(19) Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 11 2015 001 369 T5** 2016.12.01

(12) # Veröffentlichung

der internationalen Anmeldung mit der
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2015/159584**
in deutscher Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2 IntPatÜG)
(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2015 001 369.5**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP2015/054709**
(86) PCT-Anmeldetag: **20.02.2015**
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **22.10.2015**
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: **01.12.2016**

(51) Int Cl.: ***A61B 18/00*** (2006.01)
A61B 17/00 (2006.01)

(30) Unionspriorität:
2014-085458 **17.04.2014** **JP**

(71) Anmelder:
OLYMPUS CORPORATION, Hachioji-shi, Tokyo, JP

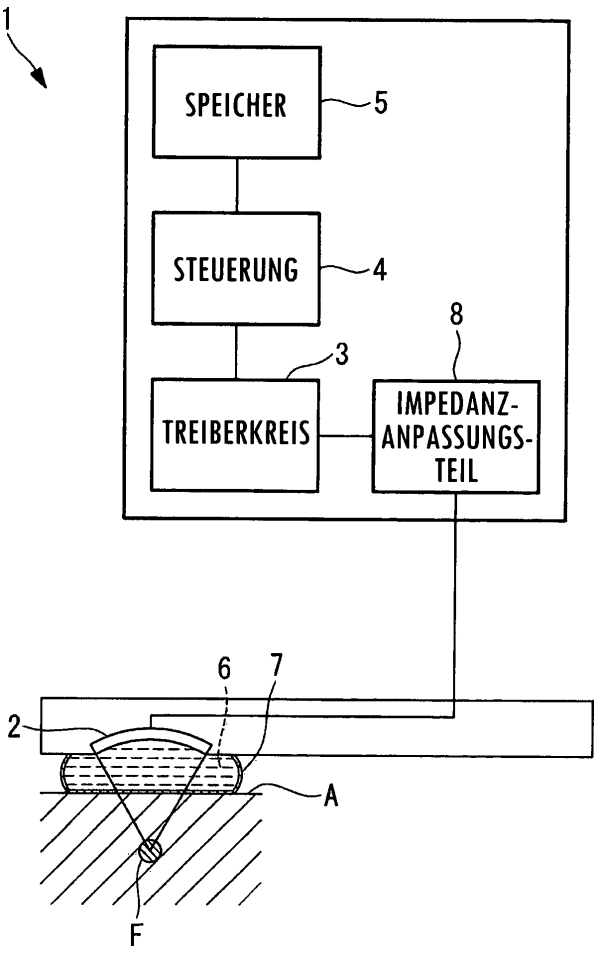
(74) Vertreter:
Wuesthoff & Wuesthoff, Patentanwälte PartG mbB, 81541 München, DE

(72) Erfinder:
Ueki, Kei, Hachioji-shi, Tokyo, JP

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Ultraschall-Behandlungsvorrichtung**

(57) Zusammenfassung: Diese Ultraschall-Behandlungsvorrichtung behandelt ein Behandlungszielorgan, wobei ein Anstieg der Temperatur an der Oberfläche des Behandlungszielorgans verhindert wird, ohne die Vorrichtung groß zu gestalten. Diese Ultraschall-Behandlungsvorrichtung umfasst ein Ultraschallelement (2), das zu einer Oberfläche eines Behandlungszielorgans (A) durch ein akustisches Ausbreitungsmedium (6) zeigt und das Ultraschallwellen erzeugt, die auf einer Tiefenposition des Behandlungszielorgans konvergieren, und eine Steuerung (4) zum Anpassen der vom Ultraschallelement (2) auf das Behandlungszielorgan (A) einstrahlenden Ultraschallwellen, wobei die Steuerung (4) die Intensität der Ultraschallwellen, die in einem Bereich der Oberfläche einstrahlen, ändert, so dass Wärme, die erzeugt wird, wenn die vom Ultraschallelement (2) ausgestrahlten Ultraschallwellen durch die Oberfläche dringen, und die in der Nähe der Oberfläche bleibt, gleich einem vorgegebenen Wert oder kleiner bleibt.



Beschreibung

{Technisches Gebiet}

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Ultraschall-Behandlungsvorrichtung.

{Bisheriger Stand der Technik}

[0002] Herkömmlicherweise wird ein akustisches Ausbreitungsmedium zwischen der Oberfläche des Behandlungszielorgans im Körper und dem Ultraschallelement, das zur Oberfläche zeigt, gefüllt, und wenn therapeutische Ultraschallwellen vom Ultraschallelement erzeugt werden, behandelt die Ultraschall-Behandlungsvorrichtung das Behandlungszielorgan, während der Temperaturanstieg an der Oberfläche durch Kühlen des akustischen Ausbreitungsmediums verhindert wird. (Siehe beispielsweise PTL 1.)

{Liste der Anführungen}

{Patentliteratur}

[0003]

{PTL 1} Japanische ungeprüfte Patentanmeldung, Veröffentlichungsnr. H06-217989

{Zusammenfassung der Erfindung}

{Technische Aufgabe}

[0004] Bei der in PTL 1 offenbarten Ultraschall-Behandlungsvorrichtung muss jedoch die Temperatur des akustischen Ausbreitungsmediums gesteuert werden. Somit müssen ein Mechanismus zum Umwälzen von Kühlflüssigkeit und eine Vorrichtung, welche die Temperatur der Kühlflüssigkeit steuert, bereitgestellt werden, wodurch die Vorrichtung groß wird.

[0005] Die vorliegende Erfindung erfolgte aufgrund dieser Umstände und eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht im Bereitstellen einer Ultraschall-Behandlungsvorrichtung, die ein Behandlungszielorgan behandeln kann, wobei ein Anstieg der Temperatur an der Oberfläche verhindert wird, ohne die Vorrichtung groß zu gestalten.

{Technische Lösung}

[0006] Zum Erfüllen der zuvor beschriebenen Aufgabe stellt die vorliegende Erfindung die folgenden Lösungen bereit.

[0007] Ein Aspekt der vorliegenden Erfindung stellt eine Ultraschall-Behandlungsvorrichtung bereit, die Folgendes umfasst: ein Ultraschallelement, das zu einer Oberfläche eines Behandlungszielorgans durch ein akustisches Ausbreitungsmedium zeigt und das Ultraschallwellen erzeugt, so dass die Ultraschallwellen auf einer Tiefenposition des Behandlungszielorgans konvergieren; und eine Steuerung zum Anpassen der vom Ultraschallelement auf das Behandlungszielorgan einstrahlenden Ultraschallwellen, wobei die Steuerung zum Ändern der Intensität der Ultraschallwellen, die in einem Bereich der Oberfläche einstrahlen, ausgebildet ist, so dass Wärme, die erzeugt wird, wenn die vom Ultraschallelement ausgestrahlten Ultraschallwellen durch die Oberfläche dringen, und die in der Nähe der Oberfläche bleibt, gleich einem vorgegebenen Wert oder kleiner bleibt, und die Steuerung die Intensitätsänderung im Laufe der Zeit durchführt.

[0008] Gemäß diesem Aspekt betreibt die Steuerung das Ultraschallelement und erzeugt anschließend die Ultraschallwellen in einem Zustand, in dem das Ultraschallelement zur Oberfläche des Behandlungszielorgans durch das akustische Ausbreitungsmedium zeigt, konvergieren die Ultraschallelement auf der Tiefenposition des Behandlungszielorgans und wird somit der an der Tiefenposition des Behandlungszielorgans angeordnete betroffene Bereich für die Behandlung erwärmt. In diesem Zustand strahlen die vom Ultraschallelement ausgestrahlten Ultraschallwellen auf der Oberfläche des Behandlungszielorgans ein, wobei sie das akustische Ausbreitungsmedium passieren, und anschließend passieren die Ultraschallwellen ebenfalls das Gewebe von der Oberfläche bis zum Brennpunkt. Somit erzeugt ebenfalls das Gewebe Wärme.

[0009] Obwohl die von den Ultraschallwellen, die auf dem Weg zum Brennpunkt nicht konvergieren, erzeugte Wärme ausreichend kleiner als die von den am Brennpunkt konvergierenden Ultraschallwellen erzeugte, wenn die Ultraschallwellen kontinuierlich auf den gleichen Bereich einstrahlen, bis die Behandlung des am Brennpunkt angeordneten betroffenen Bereichs durch Erwärmung abgeschlossen ist, bildet sich Wärme in Teilen abweichend vom Brennpunkt. Da sich bei diesem Aspekt die Intensität der auf den gleichen Bereich der Oberfläche einstrahlenden Ultraschallwellen im Laufe der Zeit ändert im Vergleich zu einem Fall, bei dem die Bestrahlung kontinuierlich ist, kann die in einer Nähe der Oberfläche des Behandlungszielorgans Restwärme gleich einem vorgegebenen Wert oder kleiner gehalten werden. Somit kann das Behandlungszielorgan behandelt werden, wobei ein Temperaturanstieg an der Oberfläche verhindert wird, ohne eine große Vorrichtung zu verwenden, die beispielsweise ein Umwälzen von Kühlwasser wie herkömmlicherweise verwendet durchführt.

[0010] Beim zuvor beschriebenen Aspekt kann die Steuerung so ausgebildet sein, dass sich ein erster Zustand, in dem die Ultraschallwellen im gleichen Bereich der Oberfläche des Behandlungszielorgans ein-

strahlen, und ein zweiter Zustand, in dem die Intensität der Ultraschallwellen in Bezug auf den ersten Zustand abgesenkt wird, um die von der Bestrahlung des ersten Zustands erhöhte Temperatur abzusenken, abwechselnd wiederholen.

[0011] Bei dieser Konfiguration strahlen im ersten Zustand die vom Ultraschallelement ausgestrahlten Ultraschallwellen in das Behandlungszielorgan durch einen Bereich der Oberfläche ein und die Ultraschallwellen konvergieren auf dem an der Tiefenposition des Behandlungszielorgans angeordneten betroffenen Bereich; anschließend wird der betroffene Bereich durch Erwärmen des betroffenen Bereichs durch die auf dem Brennpunkt konvergierenden Ultraschallwellen behandelt.

[0012] In diesem Zustand wird ebenfalls Wärme auf dem Weg zum Brennpunkt erzeugt. Im zweiten Zustand kann die Wärmeerzeugung ebenfalls in einem Bereich von der Oberfläche des Behandlungszielorgans zum Brennpunkt durch Absenken der Intensität der auf den gleichen Bereich einstrahlenden Ultraschallwellen verhindert werden. Die Wärmeerzeugung in einer Nähe des Brennpunkt wird wiederum ebenfalls im zweiten Zustand verhindert; da die Wärmeerzeugung am Brennpunkt während des Einstrahlens der Ultraschallwellen ausreichend größer ist als die Wärmeerzeugung eines anderen Teils, ist die Restwärme groß. Daher wird der erwärmte Zustand vor dem zweiten Zustand einfach durch den nächsten ersten Zustand wiedergewonnen und somit wird eine kontinuierliche Behandlung des betroffenen Bereichs ermöglicht.

