

(12)

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 1314/2007
(22) Anmeldetag: 22.08.2007
(45) Veröffentlicht am: 15.10.2009

(51) Int. Cl.⁸: **H01S 3/04** (2006.01)
H01S 3/042 (2006.01)
A61F 9/008 (2006.01)

(30) Priorität:
06.09.2006 CH 1428/06 beansprucht.

(56) Entgegenhaltungen:
US 2006/0056470A1
DE 19510713A1 US 6729143B1

(73) Patentinhaber:
MERIDIAN AG
CH-3608 THUN (CH)

(72) Erfinder:
WIDMER MARKUS
THUN (CH)

(54) VORRICHTUNG UND VERFAHREN ZUR TEMPERIERUNG EINES GERÄTS ZUR ERZEUGUNG VON LASERSTRAHLUNG

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Temperierung eines Geräts zur Erzeugung von Laserstrahlung, umfassend eine Vielzahl von Temperierungselementen (4, 5, 6, 21), eine Grundplatte und Kühlkörper (9, 22), Leistungselektronik (10) zur Bereitstellung elektrischer Leistung für die Temperierungselemente (4, 5, 6, 21) über Versorgungsleitungen (b), eine Vielzahl von Temperatursensoren (29, 30, c), eine Einheit (11) zur Erfassung der Messwerte der Temperatursensoren (29, 30, c), sowie eine Prozessoreinheit (12) zur Verarbeitung der von der Einheit (11) erfassten Messwerte der Temperatursensoren (29, 30, c) und Ansteuerung der Leistungselektronik (10), dadurch gekennzeichnet, dass die erfassten Messwerte sowie optional weitere Messwerte und externe Vorgaben durch den Benutzer durch die Prozessoreinheit (12) mit einer Bewertungstabelle verglichen werden und auf diesem Vergleich basierend die über die Leistungselektronik (10) abzugebenden Leistungen individuell bestimmt und eingestellt werden.

Die Erfindung betrifft auch ein Gerät zur Erzeugung von Laserstrahlung, welches mit einer erfindungsgemäßen Temperierungsvorrichtung ausgestattet ist, sowie die Verwendung der vorgenannten Erfindungsgegenstände in der

Medizin, insbesondere in der Ophthalmologie und der Dermatologie.

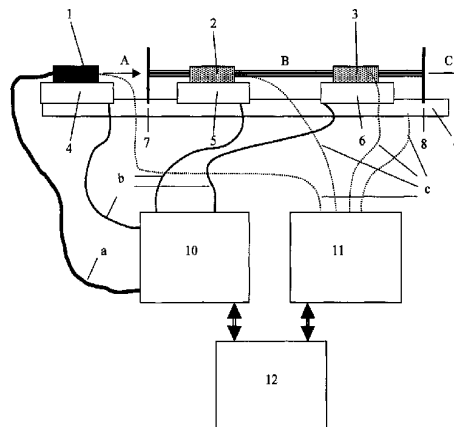


Fig. 2

Beschreibung

TECHNISCHES GEBIET

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Temperierung eines Geräts zur Erzeugung von Laserstrahlung. Die Erfindung betrifft auch ein Gerät zur Erzeugung von Laserstrahlung, welches eine erfindungsgemässe Temperierungsvorrichtung umfasst. Bei dem besagten Gerät zur Erzeugung von Laserstrahlung handelt es sich vorzugsweise um einen Festkörper-Laser. Die Erfindung betrifft ausserdem die Anwendung einer erfindungsgemässen Vorrichtung, des Verfahrens oder des Lasers in der Medizin, insbesondere in der Ophthalmologie und der Dermatologie vorzugsweise für Anwendung in der Medizin.

STAND DER TECHNIK

[0002] Festkörper-Laser werden häufig zur Behandlung von Erkrankungen am menschlichen oder tierischen Körper, insbesondere im Auge und an der Haut mittels Laserstrahlung eingesetzt. Ein Problem, welches sich bei solchen Festkörper-Lasern ergibt, liegt im thermischen Bereich. Der Betrieb eines solchen Lasers erzeugt Wärme, die abgeführt werden muss, um den Laser in einem stabilen Betriebszustand halten zu können. Aus diesem Grund werden solche Laser üblicherweise mit Luft- oder Wasserkühlungen versehen, die meistens über Luftwärmehaustauscher - in der Regel mit Lüftern / Ventilatoren - die Kühlung gegenüber der umgebenden Raumluft besorgen.

[0003] Da Behandlungen am menschlichen oder tierischen Körper häufig in steriler Umgebung - z. B. in einem Operationssaal - durchgeführt werden, ist es nachteilig, wenn unnötige Luftverwirbelungen, wie sie z. B. durch solche Ventilatoren erzeugt werden, stattfinden. Diese Luftverwirbelungen zwingen den Benutzer eines solchen Geräts, das Gerät möglichst weit vom laminaren Luftstrom und somit von der Behandlungszone aufzubauen, womit auch die Bedienung des Gerätes während einer operativen Behandlung erschwert wird.

[0004] Ein weiteres mögliches Problem bei der Anwendung von Lasern zur Behandlung von menschlichen oder tierischen Körpern kann sich aus der Baugrösse der Laser ergeben. Man versucht Laser möglichst klein zu bauen. Bei der Anwendung von Wasserkühlern und / oder Lüftern ist die Baugrösse jedoch relativ gross.

[0005] Schliesslich ist bei Lasern - vor allem im Gerätebereich - die Leistungsaufnahme ein Problem, welche ebenfalls einen wesentlichen Einfluss auf die Baugrösse hat. Je grösser die Leistungsaufnahme, umso grösser die Baugrösse. Dieses deshalb, weil elektrische Leitungen, Transformatoren, Umrichter etc. bei einer hohen Leistungsaufnahme entsprechend gross dimensioniert werden müssen. Natürlich erhöht die Leistungsaufnahme auch die Verlustleistung, was wiederum das ersterwähnte Problem der Notwendigkeit einer Kühlung und auch das zweite Problem der Baugrösse nachteilig beeinflussen kann. Je grösser die Leistungsaufnahme ist, umso grösser müssen die Kühlanlagen sein, was wiederum zu einer grösseren Baugrösse führt.

[0006] Ein weiteres Problem bei Lasern mit Kühleinrichtungen wie Ventilatoren ist deren Lärm-erzeugung. Gerade beim Einsatz in einem Operationssaal ist dieses unerwünscht, da bereits durch die Luftaufbereitung und die Laminarströmung in der sterilen Zone des Operationssaals sowie durch die während einer Operation notwendigen Geräte (Monitore und lebenserhaltende Geräte) eine hohe Geräuscheinwirkung auf den Operator stattfindet. Diese Geräuscheinwirkung wird vom Operator als negativ empfunden. Weitere lärmentwickelnde Geräte wie beispielsweise Laser mit Ventilatoren können somit vom Operator als negativ und störend empfunden werden.

[0007] Der Erfindung liegt nun die Aufgabe zugrunde, einen möglichst kleinen handlichen und geräuscharmen Festkörper-Laser für die Anwendung im OP-Bereich zu schaffen, der die oben erwähnten Nachteile nicht aufweist.

