



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 697 33 815 T2** 2006.06.08

(12)

## Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 0 888 086 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **697 33 815.0**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/IL97/00059**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **97 902 563.2**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 97/029701**

(86) PCT-Anmeldetag: **14.02.1997**

(87) Veröffentlichungstag

der PCT-Anmeldung: **21.08.1997**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **07.01.1999**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **27.07.2005**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **08.06.2006**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **A61B 17/22** (2006.01)  
**A61N 1/18** (2006.01)

(30) Unionspriorität:

**11721 P 15.02.1996 US**

(73) Patentinhaber:

**Biosense Webster, Inc., Diamond Bar, Calif., US**

(74) Vertreter:

**BOEHMERT & BOEHMERT, 80336 München**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**DE, ES, FR, GB, IT, NL**

(72) Erfinder:

**BEN-HAIM, Shlomo, 34454 Haifa, IL; FENSTER, Maier, 49600 Petach Tikva, IL**

(54) Bezeichnung: **SONDE ZUR EXKAVATION**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

**Beschreibung**

## Gebiet der Erfindung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf das Gebiet der minimal invasiven Chirurgie und im speziellen auf das Durchführen chirurgischer Eingriffe mit Hilfe von Kathetern.

## Hintergrund der Erfindung

**[0002]** Ein chirurgischer Eingriff ist ein traumatisches Erlebnis für den Patienten. Bei vielen chirurgischen Verfahren ist es nötig, durch mehrere Körpergewebsschichten, welche Fett, Muskeln und manchmal Knochen umfassen, zu schneiden, um einen Pfad zu einer zu behandelnden Läsion bereitzustellen. In einer üblichen Blinddarmoperation werden zum Beispiel die Bauchmuskeln durchtrennt, um den Blinddarm freizulegen. Die durchtrennten Muskeln benötigen typischerweise viel länger zum Ausheilen als die durch Entfernen des Blinddarms verursachte Verletzung. In einer neueren Operation zur Blinddarmentfernung, in der ein Laproskop verwendet wird, wird nur ein einzelnes Loch durch den Abdomen gestanzt, um den Blinddarm zu erreichen. Diese Art der Chirurgie ist Teil eines wachsenden Gebietes, das unter minimal invasiven medizinische Verfahren bekannt ist.

**[0003]** Minimal invasive medizinische Verfahren zielen darauf ab, das Trauma, das dem Patienten zugefügt wird, auf das für die therapeutische Behandlung notwendige Minimum zu reduzieren. Da der Großteil des Traumas in der Chirurgie durch Eintreten in den Körper verursacht ist, sind einige Vorrichtungen entwickelt worden, die innerhalb des Körpers operieren können und einen minimalen traumatischen Effekt auf den Körper ausüben, wenn sie in diesen eintreten. Als Beispiel seien Endoskope, welche durch eine der Körperöffnungen eintreten, um im Gastrointestinaltrakt zu operieren, Laproskope, welche unmittelbar in das weiche Körpergewebe gestanzt werden, Orthoskope zum Operieren in Gelenkkapseln, Gefäßkatheter zum Operieren im Gefäßsystem und spezielle Katheter für den Harntrakt genannt. Minimal invasive medizinische Verfahren sind im allgemeinen schneller, weniger traumatisch für den Patienten und sicherer als gewöhnliche invasive medizinische Verfahren.

**[0004]** Ein Beispiel für ein minimal invasives Verfahren ist das Auflösen einer Thrombose mit Hilfe eines Katheters. Akute myokardiale Infarkte (Herzinfarkte) und Schlaganfälle werden für gewöhnlich durch Thrombosen verursacht, welche in einem verengten Abschnitt eines Blutgefäßes sitzen, dieses blockieren und die Zufuhr an Sauerstoff zu dem Gewebe reduzieren. In vielen Fällen kann ein Teil des Gewebeschadens durch rasches Entfernen der Thrombose

abgewendet werden. In einem typischen Verfahren wird ein Katheter durch das Gefäßsystem in die Nähe der Thrombose geführt. Ein Fibrin-auflösendes Material, wie zum Beispiel Streptokinase oder t-PA-Enzyme, wird in das Blutgefäß injiziert und löst die Thrombose auf. In alternativen Verfahren wird die Thrombose mit einem Laserstrahl durchtrennt, der auf dem Katheter angebracht ist, mit Hilfe von Hochleistungsultraschall, welcher durch den Katheter geleitet wird, zerstückelt oder mit Hilfe eines Ballons gegen die Gefäßwand gedrückt. In einem weiteren minimal invasiven medizinischen Verfahren wird ein Stent in einem Aneurysma plaziert. Der Stent verursacht ein Gerinnen des den Stent umgebenden Bluts, so daß das Aneurysma mit Hilfe des Stents effektiv abgedichtet wird. Eine weitere Art eines minimal invasiven Verfahrens nutzt einen Katheter, um Antikrebsmittel in die Nähe von Tumoren im Gehirn zu injizieren.