[0013] Beim zuvor beschriebenen Aspekt kann die Steuerung zum Steuern des Ultraschallelements zum Ändern der Intensität der ausgestrahlten Ultraschallwellen ausgebildet sein.

[0014] Durch Anwenden von diesem Aspekt mit dem ersten Zustand und dem zweiten Zustand kann der betroffene Bereich in einer Nähe des Brennpunkts durch Erwärmen behandelt werden, während eine Wärmeerzeugung im Teil zwischen der Oberfläche, auf den die Ultraschallwellen einstrahlen, und dem Brennpunkt verhindert wird.

[0015] Beim zuvor beschriebenen Aspekt kann die Steuerung zum Stoppen der Bestrahlung mit Ultraschallwellen vom Ultraschallelement im zweiten Zustand ausgebildet sein.

[0016] Durch Verwenden dieser Konfiguration kann eine Wärmeerzeugung besonders wirksam im zweiten Zustand durch Stoppen der Bestrahlung mit Ultraschallwellen verhindert werden.

[0017] Ebenfalls kann beim zuvor beschriebenen Aspekt eine Bewegungseinheit, die den bestrahlten Bereich auf der Oberfläche des Behandlungszielorgans, der vom Ultraschallelement mit Ultraschallwellen bestrahlt wird, bewegt, verwendet werden, und die Steuerung ist zum Steuern der Bewegungseinheit ausgebildet.

[0018] Bei dieser Konfiguration werden durch Bewegen des vom Ultraschallelement mit Ultraschallwellen bestrahlten Bereichs durch Verwenden der von der Steuerung gesteuerten Bewegungseinheit der erste Zustand mit Bestrahlung mit Ultraschallwellen und der zweite Zustand mit Nicht-Bestrahlung mit Ultraschallwellen zu jeweils unterschiedlichen Zeitpunkten bei Fokussierung auf jeden Bereich hergestellt. Somit wird eine Behandlung des betroffenen Bereichs in einer Nähe des Brennpunkts durch Erwärmen ermöglicht, während eine Wärmeerzeugung auf dem Weg zum Brennpunkt zum Schützen des Teils verhindert wird.

[0019] Ebenfalls kann beim zuvor beschriebenen Aspekt die Bewegungseinheit zum Bewegen des Ultraschallelements entlang der Oberfläche des Behandlungszielorgans ausgebildet sein.

[0020] Bei dieser Konfiguration ändert sich der Bereich auf der Oberfläche, auf den Ultraschallwellen zum Behandlungszielorgan hin einstrahlen, durch Bewegen des Ultraschallelements durch die Bewegungseinheit, und somit kann eine Behandlung des betroffenen Bereichs nahe dem Brennpunkt durch Wärmeerzeugung und ein Schutz des Teils auf dem Weg zum Brennpunkt durch Verhindern einer Wärmeerzeugung auf diesem erzielt werden.

[0021] Ebenfalls kann beim zuvor beschriebenen Aspekt die Bewegungseinheit zum Bewegen des Ultraschallelements ausgebildet sein, so dass ein Brennpunkt der vom Ultraschallelement ausgestrahlten Ultraschallwellen nicht bewegt wird.

[0022] Bei dieser Konfiguration bewegt sich der Brennpunkt nicht, wenn der mit Ultraschallwellen bestrahlte Bereich von der Bewegungseinheit bewegt wird. Somit kann, da die Wärmeerzeugung im betroffenen Bereich nahe dem Brennpunkt beibehalten wird, während sich jeder Bereich im zweiten Zustand befindet, wirksam eine Behandlung des betroffenen Bereichs nahe dem Brennpunkt durch Wärmeerzeugung und ein Schutz des Teils auf dem Weg zum Brennpunkt durch Verhindern einer Wärmeerzeugung auf diesem erzielt werden.

[0023] Ebenso kann beim zuvor beschriebenen Aspekt eine Vielzahl von Ultraschallelementen so angeordnet sein, dass die Ultraschallelemente entsprechende verschiedene Bereiche der Oberfläche des Behandlungszielorgans mit Ultraschallwellen bestrahlen, und die Bewegungseinheit kann zum Än-

dern des Ultraschallelements, das die Ultraschallwellen ausstrahlt, ausgebildet sein.

[0024] Bei dieser Konfiguration ändert sich der Oberflächenbereich des Behandlungszielorgans, der mit Ultraschallwellen bestrahlt wird, wenn das Ultraschallelement, das die Ultraschallwellen ausstrahlt, durch die Bewegungseinheit geändert wird. Somit kann eine Behandlung des betroffenen Bereichs nahe dem Brennpunkt durch Wärmeerzeugung und ein Schutz des Teils auf dem Weg zum Brennpunkt durch Verhindern einer Wärmeerzeugung auf diesem erzielt werden.

[0025] Ferner können beim zuvor beschriebenen Aspekt die Brennpunkte der Ultraschallelemente an einem gleichen Punkt angeordnet sein.

[0026] Bei dieser Konfiguration ändert sich der Brennpunkt der Ultraschallwellen nicht, wenn der mit Ultraschallwellen bestrahlte Bereich an der Oberfläche des Behandlungszielorgans durch Ändern des Ultraschallelements, das die Ultraschallwellen ausstrahlt, geändert wird. Somit kann, da die Wärmeerzeugung im betroffenen Bereich nahe dem Brennpunkt beibehalten wird, während sich jeder Bereich im zweiten Zustand befindet, eine Behandlung des betroffenen Bereichs nahe dem Brennpunkt durch Wärmeerzeugung und ein Schutz des Teils auf dem Weg zum Brennpunkt durch Verhindern einer Wärmeerzeugung auf diesem erzielt werden.

[0027] Ferner kann beim zuvor beschriebenen Aspekt ein Temperatursensor verwendet werden, der die Temperatur eines mit Ultraschallwellen bestrahlten Bereichs an der Oberfläche des Behandlungszielorgans misst, und die Steuerung ist ebenfalls zum Steuern der auf das Behandlungszielorgan vom Ultraschallelement einstrahlenden Ultraschallwellen auf Basis der vom Temperatursensor gemessenen Temperatur ausgebildet.

[0028] Bei dieser Konfiguration kann eine Wärmeerzeugung am Brennpunkt genau erzielt werden und es kann ein Verhindern der Wärmeerzeugung im Teil zwischen der Oberfläche und dem Brennpunkt genau erzielt werden.

[0029] Ferner kann beim zuvor beschriebenen Aspekt der Sensor ein kontaktloser Sensor sein, und die Vorrichtung kann ebenfalls ein Halteelement umfasst, das einen vorgegebenen Abstand zwischen dem Ultraschallelement und dem bestrahlten Bereich einhält.

[0030] Bei dieser Konfiguration wird der Abstand zwischen dem Ultraschallelement und dem bestrahlten Bereich durch Betrieb des Halteelements gehalten, und es wird eine genaue Temperaturmessung durch den kontaktlosen Sensor ermöglicht.

[0031] Ferner kann beim zuvor beschriebenen Aspekt die Bewegungseinheit zum Bewegen des Ultraschallelements mit einer Geschwindigkeit, die größer ist als x/t [mm/s], wenn ein Durchmesser eines Punktmessbereichs des Sensors x [mm] und die erforderliche Zeit zum Erreichen einer Schwellentemperatur t [s] ist, ausgebildet sein.

[0032] Bei dieser Konfiguration wird eine solche kontinuierliche Bestrahlung mit Ultraschallwellen ermöglicht, dass jeder der Teile nicht die Schwellentemperatur erreicht.

{Vorteilhafte Wirkungen der Erfindung}

[0033] Die vorliegende Erfindung bietet den Vorteil des Ermöglichens einer Behandlung des Behandlungszielorgans bei Verhindern eines Anstiegs der Temperatur an der Oberfläche, ohne die Vorrichtung groß zu gestalten.

{Kurze Beschreibung der Zeichnungen}

[0034] Fig. 1 zeigt eine Zeichnung zur Darstellung eines Gesamtaufbaus einer Ultraschall-Behandlungsvorrichtung gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

[0035] Fig. 2 zeigt ein Diagramm zur Darstellung eines Beispiels einer Wellenform der von der in **Fig.** 1 dargestellten Ultraschall-Behandlungsvorrichtung ausgestrahlten Ultraschallwellen.

[0036] Fig. 3(a) bis (c) zeigen die Wärmeerzeugung in jedem Teil in der Tiefenrichtung, wenn die Ultraschallwellen von der in **Fig.** 1 dargestellten Ultraschall-Behandlungsvorrichtung ausgestrahlt werden.

[0037] Fig. 4 zeigt ein Diagramm zur Darstellung eines modifizierten Beispiels der in **Fig.** 2 dargestellten Ultraschallwellenform.

[0038] Fig. 5 zeigt ein Diagramm zur Darstellung eines modifizierten Beispiels der in **Fig.** 1 dargestellten Ultraschall-Behandlungsvorrichtung, umfassend (a) ein an einer Seite angeordnetes Ultraschallelement, und (b) das an der anderen Seite andere Ultraschallelement.

[0039] Fig. 6 zeigt ein Diagramm zur Darstellung eines weiteren modifizierten Beispiels der in **Fig.** 1 dargestellten Ultraschall-Behandlungsvorrichtung, wobei (a) ein Zustand, in dem ein an einer Seite angeordnetes Ultraschallelement betrieben wird, und (b) ein Zustand, in dem ein an der anderen Seite angeordnetes Ultraschallelement betrieben wird, dargestellt sind.

[0040] Fig. 7 zeigt eine Zeichnung zur Darstellung eines Gesamtaufbaus einer Ultraschall-Behand-

lungsvorrichtung gemäß einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

[0041] **Fig.** 8(a) bis (e) zeigen Positionen eines Ultraschallelements der in **Fig.** 7 dargestellten Ultraschall-Behandlungsvorrichtung und zeigen die Wärmeerzeugung in jedem Teil in der Tiefenrichtung in einem Startteil, wenn das Ultraschallelement an den Positionen angeordnet ist.

[0042] **Fig.** 9 zeigt eine Zeichnung zur Darstellung eines Gesamtaufbaus eines modifizierten Beispiels der in **Fig.** 7 dargestellten Ultraschall-Behandlungsvorrichtung.

[0043] **Fig.** 10 zeigt eine Zeichnung zur Darstellung eines Beispiels einer Bestrahlung mit Ultraschall durch die in **Fig.** 9 dargestellte Ultraschall-Behandlungsvorrichtung.

[0044] **Fig.** 11(a) bis (e) zeigen Positionen eines Ultraschallelements der in **Fig.** 7 dargestellten Ultraschall-Behandlungsvorrichtung und zeigen Zustände der Wärmeerzeugung, wenn das Ultraschallelement an den Positionen angeordnet ist.

[0045] **Fig.** 12 zeigt eine Zeichnung zur Darstellung eines Gesamtaufbaus eines weiteren modifizierten Beispiels der in **Fig.** 7 dargestellten Ultraschall-Behandlungsvorrichtung.