[0008] Es sind Laser bekannt, die als Alternative zu Wasser- oder Luftkühlern Peltierelemente als Kühlsysteme einsetzen. Diese Elemente dienen dazu, durch den Peltiereffekt elektrischen

Strom direkt in Kühlleistung umzusetzen. Solche Elemente haben den Vorteil, direkt an den warmen Stellen angebracht zu werden. Um das erste Problem zu lösen, könnte man daher an die Anwendung solcher Peltierelemente denken. Damit wird jedoch automatisch die Leistungsaufnahme der Laser in die Höhe getrieben, da diese Peltierelemente eben zusätzliche Energie verbrauchen und somit diese Methode eigentlich gegen die Erkenntnis der dritten Problemstellung, nämlich der Erhöhung der Baugröße bei zunehmender Leistungsaufnahme, verstößt. Die Wärme, die durch die Peltierelemente von der warmen Stelle abgeführt wird, sowie die Wärme, die durch die Peltierelemente als Verlustleistung erzeugt wird, müssen nun noch zusätzlich von der warmen Seite der Peltierelemente abgeführt werden. Dieses geschieht für gewöhnlich mittels erzwungener Konvektion durch Ventilatoren.

[0009] Gelöst wird die resultierende Aufgabe der Erfindung, nämlich der gleichzeitigen Lösung der vorgenannten drei Problemstellungen, dadurch, dass der Festkörper-Laser und alle seine wärmeerzeugenden bzw. zu kühlenden oder zu temperierenden Bauteile mit einzelnen Temperierungselementen (in der Mehrzahl der Anwendungen zur Kühlung), welche ohne zusätzliches Kühlmedium wie Luft oder Wasser betrieben werden, und Temperatursensoren versehen werden, die, nach einem Programm gesteuert, ein intelligentes Temperaturmanagement betreiben, so dass die Energieaufnahme des Lasers selbst, zur Erreichung und Erhaltung der optimalen Betriebstemperatur, minimiert werden kann und gleichzeitig die Temperierungsleistung (in der Regel Kühlleistung) minimiert werden kann (geringstmöglicher Energieaufwand für die Temperierung bzw. Kühlung), ohne dass ein aktives Kühlelement wie Lüfter oder Wasserkreislauf eingesetzt werden müssen.

[0010] Bei der erfindungsgemässen Vorrichtung wird somit das gesamte Lasergerät, mit allen wärmeerzeugenden Komponenten, überwacht und thermisch optimiert. Dabei wird nicht nur auf eine bestimmte, vorgegebene Temperatur geregelt, sondern die Vorgabetemperatur für den Regler wird gemäss den Randbedingungen angepasst, bzw. in erster Priorität für eine minimale Erwärmung des gesamten Systems optimiert. In zweiter Priorität wird beispielsweise der Spitzenstrom des Gesamtsystems optimiert, wodurch die Grösse des notwendigen Netzteils minimiert werden kann und dessen Abwärme ebenfalls minimiert wird.

[0011] Der Vorteil dieses Verzichts auf ein aktives Kühlelement ist, dass vor allem beim Einsatz im Operationsaal keine Luftverwirbelung durch das Gerät stattfindet und das Geräteinnere praktisch nicht in Austausch mit der Umgebungsluft tritt und somit auch das Infektionsrisiko für den Patienten verringert werden kann. Da das Gerät den Fluss der sterilen Luft nicht stört, kann es auch sehr nahe dem operierenden Arzt verwendet werden. Dieses wiederum ist für den Verlauf einer Operation vorteilhaft, da die Handstücke der Lasergeräte systembedingt nur eine möglichst kurze Länge aufweisen sollen. Im Weiteren wird das Gerät durch den Verzicht auf ein aktives Kühlelement kleiner, leichter und leiser, womit die Platz- und Lärmproblematik in OP- und Praxisraum minimiert werden kann.

[0012] Durch die Verwendung des intelligenten Kühlsystems wird jedoch auch der Energieverbrauch des Geräts minimiert, da nur dort Wärme zu- oder abgeführt wird, wo dieses auch zwingend notwendig ist. Im Weiteren kann dadurch der Laser bezüglich seiner Nennleistung sehr klein gebaut werden.

[0013] Im Weiteren optimiert das intelligente Kühlsystem die Temperaturen der einzelnen Komponenten abhängig von der aus dem Gerät geforderten Leistung (es wird nur dort geregelt, wo zwingend Wärme zu oder abgeführt werden muss).

[0014] Bisher ist auf dem Markt noch kein Gerät erschienen, das eine ähnliche Optimierung der Wärmeflüsse im Gerät vornimmt. Die meisten Geräte haben einen Lüfter und / oder einen Wasserkreislauf. Typischerweise werden die Soll-Temperaturen bei diesen Geräten nicht situationsgerecht angepasst.

[0015] Es sind in der Literatur zwar Einzelkomponenten der erfindungsgemässen Vorrichtung bekannt geworden, jedoch nicht in der Kombination und zu dem angestrebten Zweck.

[0016] In der Lasertechnik wird Temperierung bzw. in der Regel Kühlung mit dem primären

Fokus der Stabilisierung von Wellenlänge und Resonatorfunktion verwendet. Dazu nachfolgend einige beispielhafte Referenzen:

[0017] In der Patentschrift US-B- 6795453 wird eine Methode zur thermischen Beeinflussung einer Laserquelle zwecks Veränderung der Eigenschaften (Wellenlänge) des Laserlichts beschrieben. Hinweise auf eine prozessorgesteuerte Steuerung durch Vergleich erhobener Messwerte mit einer Bewertungstabelle, entsprechend der dieser Erfindung gemässen Lösung der andersartigen Problemstellungen, gibt es nicht.

[0018] Eine Kühlvorrichtung zur Kühlung eines Dioden-gepumpten, schichtweise aufgebauten Lasers mittels Verwendung eines flüssigen Kühlmediums, entsprechend der traditionellen Anwendung von zusätzlichen Kühlmedien, was ausserhalb der Aufgabenstellung der vorliegenden Erfindung liegt, wird in der Patentschrift US-B-7075959 beschrieben.

[0019] In der Anmeldung US-A-2005019041 wird eine Temperierungsvorrichtung zur Temperaturmessung und -einstellung durch Vergleich mit einem Vergleichswert für eine individuelle Photodiode offenbart. Es gibt jedoch keinerlei Hinweise zur Erhebung einer Vielzahl derartiger Messwerte und deren gesamthafter Verarbeitung und Umsetzung in individuelle Steuerungswerte für eine Vielzahl von Leistungsempfängern. Damit ergeben sich auch der Offenbarung dieser Patentanmeldung keine Hinweise auf die dieser Erfindung gemässe Problemlösung.

[0020] Ähnliche Anordnungen zur Temperaturregelung einzelner oder mehrerer elektronischer Komponenten im allgemeinen oder (Halbleiter-) Laser im speziellen, ohne Hinweis auf eine Problemlösung gemäss der vorliegenden Erfindung, werden beispielsweise auch in den Patentanmeldungen bzw. Patenten EP-B-467359, EP-B-0553867, US-A-4803689, US-A-5187714, US-B-6891278, WO-A-94/03849, US-A-20030178615 und US-A-20020121094 beschrieben.

