



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2018 102 965.9**
(22) Anmeldetag: **09.02.2018**
(43) Offenlegungstag: **14.08.2019**

(51) Int Cl.: **A61B 34/20** (2016.01)
A61B 5/055 (2006.01)
A61B 18/12 (2006.01)
G01R 33/28 (2006.01)

(71) Anmelder:
**Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, 39120
Magdeburg, DE**

(72) Erfinder:
**Gerlach, Thomas, 39128 Magdeburg, DE;
Pannicke, Enrico, 39114 Magdeburg, DE**

(74) Vertreter:
**Gramm, Lins & Partner Patent- und
Rechtsanwälte PartGmbH, 30173 Hannover, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

US	2011 257 511	A1
US	5 353 795	A
EP	2 496 164	B1
WO	2002 083 016	A1

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

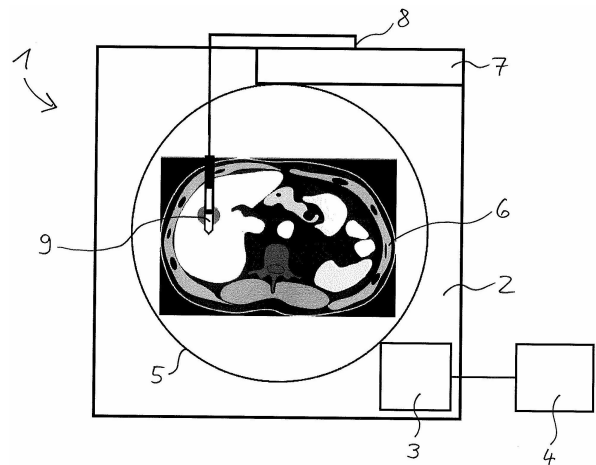
Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Hybridsystem für die Durchführung einer Magnetresonanztomographie und einer Radiofrequenzablation sowie Verfahren zu dessen Betrieb**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Hybridsystem für die Durchführung einer Magnetresonanztomographie (MRT) und einer Radiofrequenzablation an einem Patienten, mit folgenden Merkmalen:

- a) das Hybridsystem weist ein Magnetresonanztomographiesystem auf, in dem MRT-Hochfrequenzsignale zur Durchführung der Magnetresonanztomographie erzeugbar und an einem Ausgangsanschluss des Magnetresonanztomographiesystems bereitstellbar sind,
- b) das Hybridsystem weist wenigstens eine Ablationselektrode zur Durchführung der Radiofrequenzablation auf,
- c) die wenigstens eine Ablationselektrode ist mit dem Ausgangsanschluss des Magnetresonanztomographiesystems gekoppelt, sodass die Radiofrequenzablation über die wenigstens eine Ablationselektrode mittels der MRT-Hochfrequenzsignale durchführbar ist.

Die Erfindung betrifft außerdem ein Verfahren zum Betrieb eines derartigen Hybridsystems.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Hybridsystem für die Durchführung einer Magnetresonanztomographie (MRT) und einer Radiofrequenzablation an einem Patienten. Die Erfindung betrifft außerdem ein Verfahren zum Betrieb eines derartigen Hybridsystems.

[0002] Die Magnetresonanztomographie, abgekürzt MRT, ist ein bildgebendes Verfahren, das in der Medizin zur Darstellung von Struktur und Funktion von Gewebe und Organen im Körper eingesetzt wird. Mit der MRT kann man Schnittbilder des Körpers eines Patienten erzeugen. Zur Durchführung der MRT werden vom Magnetresonanztomographiesystem Hochfrequenzsignale erzeugt, die nachfolgend als MRT-Hochfrequenzsignale bezeichnet werden. Diese MRT-Hochfrequenzsignale werden bspw. über eine Sendespule in Form von magnetischen Wechselfeldern mit hoher Amplitude in den Patienten eingespeist. Bei einer bestimmten Frequenz (der sog. Larmorfrequenz) werden hierdurch bestimmte Atomkerne im Körper resonant angeregt, wodurch nach Ausschalten des HF-Feldes in einem Empfängerstromkreis ein elektrisch-induziertes Signal gemessen werden kann.

[0003] Die Prozedur aus Senden von HF-Feldern und Empfangen von Messsignalen werden mit Einschalten von separaten ortsabhängigen Magnetfeldern wiederholt. Dies ermöglicht eine Ortskodierung der Signale im Körper. Die aufgenommenen Signale können dann in einem rechnergestützten Post-Processing ausgewertet und visualisiert werden.