{Beschreibung der Ausführungsformen}

[0046] Nachfolgend ist eine Ultraschall-Behandlungsvorrichtung **1** gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung in Bezug auf die Zeichnungen beschrieben.

[0047] Wie in **Fig.** 1 dargestellt weist die Ultraschall-Behandlungsvorrichtung **1** ein Ultraschallelement **2**, das Ultraschallwellen erzeugt, einen Treiberkreis **3**, der das Ultraschallelement **2** antreibt, eine Steuerung **4**, die den Treiberkreis **3** steuert, und einen Speicher **5**, der eine Bedingung zum Ausstrahlen von Ultraschallwellen speichert, auf. Ferner ist ein Ballon **7**, in dem ein akustisches Ausbreitungsmedium eingefüllt ist, zwischen dem Ultraschallelement **2** und der Oberfläche des Behandlungszielorgans A angeordnet, wodurch der Raum zwischen dem Ultraschallelement **2** und der Oberfläche des Behandlungszielorgans A mit dem akustischen Ausbreitungsmedium gefüllt ist.

[0048] Das Ultraschallelement **2** ist ein HIFU-(High-Intensity-Focused-Ultrasound)Element, weist einen Ultraschallwandler mit einer konkaven Oberfläche auf und erzeugt ebenfalls Ultraschallwellen, so dass die Ultraschallwellen an einem Brennpunkt F der konkaven Oberfläche konvergieren. Der Treiberkreis **3** weist einen in einer Nähe des Ultraschallelements **2** angeordneten Impedanzanpassungsteil **8** auf, um elektrische Verluste zu verhindern, die entstehen, wenn das Kabel, das den Treiberkreis **3** und das Ultraschallelement **2** verbindet, lang wird.

[0049] Wie in **Fig.** 2 dargestellt gibt die Steuerung **4** ein Antriebsbefehlssignal an den Treiberkreis **3** des Ultraschallelements **2** aus, so dass sich ein erster Zustand mit Ultraschallwellen-Bestrahlung durch Antreiben des Ultraschallelements **2** und ein zweiter Zustand ohne Ultraschallwellen-Bestrahlung durch Stoppen des Antreibens des Ultraschallelements **2** abwechselnd wiederholen. Beispielsweise ist die Steuerung **4** mit einem Computer ausgebildet.

[0050] Die Intensität der vom Ultraschallelement **2** ausgestrahlten Ultraschallwellen im ersten Zustand und die Zeitdauer des ersten Zustands und des zweiten Zustands werden im Speicher **5** als Bedingung für die Ultraschallwellen-Bestrahlung durch die Steuerung **4** gespeichert. Die Intensität der Ultraschallwellen und die Dauer des ersten Zustands werden auf die Intensität und Dauer eingestellt, die es der Temperatur der Oberfläche des Behandlungszielorgans A ermöglicht, eine Temperatur zu erreichen, die unter einer oberen Grenztemperatur liegt, die keine thermische Denaturierung bewirkt. Die Dauer des zweiten Zustands wird auf eine Dauer eingestellt, die es der Temperatur der bestrahlten Oberfläche ermöglicht, eine Temperatur gleich einem vorgegebenen Wert oder kleiner zu erreichen.

[0051] In dieser Ausführungsform sind die Intensität des ersten Zustands, die Bestrahlungs-Zeitdauer des ersten Zustands und die Nicht-Bestrahlungs-Zeitdauer des zweiten Zustands jeweils konstant.

[0052] Nachfolgend ist eine Funktion der Ultraschall-Behandlungsvorrichtung **1** gemäß dieser Ausführungsform wie zuvor beschrieben ausgebildet beschrieben.

[0053] Zum Behandeln des in einem tiefen Teil des Behandlungszielorgans A angeordneten betroffenen Bereichs mit der Ultraschall-Behandlungsvorrichtung **1** gemäß der vorliegenden Ausführungsform ist das Ultraschallelement **2** so angeordnet, dass es zum im tiefen Teil des Behandlungszielorgans angeordneten betroffenen Bereich in einem Zustand zeigt, in dem der Ballon **7**, in den das akustische Ausbreitungsmedium **6** gefüllt ist, zwischen dem Ultraschallelement **2** und der Oberfläche des Behandlungszielorgans A angeordnet ist. Durch diesen Prozess ist der Brennpunkt F der Ultraschallwellen vom Ultraschallelement **2** mit dem betroffenen Bereich im Behandlungszielorgan A ausgerichtet.

[0054] In diesem Zustand gibt die Steuerung **4** das Antriebsbefehlssignal gemäß der im Speicher **5** gespeicherten Bedingung für die Ultraschallwellen-Be-

strahlung aus, betätigt der Treiberkreis **3** das Ultraschallelement **2**, und anschließend werden der erste Zustand, in dem mit Ultraschallwellen bestrahlt wird, und der zweite Zustand ohne Bestrahlung abwechselnd wiederholt wie in **Fig.** 2 dargestellt.

[0055] Im ersten Zustand breiten sich, wenn die Ultraschallwellen vom Ultraschallelement **2** erzeugt werden, die vom Ultraschallelement **2** erzeugten Ultraschallwellen durch das akustische Ausbreitungsmedium **6** im Ballon **7**, mit dem das Ultraschallelement **2** in engen Kontakt gebracht wird, aus, und die Ultraschallwellen werden in das Behandlungszielorgan A durch die Oberfläche von diesem gestrahlt; anschließend konvergieren die Ultraschallwellen im Brennpunkt F, der auf den betroffenen Bereich ausgerichtet ist.

[0056] Durch diesen Prozess wie in **Fig.** 3A dargestellt wird am Brennpunkt F Wärme erzeugt und die Temperatur des Brennpunkts F steigt. In dieser Phase wird Wärme in einer Nähe der Oberfläche (bestrahlte Oberfläche) des Behandlungszielorgans A erzeugt, wobei die Wärme ausreichend kleiner ist als die am Brennpunkt F erzeugte Wärme.

[0057] Anschließend wird wie in **Fig.** 3B dargestellt im zweiten Zustand, wenn die Bestrahlung mit Ultraschallwellen gestoppt ist, die Wärmeerzeugung im Behandlungszielorgan A gestoppt, und der Spitzenwert der Restwärme nimmt durch Thermodiffusion ab (Pfeile B, C). Insbesondere wird im Oberflächenteil des Behandlungszielorgans A Wärme auf das akustische Ausbreitungsmedium **6** im Ballon **7**, der Kontakt mit dem Behandlungszielorgan A hat, übertragen, und die Temperatur nimmt ab, bis die Restwärme im Wesentlichen gleich Null ist (Pfeil C).

[0058] In diesem Zustand werden wie in **Fig.** 3C dargestellt wieder wie im ersten Zustand Ultraschallwellen erzeugt, es wird Wärme am Brennpunkt F und Ähnliches erzeugt und die Temperatur steigt an.

[0059] In dieser Phase wird, da wenig Restwärme in der Nähe der Oberfläche des Behandlungszielorgans A vorhanden ist, die Wärmeerzeugung im Behandlungszielorgan A auf einem Niveau gehalten, das dem ersten Zustand des Vorgangs entspricht oder ähnelt (Pfeil D). Am Brennpunkt F hingegen wird der Spitzenwert der Temperatur höher als der des ersten Zustands des ersten Vorgangs, wenn erneut Wärme erzeugt wird (Pfeil E), und der thermische Denaturierungsteil breitet sich aufgrund der großen Menge an Restwärme zur Tiefenrichtung hin aus (Pfeil G).

[0060] Anschließend kann mit Wiederholung der zuvor beschriebenen Prozesse der thermische Denaturierungsteil nahe dem betroffenen Bereich vergrößert werden, wobei der Temperaturanstieg an der Oberfläche des Behandlungszielorgans A verhindert wird, und es kann ebenfalls der betroffene Bereich wirksam behandelt werden, während die Teile außerhalb des betroffenen Bereichs geschützt werden.

[0061] Wie zuvor beschrieben kann mit der Ultraschall-Behandlungsvorrichtung **1** gemäß der vorliegenden Ausführungsform die Restwärme, die erzeugt wird und in der Nähe der Oberfläche des Behandlungszielorgans A verbleibt, auf unter einen vorgegebenen Wert verringert werden, wenn die vom Ultraschallelement **2** ausgestrahlten Ultraschallwellen passieren, indem die Intensität pro Zeit der in den gleichen Bereich auf der Oberfläche des Behandlungszielorgans A gestrahlten Ultraschallwellen unter Verwendung einer abwechselnden Wiederholung zwischen Betrieb und Stopp des Ultraschallelements **2** geändert wird. Diese Konfiguration bewirkt den Vorteil des Ermöglichens einer wirksamen Behandlung des betroffenen Bereichs, in dem der Brennpunkt F angeordnet ist, und es kann gleichzeitig ein Schutz der Teile, die nicht zum betroffenen Bereich gehören, erzielt werden.

[0062] Ferner wird bei der Ultraschall-Behandlungsvorrichtung **1** gemäß der vorliegenden Ausführungsform der Betrieb des Ultraschallelements **2** im zweiten Zustand gestoppt. In einer alternativen Konfiguration wie in **Fig.** 4 dargestellt können ebenfalls Ultraschallwellen mit einer ausreichend niedrigen Intensität ausgestrahlt werden, was ein Verringern der Restwärme ermöglicht. Ebenfalls können die Dauer der Ausstrahlung von Ultraschallwellen und die Intensität von diesen im ersten Zustand sowie die Dauer der Nicht-Ausstrahlung von Ultraschallwellen im zweiten Zustand geändert werden.

[0063] Ferner wird bei der Ultraschall-Behandlungsvorrichtung **1** gemäß der vorliegenden Ausführungsform durch abwechselndes Wiederholen von Betrieb und Nicht-Betrieb des Ultraschallelements **2** die Wärmeerzeugung auf der Oberfläche des Behandlungszielorgans A verhindert. In einer alternativen Konfiguration wie in **Fig.** 5A und **Fig.** 5B dargestellt kann eine Bewegungsstruktur (Bewegungseinheit) **9** zum Bewegen des Ultraschallelements **2** verwendet werden.

[0064] Als Bewegungsstruktur **9** kann beispielsweise eine Konfiguration verwendet werden, bei der ein Schieber **11** von einem Gelenk **12** und entlang einer kreisförmigen Nut **10** bewegt wird. Durch Ausrichten der Mitte der Nut **10** mit der Position des Brennpunkts F des Ultraschallelements **2** kann das Ultraschallelement **2** so geschwenkt werden, dass der Brennpunkt F die Mitte der Schwenkbewegung bildet.

[0065] Durch Verwenden dieser Konfiguration kann der betroffene Bereich unter Nutzen des Konvergierens der Ultraschallwellen im Brennpunkt F durch Ausstrahlen der Ultraschallwellen durch das Ultra-

schallelement **2** und durch Schwenken des Ultraschallelements **2** durch Betreiben der Bewegungsstruktur **9** behandelt werden. Da sich wiederum der bestrahlte Bereich auf der Oberfläche des Behandlungszielorgans A im Laufe der Zeit ändert, wird die Wärmeerzeugung in der Nähe der Oberfläche zu einem nicht-kontinuierlichen Zustand und ein zu starker Temperaturanstieg wird auf ähnliche Weise verhindert.