[0021] In der Patentschrift EP-B-1023749 werden für spezielle Ausführungsformen (Nachrichtenlaser oder Laser langer Bauart) Anordnungen mit mehreren Temperatursensoren und selektiver Temperierung, allerdings ausschliesslich durch Heizung, beschrieben. Diese Patentschrift liefert aber keinerlei Hinweise auf die Zufuhr und Verarbeitung der Messdaten und deren Vergleich mit einer Bewertungstabelle zur Bestimmung der von einer Leistungselektronik abzugebenden Leistung und liefert damit keinen Hinweis auf die der vorliegenden Erfindung gemässe Problemlösung durch gleichzeitige Berücksichtigung und Verarbeitung aller erfassten Messwerte.

[0022] Die Anmeldung US-A-2006/0056470 offenbart einen Festkörperlaser mit mikroprozessorgesteuerter Temperaturkontrolle und dabei eine Vorrichtung zur Temperierung eines Geräts zur Erzeugung von Laserstrahlung, welche im Wesentlichen dem Oberbegriff des Anspruchs 1 entspricht. Vier Peltier-Kühler mit Temperatursensoren sind für die Temperierung des Lasers vorgesehen. Die Regelung erfolgt mikroprozessorgesteuert unter Vergleich der Messwerte der Temperatursensoren mit einer im Mikroprozessor gespeicherten Bewertungstabelle.

[0023] Die Anmeldung DE-A-195 10 713 offenbart eine Festkörperlasereinrichtung mit einem im Wesentlichen stabförmigen Laserkörper und einer aus vier einzeln ansteuerbaren Peltier-Elementen bestehenden Kühlanordnung für den Laserkristall. In einer Verarbeitungseinheit wird unter Abruf eines Programms und von vorgeschichteten Daten ein Satz von Steuerdaten für die Spannungsversorgung der einzelnen Peltier-Elemente und damit deren Kühlleistung bewirkt.

[0024] US-Patent R. US-B-6 729 143 offenbart eine thermo-elektrische Kühleinrichtung in Form einer Vielzahl von Peltier-Elementen für eine optische Anordnung mit einem Festkörperlaser. Die einzelnen Peltier-Elemente sind auf einer gemeinsamen Grundplatte befestigt, mit Temperatursensoren versehen und durch eine Kontrolleinrichtung überwacht.

[0025] Die Anmeldung US-A-2006/0056470 wird als nächstgelegener Stand der Technik zum Gegenstand des Anspruchs 1 angesehen. Dieser unterscheidet sich von der Offenbarung der US-A-2006/0056470 durch den charakterisierenden Teil des Anspruchs 1, nämlich, „dass besagte Vorrichtung mit Federelementen oder ähnlichen Bauteilen als Andruckelementen, Befestigungselementen und optional mit einer Andruckplatte ausgestattet ist, mit denen Temperierungselemente an die zu temperierenden Bauteile angedrückt und bei Änderungen der Aus-

dehnungen zwischen den Temperierungselementen und den zu temperierenden Bauteilen diese kompensiert werden können.“

[0026] Dieser Unterschied bewirkt, dass ein maximaler Flächenkontakt zwischen dem zu temperierenden Bauteil und den Temperierungsmitteln erzielt und die Einbringung von Spannungen, beispielsweise durch unterschiedliche thermische Ausdehnungskoeffizienten der miteinander in Kontakt stehenden Komponenten, vermieden werden.

[0027] Ausgehend von der US-A-2006/0056470 als nächstliegendem Stand der Technik besteht die Aufgabe der vorliegenden Erfindung in der Bereitstellung einer verbesserten Anordnung, mit der ein maximaler Flächenkontakt zwischen dem zu temperierenden Bauteil und den Temperierungsmitteln erzielt und thermische Beanspruchungen, insbesondere die Einbringung von Spannungen durch unterschiedliche thermische Ausdehnung, vermieden werden können. Weder zu einer solchen Aufgabenstellung noch gar zu einer Lösung entsprechend der vorliegenden Erfindung ist in den letztgenannten drei Dokumenten ein Hinweis zu finden.

[0028] Damit wird in keiner der vorgenannten Beispiele zum Stand der Technik eine auf die dieser Erfindung zugrunde liegende Lösung der vorgenannten Problemstellungen offenbart.

KURZBESCHREIBUNG DER FIGUREN

[0029] Figur 1 illustriert schematisch die Funktionsweise des Mess- und Regelsystems der erfindungsgemässen Vorrichtung, mit der insbesondere ein „intelligentes Temperaturmanagement“ erreicht wird.

[0030] Figur 2 zeigt schematisch ein erfindungsgemässes Gerät zur Erzeugung von Laserstrahlung, vorzugsweise einen Festkörper-Laser, welcher mit einer erfindungsgemässen Vorrichtung zur Temperierung ausgestattet ist.

[0031] Figur 3 zeigt eine Teilansicht eine besonders bevorzugte Ausführungsform einer erfindungsgemässen Vorrichtung zur Temperierung eines Geräts zur Erzeugung von Laserstrahlung, welche Vorrichtung sich dadurch auszeichnet, dass thermisch bedingte Änderungen der Ausdehnungen zwischen Temperierungselementen und den zu temperierenden Bauteilen durch die Verwendung von Befestigungselementen und Federelementen vermieden werden können.

AUSFÜHRLICHE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

[0032] Ein erster Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist eine Vorrichtung zur Temperierung eines Geräts zur Erzeugung von Laserstrahlung, umfassend eine Vielzahl von Temperierungselementen, eine Grundplatte und Kühlkörper (d. h. z. B. eine Grundplatte, welche als Kühlkörper wirken kann), Leistungselektronik (10 gemäss Figur 2) zur Bereitstellung elektrischer Leistung für die Temperierungselemente über Versorgungsleitungen (b gemäss Figur 2), eine Vielzahl von Temperatursensoren, eine Einheit zur Erfassung der Messwerte der Temperatursensoren (11 gemäss Figur 2), sowie eine Prozessoreinheit zur Verarbeitung der von der Einheit 11 erfassten Messwerte der Temperatursensoren und Ansteuerung der Leistungselektronik 10, wobei die erfassten Messwerte sowie optional weitere Messwerte und externe Vorgaben durch den Benutzer durch die Prozessoreinheit mit einer Bewertungstabelle verglichen werden und auf diesem Vergleich basierend die über die Leistungselektronik 10 an die Temperierungselemente abzugebenden Leistungen individuell bestimmt und eingestellt werden. Die Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass besagte Vorrichtung mit Federelementen oder ähnlichen Bauteilen als Andruckelementen, Befestigungselementen und optional mit einer Andruckplatte ausgestattet ist, mit denen Temperierungselemente an die zu temperierenden Bauteile angedrückt und bei Änderungen der Ausdehnungen zwischen den Temperierungselementen und den zu temperierenden Bauteilen diese kompensiert werden können.