[0004] Die Radiofrequenzablation, abgekürzt RFA, ist ein hyperthermischer und minimal-invasiver Ansatz zur Zerstörung von Tumoren und Metastasen. Die Radiofrequenzablation wird in der Regel unter Nutzung medizinischer Bildgebung durchgeführt, wozu bevorzugt die Magnetresonanztomographie genutzt wird. Bei der Radiofrequenzablation wird ein Hochfrequenzgenerator über abgeschirmte Kabel mit einer Ablationselektrode gekoppelt, über die die Radiofrequenzenergie in den Patienten eingespeist wird. Hierbei ist häufig ein großer Aufwand erforderlich, um eine nachteilige Beeinflussung der MRT-Bildgebung durch die Radiofrequenzablation zu vermeiden. Insgesamt ist der hierfür erforderliche apparative Aufwand sehr hoch.

[0005] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, den Aufwand für die MRT-geführte Radiofrequenzablation zu verringern.

[0006] Diese Aufgabe wird gelöst durch ein Hybridsystem für die Durchführung einer Magnetresonanztomographie (MRT) und einer Radiofrequenzablation an einem Patienten, mit folgenden Merkmalen:

a) das Hybridsystem weist ein Magnetresonanztomographiesystem auf, in dem MRT-Hochfrequenzsignale zur Durchführung der Magnetresonanztomographie erzeugbar und an einem Ausgangsanschluss des Magnetresonanztomographiesystems bereitstellbar sind,

b) das Hybridsystem weist wenigstens eine Ablationselektrode zur Durchführung der Radiofrequenzablation auf,

c) die wenigstens eine Ablationselektrode ist mit dem Ausgangsanschluss des Magnetresonanztomographiesystems gekoppelt, sodass die Radiofrequenzablation über die wenigstens eine Ablationselektrode mittels der MRT-Hochfrequenzsignale durchführbar ist.

[0007] Es wurde festgestellt, dass die vom Magnetresonanztomographiesystem bereitgestellten MRT-Hochfrequenzsignale, die für die Durchführung der Magnetresonanztomographie und deren Bildgebung eingesetzt werden, auch für die Durchführung der Radiofrequenzablation geeignet sind. Insbesondere ist die bspw. am Ausgang eines HF-Verstärkers des Magnetresonanztomographiesystems bereitgestellte Energie der MRT-Hochfrequenzsignale ausreichend für die Durchführung einer Radiofrequenzablation. Somit kann das gesamte System vereinfacht werden, da kein gesonderter Hochfrequenzgenerator für die Speisung der Ablationselektrode erforderlich ist. Stattdessen kann die Ablationselektrode oder gegebenenfalls mehrere Ablationselektroden direkt oder über Zusatzbauelemente am Ausgangsanschluss des Magnetresonanztomographiesystems angeschlossen werden. Auf diese Weise wird die wenigstens eine Ablationselektrode mit der Hochfrequenzenergie der MRT-Hochfrequenzsignale gespeist, sodass direkt mittels der MRT-Hochfrequenzsignale die Radiofrequenzablation durchgeführt werden kann.

[0008] Auf diese Weise wird das gesamte System vereinfacht, es können Kosten gespart werden und zudem sind weniger Komponenten erforderlich, die geprüft werden müssen oder die ausfallen oder Störungen verursachen könnten. Zudem können Störeinflüsse der Radiofrequenzablation bei der MRT-Bildgebung reduziert werden, da keine gesonderten, nicht mit den MRT-Hochfrequenzsignalen synchronisierten Signale in den Patienten eingespeist werden.

[0009] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, dass das Hybridsystem eine Pulserzeugungsschaltung aufweist, durch die der wenigstens einen Ablationselektrode die für die Radiofrequenzablation erforderlichen Hochfrequenzsignale gepulst zuführbar sind. Auf diese Weise kann eine gepulste Radiofrequenzablation durchgeführt werden. Insbesondere in Kombination mit der Nutzung der MRT-Hochfrequenzsignale für die Radiofre-

quenzablation ergibt sich der vorteilhafte Synergieeffekt, dass die MRT-Hochfrequenzsignale bei üblichen Magnetresonanztomographiesystemen bereits gepulst erzeugt werden, z.B. in Form von Pulszügen, die aus einer Vielzahl von einzelnen Hochfrequenzpulsen bestehen, wobei zwischen solchen Pulszügen eine Pause vorhanden ist, in der keine Hochfrequenzpulse erzeugt werden.

[0010] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, dass die wenigstens eine Ablationselektrode mit einem Hochfrequenzsignal mit der Larmorfrequenz gespeist ist. Dies hat den Vorteil, dass der von der Ablationselektrode in den Patienten eingespeiste Ablationsstrom ein magnetisches Wirbelfeld erzeugt, welches wiederum messbare Magnetresonanz-Signale generiert, sodass auch dieses Wirbelfeld durch die MRT-Bildgebung erfasst und visualisiert werden kann.

