativ ungenau sind. Ferner ist die Messung bei WO 2010065052 A1 umständlich, da der Patient derart positioniert werden muss, dass er einerseits nicht zu weit von der Infrarotkamera und andererseits die zu untersuchende Hautpartie für die Kamera sichtbar ist.

Darstellung der Erfindung

[0009] Es ist Aufgabe der Erfindung, die genannten Nachteile auszuräumen bzw. zu minimieren.

[0010] Diese Aufgabe wird bei der eingangs genannten Vorrichtung zur Charakterisierung von Gewebe, insbesondere von Hautläsionen, dadurch gelöst, dass die Vorrichtung eine Stimulationsvorrichtung zur thermischen Stimulation des Gewebes, eine Modulationsvorrichtung zur Modulation der Temperatur des Gewebes, eine Infrarotkamera zur Erfassung von modulierten Infrarotbildern, eine mit der Infrarotkamera verbundene Recheneinheit zur Demodulation der modulierten Infrarotbilder und ein Anzeigemodul zur Darstellung der von der Recheneinheit demodulierten Bilder umfasst. Die Modulationsvorrichtung und die Infrarotkamera sind derart synchronisiert, dass eine vom Gewebe abgestrahlte, modulierte Infrarotstrahlung mittels der Infrarotkamera während der thermischen Stimulation des Gewebes erfassbar ist.

[0011] Ferner wird die Aufgabe mit einem Verfahren zur Charakterisierung von Gewebe, insbesondere von Hautläsionen, mittels einer erfindungsgemässen Vorrichtung gelöst. Dabei wird zunächst ein tragbarer Inspektionskopf auf dem Gewebe aufgesetzt. Anschliessend wird die thermische Stimulation mittels der Stimulationsvorrichtung auf das Gewebe appliziert.

und die Bilderfassung der Infrarotkamera aktiviert. Danach wird eine Frequenz der Bilderfassung mit der Modulationsfrequenz der Modulationsvorrichtung synchronisiert und modulierte Infrarotbilder mittels der Infrarotkamera erfasst. Die modulierten Infrarotbilder werden danach mittels der Recheneinheit demoduliert und die demodulierten Infrarotbilder auf dem Anzeigemodul dargestellt. Die modulierten Infrarotbilder einer vom Gewebe abgestrahlten, modulierten Infrarotstrahlung werden während der thermischen Stimulation erfasst.

[0012] Durch die erfindungsgemässe Vorrichtung und das erfindungsgemässe Verfahren ist es möglich, erheblich präzisere Ergebnisse des Gewebeverhaltens bei der Stimulation mit Wärme zu gewinnen, da das Verhalten des Gewebes unmittelbar während der Stimulation festgehalten wird und die dadurch gewonnenen zeitabhängigen Temperaturmuster viel besser mit dem Stimulationsmuster korreliert werden können. Die vorliegende Vorrichtung ist daher empfindlicher als bisherige Lösungen.

[0013] Eine Berechnung der absoluten Gewebetemperatur ist schwierig, da dafür Informationen über Parameter wie Gewebeemissivität, Luftübertragungskoeffizienten, usw. notwendig sind. Dadurch dass die lock-in Demodulation direkt durch die Verwendung von Bildern der thermischen Abstrahlung der Haut erfolgen kann, ergibt sich der Vorteil des erfindungsgemässen Verfahrens, dass die Berechnung der absoluten Gewebetemperatur nicht notwendig ist.

[0014] Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen ergeben sich aus den weiteren abhängigen Ansprüchen.

[0015] In einer besonders vorteilhaften Ausführungsform ist die Infrarotkamera innerhalb eines tragbaren Inspektionskopfes angeordnet, der auf dem Gewebe aufsetzbar ist. Dabei umfasst der Inspektionskopf mindestens einen Kanal zur Zuführung der thermischen Stimulation auf das Gewebe. Diese Anordnung hat den Vorteil einer kompakten Bauweise des Inspektionskopfes. Dadurch dass die Infrarotkamera im Inspektionskopf eingebaut ist, wird der Aktionsradius der Vorrichtung erweitert und die zu untersuchenden Gegenstände müssen nicht vorgängig in eine bestimmte Lage bzw. Position gebracht werden. Ferner ist bei dieser Anordnung die Kamera stets in einem im Wesentlichen im Vergleich zu bekannten Lösungen konstanten kleinen Abstand von dem zu untersuchenden Gewebebereich. Dadurch verbessert sich die Messgenauigkeit erheblich, da äussere Temperatureinflüsse bzw. Luftströmungen, wie Zugluft, im Untersuchungsraum eine vernachlässigbare Rolle spielen.

[0016] In einer weiteren besonders vorteilhaften Ausführungsform der Vorrichtung sind die Stimulationsvorrichtung und/oder die Modulationsvorrichtung zu einer periodischen Stimulation bzw. Modulation der Temperatur des Gewebes ausgestaltet. Dadurch wird die Empfindlichkeit der Messungen bzw. die Auswertung der Messergebnisse erheblich gesteigert.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0017] Im Folgenden werden Ausführungsbeispiele der Erfindung an Hand der Figuren näher erläutert. Dabei zeigt

Fig. 1 eine Ausführungsform der erfindungsgemässen Vorrichtung;

Fig. 2 eine erste Ausführungsform eines Inspektionskopfes;

Fig. 3 eine zweite Ausführungsform eines Inspektionskopfes;

Fig. 4 eine dritte Ausführungsform eines Inspektionskopfes;