**[0005]** US 4 917 095, deren Offenbarung hierin im Wege der Bezugnahme enthalten ist, beschreibt ein minimal invasives Verfahren zum Entfernen von Gallensteinen. Gallensteine können aus zwei Schichten gebildet sein, einer dünnen, harten äußeren Schicht, welche mit Hilfe einer extern generierten akustischen Stoßwelle zersetzt werden kann, und einer dicken, weichen inneren Schicht, welche mit Hilfe gewisser Chemikalien zersetzt werden kann. In dem 095-Patent wird ein Katheter oder Endoskop in die Gallengänge eingebracht und eine Chemikalie, welche Gallensteine auflöst, wird in die Gallenblase eingebracht. Die äußere Schale der Gallensteine wird mit Hilfe einer akustischen Stoßwelle zertrümmert, so daß die auflösende Chemikalie die weiche innere Schicht zersetzen kann. In weiteren Verfahren wird ein Antikrebsmittel, welches mit Hilfe eines Katheters lokal injiziert wird, durch Erwärmen der Umgebung mit Hilfe von fokussierten Ultraschall- oder Mikrowellen wirksamer gemacht.

**[0006]** US 5 215 680 für D'Arrigo, deren Offenbarung hierin im Wege der Bezugnahme enthalten ist, offenbart ein Verfahren zum Erzeugen von Lipid-ummantelten Mikroblasen. Zusätzlich offenbart das 680-Patent, daß solche Mikroblasen für die meisten Arten von Tumoren Kapillarwände natürlich durchwandern. Ein vorgeschlagenes Verfahren zur Behandlung von Tumoren besteht darin, solche Mikroblasen in den Strom zu injizieren, zu warten, daß sich Mikroblasen in dem Tumor ansammeln und den Tumor mit Hochleistungsultraschall zu bestrahlen, welcher Kavitation der Mikroblasen induziert. Diese Kavitation zerstört das Gewebe, in dem sich die Mikroblasen angesammelt haben, vollständig. Ein weiteres vorgeschlagenes Verfahren zum Zerstören eines Tumors besteht darin, Mikroblasen zu erzeugen, welche Antikrebsmittel einschließen. Wie zuvor, sammeln sich, wenn diese Mikroblasen in den Blutstrom injiziert werden, die Mikroblasen in dem Tumor und geben nach einer Weile ihre Antikrebsmittel ab.

**[0007]** Ein Verfahren des Bereitstellens von Hochleistungsschall an einer Stelle im Körper besteht darin, fokussierten Ultraschall zu verwenden. Ultraschall wird für gewöhnlich mit Hilfe einer phasengesteuerten Anordnung von Transmittern fokussiert. In einigen Systemen ist nur die Tiefe des Fokuspunktes kontrollierbar, während in anderen der Fokuspunkt in einer Ebene, die parallel zu der phasengesteuerten Anordnung liegt, durch geeignetes Betätigen der Anordnung bewegt werden kann. Fokussierter Ultraschall mit ausreichender Energiedichte wird zum Zerstören von Gewebe, speziell Tumoren, verwandt. Jedoch unterliegt fokussierter Ultraschall zwei Einschränkungen. Zum einen ist die erreichbare Größe des Brennflecks nicht viel kleiner als 5 mm. Zum zweiten ist es schwierig, die genaue Stelle des Brennflecks im Voraus zu bestimmen. Die akustische Ausbreitungsgeschwindigkeit in weichem Gewebe hängt von dem Gewebetyp ab, weshalb Brechungseffekte den Brennfleck bewegen und diesen zerstreuen.