[0033] Dabei wird bevorzugt, dass die Temperierungselemente von der Prozessoreinheit als Kühlelemente oder als Heizelemente geschaltet werden können; neben dem Regelfall einer erforderlichen Kühlung von Bauteilen eines Geräts zur Erzeugung von Laserstrahlung gibt es

auch Fälle, in denen zur Gewährleistung von konstanten Betriebsbedingungen, z. B. der vom Laser ausgestrahlten Wellenlänge, ein Heizen von Bauteilen erforderlich ist.

[0034] Ausserdem wird bevorzugt, dass es sich bei den Temperierungselementen um Peltierelemente handelt.

[0035] Charakteristisch für die erfindungsgemässe Vorrichtung ist, dass sie eine selektive Temperierung von Temperierungselementen nach Bedarf, d. h. nur bei Abweichung des von einem jeweils zugehörigen Temperatursensor gemessenen Werts von einem vorgegebenen Sollwert, ermöglicht und / oder es ermöglicht, die Leistungsabgabe an die Temperierungselemente zu minimieren.

[0036] Die erfindungsgemässe Vorrichtung ist vorteilhaft dadurch ausgezeichnet, dass sie ohne ein zusätzliches Kühlmedium, wie beispielsweise Luft und Wasser und / oder ohne aktive Kühlelemente, wie Lüfter und Ventilatoren, betreibbar ist. So werden auch die in den nachfolgenden Beispielen beschriebenen Ausführungsformen der Erfindung ohne den Einsatz zusätzlicher Kühlmedien oder derartiger aktiver Kühlelemente betrieben.

[0037] Indem der Prozessoreinheit der erfindungsgemässen Vorrichtung zusätzlich zu den Messwerten von Temperatursensoren auch Messwerte des Stromverbrauchs des Gesamtsystems und / oder des Verbrauchs von Einzelverbrauchern wie beispielsweise eines Pumpkörpers bzw. einer Pumpdiode sowie Leistungs- und Energievorgaben durch den User zugeführt und mittels einer Bewertungstabelle bewertet werden, um daraus individuell an verschiedene Verbraucher (z. B. Temperierungselemente, Pumpkörper etc.) abzugebende, individuell für die Vorgaben und mit den aktuellen Messwerten abgestimmte, optimierte Leistungsabgaben zu bestimmen, ermöglicht die erfindungsgemässe Vorrichtung auch eine Optimierung des Spitzenstroms der Gesamtsystems und / oder von Einzelströmen wie beispielsweise für einen Pumpkörper oder eine Pumpdiode.

[0038] Die erfindungsgemässe_Vorrichtung (gemäss des in Figur 3 ausführlicher beschriebenen Beispiels) ist dadurch gekennzeichnet, dass sie mit Federelementen, Befestigungselementen (z. B. Schrauben) und optional mit einer Andruckplatte ausgestattet ist, mit denen Temperierungselemente an die jeweils zugehörigen zu temperierenden Bauteile angedrückt und bei Änderungen der Ausdehnungen zwischen den Temperierungselementen und den zu temperierenden Bauteilen diese Änderungen kompensiert werden können. Dabei wird bevorzugt, dass der Wärmefluss zwischen der optionalen Andruckplatte und der Grundplatte / Kühlkörper durch Verwendung wärmeisolierender Materialien für die Verbindungsteile minimiert wird.

[0039] Ein weiterer Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist ein Gerät zur Erzeugung von Laserstrahlung, vorzugsweise zur Anwendung in der Medizin, insbesondere in der Ophthalmologie und der Dermatologie, mit einem Pumpkörper (beispielsweise einer Pumpdiode) einem Resonator, bestehend aus mindestens zwei Spiegeln (Einkoppelspiegel und Auskoppelspiegel) und mindestens einem laseraktiven Material (2, 3), welches im Resonator zwischen den beiden Spiegeln angeordnet ist, wobei besagtes Gerät dadurch gekennzeichnet ist, dass dieses mit einer Vorrichtung zur Temperierung nach einer der vorgenannten Ausführungsformen ausgestattet ist.

[0040] Eine bevorzugte Ausführungsform eines solchen erfindungsgemässen Geräts zur Erzeugung von Laserstrahlung ist dadurch gekennzeichnet, dass dieses mit einem Kristall, d. h. einem Laserkristall oder einem Nichtlinearen Kristall, ausgestattet ist, welcher in einem Kristallhalter so eingebettet ist, dass ein vollständiger Flächenkontakt zwischen dem Kristall und dem Kristallhalter hergestellt ist unter Vermeidung einer Einbringung von signifikanten mechanischen Spannungen in den Kristall.

[0041] Es wird bevorzugt, dass es sich bei dem Gerät zur Erzeugung von Laserstrahlung um einen Festkörper-Laser handelt.

[0042] Ein weiterer Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist ein Verfahren zur Temperierung eines Geräts zur Erzeugung von Laserstrahlung unter Verwendung einer erfindungsgemässen Temperierungsvorrichtung nach einer der vorgenannten Ausführungsformen, mindestens um-

fassend eine Vielzahl von Temperierungselementen, eine Grundplatte / Kühlkörper, Leistungselektronik (10 gemäss Figur 2) zur Bereitstellung elektrischer Leistung für die Temperierungselemente über Versorgungsleitungen (b gemäss Figur 2) sowie optional beispielsweise auch an Pumpkörper bzw. Pumpdioden (über Versorgungsleitungen a gemäss Figur 2), eine Vielzahl von Temperatursensoren, eine Einheit (11 gemäss Figur 2) zur Erfassung der Messwerte der Temperatursensoren sowie eine Proessoreinheit zur Verarbeitung der von der Einheit 11 erfassten Messwerte der Temperatursensoren und Ansteuerung der Leistungselektronik 10, welches Verfahren dadurch gekennzeichnet ist, dass die erfassten Messwerte sowie optional weitere Messwerte und externe Vorgaben durch den Benutzer durch die Proessoreinheit mit einer Bewertungstabelle verglichen werden und auf diesem Vergleich basierend die über die Leistungselektronik 10 an die Temperierungselemente abzugebenden Leistungen sowie optional auch an andere Verbraucher wie beispielsweise eine Pumpdiode abzugebende Leistungen individuell bestimmt und eingestellt werden.

[0043] Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist auch die Verwendung einer erfindungsgemässen Vorrichtung nach einer der vorgenannten Ausführungsformen und / oder eines erfindungsgemässen Verfahrens zur Temperierung eines Geräts zur Erzeugung von Laserstrahlen und / oder eines erfindungsgemässen Geräts zur Erzeugung von Laserstrahlung nach einer der vorgenannten Ausführungsformen zur Anwendung in der Medizin, insbesondere in der Ophthalmologie und der Dermatologie.

BEISPIELE

[0044] Ohne Einschränkung der Allgemeinheit wird die vorliegende Erfindung nachfolgend beispielhaft erläutert.