Wege zur Ausführung der Erfindung

[0018] Fig. 1 zeigt eine Ausführungsform der erfindungsgemässen Vorrichtung 1. Sie umfasst eine Stimulationsvorrichtung zur thermischen Stimulation eines Gewebes 8. Die Stimulationsvorrichtung umfasst ein Klimagerät 3 zur Erzeugung einer auf das Gewebe 8 geführten Luftströmung als thermische Stimulation. Ferner umfasst die Vorrichtung 1 eine Modulationsvorrichtung 4 zur Modulation der Temperatur der Luftströmung und damit des Gewebes 8. Das Klimagerät 3 ist zur Modulation der Luftströmung mit der Modulationsvorrichtung 4 verbunden. In diesem Ausführungsbeispiel ist die Modulationsvorrichtung 4 am Luftausgang des Klimageräts 3 angeordnet. In einer anderen Ausführungsform der Vorrichtung 1 kann die Modulationsvorrichtung 4 in einem näher zu beschreibenden Inspektionskopf 2, der auf dem Gewebe aufsetzbar ist, angeordnet sein. Das Klimagerät 3 ist mittels mindestens eines flexiblen, thermisch isolierten Schlauchs 7 mit dem mindestens einen Kanal des Inspektionskopfes 2 verbunden. Der Inspektionskopf 2 umfasst mindestens einen Kanal zur Zuführung der thermischen Stimulation auf dem Gewebe 8. Eine Infrarotkamera 14 ist innerhalb des tragbaren Inspektionskopfes 2 angeordnet. Die Infrarotkamera 14 ist über ein Datenkabel 10c mit einer Recheneinheit 5 zur Demodulation der modulierten Infrarotbilder verbunden. Die Recheneinheit 5 ist ausgangsseitig mit einem Anzeigemodul 6 zur Darstellung der von der Recheneinheit demodulierten Bilder 11a, 11b verbunden. Eine Steuerungseinheit 9 dient zur Steuerung der Modulationsvorrichtung 4, um die gewünschte periodische Stimulation zu erzeugen. Sie ist einerseits über ein Kabel 10b mit der Recheneinheit 5 verbunden, um von dieser eine benutzerdefinierte Modulationsart in der Form von digitalen Signalen zu empfangen, und andererseits mit der Modulationsvorrichtung 4, um ein elektrisches Signal für die Erzeugung der periodischen Modulation in der Modulationsvorrichtung 4 an diese zu übertragen.

[0019] Fig. 2 zeigt eine erste Ausführungsform des Inspektionskopfes 2, der mit einem Gewebe 8 in Kontakt ist. Er umfasst in einem Gehäuse 2a einen Kanal 13 zur Zufuhr der periodischen, modulierten, thermischen Stimulation 12a, die über den

Schlauch 7 aus Fig. 1 vom Klimagerät 3 im Zusammenspiel mit der Modulationsvorrichtung 4 generiert wird. Der Kanal 13 führt die thermische Stimulation 12a auf das Gewebe 8, wobei die thermische Stimulation 12a nach dem Kontakt mit dem Gewebe durch eine Evakuationsöffnung 17 entweicht, was mit den Pfeilen 12c dargestellt ist. Damit kann heisses oder kaltes Gas aus dem Inneren des Inspektionskopfes 2 entweichen, so dass sich dieser nicht unnötig aufheizt. Ein Teil der Hitze wird vom Gewebe 8 aufgenommen und von der Gewebeoberfläche 8a in Richtung der Kamera 14 abgestrahlt, was mit den Pfeilen 12b dargestellt ist. Die Infrarotkamera 14, die insbesondere eine Mikrobolometerkamera oder eine Halbleiterbasierte Infrarotkamera 14 oder eine QWIP-Kamera ist, nimmt die zeitabhängige thermische Abstrahlung 12b des Gewebes 8 bzw. der Gewebeoberfläche 8a über das Objektiv 15 auf. In einer vorteilhaften Ausführungsform ist die Infrarotkamera 14 in ihrem Strahlungserfassungsbereich mittels eines Fensters 16 von der Umgebung isoliert, wobei das Fenster 16 transparent für die vom Gewebe 8 abgestrahlte, modulierte Infrarotstrahlung 12b ist. Das Fenster 16 ist zwischen dem Objektiv 15 und dem Gewebe 8 angeordnet und dient einerseits als Filter für die Abstrahlung 12b und andererseits als Schutz der Infrarotkamera 14 gegen Staub und gegen die thermische Stimulation 12a. Das Fenster 16 kann aus einem Infrarottransparenten Material hergestellt sein.

[0020] Die Infrarotkamera 14 konvertiert die thermische Emission oder Abstrahlung 12b des Gewebes 8 bzw. der Gewebeoberfläche 8a in Infrarotbildern bei einer definierten Bildrate. Die modulierten Infrarotbilder werden über das Kabel 10c aus Fig. 1 an die Recheneinheit 5 übermittelt und dort digital demoduliert. Alternativ ist eine drahtlose Übertragung der Bilder mittels Bluetooth oder WLAN möglich. Die Infrarotbilder werden nach dem Lock-in Prinzip demoduliert. Die Lock-in Thermographie ist bekannt und wird daher hier nicht näher erläutert. Es ergeben sich für jedes Infrarotbild ein Phasenbild 11a und ein Amplitudenbild 11b (vgl. Fig. 1). Diese Bilder 11a, 11b charakterisieren das Gewebe 8 bzw. sein thermisches Verhalten infolge der periodischen Stimulation 12a und werden auf der Anzeigevorrichtung 6 als Graustufen- oder Pseudofarbenbilder dargestellt. In den Bildern 11a, 11b können anschliessend Zonen mit abnormalen Phasen- oder Amplitudenwerten als mögliche Läsionen identifiziert werden. Das Amplitudenbild 11b stellt dabei die Temperaturvariationen an der Gewebeoberfläche 8a dar und das Phasenbild 11a zeigt eine Darstellung der Phasenverschiebung zwischen dem Modulationssignal und der zeitabhängigen Gewebeoberflächentemperatur. Um die oben genannten Zonen zu identifizieren können die Phasen- und Amplitudenbilder 11a, 11b mit den ortsgebundenen thermo-physikalischen Eigenschaften des Gewebes korreliert werden. Aufgrund der mittelwertbildenden Eigenschaften der Lock-in Thermographie kann eine erheblich bessere Empfindlichkeit bei der Bildverarbeitung erreicht werden. Beispielsweise können damit Temperaturunterschiede von weniger als 1 mK detektiert werden. Im Vergleich dazu können bei herkömmlichen statischen Temperaturmessungen nur Empfindlichkeiten von ca. 17 mK erreicht werden. Ein anderer Vorteil ist die intrinsische Unempfindlichkeit von Parametern wie eine Variation des Emissionsgrads des Gewebes, ein nicht homogenes Erhitzen/Abkühlen des Gewebes, nicht erwünschte Reflexionen anderer Infrarotquellen, usw. Wenn die Modulationsfrequenz hoch genug gewählt wird, z.B. im Bereich von 1mHz–1kHz, kann die Lock-in Thermographie eine laterale Hitzediffusion aus den demodulierten Bildern 11a, 11b unterdrücken, so dass eine präzisere Lokalisierung der Läsion und Detektion des Läsionsrandes möglich wird.