[0011] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, dass das Hybridsystem dazu eingerichtet ist, den durch die Ablationselektrode in den Patienten eingespeisten Ablationsstrom über die Bildgebung des Magnetresonanztomographiesystems aufzunehmen und zu visualisieren. Dies hat den Vorteil, dass dem Anwender des Hybridsystems zusätzliche Informationen über den aktuellen Zustand der Radiofrequenzablation gegeben werden können. Es können z.B. die bei der MRT-Bildgebung resultierenden Signalintensitäten qualitative Auskünfte über den Stromverlauf des Ablationsstroms liefern. Für die Stromvisualisierung kann z.B. eine Messung der Amplitude und Phase der Magnetfelder durchgeführt werden, woraus die Amplitude und Phase des Ablationsstroms rekonstruiert werden können.

[0012] Durch die Nutzung der MRT-Hochfrequenzsignale für die Radiofrequenzablation ist zudem keine aufwendige Phasen-Synchronisation zwischen dem Ablationssignal und der MRT-Bildgebung erforderlich.

[0013] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, dass das Hybridsystem dazu eingerichtet ist, die MRT-Hochfrequenzsignale entweder der wenigstens einen Ablationselektrode oder einer MRT-Sendespule des Magnetresonanztomographiesystems zuzuführen. Auf diese Weise wird eine gemischte Nutzung der einzelnen Signale der MRT-Hochfrequenzsignale vermieden. Stattdessen werden die MRT-Hochfrequenzsignale zu einem Zeitpunkt immer nur einer Nutzung zugeführt, d.h. entweder der Radiofrequenzablation oder der Bildgebung der Magnetresonanztomographie. Hierdurch kann eine hohe Bildqualität bei der Magnetresonanztomographie sichergestellt werden. Für die Zuführung der MRT-Hochfrequenzsignale entweder zur Ablationselektrode oder zur MRT-Sendespule kann

bspw. ein computergesteuerter Umschalter vorhanden sein.

[0014] Die eingangs genannte Aufgabe wird ferner gelöst durch ein Verfahren zum Betrieb eines Hybridsystems der zuvor erläuterten Art, bei dem der wenigstens einen Ablationselektrode zumindest zeitweise die MRT-Hochfrequenzsignale des Magnetresonanztomographiesystems zugeführt werden. Auch hierdurch lassen sich die zuvor erläuterten Vorteile realisieren.

[0015] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, dass die MRT-Hochfrequenzsignale des Magnetresonanztomographiesystems wechselweise der wenigstens einen Ablationselektrode und einer MRT-Sendespule des Magnetresonanztomographiesystems zugeführt werden. Auf diese Weise kann jeweils ein ungestörtes Signal mit voller Signalintensität entweder für die eine Anwendung oder die andere Anwendung genutzt werden. Dies kommt insbesondere der Qualität der MRT-Bildgebung zugute.

[0016] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, dass die Bilderzeugung für die Visualisierung der Magnetresonanztomographie unterbrochen wird, während die wenigstens eine Ablationselektrode mit den MRT-Hochfrequenzsignalen gespeist wird. Diese Unterbrechung der Bilderzeugung ist für den Anwender nicht störend, da sie derart kurzfristig ist, dass sie im Wesentlichen nicht wahrgenommen wird.

[0017] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, dass das vom Ablationsstrom der wenigstens einen Ablationselektrode im Patienten erzeugte magnetische Wirbelfeld über das Magnetresonanztomographiesystem aufgenommen und als Stromverlauf visualisiert wird. Auf diese Weise können dem Anwender zusätzliche Informationen über den aktuellen Zustand der Radiofrequenzablation geliefert werden.

[0018] Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen unter Verwendung von Zeichnungen näher erläutert.

[0019] Es zeigen

Fig. 1 ein Hybridsystem in schematisierter Darstellung und

Fig. 2 die Erzeugung gepulster Hochfrequenzsignale und

Fig. 3, Fig. 4 weitere Ausführungsformen eines Hybridsystems.