[0066] Die Bewegungsstruktur **9**, die das Ultraschallelement **2** physisch bewegt, ist als Bewegungseinheit erläutert. Die Bewegungseinheit kann hingegen zum abwechselnden Betätigen der Ultraschallelemente **2a**, **2b** ausgebildet sein, um den bestrahlten Bereich auf der Oberfläche des Behandlungszielorgans A in einen Zustand zu ändern, in dem das Ultraschallelement **2a** und die Ultraschallelemente **2b** so angeordnet sind, dass die Ultraschallelemente **2a**, **2b** den gleichen Brennpunkt F aufweisen wie in **Fig.** 6A und **Fig.** 6B dargestellt. Durch Verwenden dieser Konfiguration kann eine wirksame Behandlung durch kontinuierliche Bestrahlung des am Brennpunkt F angeordneten betroffenen Bereichs mit Ultraschallwellen erfolgen, wobei ein zu starker Temperaturanstieg auf der Oberfläche des Behandlungszielorgans verhindert wird. Die Zahl der Ultraschallelemente **2a**, **2b** kann mehr als drei sein.

[0067] Nachfolgend ist eine Ultraschall-Behandlungsvorrichtung **20** gemäß einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung in Bezug auf die Zeichnungen beschrieben.

[0068] In der Erläuterung dieser Ausführungsform sind Elemente, die mit denen der ersten Ausführungsform identisch sind oder diesen ähneln, mit den gleichen Bezugszeichen bezeichnet und auf Erläuterungen hierzu wird verzichtet.

[0069] Die Ultraschall-Behandlungsvorrichtung **20** gemäß der vorliegenden Ausführungsform ist eine Vorrichtung, die nicht für einen Zustand, in dem nur ein betroffener Bereich vorhanden ist, sondern für einen Zustand, in dem viele betroffene Bereiche in einem relativ großen Bereich verstreut sind, vorgesehen ist. Wie in **Fig.** 7 dargestellt wird eine Bewegungsstruktur **21** zum Bewegen des Brennpunkts F des Ultraschallelements verwendet.

[0070] Die Bewegungsstruktur **21** ist ein Linearbewegungsmechanismus wie eine von einem Motor **22** angetriebene Kugelspindel **23** und bewegt das Ultraschallelement **2** entlang einer geraden Bahn. Das Bezugszeichen **24** bezeichnet eine Mutter, die in die Kugelspindel **23** eingreift und vom Motor **22** angetrieben wird, und das Bezugszeichen **25** bezeichnet einen Motorantriebsteil zum Antreiben des Motors **22** entsprechend den Befehlssignalen von der Steuerung **4**.

[0071] Wenn der betroffene Bereich, der im breiten Umfang vorhanden ist, von der Ultraschall-Behandlungsvorrichtung **20** gemäß der vorliegenden Ausführungsform mit der zuvor beschriebenen Konfiguration behandelt wird, ist die Bewegungsrichtung des Ultraschallelements **2** so angeordnet ist, dass sie parallel zur Oberfläche des Behandlungszielorgans A ist, wird das Ultraschallelement **2** kontinuierlich zum Ausstrahlen von Ultraschallwellen betrieben und wird das Ultraschallelement **2** wechselseitig in der Richtung entlang der Oberfläche des Behandlungszielorgans A bewegt.

[0072] Durch Verwenden dieser Konfiguration wie in **Fig.** 8A dargestellt wird, wenn die Ultraschallwellen im Brennpunkt F durch Betreiben des Ultraschallelements **2** an der Startposition konvergieren, Wärme am Brennpunkt F und in einer Nähe der Oberfläche erzeugt. Wie in **Fig.** 8B dargestellt bewegen sich aber durch Bewegen des Ultraschallelements **2** durch Betreiben der Bewegungsstruktur **21** der Brennpunkt F und der bestrahlte Bereich und es bewegt sich somit der erwärmte Bereich.

[0073] Da eine große Wärmemenge am Brennpunkt des Ultraschallelements **2** erzeugt wird, bleibt die Wärme entlang der Bewegungsbahn des Brennpunkts F, wenn sich der Brennpunkt F bewegt. Da andererseits eine kleine Wärmemenge auf der Oberfläche erzeugt wird, wird die Restwärme unmittelbar verteilt und wird schließlich zu Null, wenn sich der bestrahlte Teil der Ultraschallwellen im Laufe der Zeit ändert.

[0074] Ebenfalls wird wie in **Fig.** 8C und **Fig.** 8D dargestellt der Hochtemperaturteil über einen breiten Bereich im Bereich, in dem der Brennpunkt F passiert, verbreitert. In den Figuren stellt die Schraffur mit kleineren Abständen eine höhere Temperatur dar.

[0075] Wie in **Fig.** 8E dargestellt wird, wenn der Brennpunkt F zur Startposition zurückkehrt, die Temperatur des angrenzenden Teils des Brennpunkts F höher als der Zustand von **Fig.** 8A durch die Wärmeerzeugung zusätzlich zur Restwärme, aber eine zu starke Wärmezunahme an der Oberfläche wird verhindert. Dadurch kann der in einer Nähe des Brennpunkts F angeordnete breite betroffene Bereich behandelt werden, während die Nähe der Oberfläche geschützt wird.

[0076] Es kann ein Zahnstangenmechanismus oder ein Linearmotor als Linearbewegungsmechanismus statt der Kugelspindel **23** verwendet werden.

[0077] Ferner kann wie in **Fig.** 9 dargestellt ein Drehmechanismus (beispielsweise ein Motor) **22**, der das Ultraschallelement **2** um die Längsachse des eingesetzten Teils **26** oder eine Achse, welche die Längsachse quert, dreht oder schwenkt, verwendet wer-

den, während der Linearbewegungsmechanismus als Bewegungsmechanismus **21** erläutert wurde.

[0078] Wie in **Fig.** 10 dargestellt kann, wenn das Ultraschallelement **2** um die Längsachse des eingesetzten Teils gedreht wird, das Ultraschallelement **2** kontinuierlich in einer Richtung gedreht werden, und das Ultraschallelement **2** wird in einem gewünschten Drehwinkelbereich betrieben.

[0079] Ferner kann ein Geber (in den Figuren nicht dargestellt) wie ein Messgeber im Bewegungsmechanismus **21** angeordnet sein, und die Position und der Winkel des Ultraschallelements **2** können durch Regelung genau angepasst werden.

[0080] Zusätzlich können das Ultraschallelement **2** und der Bewegungsmechanismus **21** in einer diskontinuierlichen Weise statt einer kontinuierlichen Weise angetrieben werden.

[0081] Wenn das Ultraschallelement **2** in einer kontinuierlichen Weise bewegt wird, kann eine gleichmäßige Behandlung für einen breiten Bereich durch Ausstrahlen einer bestimmten Intensität der Ultraschallwellen mit Zunahme der Bewegungsgeschwindigkeit oder durch Verringern der Intensität der Ultraschallwellen bei einer gleichmäßigen Bewegungsgeschwindigkeit durchgeführt werden.

[0082] Wenn das Ultraschallelement **2** in einer diskontinuierlichen Weise bewegt wird, kann ebenfalls eine gleichmäßige Behandlung für einen breiten Bereich durch Verwenden der folgenden Verfahren durchgeführt werden: Ausstrahlen einer bestimmten Intensität von Ultraschallwellen mit schrittweiser Verkürzung der Dauer der Ausstrahlung von Ultraschallwellen im ersten Zustand oder schrittweiser Vergrößerung der Räume zwischen den bestrahlten Teilen; oder schrittweises Verringern der Intensität der Ultraschallwellen mit einem bestimmten Raum zwischen jedem Paar von bestrahlten Teilen.

[0083] Ebenfalls kann als Bewegungseinheit eine Konfiguration, bei welcher der mit Ultraschallwellen bestrahlte Bereich durch abwechselndes Betreiben der Ultraschallelemente **2a**, **2b** in einem Zustand bewegt wird, in dem das Ultraschallelement **2a** und das Ultraschallelement **2b** so angeordnet sind, dass die Ultraschallelemente **2a**, **2b** verschiedene Brennpunkte F aufweisen wie in **Fig.** 11 dargestellt, statt der Konfiguration verwendet werden, bei der das Ultraschallelement **2** bewegt wird. Die Zahl der Ultraschallelemente **2a**, **2b** kann größer als drei sein.

[0084] Ferner kann wie in **Fig.** 12 dargestellt ein Temperatursensor **27**, der die Temperatur des bestrahlten Teils der Oberfläche des Behandlungszielorgans A misst, der mit Ultraschallwellen vom Ultraschallelement **2** bestrahlt wird, verwendet werden, und die Intensität der Ultraschallwellen und die Dauer der Bestrahlung und Nicht-Bestrahlung können entsprechend der gemessenen Temperatur angepasst werden.

[0085] Durch Verwenden dieser Konfiguration kann zuverlässiger ein zu starker Temperaturanstieg in der Nähe der Oberfläche des Behandlungszielorgans A verhindert werden.

[0086] Ferner kann als Temperatursensor **27** ein Kontaktsensor verwendet werden, obgleich ein kontaktloser Sensor bevorzugt ist. Wenn ein kontaktloser Sensor verwendet wird, wird vorzugsweise die Messgenauigkeit verbessert, indem die Messposition des Temperatursensors **27** durch Verwenden eines relativ steifen Ballons, der einen konstanten Abstand zwischen dem Ultraschallelement **2** und dem Behandlungszielorgan A halten kann, als Ballon **7**, in den das akustische Ausbreitungsmedium **6** gefüllt wird, konstant gehalten wird.

[0087] Als relativ steifer Ballon **7** kann ein aus einer Folie mit niedriger Elastizität bestehender, ein mit einem Skelett ausgestatteter wie ein Stent usw. verwendet werden.

[0088] Wenn der Abstand zwischen dem Ultraschallelement **2** und dem Behandlungszielorgan A änderbar gestaltet wird, kann ebenfalls die Temperatur des Mittelteils des mit Ultraschallwellen bestrahlten Bereichs ungeachtet der Änderung des Abstands durch Anordnen des Temperatursensors **27** an der Mittelseite des Ultraschallelements **2** gemessen werden. Auf eine alternative Weise ändert sich der gemessene Punkt bei einer Änderung des Abstands, wenn der Temperatursensor **27** an einem Seitenteil des Ultraschallelements **2** angeordnet ist, weil die Temperatur des Mittelteils des mit Ultraschallwellen bestrahlten Bereichs aus einer schrägen Richtung gemessen wird.