[0021] Für die Wahl der geeigneten Modulationsfrequenz umfasst der Inspektionskopf 2 in den Figuren nicht gezeigte Mittel zur Änderung der Modulation und/oder der Intensität der thermischen Stimulation durch den Benutzer. Diese können beispielsweise Mittel zur Eingabe von Parametern und Mittel zur Übermittlung von eingestellten Parametern an die Recheneinheit, die anschliessend mittels geeigneter Software die Modulation der Temperatur des Luftstroms (Stimulation) 12a über die Leitung 10b an die Steuerungseinheit 9 schickt. Dieses digitale Signal wird von der Steuerungseinheit 9 in eine periodisch modulierte Spannung umgewandelt, mit deren Hilfe ein unten erläutertes Heizelement aufgeheizt wird.

[0022] Der temperaturmodulierte Luftstrom 12a wird durch das Klimagerät 3 und die Modulationsvorrichtung 4 generiert. Das Klimagerät generiert Luft mit konstanter Geschwindigkeit und Temperatur, welche frei einstellbar sind. Das Klimagerät 3 umfasst mindestens eine elektromagnetische Quelle zur thermischen Stimulation des Gewebes, insbesondere eine Infrarotquelle. Die Infrarotquelle generiert eine Infrarotstrahlung insbesondere mit einer Wellenlänge im Bereich von 0.1 bis 15 μm . In einer im Zusammenhang mit der Fig. 3 erläuterten Ausführungsform der Erfindung ist die elektromagnetische Quelle, in diesem Fall vorzugsweise eine Infrarotlampe, im Kanal 13 des Inspektionskopfes 2 angeordnet, wodurch das Klimagerät 3 entfällt. Selbstverständlich befindet sich in diesem Fall auch die Modulationsvorrichtung 4 im Kanal 13 des Inspektionskopfes 2, zwischen der elektromagnetischen Quelle und dem Gewebe 8.

[0023] In der gezeigten Ausführungsform heizt die Modulationsvorrichtung 4 die aus dem Klimagerät 3 kommende Luft periodisch auf. Dabei umfasst die Modulationsvorrichtung 4 einen elektrischen Schaltkreis umfassend das in der Abstrahlrichtung des Klimageräts 3 angeordnete, oben erwähnte Heizelement das ein elektrischer Widerstand sein kann, was nicht gezeigt ist. Dabei ist eine am Widerstand anliegende Spannung derart mittels der Steuerungseinheit 9 variierbar, dass die durch die thermische Stimulation veränderbare Temperatur des Gewebes modulierbar ist. In einer Ausführungsform ist der Widerstand in einem nicht gezeigten Rohr angeordnet, wobei das Rohr im Luftstrom 12a derart positioniert wird, dass dieser Luftstrom den Widerstand passiert. Wenn eine Spannung am Widerstand angelegt wird, was zur Aufheizung des Widerstands führt, wird die vorbei strömende Luft ebenfalls erhitzt. Ist die Spannung entsprechend periodisch moduliert, so wird auch eine periodisch modulierte Temperatur des Luftstroms erreicht. Durch die Einstellung verschiedener Parameter der periodischen Spannung, wie Frequenz, Amplitude, Form, ist es also möglich, einen temperaturmodulierten Luftstrom zu erzeugen, der auf das zu untersuchende Gewebe 8 gerichtet wird. Die Modulationsamplitude wird derart gewählt, um die minimale und maximale Luftstromtemperatur einzustellen. Je grösser die Modulationsamplitude, desto grösser wird der Temperaturgradient im Gewebe 8 und desto grösser wird auch das zeitabhängige thermische Signal (Abstrahlung).

In der Praxis wird die maximale Temperatur derart gewählt, dass die Gewebetemperatur während der Messung 42° C nicht überschreitet. Ferner ist es vorteilhaft, die minimale Temperatur über den Taupunkt von Wasser zu halten, damit keine unerwünschten Kondensationseffekte auftreten. Der auf diese Weise modulierte Luftstrom wird über den flexiblen Schlauch 7 an den Inspektionskopf 2 geschickt und tritt in den Kanal 13 des Inspektionskopfes 2 ein.

[0024] Der Inspektionskopf 2 ist derart ausgestaltet, dass die thermische Stimulation ohne Berührung des Gewebes durch die Stimulations- und der Modulationsvorrichtung stattfindet. Insbesondere berührt nur eine Auflagefläche eines Aussengehäuses des Inspektionskopfes 2 die Gewebefläche 8a. Die Auflagefläche wird von austauschbaren Auflagemodulen, welche hier nicht gezeigt sind, mit an Krümmungen der Gewebeoberfläche anpassbarer Kontur gebildet. Insbesondere kann für diese Auflageflächen Silikon verwendet werden, das bekanntlich eine flexible Struktur hat.