[0045] Figur 1 illustriert schematisch die Funktionsweise des Mess- und Regelsystems der erfindungsgemässen Vorrichtung, mit der insbesondere ein „intelligentes Temperaturmanagement“ erreicht wird. Die Temperaturen sowohl von Wärmeerzeugern oder Wärmequellen (z. B. gemäss Figur 2 eines Pumpkörpers oder einer Pumpdiode 1, Laseraktivem Material 2, einer Grundplatte / eines Kühlkörpers 9) als auch der Umgebung werden gemessen und einer Proessoreinheit zur Bewertung zugeführt. Ebenfalls werden von dieser Proessoreinheit die aktuelle Leistungsaufnahme (Stromverbrauch) des Gesamtsystems und / oder von Einzelverbrauchern, wie beispielsweise einer Pumpdiode, die aktuellen Leistungs- und Energievorgaben des Users, der Aktivitätslevel des Users und die Vorgabewerte der Idealtemperaturen der Wärmequellen verarbeitet. Unter der „Messung der User-Aktivitäten“ ist dabei folgendes zu verstehen: Es wird von der Proessoreinheit registriert, ob aktuell vom Benutzer z. B. Leistungs- und Energievorgaben vom Benutzer neu aufgerufen oder eingegeben worden oder der Laser, d. h. insbesondere die Pumpdiode, aktiv bedient worden sind, welche nur bei aktiver Betätigung durch den Benutzer im aktiven Zustand ist.

[0046] Vorzugsweise wird (nicht dargestellt) über einen weiteren Temperatursensor auch die Umgebungstemperatur des Systems ("Geräts zur Erzeugung von Laserstrahlung") gemessen und deren Messwert in den Vergleich mit der Bewertungstabelle einbezogen, zur Bestimmung der von der Leistungselektronik abzugebenden Leistungen.

[0047] Diese Informationen werden von der Proessoreinheit mit einer Bewertungstabelle verglichen und so Bewertungsfaktoren für die einzelnen zu regelnden Temperaturen und auch übrige zu regelnde Leistungsabgaben, wie beispielsweise die Leistungsabgabe für weitere Einzelverbraucher wie z. B. eine Pumpdiode (im Diagramm nicht dargestellt) ermittelt. Der Regler (Regeleinrichtung) erzeugt mit diesen Bewertungsfaktoren sowie den aktuell gemessenen Temperaturen der Wärmeerzeuger und den Vorgabewerten der Idealtemperaturen einen Vorgabewert für die Leistungselektronik, die die entsprechenden Leistungen an die Temperierungselemente bzw. Kühlelemente und optional an weitere Einzelverbraucher und / oder das Gesamtsystem abgibt.

[0048] Hat sich beispielsweise aus der Messung und Bewertung der User-Aktivitäten ergeben, dass das Gerät (Laser) zwar eingeschaltet wurde, aber keine Hinweise auf eine nachfolgende

aktive Benutzung, aufgrund nicht vorgegebener Leistungs- und Energiedaten, vorliegen, so wird beispielsweise die Leistungsabgabe an die Temperierungselemente minimiert oder sogar auf Null gesetzt, um Wärmeerzeugung zu vermeiden.

[0049] Durch diese spezifische Regelung basierend auf den bewerteten Einflussfaktoren wird insbesondere die in der vorliegenden Patentanmeldung beschriebene Optimierung des thermischen Managements des Geräts erreicht.

[0050] Figur 2 zeigt schematisch ein erfindungsgemässes Gerät zur Erzeugung von Laserstrahlung, vorzugsweise einen Festkörper-Laser, welcher mit einer erfindungsgemässen Vorrichtung zur Temperierung ausgestattet ist. Dabei erfüllt die Prozessoreinheit 12 im wesentlichen die Funktionen der Parameterbewertung und Bestimmung der Leistungsabgabefaktoren sowie der Regeleinrichtung des Schemas von Figur 1. In Figur 2 ist nur ein Teil der möglichen Mess- und Regelfunktionen einer erfindungsgemässen Temperierungsvorrichtung, gemäss des Schemas von Figur 1, illustriert.

[0051] In dem in Figur 2 illustrierten Beispiel einer Ausführungsform der Erfindung erzeugt eine Pumpdiode 1 als Pumpkörper einen ersten Laserstrahl A mit beispielsweise circa 809 nm Wellenlänge, der durch einen ersten Spiegel 7 des Resonators (Einkoppelspiegel) auf ein Laseraktives Material 2, wie beispielsweise einen Nd: YVO-Kristall, auftrifft und in diesem einen zweiten Laserstrahl B mit circa 1064 nm generiert, der sich dadurch auszeichnet, dass seine Wellenlänge unterschiedlich zu derjenigen des ersten Laserstrahls A ist. Dieser zweite Laserstrahl B kann nun direkt auf den Auskoppelspiegel 8 geführt werden, wodurch ein Teil des Laserstrahls B aus dem Resonator austritt und als Laserstrahl C mit gleicher Wellenlänge wie Laserstrahl B für eine Anwendung zur Verfügung steht. Optional kann zwischen dem Laseraktiven Material 2 und dem Auskoppelspiegel 8 ein weiteres Laseraktives Material 3, wie beispielsweise ein Nichtlinearer Kristall (siehe Figur 3) zur Frequenzverdoppelung eingefügt werden, wodurch die Wellenlänge des Laserstrahls B halbiert wird und somit der Laserstrahl C die halbe Wellenlänge des Laserstrahls (B) aufweist. Um einen hohen Wirkungsgrad dieser Anordnung zu erhalten, müssen Pumpdiode 1, Laseraktives Material 2 und Laseraktives Material 3 auf einer bestimmten, individuellen und optimalen Temperatur gehalten werden. Dieses geschieht durch die Messung der individuellen Temperaturen dieser Elemente mittels Temperatursensoren c (wobei diese Temperatursensoren c die zugehörigen Messfühler zusammen mit den Zuleitungen an die Messelektronik 11 bezeichnen sollen) und der Messelektronik 11 als Einheit zur Erfassung der Messwerte, der Verarbeitung der erfassten Messwerte und deren Vergleich sowie optional weiterer Messwerte und externer Benutzervorgaben mit einer Bewertungstabelle sowie der individuellen Berechnung und Einstellung der Versorgungsleistungen durch die Prozessoreinheit 12, und schliesslich die individuelle Abgabe der spezifischen Leistungen durch die Leistungselektronik 10 an die Elemente zu Temperierung 4, 5, 6.

[0052] Figur 3 illustriert in einer Teilansicht eine besonders bevorzugte Ausführungsform einer erfindungsgemässen Vorrichtung zur Temperierung eines Geräts zur Erzeugung von Laserstrahlung, welche Vorrichtung sich dadurch auszeichnet, dass thermisch bedingte Änderungen der Ausdehnungen zwischen Temperierungselementen und den zu temperierenden Bauteilen durch die Verwendung von Befestigungselementen und Federelementen vermieden werden können.