[0089] In diesem Zustand wird vorzugsweise ein Abstandssensor (in den Zeichnungen nicht dargestellt) verwendet, und der Winkel des Temperatursensors **27** wird auf Basis des vom Abstandssensor gemessenen Abstands in einer Konfiguration, in welcher der Winkel des Temperatursensors änderbar ist, angepasst. Mit dieser Konfiguration kann, wenn die Tiefe des betroffenen Bereichs variiert, die Brennposition des Ultraschallelements **2** zur Übereinstimmung mit dem betroffenen Bereich gebracht werden, indem die Stärke des Ballons **7** geändert wird, in den das akustische Ausbreitungsmedium **6** gefüllt ist, und es können ebenfalls genau die Ultraschallwellen durch Messen der Temperatur der Position des bestrahlten Bereichs gesteuert werden.

[0090] Die Temperaturmessposition ist nicht notwendigerweise in der Mitte des bestrahlten Bereichs

angeordnet und kann am Rand des bestrahlten Bereichs angeordnet sein.

[0091] Ebenfalls beträgt, wenn das Ultraschallelement **2** bewegt wird und der Durchmesser des Punktmessbereichs des Temperatursensors **27** x[mm] beträgt, und die erforderliche Zeit zum Erreichen einer Schwellentemperatur t[s] ist, die Bewegungsgeschwindigkeit des Elements vorzugsweise mehr als x/t[mm/s]. Durch diese Konfiguration wird eine kontinuierliche Bestrahlung mit Ultraschallwellen ermöglicht, so dass jeder Teil nicht die Schwellentemperatur erreicht.

[0092] Ebenfalls kann, obwohl in dieser Ausführungsform die Bedingung für die Ultraschallbestrahlung im Speicher **5** gespeichert wird, eine Konfiguration bereitgestellt werden, in der ein Eingabeteil (in den Zeichnungen nicht dargestellt) verwendet wird und in der die Bedingung für die Ultraschallbestrahlung mit dem Eingabeteil eingegeben oder ausgewählt werden kann. Mit dem Eingabeteil kann ebenfalls ein Behandlungsteil oder ein Behandlungsbereich festgelegt werden.

Bezugszeichenliste

A	Behandlungszielorgan
F	Brennpunkt
1, 20	Ultraschall-Behandlungsvorrichtung
2, 2a, 2b	Ultraschallelement
4	Steuerung
6	akustisches Ausbreitungsmedium
7	Ballon (Halteelement)
9, 21	Bewegungsstruktur (Bewegungseinheit)
27	Temperatursensor (Sensor)

Patentansprüche

1. Ultraschall-Behandlungsvorrichtung umfassend:
ein Ultraschallelement, das zu einer Oberfläche eines Behandlungszielorgans durch ein akustisches Ausbreitungsmedium zeigt und das zum Ausstrahlen von Ultraschallwellen ausgebildet ist, so dass die Ultraschallwellen auf einer Tiefenposition des Behandlungszielorgans konvergieren; und
eine zum Anpassen der vom Ultraschallelement auf das Behandlungszielorgan einstrahlenden Ultraschallwellen ausgebildete Steuerung,
wobei die Steuerung zum Ändern der Intensität der Ultraschallwellen, die in einem Bereich einer Oberfläche des Behandlungszielorgans einstrahlen, pro Zeit ausgebildet ist, so dass Wärme, die erzeugt wird, wenn die vom Ultraschallelement ausgestrahlten Ultraschallwellen durch die Oberfläche dringen, und die in der Nähe der Oberfläche bleibt, gleich einem vorgegebenen Wert oder kleiner bleibt, und die Steuerung die Intensitätsänderung im Laufe der Zeit durchführt.

2. Ultraschall-Behandlungsvorrichtung nach Anspruch 1, bei der die Steuerung so ausgebildet ist, dass sich ein erster Zustand, in dem die Ultraschallwellen im Bereich der Oberfläche des Behandlungszielorgans einstrahlen, und ein zweiter Zustand, in dem die Intensität der Ultraschallwellen in Bezug auf den ersten Zustand abgesenkt wird, um die von der Bestrahlung des ersten Zustands erhöhte Temperatur abzusenken, abwechselnd wiederholen.

3. Ultraschall-Behandlungsvorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, bei der die Steuerung zum Steuern des Ultraschallelements zum Ändern der Intensität der ausgestrahlten Ultraschallwellen ausgebildet ist.

4. Ultraschall-Behandlungsvorrichtung nach Anspruch 2 oder 3, bei der die Steuerung zum Stoppen der Bestrahlung mit Ultraschallwellen vom Ultraschallelement im zweiten Zustand ausgebildet ist.

5. Ultraschall-Behandlungsvorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, ferner umfassend
eine Bewegungseinheit, die einen bestrahlten Bereich auf der Oberfläche des Behandlungszielorgans, der vom Ultraschallelement mit Ultraschallwellen bestrahlt wird, bewegt,
wobei die Steuerung zum Steuern der Bewegungseinheit ausgebildet ist.

6. Ultraschall-Behandlungsvorrichtung nach Anspruch 5, bei der die Bewegungseinheit zum Bewegen des Ultraschallelements entlang der Oberfläche des Behandlungszielorgans ausgebildet ist.

7. Ultraschall-Behandlungsvorrichtung nach Anspruch 6, bei der die Bewegungseinheit zum Bewegen des Ultraschallelements ausgebildet ist, so dass ein Brennpunkt der vom Ultraschallelement ausgestrahlten Ultraschallwelle nicht bewegt wird.

8. Ultraschall-Behandlungsvorrichtung nach Anspruch 5,
bei der eine Vielzahl von Ultraschallelementen so angeordnet ist, dass die Ultraschallelemente entsprechende verschiedene Bereiche der Oberfläche des Behandlungszielorgans mit Ultraschallwellen bestrahlen, und
bei der die Bewegungseinheit zum Ändern des Ultraschallelements, das die Ultraschallwellen ausstrahlt, ausgebildet ist.

9. Ultraschall-Behandlungsvorrichtung nach Anspruch 8, bei der die Brennpunkte der Vielzahl der Ultraschallelemente an einem gleichen Punkt angeordnet sind.

10. Ultraschall-Behandlungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, ferner umfassend

einen Temperatursensor, der die Temperatur eines mit Ultraschallwellen bestrahlten Bereichs an der Oberfläche des Behandlungszielorgans misst,
wobei die Steuerung zum Steuern der auf das Behandlungszielorgan vom Ultraschallelement einstrahlenden Ultraschallwellen auf Basis der vom Temperatursensor gemessenen Temperatur ausgebildet ist.

11. Ultraschall-Behandlungsvorrichtung nach Anspruch 10,
bei der der Temperatursensor ein kontaktloser Sensor ist, und
bei der die Vorrichtung ferner ein Halteelement umfasst, das einen Abstand zwischen dem Ultraschallelement und dem bestrahlten Bereich einhält.

12. Ultraschall-Behandlungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 5 bis 7, 10 und 11, bei der die Bewegungseinheit zum Bewegen des Ultraschallelements mit einer Geschwindigkeit, die größer ist als x/t [mm/s], wenn ein Durchmesser eines Punktmessbereichs des Sensors x [mm] und die erforderliche Zeit zum Erreichen einer Schwellentemperatur t [s] ist, ausgebildet ist.

Es folgen 11 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

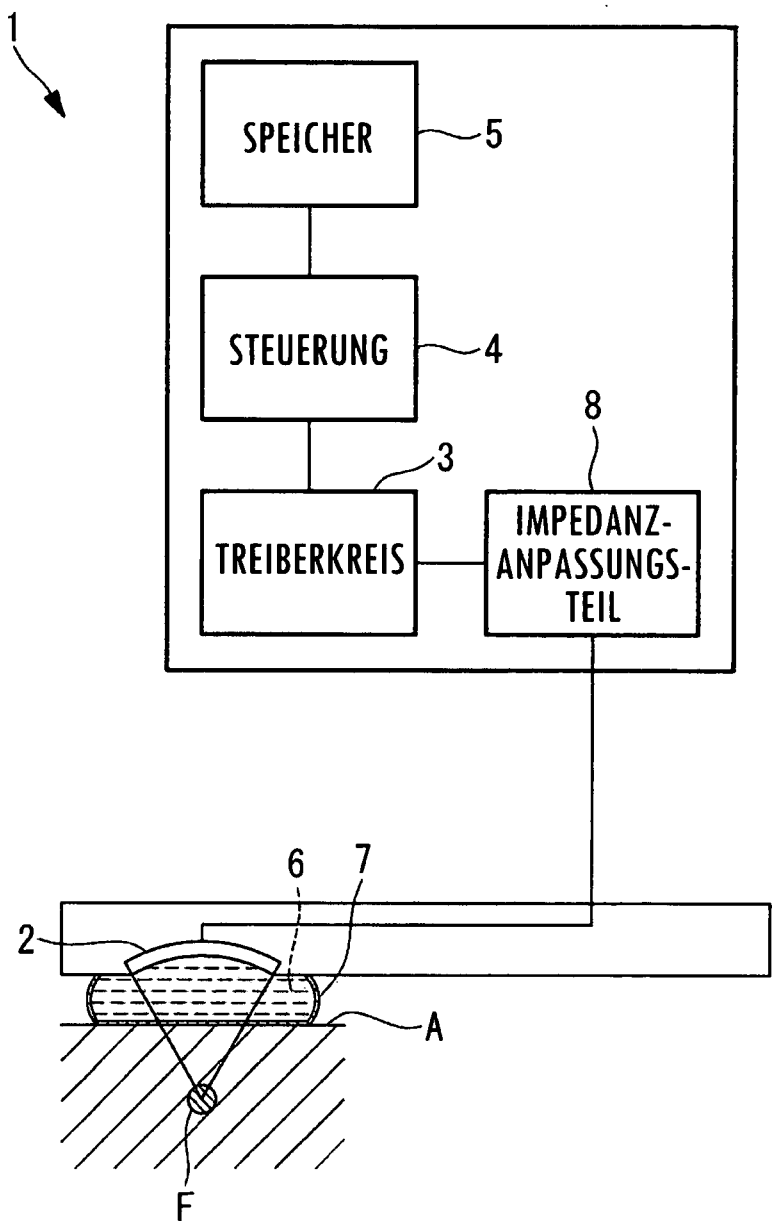


FIG. 2

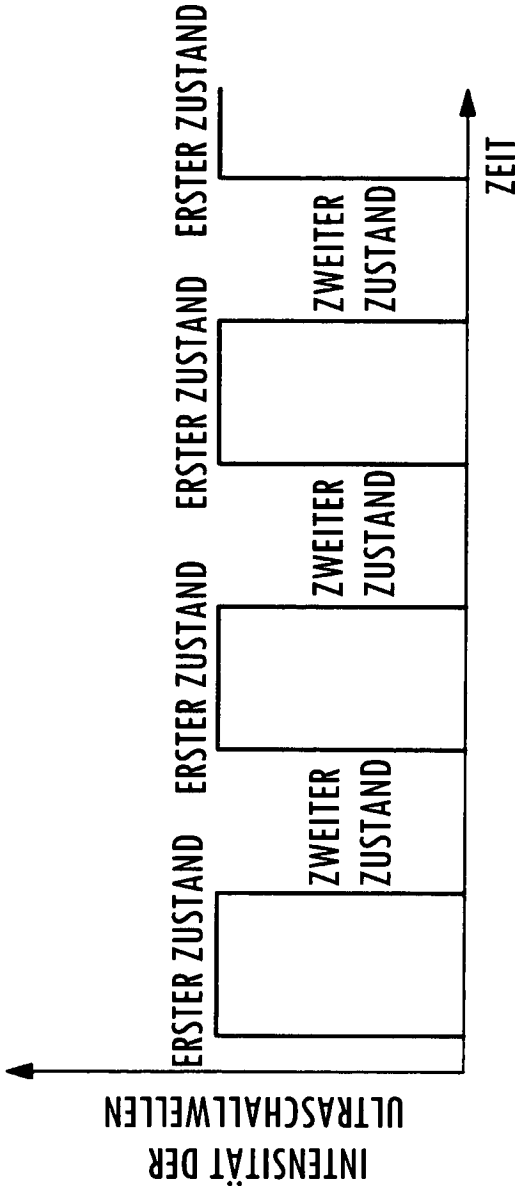

INTENSITÄT DER ULTRASCHALLWELLEN
ZEIT
ERSTER ZUSTAND
ZWEITER ZUSTAND
ERSTER ZUSTAND
ZWEITER ZUSTAND
ERSTER ZUSTAND
ZWEITER ZUSTAND
ERSTER ZUSTAND