**[0008]** Ein medizinisches Verfahren ist ein Leber-Bypass. Patienten, welche fortgeschrittene Leberzirrhose aufweisen, leiden als Folge einer Blockierung der Pfortader an erhöhten Venenblutdruck, welcher tödliche gastrointestinale Blutungen verursachen kann. In diesem experimentellen Verfahren wird eine Abzweigung zwischen der Lebervene und der Pfortader in der Leber erzeugt, um den Großteil der Leber zu umgehen. Somit wird der venöse Blutdruck reduziert und gastrointestinales Bluten verhindert. Zur Erzeugung der Abzweigung wird ein Katheter in die Pfortader oder Lebervene eingeführt und eine Nadel wird dazu verwandt, nach der anderen Ader zu suchen. Da die Nadel hohl ist, fließt, wenn die andere Ader gefunden ist, Blut durch die Nadel. Ein Stent wird entlang der Nadel geführt, um die beiden Adern zu verbinden. Dieses Verfahren wird mit Hilfe eines Fluoroscops durchgeführt und benötigt sehr lange, so daß die Strahlungsmenge, der der Patient und der Chirurg ausgesetzt sind, beträchtlich ist.

**[0009]** Ein weiteres experimentelles medizinisches Verfahren kann zur Unterstützung der Durchblutung in einem ischämischen Herzen verwandt werden. Dieses Verfahren wird vollständiger in US 5 380 316 beschrieben. In diesem Verfahren wird ein Katheter, an dessen Spitze sich ein Laser befindet, in Kontakt mit dem ischämischen Teil des Herzens gebracht, und es werden Löcher, welche die Herzwand perforieren, mit Hilfe des Lasers in die Herzwand gebohrt. Nach einer kurzen Zeit verbessert sich die Durchblutung in dem ischämischen Abschnitt. Es ist zu diesem Zeitpunkt nicht klar, ob das Herz direkt mittels dieser Löcher durchblutet wird oder ob das Trauma, welches durch das Bohren der Löcher hervorgerufen wird, das Bilden neuer Kapillaren fördert. Ein Hauptanliegen bei diesem Verfahren ist das Perforieren des Herzens.

**[0010]** In US 4 671 292 wird eine Ultraschallabbildungs-sonde offenbart, welche eine distale Spitze und einen Positionssensor aufweist, welcher die Position der Spitze bestimmt.

**[0011]** In US 5 385 148 wird eine Exkavationssonde offenbart, welche einen Sondenkörper mit einer distalen Spitze, einen Positionssensor, der die Position der Spitze bestimmt, und eine Quelle für Laserbestrahlung zur Exkavation neben der Spitze umfaßt.

#### Zusammenfassung der Erfindung

**[0012]** Es ist ein Ziel einiger Aspekte der vorliegenden Erfindung, eine Vorrichtung zum Durchführen einer kontrollierten Zerstörung von Gewebe in dem Körper bereitzustellen mit Hilfe einer minimal invasiven medizinischen Sonde, wie zum Beispiel einem Katheter.

**[0013]** Einige bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung erstreben diese Ziele durch Bereitstellen von Einrichtungen und Vorrichtungen zu erreichen, um chirurgische Eingriffe im menschlichen Körper mit Hilfe von Kathetern durchzuführen. Auf den Kathetern ist vorzugsweise ein Positionsdetektiersensor angebracht. Offenbarte chirurgische Verfahren koordinieren die Aktivitäten von verschiedenen Kathetern mit Hilfe von Positionsdetektion der Katheter.

**[0014]** Ein Vorteil katheterbasierter Chirurgie besteht darin, daß Katheter vorteilhaft verwandt werden können, um funktionales Abbilden des erkrankten Gewebes durchzuführen. Mit Hilfe eines katheterbasierten funktionalen Abbildens ist es leichter, das Ausmaß des erkrankten Gewebes zu bestimmen und das erkrankte Gewebe im gleichen Verfahren zu behandeln.

**[0015]** Es wird daher in Übereinstimmung mit der Erfindung eine Exkavationssonde bereitgestellt, welche einen Sondenkörper mit einer distalen Spitze, einen Positionssensor nahe der distalen Spitze, wobei der Positionssensor ein Magnetfeldempfänger ist, der die Position der Spitze durch Ermitteln der augenblicklichen Position der Spitze aus einem erzeugten Magnetfeld bestimmt, und eine Quelle für Mikroblasen an der Spitze umfaßt. Vorzugsweise umfaßt die Quelle für Mikroblasen eine Hohnadel, welche die Mikroblasen in das die Spitze umgebende Gewebe injiziert. Zusätzlich oder alternativ dazu umfaßt die Sonde einen Ultraschallbildgeber, welcher Regionen nahe der Spitze betrachtet. Zusätzlich oder alternativ dazu umfaßt der Positionssensor einen Orientierungssensor, welcher die Orientierung der Spitze der Sonde bestimmt.