[0025] Fig. 3 zeigt eine zweite Ausführungsform des Inspektionskopfes 2. Diese Ausführungsform entspricht derjenigen aus Fig. 2 mit dem Unterschied, dass die Evakuationsöffnung 17 nicht seitlich der Kamera in der Nähe der Auflagefläche, sondern hinter der Kamera und parallel zum Kanal 13 angeordnet ist. Ferner ist bei dieser Ausführungsform die Stimulationsvorrichtung 3 im Kanal 13 angeordnet. Sie kann in diesem Fall eine Infrarotlampe sein. Die Modulationsvorrichtung 4 ist in Abstrahlrichtung der Infrarotlampe angeordnet, d.h. im Strom der thermischen Stimulation 12a zwischen der Stimulationsvorrichtung 3 und dem Gewebe 8. Selbstverständlich kann diese Anordnung auch bei der Ausführungsform nach Fig. 2 und für die noch zu erläuternde Ausführungsform nach Fig. 4 zum Einsatz kommen. Eine solche Anordnung hat den Vorteil dass die Flexibilität der Vorrichtung erhöht wird, da kein stationäres Klimagerät benötigt wird.

[0026] Fig. 4 zeigt eine dritte Ausführungsform des Inspektionskopfes 2, der in diesem Fall zwei Kanäle 13a und zwei seitliche, im Bereich der Auflagefläche angeordnete, Evakuationsöffnungen 17a hat. Bei dieser Ausführungsform wird die modulierte thermische Stimulation gleichzeitig durch beide Kanäle in den Inspektionskopf 2 eingeführt.

[0027] Je nachdem welche Art von Luftströmung im Inneren des Inspektionskopfes 2 erzeugt werden soll, kann eine geeignete Ausführungsform des Inspektionskopfes 2 gewählt werden. Dies kann z.B. davon abhängen, wie die Beschaffenheit des zu untersuchenden Gewebebereichs bzw. Gewebeoberfläche ist. Weist das Gewebe beispielsweise eine oder mehrere Krümmungen auf, so kann die dritte Ausführungsform des Inspektionskopfes 2 vorteilhaft sein, da die thermische Stimulation aus zwei Richtungen kommt und das Gewebe an der Krümmung gleichmässiger stimuliert. Bei der ersten Ausführungsform kommt die Luftströmung nur aus einer Richtung, so dass auf einer Seite der Krümmung eine «Wind-schattenseite» entstünde, die weniger als die der Luftströmung zugewandten Seite stimuliert würde. Dies würde zu einer grösseren Ungenauigkeit der Messung führen. Allgemein ist es erwünscht, eine möglichst laminare Strömung zu erzeugen, um eine gleichmässige Stimulation der gesamten zu untersuchenden Gewebeoberfläche zu erreichen. Um turbulente Strömungen möglichst zu vermeiden kann ein geeigneter Inspektionskopf 2 in Abhängigkeit von der Oberflächenbeschaffenheit des Gewebes für die Untersuchung gewählt werden.

[0028] Die Erfindung ist nicht auf die beschriebenen Ausführungsformen beschränkt, sondern es ist im Rahmen der nun folgenden Ansprüche eine Vielfalt anderer Formen wählbar.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Charakterisierung von Gewebe, insbesondere von Hautläsionen, umfassend:
eine Stimulationsvorrichtung zur thermischen Stimulation des Gewebes,
eine Modulationsvorrichtung zur Modulation der Temperatur des Gewebes,
eine Infrarotkamera zur Erfassung von modulierten Infrarotbildern,
eine mit der Infrarotkamera verbundene Recheneinheit zur Demodulation der modulierten Infrarotbilder,
ein Anzeigemodul zur Darstellung der von der Recheneinheit demodulierten Bilder,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Modulationsvorrichtung und die Infrarotkamera derart synchronisiert sind, dass eine vom Gewebe abgestrahlte, modulierte Infrarotstrahlung mittels der Infrarotkamera während der thermischen Stimulation des Gewebes erfassbar ist.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Infrarotkamera innerhalb eines tragbaren Inspektionskopfes angeordnet ist, der auf dem Gewebe aufsetzbar ist, wobei der Inspektionskopf mindestens einen Kanal zur Zuführung der thermischen Stimulation auf dem Gewebe umfasst.
3. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Modulationsvorrichtung im Inspektionskopf integriert ist.
4. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Stimulationsvorrichtung ein Klimagerät zur Erzeugung einer auf das Gewebe geführten Luftströmung als thermische Stimulation umfasst, wobei das Klimagerät zur Modulation der Luftströmung mit der Modulationsvorrichtung verbunden ist.
5. Vorrichtung nach Anspruch 2 oder 3 und Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Klimagerät mittels mindestens eines flexiblen, thermisch isolierten Schlauchs mit dem mindestens einen Kanal des Inspektionskopfes verbunden ist.