[0053] In dieser Teilansicht sind die besonderen Merkmale dieser bevorzugten Ausführungsform am Beispiel der Thermostatisierung eines Laserkristalls oder Nichtlinearen Kristalls 28 als Beispiel für die Thermostatisierung des Laseraktiven Materials 2 oder 3 (gemäss Figur 2) sowie von dessen Montage in einer erfindungsgemässen Temperierungsvorrichtung bzw. einem erfindungsgemässen Gerät zur Erzeugung von Laserstrahlung dargestellt. Alle Merkmale dieser erfindungsgemässen Ausführungsform sind aber auch auf andere zu temperierende Bauteile des Geräts sowie deren Montage, wie beispielsweise einer Pumpdiode als Pumpkörper, übertragbar.

[0054] Im vorliegenden Beispiel ist ein wärmeerzeugender Kristall 28 als ein Laseraktives Material mittels eines weichen Materials, wie Indium, in einen Kristallhalter 26 so eingebettet, dass

ein vollständiger Flächenkontakt zwischen den beiden Bauteilen (Kristall 28 und Kristallhalter 26) hergestellt ist und trotzdem keine übermäßigen bzw. signifikanten mechanischen Spannungen in den Kristall eingebracht werden. Diese Vorkehrung dient dazu, um die im Kristall 28 erzeugte Wärme möglichst optimal an den Kristallhalter 26 abgeben zu können. Mithilfe von Schrauben 27 als Befestigungselementen ist der Kristallhalter 26 auf einer Andruckplatte 23 befestigt. Auch hier ist darauf zu achten, dass ein maximaler Flächenkontakt erreicht werden kann. Dieses kann durch geeignete Bearbeitung dieser Bauteile oder durch Verwendung eines Kontaktmittels wie Wärmeleitpaste oder Indiumfolie erreicht werden. Die Grundplatte 22 wird mithilfe von Schrauben 25 als Befestigungselementen und Federelementen 24 auf ein Peltierelement 21 als Temperierungselement gedrückt, womit auch bei unterschiedlichen Ausdehnungen oder deren Änderungen durch thermischen Einfluss zwischen Befestigungselementen 25 und dem Peltierelement 21 sowie der Andruckplatte 23 diese Unterschiede bzw. Änderungen ausgeglichen werden können und von der Andruckplatte 23 immer eine nahezu konstanten Kraft auf das Peltierelement wirkt. Damit kann erreicht werden, dass die Lebensdauer des Peltierelements maximiert wird, die Schrauben sich nicht durch thermische Beanspruchungen nach gewisser Zeit lösen und der Wärmetransport von und zum Peltierelement optimiert wird. Dabei ist zu beachten, dass als Federelemente 24 beispielsweise Spiraldruckfedern, Tellerfedern, federnde Massivteile (Gummitteile) oder ähnliche Bauteile verwendet werden können.

[0055] Um die Effizienz dieser Anordnung hoch zu halten, muss der Wärmefluss zwischen Andruckplatte (23) und Grundplatte (22) minimiert werden. Dieses kann dadurch erreicht werden, dass die Befestigungselemente 25 aus einem thermisch wenig leitenden oder gut isolierenden, d. h. vorzugsweise einem wärmeisolierenden Material wie beispielsweise Kunststoff bestehen. Alternativ kann der Bereich zwischen Andruckplatte 23, Federelementen 24, Befestigungselementen 25 mit thermisch isolierenden Scheiben und / oder Rohren aus Materialien wie Kunststoff oder Keramik isoliert werden, so dass metallische Befestigungselemente 25 verwendet werden können. Ein Temperatursensor 29 bzw. sein Messfühler sollte möglichst nahe am wärmeerzeugenden Kristall 28 angebracht sein, so dass die aktuelle Temperatur des wärmeerzeugenden Kristalls 28 jederzeit von der Steuer- und Regelelektronik abgefragt werden kann. Mindestens ein weiterer Temperaturbestimmung 30 ist auf der gegenüberliegenden Seite des Peltierelements 21 im Bereich der Grundplatte 2) angebracht, womit jederzeit die Temperatur der Grundplatte 22 von der Steuer- und Regelelektronik abgefragt werden kann.

[0056] Eine analoge Anordnung wie oben beschrieben kann auch zur Temperierung der Pump-Laserdiode im Lasersystem verwendet werden.

Liste der Bezugszeichen:

[0057] Die nachfolgende Bezugszeichenliste ist Bestandteil der Offenbarung dieser Patentanmeldung.

- 1 Pumpkörper, z. B. Pumpdiode
- 2 Laseraktives Material
- 3 Laseraktives Material (optional)
- 4 Temperierungselement, z. B. Peltier Element
- 5 Temperierungselement, z. B. Peltier Element
- 6 Temperierungselement, z. B. Peltier Element
- 7 Einkoppelspiegel des Resonators
- 8 Auskoppelspiegel des Resonators
- 9 Grundplatte / Kühlkörper
- 10 Leistungselektronik
- 11 Messelektronik, z. B. Einheit zur Erfassung der Messwerte von
Temperatursensoren
- 12 Prozessoreinheit, z. B. mit Programm und Regeleinrichtung
- A Einkoppelpfad, z. B. erster Laserstrahl als Pumpstrahl
- B Zweiter Laserstrahl, im Resonator
- C Auskoppelpfad, aus dem Resonator austretender Laserstrahl
- a Versorgung der Pumpdiode
- b Versorgung der Temperierungselemente
- c Temperatursensoren
- 21 Temperierungselement, z. B. Peltierelement
- 22 Grundplatte / Kühlkörper
- 23 Andruckplatte
- 24 Federelement

- 25 Befestigungselement, z. B. Schraube
- 26 Kristallhalter
- 27 Befestigungselement, z. B. Schraube
- 28 Laserkristall oder Nichtlinearer Kristall
- 29 Temperatursensor
- 30 Temperatursensor