**[0016]** Des weiteren wird ein Verfahren der minimal invasiven Chirurgie offenbart, welches Einbringen einer ersten Sonde, welche einen Positionssensor auf-

weist, in eine Lebervene, Finden der Lebervene mit Hilfe eines Bildgebers, Bestimmen der relativen Positionen der Probe und der Vene mit Hilfe des Positionssensors, Tunneln von der Lebervene zu der Pfortader und Installieren eines Stents zwischen den beiden Adern umfaßt. Alternativ umfaßt das Tunneln ein Zwängen einer der Sonden durch das Gewebe zwischen den Adern.

**[0017]** Des weiteren wird ein Verfahren zur Perfusion des Herzmuskels offenbart, welches das In-Kontakt-Bringen einer Sonde mit einer Stelle eines ischämischen Teils eines Herzens, Exkavieren einer Beiseitigung an der Stelle und Wiederholen des Verfahrens an mehreren Stellen umfaßt. Vorzugsweise wird die Tiefe mit Hilfe eines Ultraschallbildgebers bestimmt. Des weiteren ist der Ultraschallbildgeber bevorzugt auf der Sonde angebracht.

**[0018]** Die Exkavation wird vorzugsweise durchgeführt, während der ischämische Teil des Herzens in Bewegung ist.

**[0019]** Des weiteren wird ein Verfahren zur Exkavation offenbart, welches Heranbringen einer Sonde an eine Stelle, Injizieren von Mikroblasen an der Stelle und Bewirken von Gewebekavitation an der Stelle mit Hilfe von Ultraschall umfaßt. Die Mikroblasen werden bevorzugt direkt in das Gewebe injiziert. Alternativ werden die Mikroblasen in das vaskuläre Bett des Gewebes injiziert.

**[0020]** In einem offenbarten Verfahren umfaßt das Injizieren, wenn das Gewebe krebsartig ist, ein Injizieren von Mikrobläschen, welche durch Kapillaren in das krebsartige Gewebe an der Stelle geschwämmt werden.

**[0021]** Es wird ebenso ein Verfahren zum Koordinieren zweier Sonden offenbart, welches umfaßt:

- (a) Bereitstellen einer ersten und einer zweiten Sonde, auf welchen jeweils ein Positionssensor angebracht ist;
- (b) Durchführen eines medizinischen Verfahrens an einer Stelle mit Hilfe der ersten Sonde;
- (c) Bestimmen der relativen Positionen der Sonden; und
- (d) Durchführen eines medizinischen Verfahrens an der Stelle mit Hilfe der zweiten Sonde, wobei die Lokalisierung des medizinischen Verfahrens, welches von der zweiten Sonde durchgeführt wird, auf den bestimmten relativen Positionen basiert.

**[0022]** Die zweite Sonde ist vorzugsweise eine ultraschallbildgebende Sonde und die zweite Sonde ist orientiert, um die Stelle mit Hilfe der bestimmten relativen Stellen zu betrachten.

**[0023]** In einer bevorzugten Ausführungsform wird

eine dritte Sonde bereitgestellt, um die erste Sonde in dem medizinischen Verfahren zu unterstützen.

**[0024]** Es wird des weiteren ein Verfahren zum Koordinieren zweier Sonden offenbart, welches umfaßt:

- (a) Bereitstellen einer ersten und zweiten Sonde, auf welchen jeweils ein Positionssensor angebracht ist;
- (b) Durchführen eines ersten medizinischen Verfahrens an einer ersten Stelle mit Hilfe der ersten Sonde;
- (c) Durchführen eines zweiten medizinischen Verfahrens an einer zweiten Stelle mit Hilfe der zweiten Sonde;
- (d) Bestimmen der relativen Positionen der Sonden; und
- (e) Koordinieren der zwei medizinischen Verfahren mit Hilfe der bestimmten relativen Positionen.

**[0025]** Vorzugsweise wird ein drittes medizinisches Verfahren an einer dritten Stelle mit Hilfe einer dritten Sonde durchgeführt, welche mit den zwei Sonden koordiniert wird.

**[0026]** Die relativen Positionen umfassen bevorzugt relative Orientierungen.

**[0027]** Die zweite Sonde ist bevorzugt eine ultraschallbildgebende Sonde. Zusätzlich oder alternativ dazu ist die zweite Sonde eine Saugsonde. Zusätzlich oder alternativ dazu ist die erste Sonde eine Beiseitigungs-sonde (evacuating probe). Zusätzlich oder alternativ dazu ist die zweite Sonde eine Mikroblasen-injizierende Sonde.

**[0028]** Das Bestimmen der relativen Positionen der Sonden umfaßt bevorzugt Bestimmen der Position der ersten Sonde mit Hilfe nicht-ionisierender Strahlung, Bestimmen der Position der zweiten Sonde mit Hilfe nicht-ionisierender Strahlung und Subtrahieren der beiden Positionen.