6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Stimulationsvorrichtung mindestens eine elektromagnetische Quelle zur thermischen Stimulation des Gewebes umfasst, insbesondere eine Infrarotquelle, insbesondere mit einer Wellenlänge im Bereich von 0.1 bis 15 μm , insbesondere wobei die elektromagnetische Quelle im Kanal des Inspektionskopfs angeordnet ist.
7. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Modulationsvorrichtung einen elektrischen Schaltkreis mit einem in der Abstrahlrichtung der Stimulationsvorrichtung angeordneten elektrischen Heizelement umfasst, wobei eine am Widerstand anliegende Spannung derart mittels einer Steuerungseinheit (9) variierbar ist, dass die durch die thermische Stimulation veränderbare Temperatur des Gewebes modulierbar ist.
8. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Stimulationsvorrichtung und/oder die Modulationsvorrichtung zu einer periodischen Stimulation bzw. Modulation der Temperatur des Gewebes ausgestaltet sind.
9. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Infrarotkamera eine Mikrobolometerkamera oder eine Halbleiterbasierte Infrarotkamera oder eine QWIP-Kamera ist.
10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass der Inspektionskopf mindestens eine Evakuationsöffnung für die Evakuierung von kaltem oder heissem Gas aus seinem Inneren umfasst.
11. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Infrarotkamera in ihrem Strahlungserfassungsbereich mittels eines Fensters von der Umgebung getrennt ist, wobei das Fenster transparent für die vom Gewebe abgestrahlte, modulierte Infrarotstrahlung ist.
12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass der Inspektionskopf Mittel zur Änderung der Modulation und/oder der Intensität der thermischen Stimulation durch den Benutzer umfasst.
13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass der Inspektionskopf derart ausgestaltet ist, dass die thermische Stimulation ohne Berührung des Gewebes durch die Stimulations- und der Modulationsvorrichtung stattfindet, insbesondere dass nur eine Auflagefläche eines Aussengehäuses des Inspektionskopfes das Gewebe berührt.
14. Vorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Auflagefläche von austauschbaren Auflagemodulen mit an Krümmungen der Gewebeoberfläche anpassbarer Kontur gebildet ist.
15. Verfahren zur Charakterisierung von Gewebe, insbesondere von Hautläsionen, mittels einer Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass:
 - ein tragbarer Inspektionskopf auf dem Gewebe aufgesetzt wird,
 - die thermische Stimulation mittels der Stimulationsvorrichtung auf das Gewebe appliziert wird,
 - die Bilderfassung der Infrarotkamera aktiviert wird,
 - eine Frequenz der Bilderfassung mit der Modulationsfrequenz der Modulationsvorrichtung synchronisiert wird,
 - modulierte Infrarotbilder mittels der Infrarotkamera erfasst werden,
 - die modulierten Infrarotbilder mittels der Recheneinheit demoduliert werden, und
 - die demodulierten Infrarotbilder auf dem Anzeigemodul dargestellt werden,dadurch gekennzeichnet, dass die modulierten Infrarotbilder einer vom Gewebe abgestrahlten, modulierten Infrarotstrahlung während der thermischen Stimulation erfasst werden.
16. Verfahren nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Modulation der thermischen Stimulation des Gewebes periodisch durchgeführt wird.
17. Verfahren nach Anspruch 15 oder 16, dadurch gekennzeichnet, dass die thermische Stimulation ohne Berührung des Gewebes durch die Stimulationsvorrichtung durchgeführt wird.
18. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass die Demodulation eine Lock-in Demodulation ist und dass pro moduliertes Infrarotbild zwei demodulierte Infrarotbilder generiert werden: ein Phasenbild und ein Amplitudenbild; wobei die zwei demodulierten Infrarotbilder zur Darstellung mittels dem Anzeigemodul färb- oder graustufenkodiert werden.