[0020] Die **Fig. 1** zeigt ein Hybridsystem **1**, das ein Magnetresonanztomographiesystem **2** aufweist. Das Magnetresonanztomographiesystem **2** kann von üb-

licher, bekannter Bauart sein. Das Magnetresonanztomographiesystem **2** weist bspw. eine für Magnetresonanztomographie-Untersuchungen zu nutzende Röhre **5** auf, in der ein Patient **6** platziert werden kann. Über bspw. in der Wandung der Röhre **5** angeordnete Sendespulen werden die von einem Hochfrequenz-Verstärker **7** des Magnetresonanztomographiesystems **2** bereitgestellten MRT-Hochfrequenzsignale auf den Patienten **6** übertragen. Die resultierenden, empfangsseitig aufgenommenen Signale des Magnetresonanztomographiesystems werden über eine Bildgebung **3** des Magnetresonanztomographiesystems **2** erfasst und verarbeitet. Die hierdurch erzeugten Bildinformationen können auf einem Bildanzeigergerät **4** dargestellt werden.

[0021] Das Hybridsystem **1** ist ferner zur Durchführung einer Radiofrequenzablation an dem Patienten **6** eingerichtet. Hierzu ist zumindest eine Ablationselektrode **9** vorhanden, die bspw. an einem zu entfernenden Tumor im Patienten **6** platziert werden kann. Die Ablationselektrode **9** ist über eine Leitung mit einem Ausgangsanschluss **8** des Magnetresonanztomographiesystems, z.B. einem Ausgangsanschluss des HF-Ausgangsverstärkers **7**, verbunden. Auf diese Weise werden die am Ausgangsanschluss **8** bereitgestellten MRT-Hochfrequenzsignale der Ablationselektrode **9** zugeführt und in den Patienten **6** eingespeist.

[0022] Die **Fig. 2** zeigt einen beispielhaften Zeitverlauf der MRT-Hochfrequenzsignale **20**. Die MRT-Hochfrequenzsignale **20** können in Form von einzelnen Pulszügen, von denen in der **Fig. 2** zwei Pulszüge dargestellt sind, erzeugt werden. Ein Pulszug besteht aus einer Vielzahl von einzelnen Hochfrequenzpulsen. Zwischen den einzelnen Pulszügen ist eine Pause, im dargestellten Beispiel z.B. in einer Länge von ca. 2 Sekunden. Durch die Linie **21** wird eine mittlere Spannung dargestellt, die sich als effektive Spannung für den Ablationsprozess an der Ablationselektrode **9** einstellt. Beispielsweise kann der erste in **Fig. 2** dargestellte Pulszug **20** für die Radiofrequenzablation genutzt werden und dementsprechend nur der Ablationselektrode zugeführt werden und der andere, zweite dargestellte Pulszug **20** für die Bildgebung der Magnetresonanztomographie, d.h. dieser Pulszug wird lediglich einer MRT-Sendespule zugeführt.

[0023] Die **Fig. 3** zeigt weitere Merkmale des Hybridsystems **1**, die z.B. in dem anhand der **Fig. 1** erläuterten Hybridsystem realisiert sein können. Erkennbar ist eine Patientenliege **30**, auf der der Patient **6** platziert ist. Dargestellt ist ferner auch wiederum die Ablationselektrode **9**. Die Ablationselektrode **9** ist über eine Anpassungsschaltung **38** mit einem Funktionsblock **35** verbunden. Der Funktionsblock **35** enthält einen Umschalter **37**, z.B. in Form eines RX-TX-Switch. Über den Umschalter **37** kann die Ablations-

elektrode **9** wahlweise mit einem Sendekanal oder einem Empfangskanal des Hybridsystems **1** verbunden werden. Der Sendekanal kann über eine Sendeleitung **33** mit dem Funktionsblock **35** verbunden sein, der Empfangskanal über eine Empfangsleitung **34**. Der Funktionsblock **35** weist für den Empfangskanal einen Vorverstärker **36** auf, der mit der Empfangsleitung **34** verbunden ist. Die Sendeleitung **33** und die Empfangsleitung **34** sind mit einem Spulenstecker **32** verbunden, an den der Sendekanal und der Empfangskanal des Hybridsystems **1** angeschlossen werden können. Der Spulenstecker **32** kann mit einem Spulenterminal **31** verbunden sein, an dem die Hochfrequenzsignale für die Bildgebung bzw. für die Ablation entnommen werden können.

[0024] Im Betrieb des Hybridsystems gemäß **Fig. 3** wird computergesteuert der Umschalter **37** umgeschaltet, z.B. bei den in **Fig. 2** dargestellten Pulszügen abwechselnd, sodass die MRT-Hochfrequenzsignale wechselweise der einen oder der anderen Anwendung zugeführt werden, sodass die Ablationselektrode **9** wechselweise im Sendefall oder im Empfangsfall fungiert.