#### Kurzbeschreibung der Abbildungen

**[0029]** Die Erfindung wird aus der folgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsformen in Verbindung mit den nachfolgenden Abbildungen klarer zu verstehen sein, in denen:

**[0030]** [Fig. 1A–Fig. 1C](#) verschiedene Ausführungsformen von Exkavationskathetern entsprechend bevorzugter Ausführungsformen der Erfindung zeigen;

**[0031]** [Fig. 2](#) ein offenbartes Verfahren des Injizierens von Mikroblasen in spezifische Kapillaren beleuchtet, so daß ein gewünschter Gewebeteil durch Kavieren der Mikroblasen mit Hilfe einer Exkavationssonde nach einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung zerstört werden kann;

[0032] **Fig. 3** ein offenbartes Verfahren des Richtens fokussierten Ultraschalls mit Hilfe eines Katheters beleuchtet; und

[0033] **Fig. 4A–Fig. 4C** offenbarte Beispiele der Katheterchirurgie mit Hilfe einer Vielzahl von koordinierten Kathetern zeigen, welche eine Exkavationssonde nach einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung umfassen.

Detaillierte Beschreibung der bevorzugten Ausführungsformen

[0034] Es werden Geräte und Vorrichtungen zur Exkavation am Herzen offenbart, um beispielsweise die Perfusion durch Erzeugen von Löchern in der Herzwand zu unterstützen.

[0035] **Fig. 1A** zeigt einen Exkavationskatheter **20** im Kontakt mit einem Segment der Herzwand **22**. Katheter **20** umfaßt Vorrichtungen zur Exkavation im Segment **22**, vorzugsweise eine Laserlichtquelle **24**, welche Löcher in das Segment **22** bohrt. Die Laserquelle **24** kann eine Glasfaser sein, die an eine externe Laserquelle angeschlossen ist. Katheter **20** umfaßt des weiteren eine Vorrichtung **26** zur Positionsermittlung, welche die augenblickliche Position der Spitze des Katheters **20** ermittelt. Der Positionssensor **26** ist ein AC-Magnetfeldempfänger, welcher ein Magnetfeld ermittelt, das durch einen Transmitter **32** erzeugt wird. Bevorzugte Positionssensoren sind weiter beschrieben in US 5 391 199 und in der PCT-Anmeldung PCT/US95/01103, welche als WO 96/05768 veröffentlicht ist. Der Positionssensor **26** wird bevorzugt genutzt, um zu bestimmen, wann Katheter **20**, welcher im Kontakt mit dem Segment **22** steht, nicht in Bewegung ist. Während der Diastole ist das Herz für eine kurze Zeitdauer relativ bewegungslos (höchstens für wenige hundert Millisekunden). Als Alternative zu einem Positionssensor, wird der Ort des Katheters **20** mit Hilfe von äußerem Abtasten oder Bildgebungseinrichtungen bestimmt. Der Laser **24** wird vorzugsweise nur betrieben, wenn Katheter **20** nicht in Bewegung ist, um sicherzustellen, daß der Laser **24** nur eine einzelne lokalisierte Exkavation **34** exkaviert.

[0036] Zusätzlich zum Bestimmen der absoluten Bewegung des Katheters **20** ist es von Bedeutung, die relative Bewegung zwischen Katheter **20** und der Exkavation **34** zu bestimmen. Verschiedene Methoden zum Bestimmen der relativen Bewegung zwischen dem Katheter **20** und der Exkavation **34** werden in einer US-Patentanmeldung mit dem Titel „Cardiac Electromechanics“, deren Erfinder Shlomo Ben-Haim ist und die am 1. Februar 1996 eingereicht wurde, und einer entsprechenden vorläufigen US-Anmeldung 60 009 769 (provisional application) beschrieben. Die offenbarten Verfahren umfassen Bestimmen, daß der Katheter **20** die gleiche Trajek-

torie bei jedem Herzzyklus wiederholt, Bestimmen der Existenz von bewegungsinduzierten Artefakten in einem lokal ermittelten Elektrogram und Bestimmen, daß Katheter **20** kontinuierlich in Kontakt mit Segment **22** bleibt, mit Hilfe eines Drucksensors oder durch Messen der Impedanz zwischen dem Katheter **20** und einer Körperelektrode. Die vorangehend in Bezug genommene US-Patentanmeldung offenbart des weiteren Verfahren zum Durchführen des Abbildens, insbesondere des funktionalen Abbildens, innerer Organe, wie zum Beispiel des Herzens.