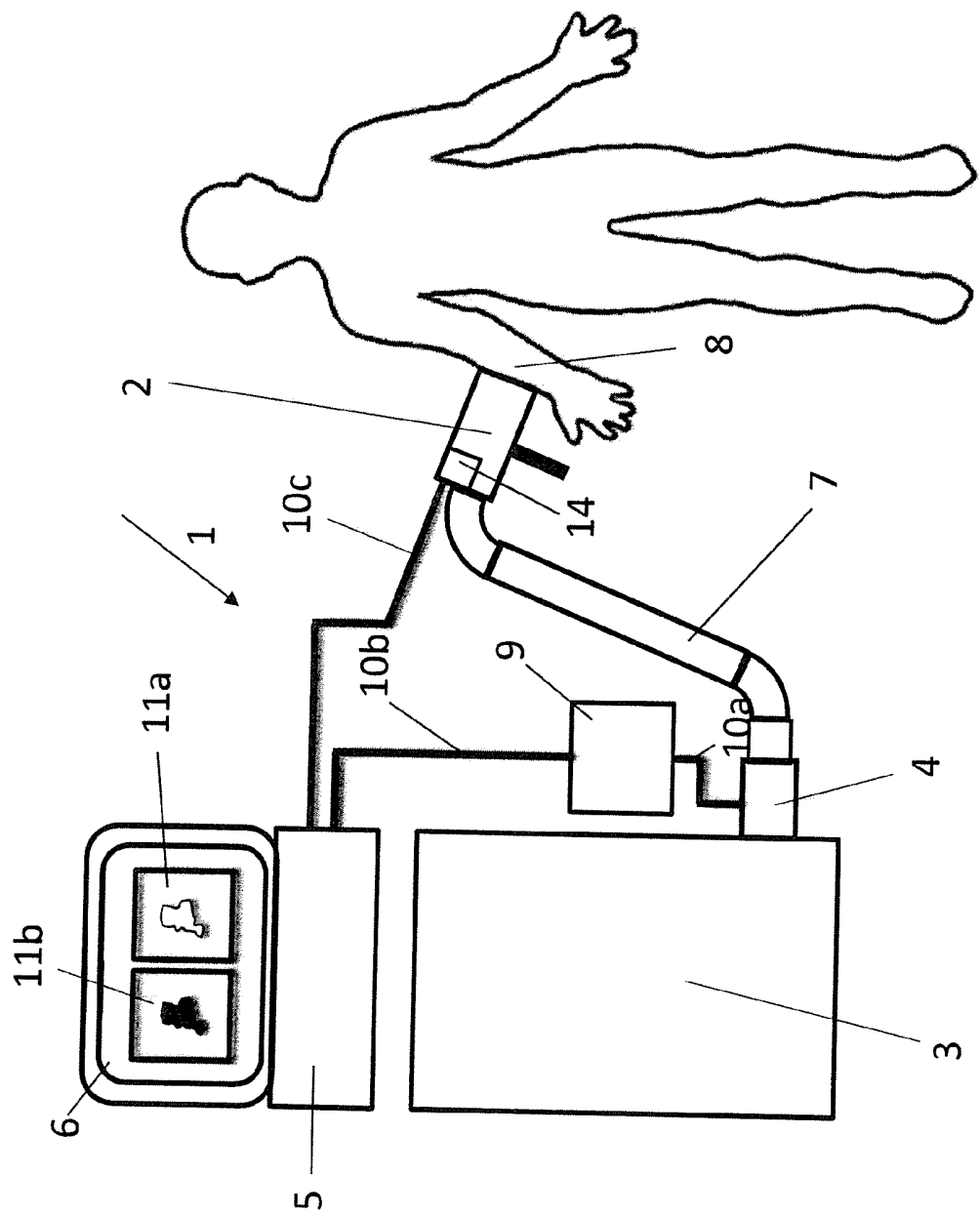


Fig. 1

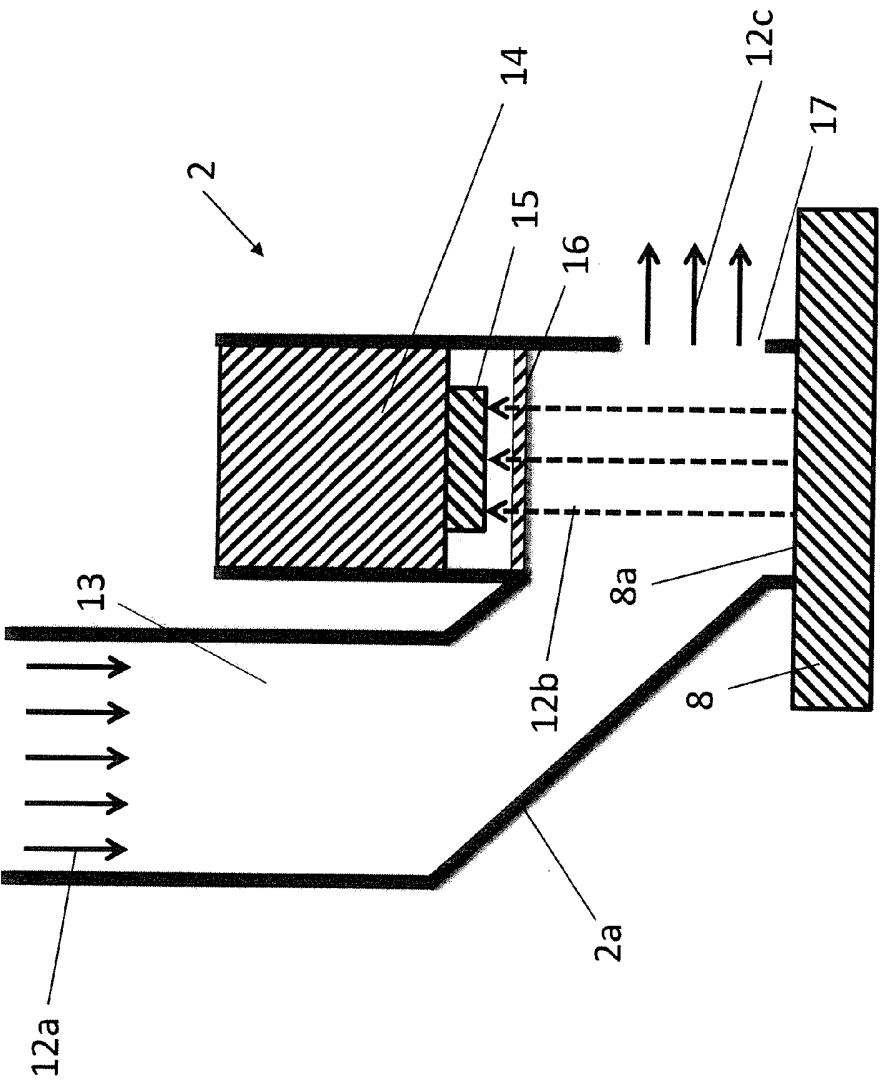


Fig. 2

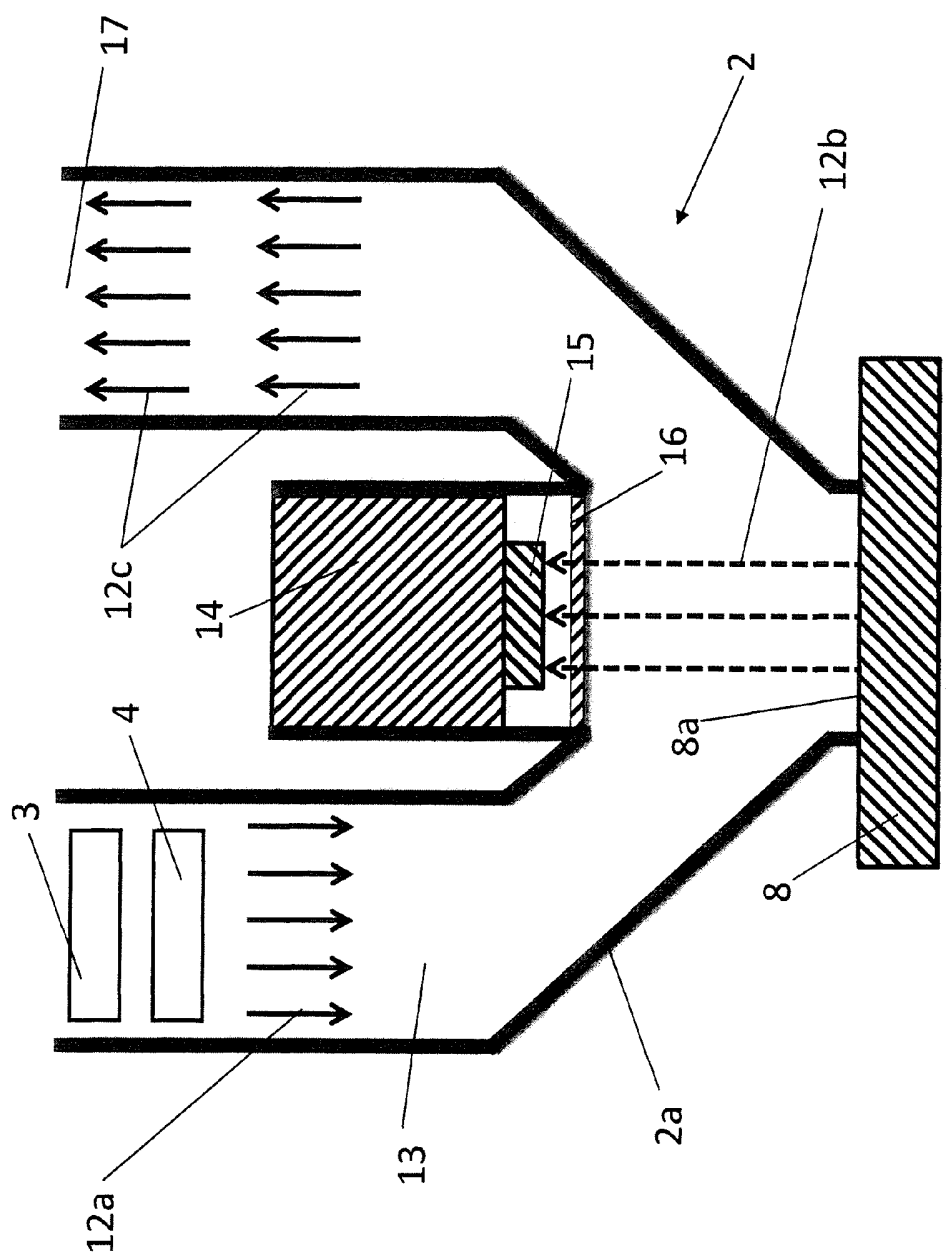


Fig. 3

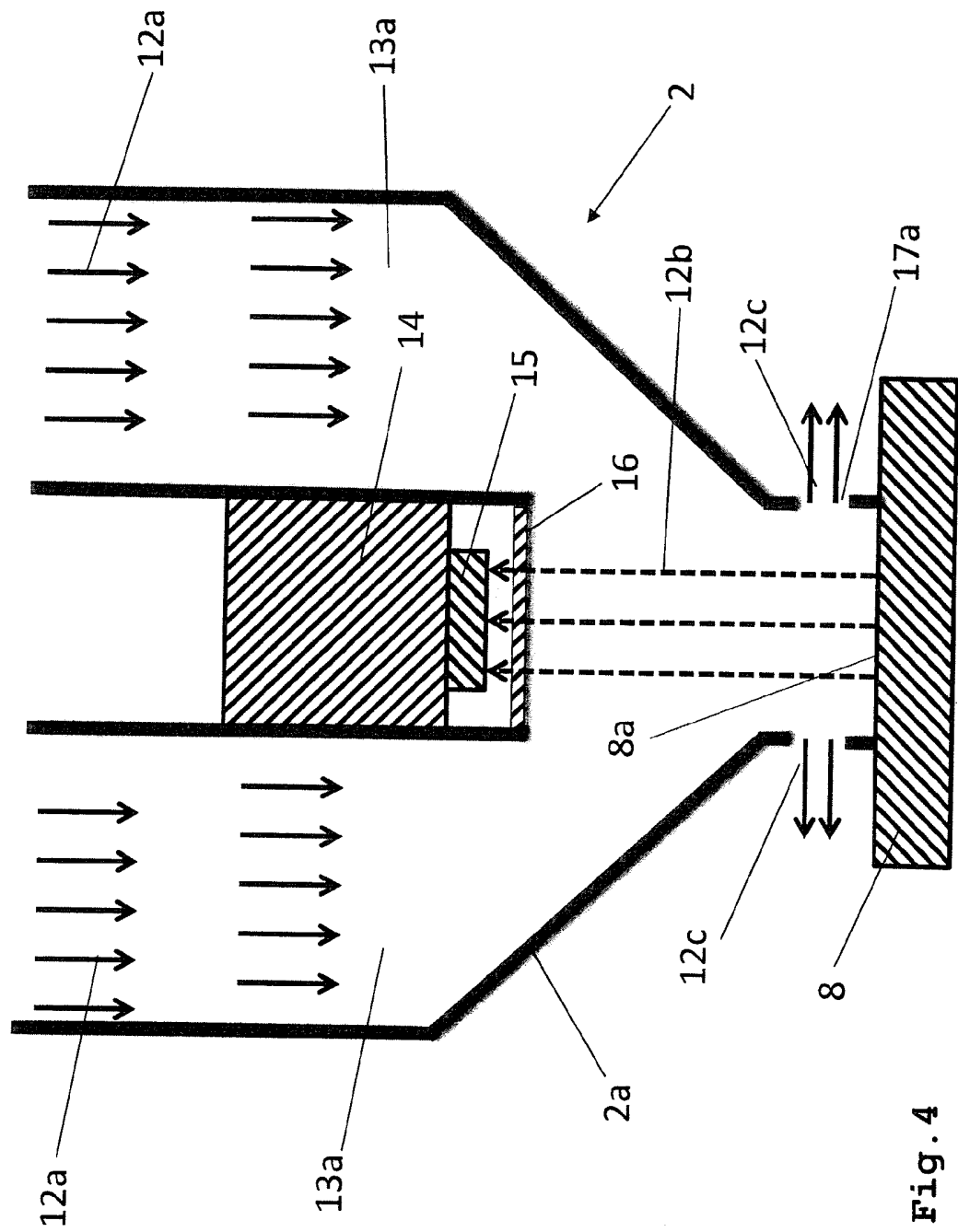


Fig. 4

**RECHERCHENBERICHT ZUR
SCHWEIZERISCHEN PATENTANMELDUNG**

Anmeldenummer: CH01684/12

**Klassifikation der Anmeldung (IPC):
A61B5/01, G01J5/00**
**Recherchierte Sachgebiete (IPC):
A61B, G01J, A61C, G01N**
EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE:

(Referenz des Dokuments, Kategorie, betroffene Ansprüche, Angabe der massgeblichen Teile(*))