FIG. 3

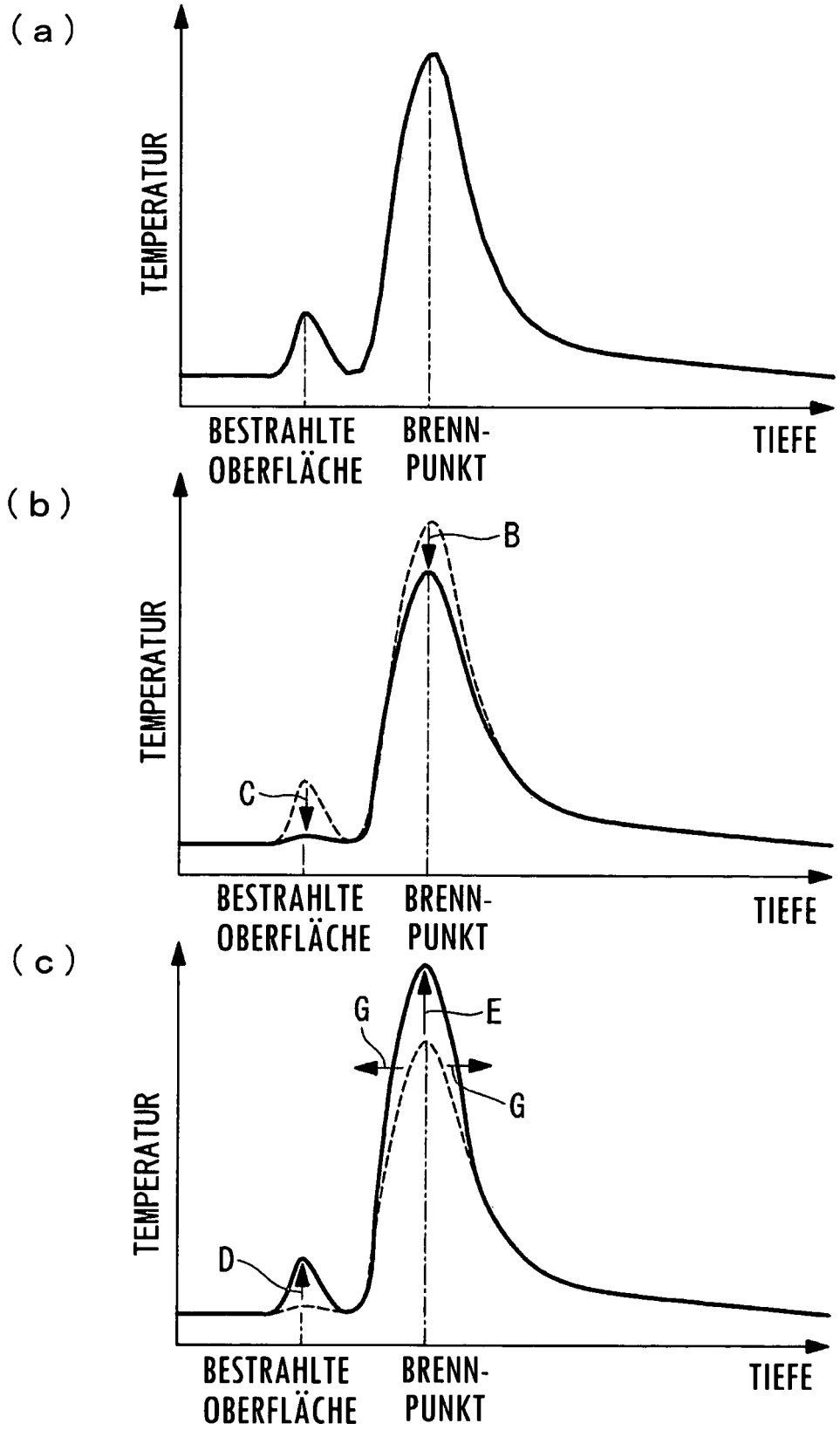

(a)
TEMPERATUR
BESTRAHLTE OBERFLÄCHE
BRENN-PUNKT
TIEFE
(b)
TEMPERATUR
B
C
BESTRAHLTE OBERFLÄCHE
BRENN-PUNKT
TIEFE
(c)
TEMPERATUR
G
E
G
D
BESTRAHLTE OBERFLÄCHE
BRENN-PUNKT
TIEFE

FIG. 4

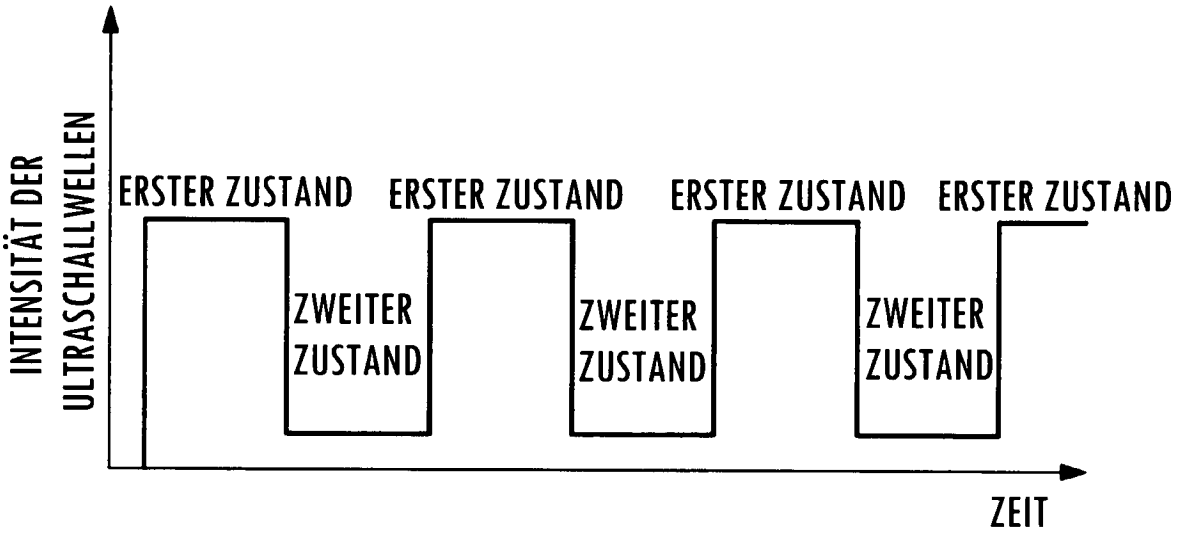

INTENSITÄT DER ULTRASCHALLWELLEN
ERSTER ZUSTAND
ERSTER ZUSTAND
ERSTER ZUSTAND
ERSTER ZUSTAND
ZWEITER ZUSTAND
ZWEITER ZUSTAND
ZWEITER ZUSTAND
ZEIT