[0037] Der Positionssensor **26** ermittelt ebenfalls die Orientierung des Katheters **20**. Bevorzugt werden Rollen und Gieren (roll and yaw), weiter bevorzugt ebenso das um die Querachse Schwingen (pitch) ermittelt. Kenntnis der Orientierung des Katheters **20** resultiert in der Kenntnis nicht nur der Position eines der Enden der Exkavation **34**, sondern auch seiner Morphologie im Segment **22**. Daher ist es möglich, den Laser **24** auch dann zu betreiben, wenn der Katheter in Bewegung ist, da eine exakte Exkavationsposition bestimmt werden kann. Des weiteren kann durch Betreiben des Lasers **24** in einer kontrollierten Weise, während der Katheter **20** in Bewegung ist, eine breitere Exkavation **34** erzeugt werden. Das Schwingen um die Querachse ist bedeutsam, wenn der Laser **24** nicht koaxial mit dem Positionssensor **26** ist. Der Katheter **20** kann Vorrichtungen zum Ablenken (nicht gezeigt) der Spitze des Katheters **20** umfassen, wie zum Beispiel in der vorangehend in Bezug genommenen PCT/US95/01103. Alternativ dazu können weitere Ablenkmechanismen der Katheterspitze, wie sie im Stand der Technik bekannt sind, verwandt werden. Durch Ablenken der Spitze des Katheters **20** ist es möglich, die Richtung der Exkavation mit größerer Präzision zu steuern. Daher können kleine Orientierungsänderungen des Katheters korrigiert werden. Zusätzlich dazu kann durch Bewegen der Spitze um einen kontrollierten Betrag die Breite der Exkavation **34** kontrolliert werden.

[0038] Der Katheter **20** kann in eine der Koronarterien oder Venen eingebracht werden, und Löcher werden von dem Koronargefäß in das Herz hinein gebohrt, so daß die Möglichkeit des Austretens von Blut aus dem Kreislauf reduziert wird. Optional wird ein Stent in dem Loch plaziert. Durch Ändern der Orientierung der Spitze mit Hilfe der Ablenkvorrichtung ist es möglich, eine bevorzugte Exkavationsrichtung selbst in einem beengten Raum zu wählen, wie zum Beispiel einem Koronargefäß.

[0039] Man beachte, daß anstelle eines Kontrollierens der Orientierung der Spitze des Katheters **20**, die Orientierung der Laserquelle **24** relativ zu der Spitze des Katheters **20** mit Hilfe ähnlicher Einrichtungen kontrolliert werden kann, wie zum Beispiel Ziehdrähten oder anderer Einrichtungen, wie zum Beispiel piezoelektrischer Mikromotoren.

**[0040]** Bevorzugt wird ein externer Bildgebungssensor, wie zum Beispiel ein Echokardiograph (trans-oesophageal) benutzt, um Rückmeldungen bezüglich des Fortschreitens der Exkavation bereitzustellen. Insbesondere wird bevorzugt die Tiefe der Exkavation überwacht, um die Möglichkeit einer Herzperforation zu mindern.

**[0041]** In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung umfaßt Katheter **20** einen Ultraschallbildgeber **28** zusätzlich zu einem Positionssensor **26**. Der Bildgeber **28** umfaßt einen Sensor in phasengesteuerter Anordnung zum Abbilden von Gewebe in dem gesamten Bereich vor dem Katheter **20**. Alternativ dazu umfaßt der Bildgeber **28** einen Multielement-piezoelektrischen Wandler, welcher eine Vielzahl von Ultraschallstrahlen unmittelbar nach vorne überträgt. Alternativ dazu umfaßt der Bildgeber **28** einen einzelnen nach vorne schauenden piezoelektrischen Wandler. Es ist zu beachten, daß es dort, wo die Laserquelle **24** in eine einzelne Richtung exkaviert, in vielen Fällen ausreichend ist, eine Ziellinienansicht des umgebenden Gewebes zu haben, um Rückmeldung bezüglich der Exkavation bereitzustellen. Ein Vorteil davon, einen Ultraschallbildgeber zu verwenden, welcher auf dem Katheter **20** angebracht ist, besteht darin, daß höhere Ultraschallfrequenzen verwandt werden können, da eine Abschwächung des Signals kein Thema ist. Für gewöhnlich können Ultraschallbildgeber mit höherer Frequenz in kleineren Größen als Ultraschallbildgeber mit niedriger Frequenz implementiert werden. Ebenso ist die Auflösung für gewöhnlich besser.