[0025] Die **Fig. 4** zeigt eine weitere Ausgestaltung des Hybridsystems **1**, die sich von der Ausführungsform der **Fig. 3** wie folgt unterscheidet. Für die MRT-Bildgebung bzw. die Aufnahme der Magnetfelder zur Durchführung der MRT-Bildgebung ist eine MRT-Spule **40** vorhanden, z.B. in Form einer Leiterschleife. Die MRT-Spule **40** ist über eine Anpassungsschaltung **42** mit dem Funktionsblock **35** verbunden. Der Funktionsblock **35** weist außer dem bereits erläuterten Umschalter **37** und dem Vorverstärker **36** zusätzlich einen weiteren Umschalter **41** auf.

[0026] Im Betrieb des Hybridsystems gemäß **Fig. 4** wird computergesteuert der Umschalter **41** umgeschaltet, z.B. bei den in **Fig. 2** dargestellten Pulszügen abwechselnd, sodass die MRT-Hochfrequenzsignale wechselweise der Ablationselektrode **9** oder der MRT-Spule **40** zugeführt werden.

[0027] Beim Umschalten mit dem Umschalter **41** auf die Ablationselektrode **9** wäre die Anwendung Ablation möglich und beim Umschalten auf die MRT-Spule **40** wäre die Anwendung MRT-Bildgebung möglich.

Patentansprüche

1. Hybridsystem (1) für die Durchführung einer Magnetresonanztomographie (MRT) und einer Radiofrequenzablation an einem Patienten (6), mit folgenden Merkmalen:

a) das Hybridsystem (1) weist ein Magnetresonanztomographiesystem (2) auf, in dem MRT-Hochfrequenzsignale (20) zur Durchführung der Magnetresonanztomographie erzeugbar und an einem Aus-

gangsanschluss (8) des Magnetresonanztomographiesystems (2) bereitstellbar sind,
 b) das Hybridsystem (1) weist wenigstens eine Ablationselektrode (9) zur Durchführung der Radiofrequenzablation auf,
 c) die wenigstens eine Ablationselektrode (9) ist mit dem Ausgangsanschluss (8) des Magnetresonanztomographiesystems (2) gekoppelt, sodass die Radiofrequenzablation über die wenigstens eine Ablationselektrode (9) mittels der MRT-Hochfrequenzsignale (20) durchführbar ist.

2. Hybridsystem nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Hybridsystem (1) eine Pulserzeugungsschaltung aufweist, durch die der wenigstens einen Ablationselektrode (9) die für die Radiofrequenzablation erforderlichen Hochfrequenzsignale gepulst zuführbar sind.

3. Hybridsystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die wenigstens eine Ablationselektrode (9) mit einem Hochfrequenzsignal mit der Larmorfrequenz gespeist ist.

4. Hybridsystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Hybridsystem (1) dazu eingerichtet ist, den durch die Ablationselektrode (9) in den Patienten (6) eingespeisten Ablationsstrom über die Bildgebung (3) des Magnetresonanztomographiesystems (2) aufzunehmen und zu visualisieren.

5. Hybridsystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Hybridsystem (1) dazu eingerichtet ist, die MRT-Hochfrequenzsignale (20) entweder der wenigstens einen Ablationselektrode (9) oder einer MRT-Sendespule des Magnetresonanztomographiesystems zuzuführen.

6. Verfahren zum Betrieb eines Hybridsystems nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der wenigstens einen Ablationselektrode (9) zumindest zeitweise die MRT-Hochfrequenzsignale (20) des Magnetresonanztomographiesystems (2) zugeführt werden.

7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die MRT-Hochfrequenzsignale (20) des Magnetresonanztomographiesystems (2) wechselweise der wenigstens einen Ablationselektrode (9) und einer MRT-Sendespule des Magnetresonanztomographiesystems (2) zugeführt werden.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Bilderzeugung für die Visualisierung der Magnetresonanztomographie unterbrochen wird, während die wenigstens eine Ablationselektrode (9) mit den MRT-Hochfrequenzsignalen (20) gespeist wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass das vom Ablationsstrom der wenigstens einen Ablationselektrode (9) im Patienten (6) erzeugte magnetische Wirbelfeld über das Magnetresonanztomographiesystem (2) aufgenommen und als Stromverlauf visualisiert wird.