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Temperierung eines Geräts zur Erzeugung von Laserstrahlung, umfassend eine Vielzahl von Temperierungselementen (4, 5, 6, 21), eine Grundplatte und Kühlkörper (9, 22), Leistungselektronik (10) zur Bereitstellung elektrischer Leistung für die Temperierungselemente (4, 5, 6, 21) über Versorgungsleitungen (b), eine Vielzahl von Temperatursensoren (29, 30, c), eine Einheit (11) zur Erfassung der Messwerte der Temperatursensoren (29, 30, c), sowie eine Prozessoreinheit (12) zur Verarbeitung der von der Einheit (11) erfassten Messwerte der Temperatursensoren (29, 30, c) und Ansteuerung der Leistungselektronik (10), wobei die erfassten Messwerte sowie optional weitere Messwerte und externe Vorgaben durch den Benutzer durch die Prozessoreinheit (12) mit einer Bewertungstabelle verglichen werden und auf diesem Vergleich basierend die über die Leistungselektronik (10) an die Temperierungselemente (4, 5, 6, 21) abzugebenden Leistungen individuell bestimmt und eingestellt werden, **dadurch gekennzeichnet**, dass besagte Vorrichtung mit Federelementen (24) oder ähnlichen Bauteilen als Andruckelementen, Befestigungselementen (25, 27) und optional mit einer Andruckplatte (23) ausgestattet ist, mit denen Temperierungselemente (4, 5, 6, 21) an die zu temperierenden Bauteile (1, 2, 3, 22, 26) angedrückt und bei Änderungen der Ausdehnungen zwischen den Temperierungselementen (4, 5, 6, 21) und den zu temperierenden Bauteilen (1, 2, 3, 22, 26) diese kompensiert werden können.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass es sich bei den Temperierungselementen (4, 5, 6, 21) um Peltierelemente handelt.
3. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass sie eine selektive Temperierung von Temperierungselementen (4, 5, 6, 21) nach Bedarf, d. h. nur bei Abweichung des von dem zugehörigen Temperatursensor (29, 30, c) gemessenen Werts von einem vorgegebenen Sollwert, ermöglicht und / oder die Leistungsabgabe an die Temperierungselemente ermöglicht zu minimieren.
4. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass sie ohne ein zusätzliches Kühlmedium, wie beispielsweise Luft und Wasser und / oder ohne aktive Kühlelemente, wie Lüfter und Ventilatoren, betreibbar ist.
5. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass sie zusätzlich eine Optimierung des Spitzenstroms des Gesamtsystems und / oder von Einzelströmen wie beispielsweise des Stroms für einen Pumpkörper (1) ermöglicht.
6. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Wärmefluss zwischen der optionalen Andruckplatte (23) und der Grundplatte / Kühlkörper (9, 22) durch Verwendung wärmeisolierender Materialien für die Verbindungssteile minimiert wird.
7. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Temperierungselemente (4, 5, 6, 21) von der Prozessoreinheit (12) als Kühlelemente oder als Heizelemente geschaltet werden können.
8. Gerät zur Erzeugung von Laserstrahlung, vorzugsweise zur Anwendung in der Medizin, insbesondere in der Ophthalmologie und der Dermatologie, mit einem Pumpkörper (1), einem Resonator, bestehend aus mindestens zwei Spiegeln (7, 8) und mindestens einem laseraktiven Material (2, 3), **dadurch gekennzeichnet**, dass dieses mit einer Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche zur Temperierung ausgestattet ist.
9. Gerät zur Erzeugung von Laserstrahlung nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass dieses mit einem Kristall (28) ausgestattet ist, welcher in einem Kristallhalter (26) so eingebettet ist, dass ein vollständiger Flächenkontakt zwischen dem Kristall (28) und dem Kristallhalter (26) hergestellt ist unter Vermeidung einer Einbringung von signifikanten mechanischen Spannungen in den Kristall (28).

10. Gerät zur Erzeugung von Laserstrahlung nach einem der Ansprüche 8 -9, **dadurch gekennzeichnet**, dass es sich hierbei um einen Festkörper-Laser handelt.
11. Verfahren zur Temperierung eines Geräts zur Erzeugung von Laserstrahlung unter Verwendung einer Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, mindestens umfassend eine Vielzahl von Temperierungselementen (4, 5, 6, 21), eine Grundplatte und Kühlkörper (9, 22), Leistungselektronik (10) zur Bereitstellung elektrischer Leistung für die Temperierungselemente (4, 5, 6, 21) über Versorgungsleitungen (b), eine Vielzahl von Temperatursensoren (29, 30, c), eine Einheit (11) zur Erfassung der Messwerte der Temperatursensoren (29, 30, c), sowie eine Prozessoreinheit (12) zur Verarbeitung der von der Einheit (11) erfassten Messwerte der Temperatursensoren (29, 30, c) und Ansteuerung der Leistungselektronik (10), wobei die erfassten Messwerte sowie optional weitere Messwerte und externe Vorgaben durch den Benutzer durch die Prozessoreinheit (12) mit einer Bewertungstabelle verglichen werden und auf diesem Vergleich basierend die über die Leistungselektronik (10) an die Temperierungselemente (4, 5, 6, 21) abzugebenden Leistungen individuell bestimmt und eingestellt werden, **dadurch gekennzeichnet**, dass mit Federelementen (24) oder ähnlichen Bauteilen als Andruckelementen, Befestigungselementen (25, 27), und unter optionaler Verwendung einer Andruckplatte (23) Temperierungselemente (4, 5, 6, 21) an die zu temperierenden Bauteile (1, 2, 3, 22, 26) angedrückt und bei Änderungen der Ausdehnungen zwischen den Temperierungselementen (4, 5, 6, 21) und den zu temperierenden Bauteilen (1, 2, 3, 22, 26) diese kompensiert werden.
12. Verwendung einer Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7 zur Temperierung eines Geräts zur Erzeugung von Laserstrahlen.
13. Verwendung eines Verfahrens nach Anspruch 11 zur Temperierung eines Geräts zur Erzeugung von Laserstrahlen und / oder eines Geräts zur Erzeugung von Laserstrahlung nach einem der Ansprüche 8 bis 10 zur Anwendung in der Medizin, insbesondere in der Ophthalmologie und der Dermatologie.
14. Verwendung eines Geräts zur Erzeugung von Laserstrahlung nach einem der Ansprüche 8 bis 10 zur Anwendung in der Medizin, insbesondere in der Ophthalmologie und der Dermatologie.