**[0042]** Das Teilstück **30** zwischen dem Abschnitt **22** und dem Ultraschallbildgeber **28** kann mit einem ultraschallkoppelnden Medium gefüllt sein. Bevorzugterweise ist das Medium, wenn Laserlicht von der Quelle **24** durch die Mitte des Ultraschallbildgebers **28** bereitgestellt wird, transparent für die Wellenlänge des Laserlichts. Alternativ dazu befindet sich die Laserquelle **24** auf einer Seite des Ultraschallbildgebers **28**. Bildgeber **28** wird zweckentsprechend eingesetzt, um die Tiefe und/oder Breite der Exkavation **34** zu bestimmen.

**[0043]** In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird die Perfusion in dem Herzen durch Bohren von Löchern in das Herz unterstützt, welche das Herz nicht perforieren. Dadurch besteht weniger Gefahr für den Patienten. Bevorzugt wird der Bildgeber **28** verwandt, um die Art des Gewebes, welches unter der Exkavation **34** liegt, zu bestimmen, um die Möglichkeit des unbeabsichtigten Beschädigens einer kritischen Herzstruktur zu verhindern. Alternativ oder zusätzlich dazu werden Orte der Leitungspfade in dem Herzen aus der lokalen elektrischen Aktivität bestimmt, welche mit Hilfe einer Elektrode (nicht gezeigt) auf dem Katheter gemessen werden kann.

**[0044]** In einer zusätzlichen bevorzugten Ausführungsform der Erfindung, wird eine Thrombose in einer Koronararterie mit Hilfe eines Laserstrahls zerlegt. Bildgeber **28** wird verwandt, um zu bestimmen, ob die Thrombose durch den Laserstrahl perforiert wurde, und ob der Laserstrahl Gefahr läuft, einen Teil des umgebenden Blutgefäßes zu beschädigen.

**[0045]** Zusätzlich kann der Bildgeber **28** dazu verwandt werden, festzustellen, daß keine wichtige anatomische Struktur, wie zum Beispiel Nervenbündel oder Blutgefäße, Gefahr läuft, durch die Exkavation beschädigt zu werden. Dieses Feststellen ist insbesondere wichtig, wenn der Katheter **20** in anatomischen Regionen außerhalb des Herzens verwandt wird, wo es schwierig ist, im voraus zu bestimmen, welche Strukturen auf dem Weg der geplanten Exkavation liegen. Es ist zu beachten, daß in einigen Fällen Infrarotbildgeber, optische Bildgeber oder andere Arten von Bildgebern Ultraschallbildgebern bevorzugt werden können.

**[0046]** In einer zusätzlichen bevorzugten Ausführung der Erfindung werden sowohl die Laserquelle **24** als auch Bildgeber **28** mit einem deutlichen Winkel zu der Längsachse des Katheters **20** ausgerichtet. In dieser Konfiguration kann die Exkavationsrichtung leicht durch Rotieren des Katheters **20** gesteuert werden. Ein Beispiel eines solchen Katheters ist ein Katheter, bei dem die Laserquelle **24** senkrecht zu der Achse des Katheters **20** steht. Das Nutzen eines Positionsdetektors für die Katheterspitze liefert die Informationen, die benötigt werden, um den Laser genau auszurichten.

**[0047]** Es ist zu beachten, daß Exkavation mit Hilfe eines Lasers sehr unsauber sein kann. Speziell können große Stücke exkavierten Gewebes Thrombosen bilden. Ebenso kann sich verbranntes Gewebe an dem Katheter **20** ansammeln und die Laserquelle **24** blockieren. [Fig. 1B](#) zeigt einen Katheter **20** gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung, wobei eine Röhre **42** Reinigungsflüssigkeit zu der Spitze des Katheters **40** befördert. Bevorzugt liefert die Röhre **42** eine kontinuierliche Zufuhr einer salzhaltigen Lösung, um Ablagerungen von der Exkavation **34** zu waschen. Alternativ dazu wird die Röhre **42** als ein Sauger verwandt, um Ablagerung aus der Umgebung der Exkavation **34** zu entfernen. In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung werden sowohl Wasch- als auch Saugfunktionen durch zwei getrennte Röhren an der Spitze des Katheters **40** bereitgestellt. Bevorzugt findet das Saugen während der Exkavation statt.