Es folgen 4 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

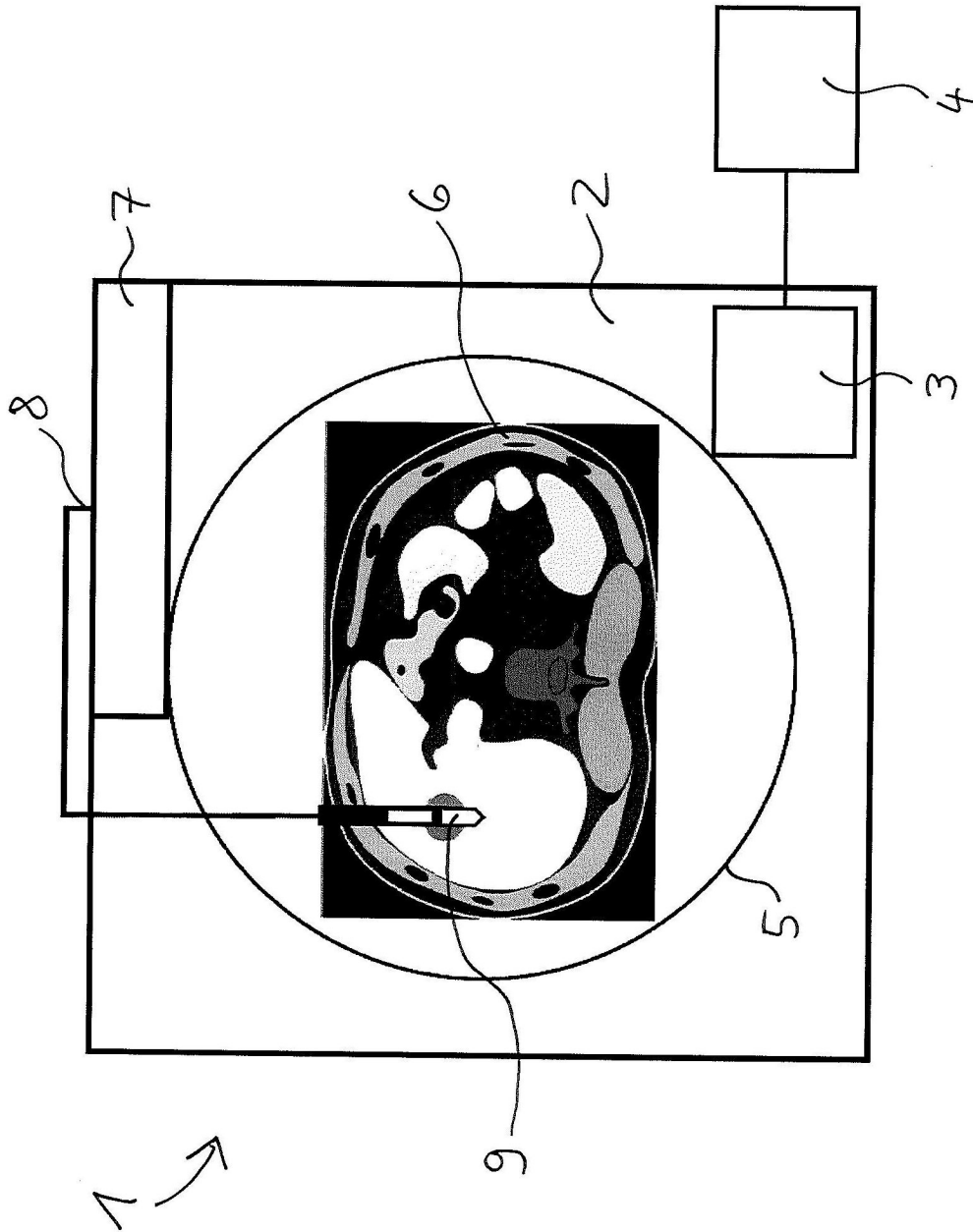