FIG. 5

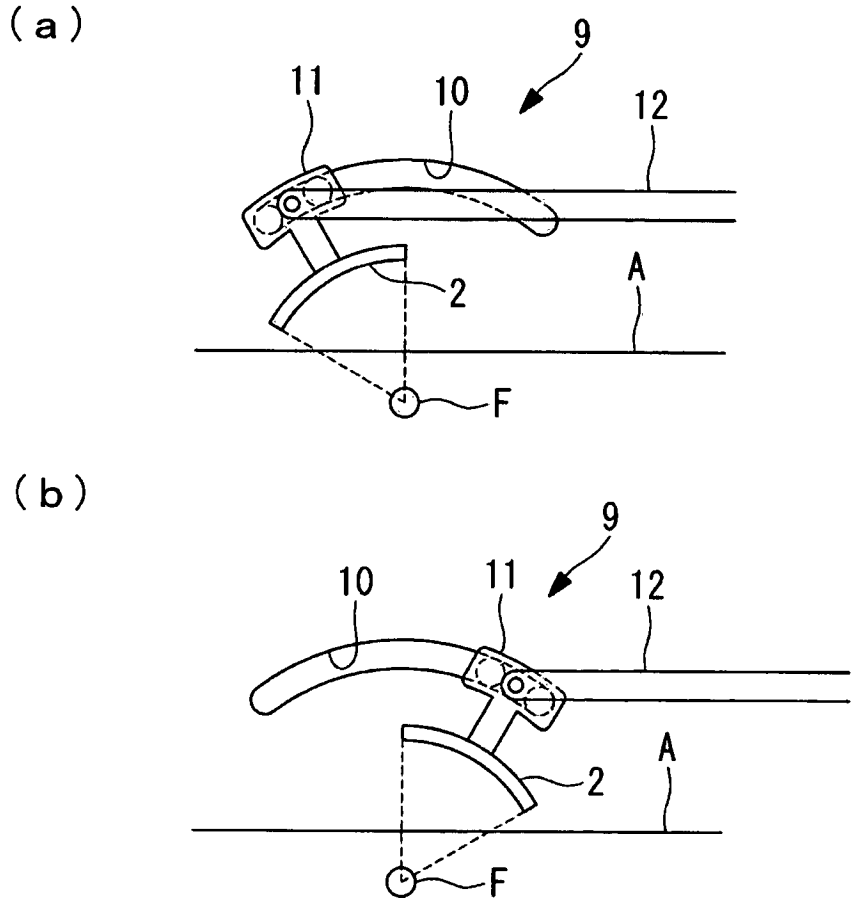

(a)
9
11
10
12
2
A
F
(b)
9
10
11
12
2
A
F

FIG. 6

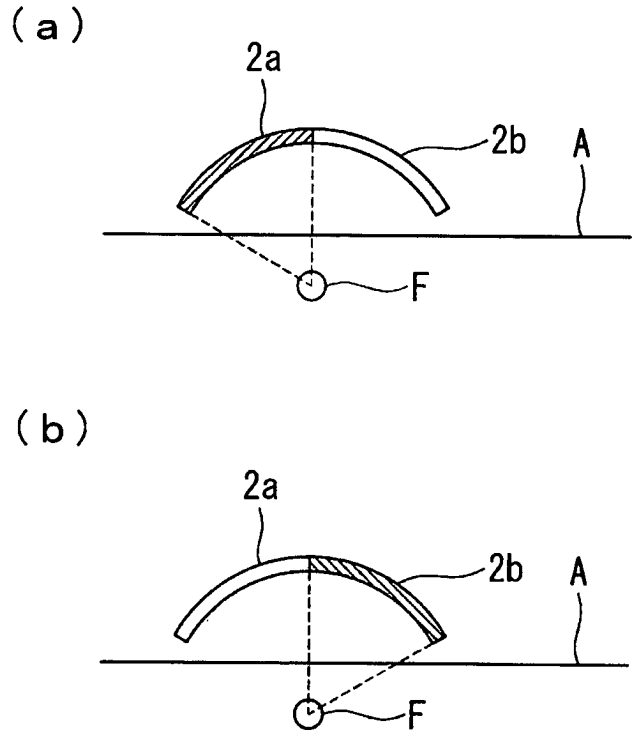


FIG. 7

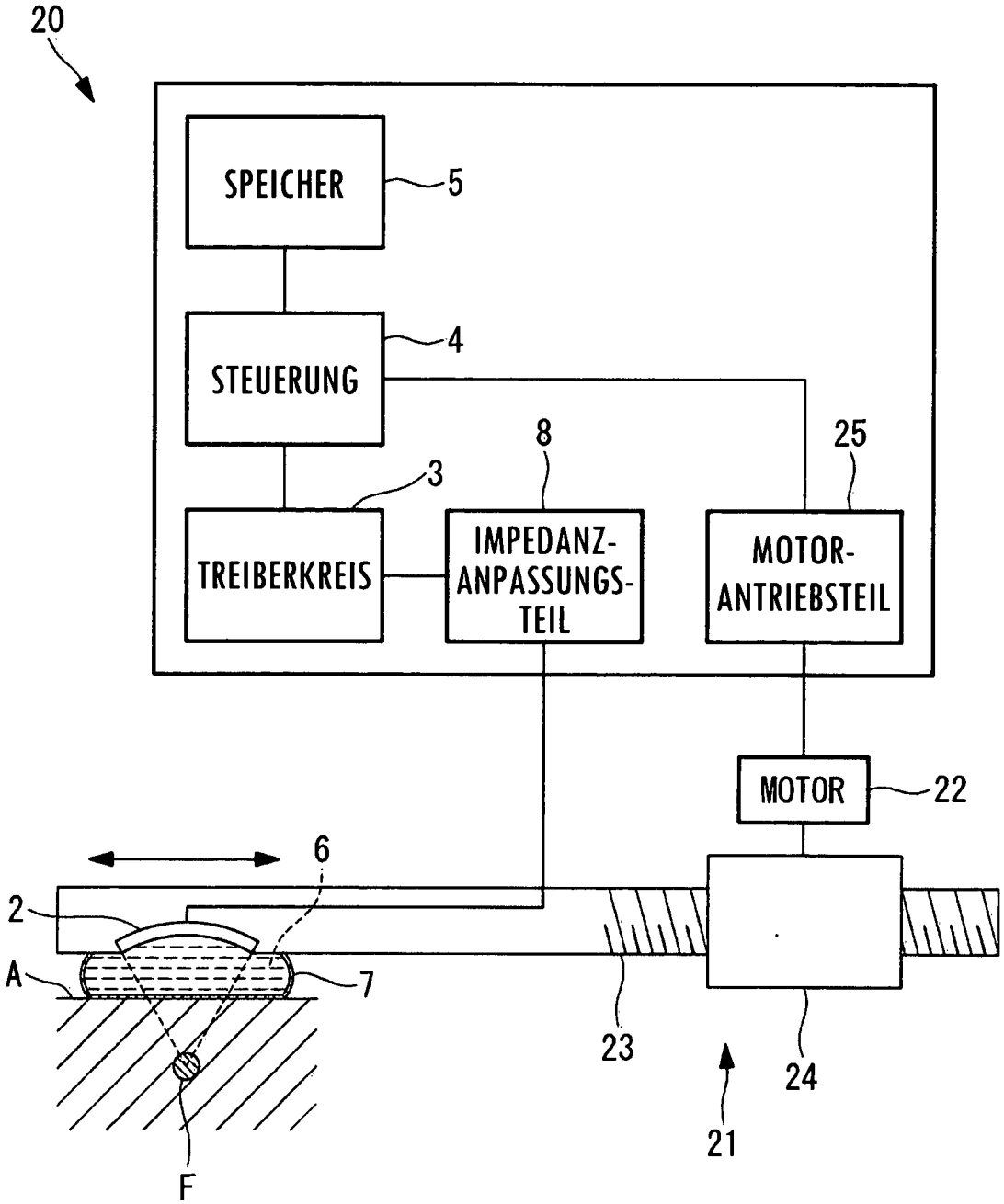

20
SPEICHER
5
STEUERUNG
4
8
25
3
TREIBERKREIS
IMPEDANZ-ANPASSUNGS-TEIL
MOTOR-ANTRIEBSTEIL
MOTOR
22
6
2
A
7
F
23
24
21

FIG. 8

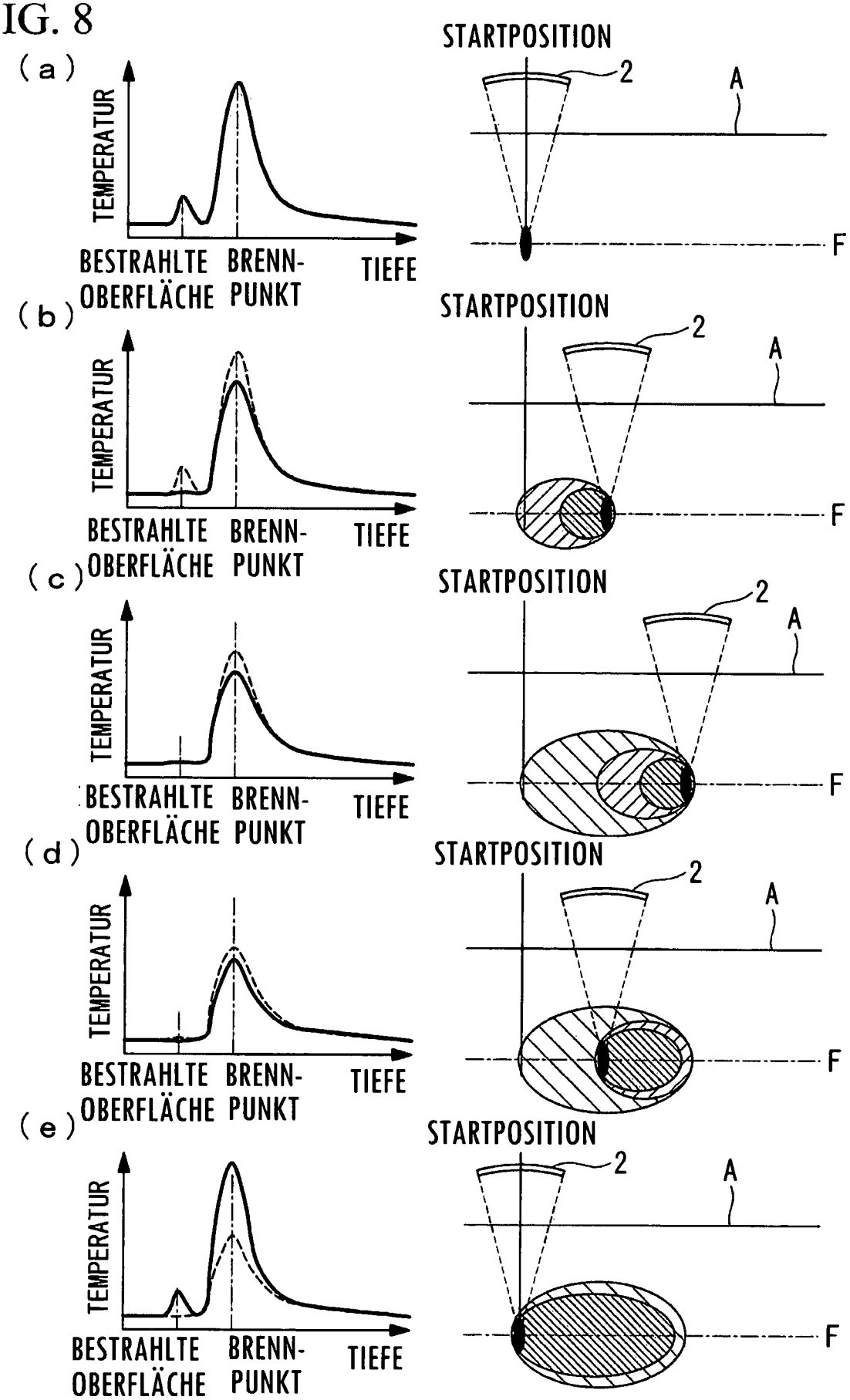

(a)
TEMPERATUR
BESTRAHLTE OBERFLÄCHE
BRENN-PUNKT
TIEFE
STARTPOSITION
2
A
F
(b)
TEMPERATUR
BESTRAHLTE OBERFLÄCHE
BRENN-PUNKT
TIEFE
STARTPOSITION
2
A
F
(c)
TEMPERATUR
BESTRAHLTE OBERFLÄCHE
BRENN-PUNKT
TIEFE
STARTPOSITION
2
A
F
(d)
TEMPERATUR
BESTRAHLTE OBERFLÄCHE
BRENN-PUNKT
TIEFE
STARTPOSITION
2
A
F
(e)
TEMPERATUR
BESTRAHLTE OBERFLÄCHE
BRENN-PUNKT
TIEFE
STARTPOSITION
2
A
F