Hierzu 3 Blatt Zeichnungen

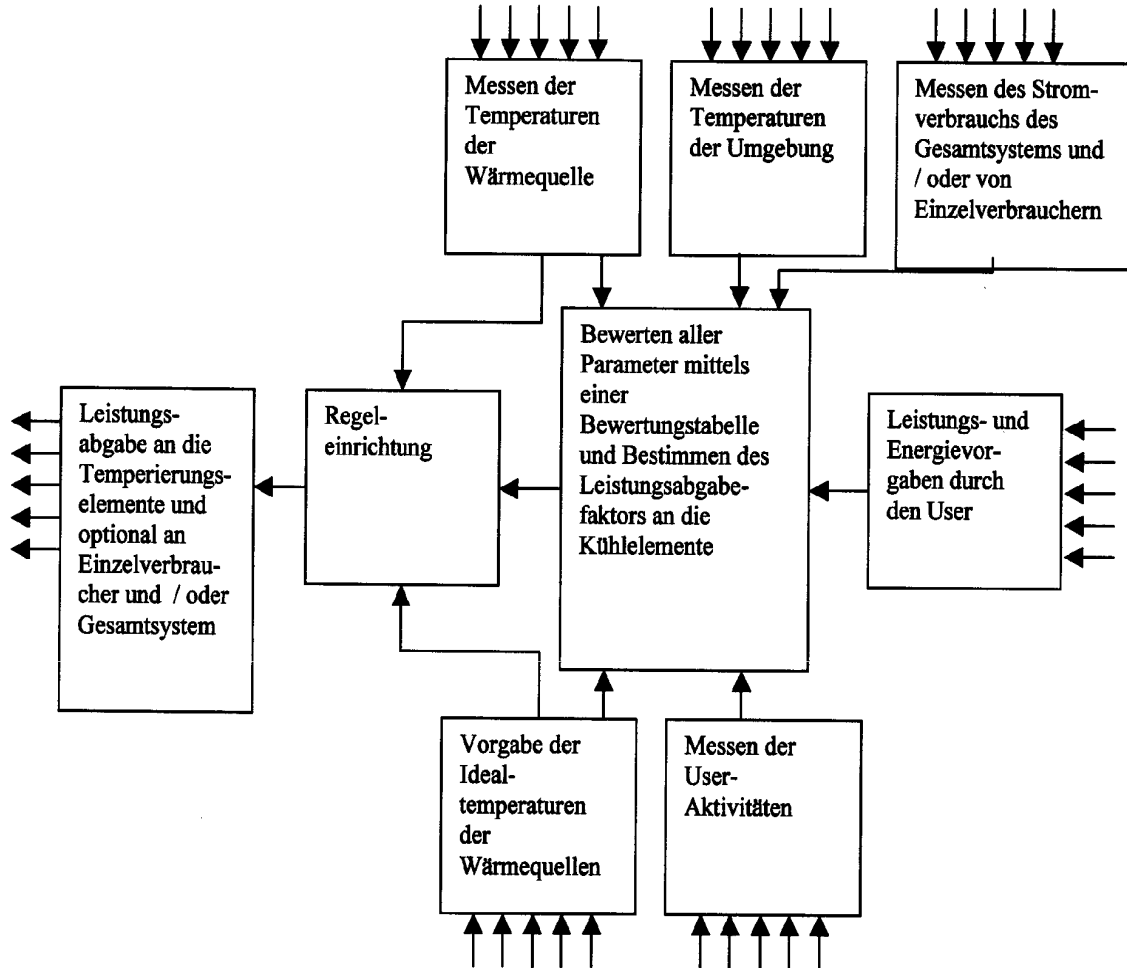


Fig. 1

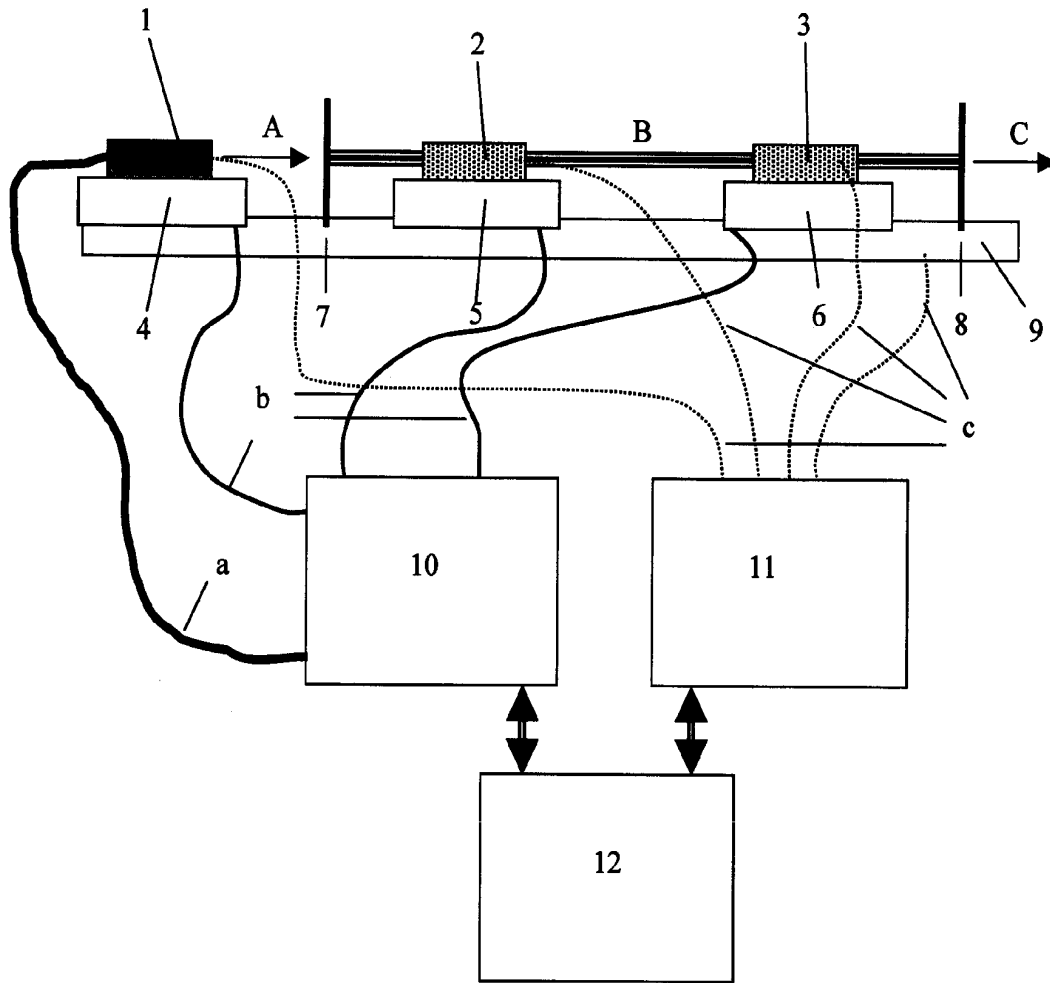


Fig. 2

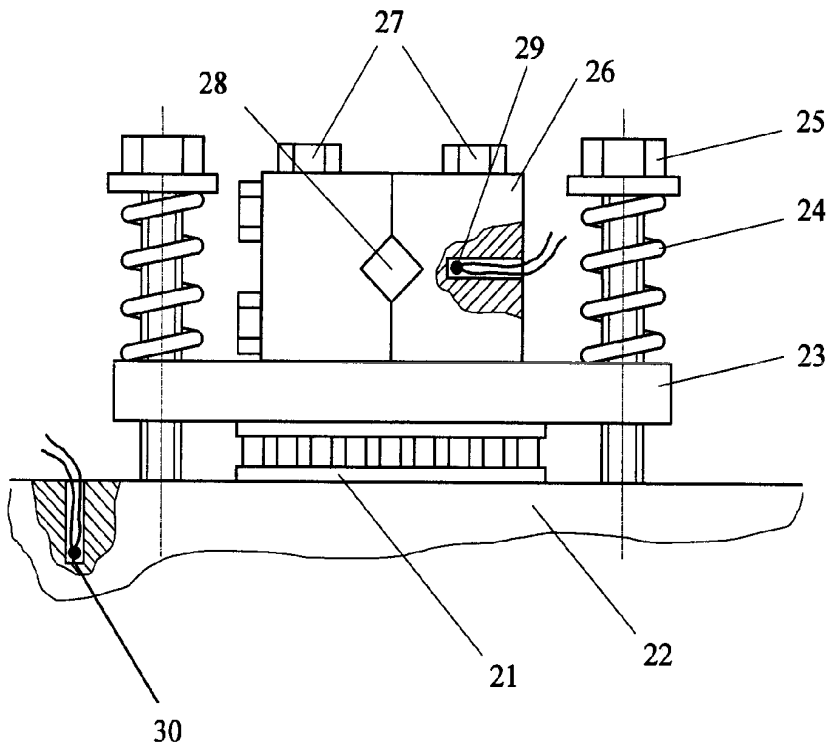


Fig. 3