Fig. 1

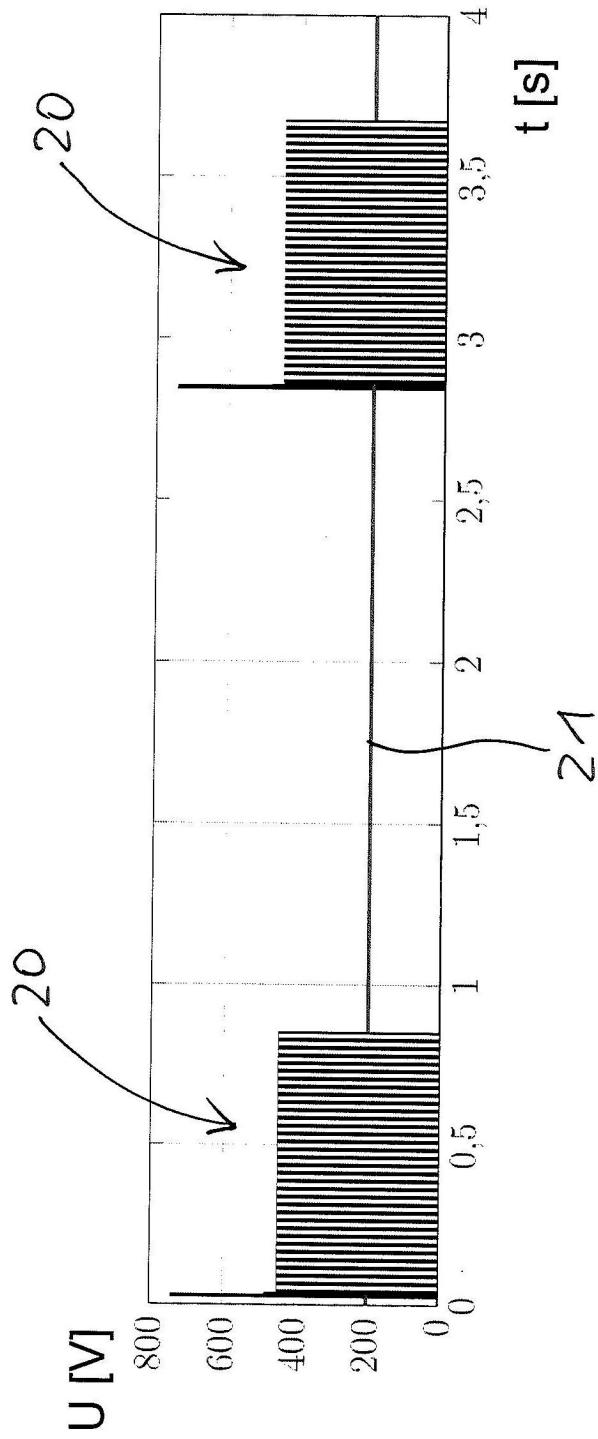


Fig. 2