FIG. 9

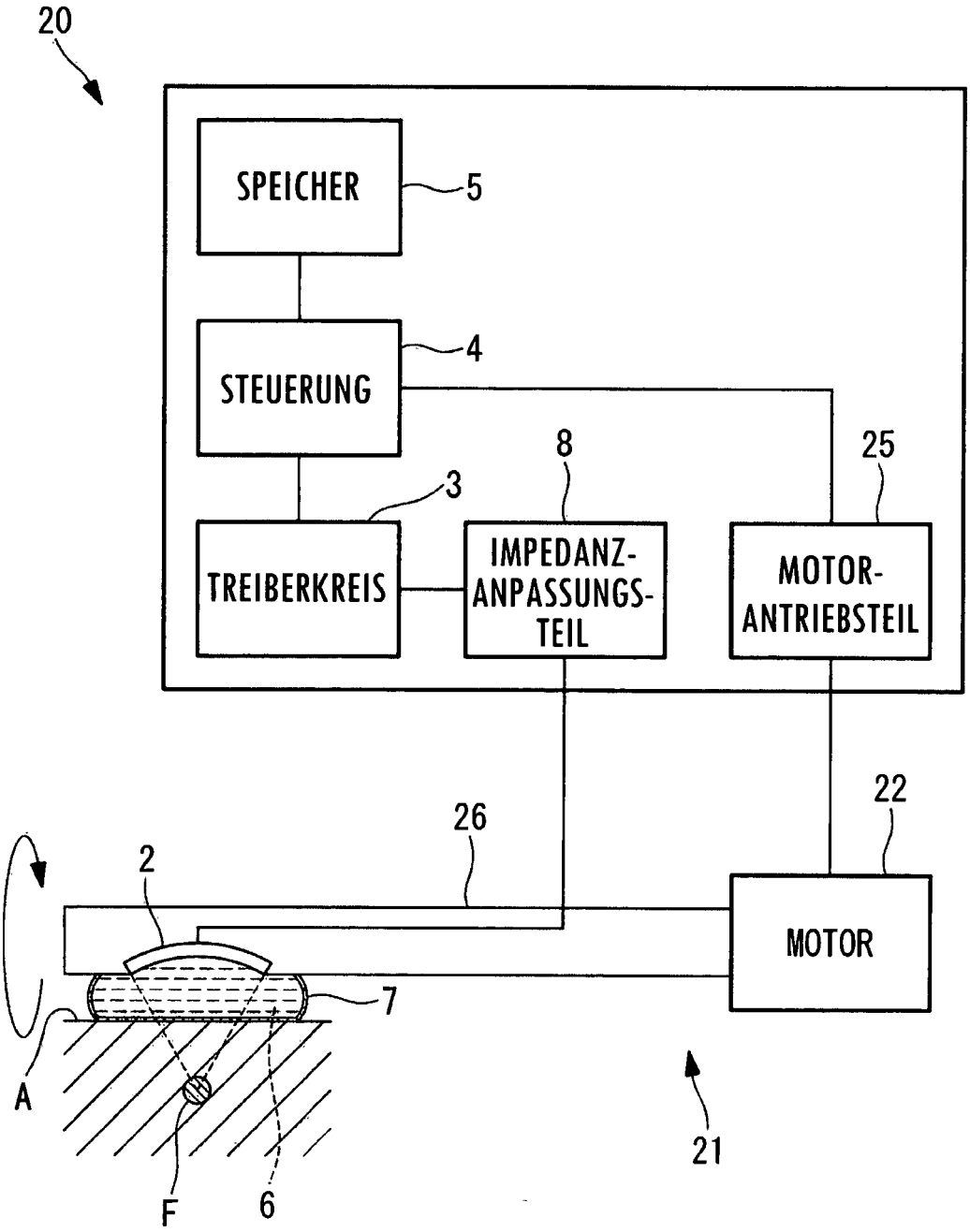

20
SPEICHER
5
STEUERUNG
4
8
25
3
TREIBERKREIS
IMPEDANZ-
ANPASSUNGS-
TEIL
MOTOR-
ANTRIEBSTEIL
22
26
2
MOTOR
7
A
21
F
6

FIG. 10

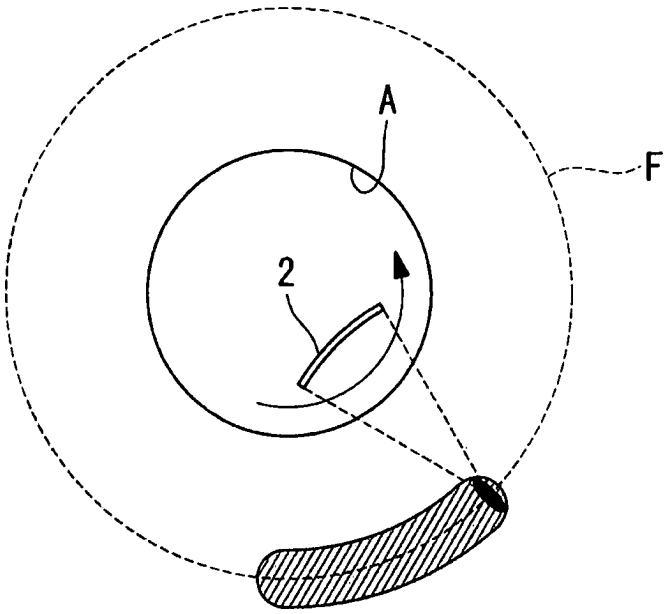


FIG. 11

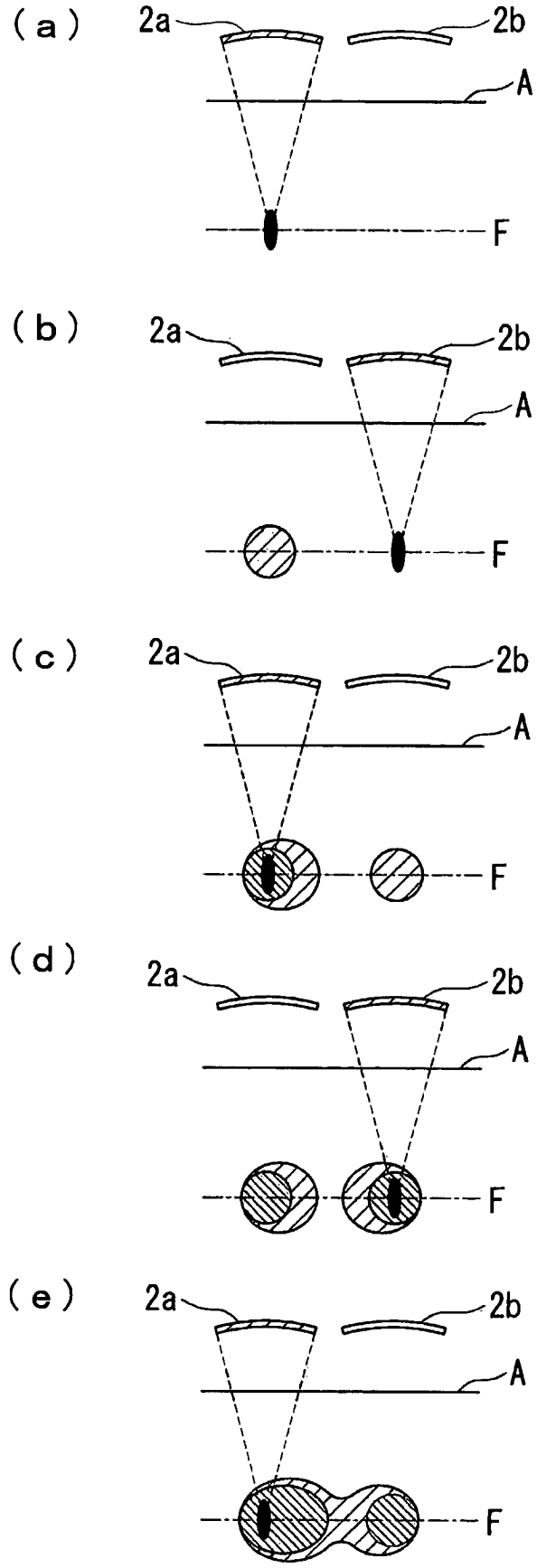
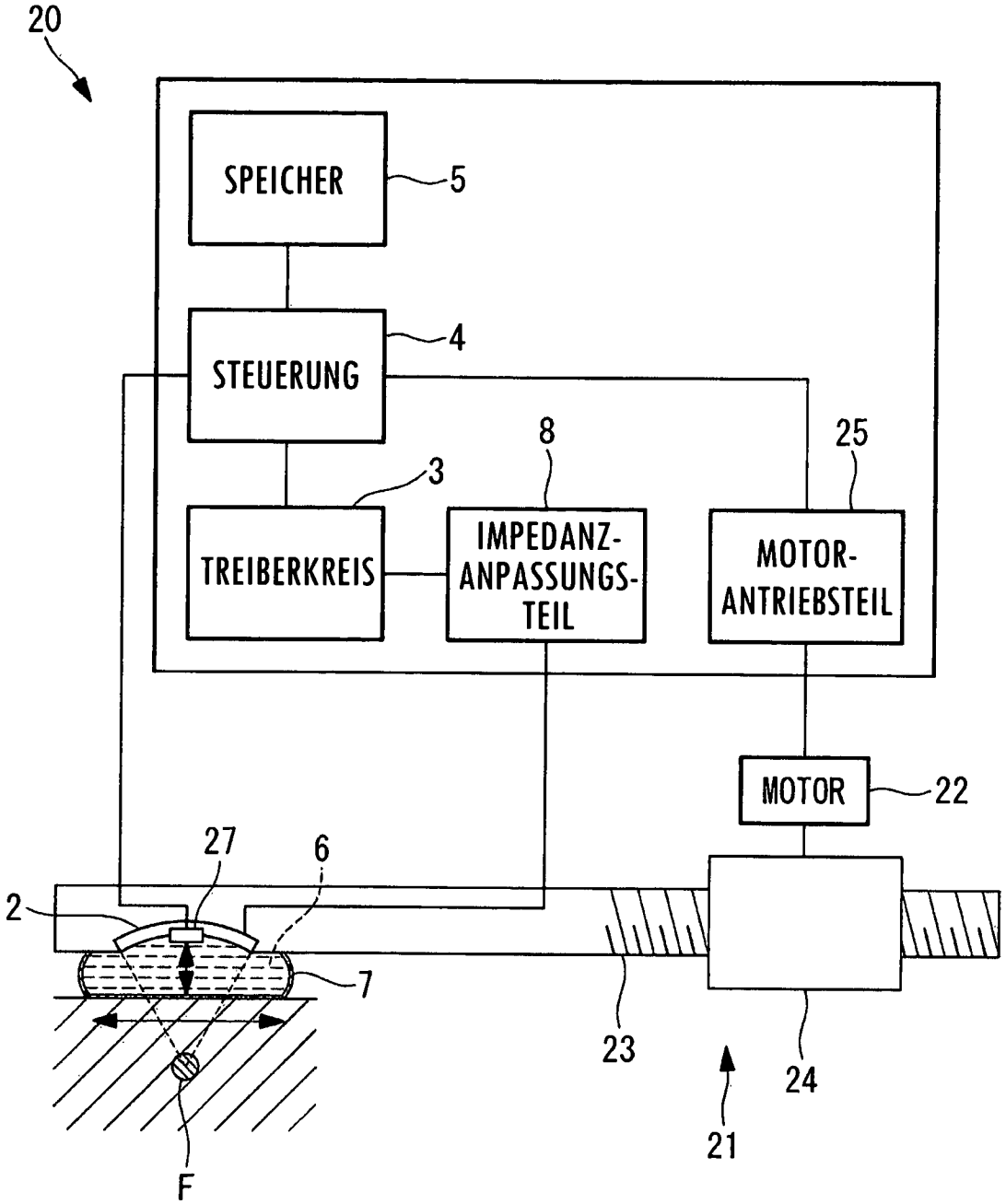


FIG. 12


20
SPEICHER
5
STEUERUNG
4
8
25
3
TREIBERKREIS
IMPEDANZ-
ANPASSUNGS-
TEIL
MOTOR-
ANTRIEBSTEIL
MOTOR
22
27
6
2
7
23
24
21
F