- 1 US2007021670 A1 (QUANTUM DENTAL TECHNOLOGIES INC [CA]) 25.01.2007
 Kategorie: **X** Ansprüche: **1,6,8,9,11,13,15-18**
 * [0006-0053], [0064], [0066-0067], [0091], [0104-0106], 13:30, 13:38-40 *
 Kategorie: **Y** Ansprüche: **2,7,10,12,14**
- 2 WO03040672 A2 ((A2 A3); UNIV JOHNS HOPKINS [US]; MURPHY JOHN C [US]; SZCZEPANOWSKI RAFAL P [US]; SCHNEIDER WOLFGER [US]; MEYER RICHARD A [US]; MCARTHUR JUSTIN C [US]; POLYDEFKIS MICHAEL [US]) 15.05.2003
 Kategorie: **Y** Ansprüche: **7,12,14**
 * 5:18-6:24, 8:9-14, 10:3-7, 11:12-27, 12:28-13:1, 13:23-25, 14:28-29 *
 Kategorie: **A** Ansprüche: **3,15**
- 3 US2011037844 A1 17.02.2011
 Kategorie: **Y** Ansprüche: **2,10**
 * [0006], [0008], [0074], [0088], [0099] *
- 4 WO2008103918 A1 (WISCONSIN ALUMNI RES FOUND [US]; SHEINIS ANDREW I [US]) 28.08.2008
 Kategorie: **Y** Ansprüche: **14**
 * [0008], [0044], [0068] *
- 5 WO2008130903 A1 (MIKOS LTD [US]; PROKOSKI FRANCINE [US]) 30.10.2008
 Kategorie: **A** Ansprüche: **4**
 * 24:13, 31:29-30 *
- 6 WO2006039278 A2 ((A2 A3); REJUVEDENT LLC [US]; BELIKOV ANDREI V [RU]; ALTSHULER GREGORY [US]) 13.04.2006
 Kategorie: **A** Ansprüche: **5**
 * 50:13-20 *

KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE:

X:	stellen für sich alleine genommen die Neuheit und/oder die erfinderische Tätigkeit in Frage	D:	wurden vom Anmelder in der Anmeldung angeführt
Y:	stellen in Kombination mit einem Dokument der selben Kategorie die erfinderische Tätigkeit in Frage	T:	der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze
A:	definieren den allgemeinen Stand der Technik ohne besondere Relevanz bezüglich Neuheit und erfinderischer Tätigkeit	E:	Patentdokumente, deren Anmelde- oder Prioritätsdatum vor dem Anmeldedatum der recherchierten Anmeldung liegt, die aber erst nach diesem Datum veröffentlicht wurden
O:	nichtschriftliche Offenbarung	L:	aus anderen Gründen angeführte Dokumente
P:	wurden zwischen dem Anmeldedatum der recherchierten Patentanmeldung und dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht	&:	Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument

Die Recherche basiert auf der ursprünglich eingereichten Fassung der Patentansprüche. Eine nachträglich eingereichte Neufassung geänderter Patentansprüche (Art. 51, Abs. 2 PatV) wird nicht berücksichtigt.

Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt, für die die erforderlichen Gebühren bezahlt wurden.

Rechercheur:	Max Shakhay
Recherchebehörde, Ort:	Eidgenössisches Institut für Geistiges Eigentum, Bern
Abschlussdatum der Recherche:	22.08.2013

FAMILIENTABELLE DER ZITIERTEN PATENTDOKUMENTE

Die Familienmitglieder sind gemäss der Datenbank des Europäischen Patentamtes aufgeführt. Das Europäische Patentamt und das Institut für Geistiges Eigentum übernehmen keine Garantie für die Daten. Diese dienen lediglich der zusätzlichen Information.

US2007021670 A1	25.01.2007	AU2006272332 A1	25.01.2007
		AU2006272332 B2	01.11.2012
		BRPI0613428 A2	30.10.2012
		CA2615017 A1	25.01.2007
		CN101262822 A	10.09.2008
		EP1906835 A1	09.04.2008
		EP1906835 A4	31.07.2013
		IL188747 D0	07.08.2008
		JP2009501579 A	22.01.2009
		KR20080051129 A	10.06.2008
		NZ565509 A	26.08.2011
		US2007021670 A1	25.01.2007
		US8306608 B2	06.11.2012
		WO2007009234 A1	25.01.2007
		ZA200801139 A	31.12.2008
WO03040672 A2	15.05.2003	AU2002354042 A1	19.05.2003
		US2004243021 A1	02.12.2004
		WO03040672 A2	15.05.2003
		WO03040672 A3	26.02.2004
US2011037844 A1	17.02.2011	US2011037002 A1	17.02.2011
		US8481982 B2	09.07.2013
		US2011037844 A1	17.02.2011
		WO2012024336 A2	23.02.2012
		WO2012024336 A3	14.06.2012
		WO2012024341 A2	23.02.2012
		WO2012024341 A3	28.06.2012
WO2008103918 A1	28.08.2008	US2010063402 A1	11.03.2010
		US8315692 B2	20.11.2012
		WO2008103918 A1	28.08.2008
WO2008130903 A1	30.10.2008	US2010172567 A1	08.07.2010
		US8463006 B2	11.06.2013
		US2010189313 A1	29.07.2010
		US8494227 B2	23.07.2013
		US2010191124 A1	29.07.2010
		US2010191541 A1	29.07.2010
		WO2008130903 A1	30.10.2008
		WO2008130905 A2	30.10.2008
		WO2008130905 A3	30.12.2009
		WO2008130906 A1	30.10.2008
		WO2008130907 A1	30.10.2008

CH 706 988 A1

WO2006039278 A2	13.04.2006	AU2005292285 A1	13.04.2006
		EP1855609 A2	21.11.2007
		EP1855609 A4	12.08.2009
		EP2368601 A2	28.09.2011
		EP2368601 A3	07.03.2012
		US2007160958 A1	12.07.2007
		US7985072 B2	26.07.2011
		US2008280260 A1	13.11.2008
		WO2006039278 A2	13.04.2006
		WO2006039278 A3	20.07.2006