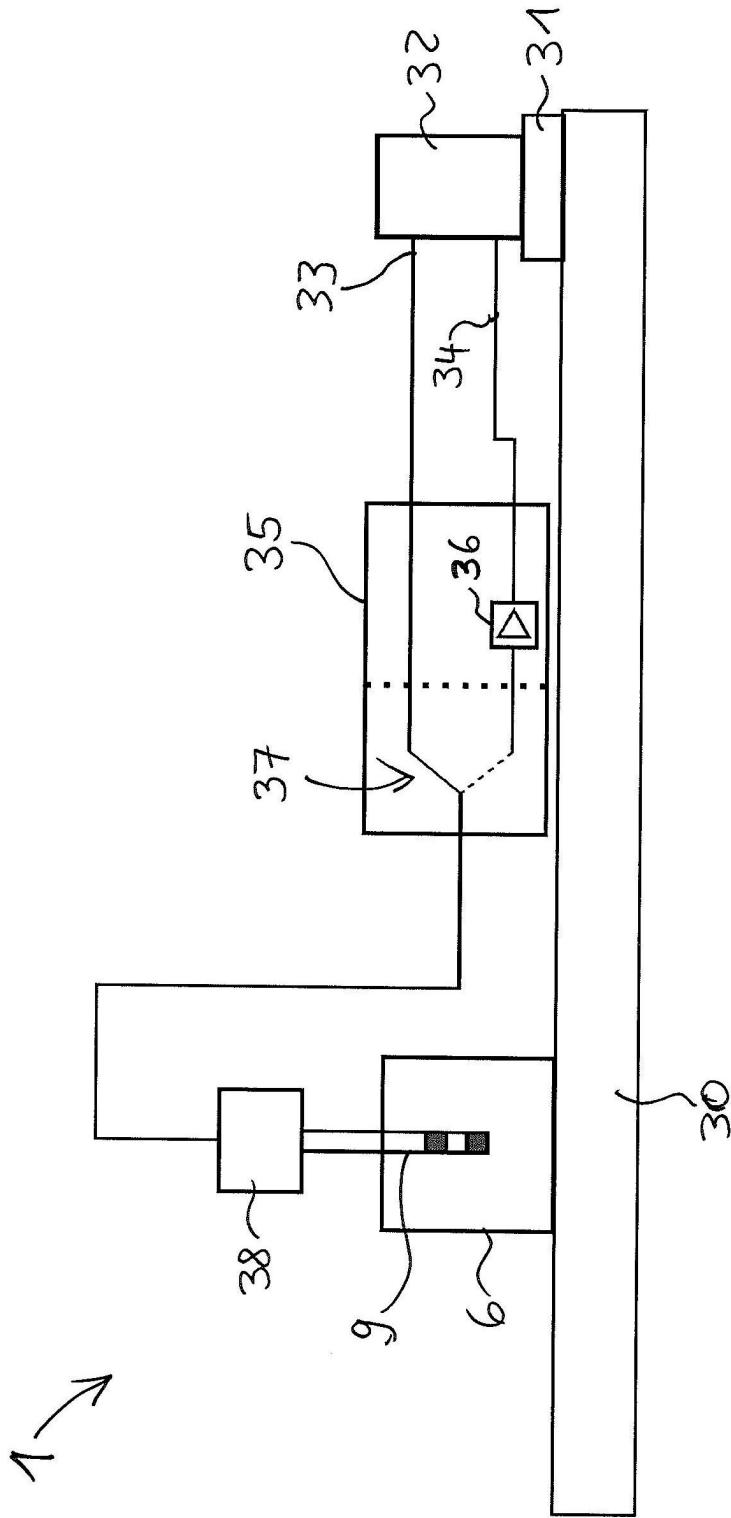


Fig. 3

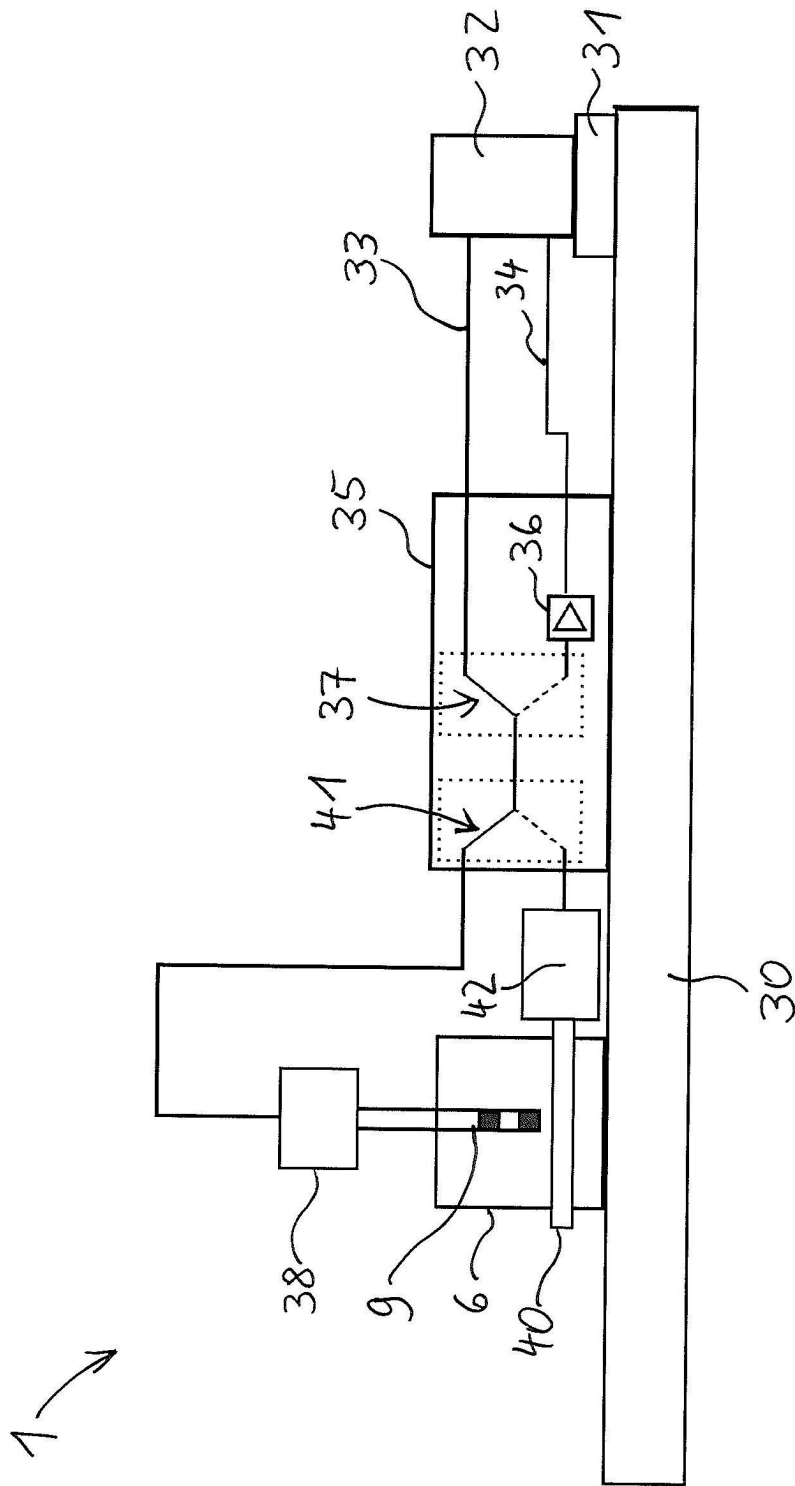


Fig. 4