**[0048]** Obwohl Laserlicht höchst kontrollierbar ist, ist es nicht für alle Arten von Exkavationen geeignet. Laserlicht tendiert dazu, lange und enge Bohrungen zu bohren; falls eine breite und flache Exkavation erwünscht ist, müssen sehr kurze Laserpulse an einer



Vielzahl von Stellen eingesetzt werden. Fokussierter Ultraschall kann einen Gewebeschaden durch einen von zwei Mechanismen bewirken, lokales Erhitzen und Kavitation. Lokales Erhitzen schädigt die meisten Gewebe und insbesondere Tumore. Kavitation beschädigt alle Arten von Gewebe, im wesentlichen indem sie es durch Bewirken des Platzens von Gewebezellen verflüssigt. Eine Hauptbeschränkung von fokussiertem Ultraschall besteht in der gegenwärtigen technischen Unfähigkeit, kleine Fokusflächen von der Größe einiger Millimeter zu bilden.

**[0049]** Nach einer offenbarten Methode, die eine Exkavationssonde der Erfindung nutzt, werden Mikroblasen in einem Gewebe, welches zerstört werden soll, bereitgestellt, und das Gewebe mit Hochleistungslautschall bestrahlt, wie zum Beispiel fokussiertem Ultraschall. Mikroblasen sind ein Vielfaches sensitiver auf Kavitation als gewöhnliches Gewebe, aufgrund der winzigen Gasblasen, die darin eingeschlossen sind, so daß relativ niedrige Ultraschallintensitäten zu Kavitation in Mikroblasen enthaltendem Gewebe führen und das mikroblasenfreie Gewebe nicht schädigen. Somit wird die effektive Auflösung fokussierter Ultraschalltechniken erhöht; nur Gewebe, welches mit fokussiertem Ultraschall bestrahlt wird und Mikrobläschen enthält, wird durch den fokussierten Ultraschall beeinträchtigt. Ein zusätzlicher Vorteil bei dem Gebrauch von Mikroblasen besteht darin, daß niedrigere Energieniveaus benötigt werden, um Kavitation zu erzeugen, wodurch es praktischer wird, fokussierten Ultraschall durch den Rippenkorb anzulegen oder eine fokussierte Ultraschallquelle an der Spitze eines Katheters zur Verfügung zu stellen. Ein noch weiterer Vorteil bei dem Gebrauch von Mikroblasen besteht darin, daß Mikroblasen gut sichtbar auf Ultraschallbildern sind, so daß ein kontrasterhöhendes Mittel für auf Kathetern angebrachte Ultraschallwandler zur Verfügung gestellt wird, welche verwandt werden können, um den erwarteten Exkavationsbereich zu bestimmen. Ein weiterer Vorteil des Entferns mit Hilfe von Mikroblasen besteht bei sich bewegenden Organen. Da im wesentlichen nur das Mikroblasen enthaltende Gewebe durch den fokussierten Ultraschall beeinträchtigt wird, ist es nicht notwendig, den Exkavationsbereich mit dem fokussierten Ultraschallstrahl zu verfolgen. Es ist statt dessen ausreichend, daß der fokussierte Ultraschallstrahl sich mit Mikroblasen enthaltendem Gewebe während eines wesentlichen Teils der Zeit überschneidet. Bevorzugt werden Lipid-ummantelte Mikroblasen, wie zum Beispiel in dem US-Patent 5 215 680 beschrieben, verwandt. Alternativ dazu wird eine emulgierte Suspension von Gasblasen in Wasser verwandt.

**[0050]** Ein Verfahren zum Bereitstellen von Mikroblasen in einem Gewebeteil besteht darin, Mikroblasen in das Gewebe zu injizieren. [Fig. 1C](#) zeigt einen Katheter **60**, welcher eine Nadel **62** zum Injizieren

von Mikroblasen in benachbartes Gewebe nach einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung aufweist. Eine Röhre **64** transportiert Mikroblasen vom Äußeren des Körpers zur Nadel **62**. Im Betrieb wird die Nadel **62** in ein Gewebeteilstück **76** eingebracht, und Mikroblasen werden durch ein Loch **68** an dem distalen Ende der Nadel **62** injiziert. Alternativ oder zusätzlich dazu werden Mikroblasen durch eine Vielzahl von Löchern **70** an der Seite der Nadel **62** injiziert. Alternativ dazu wird die Nadel **62** verwandt, um Gasblasen zu injizieren, zum Beispiel Kohlenstoffdioxid, anstatt Mikroblasen zu injizieren. Ein Vorteil von Kohlenstoffdioxid besteht darin, daß es sich rasch in dem Blut auflöst, so daß es keine ausgedehnte Verschiebung der Kapillaren bewirkt.

**[0051]** Ein Ultraschallgenerator **74**, zum Beispiel ein fokussierter Ultraschallgenerator, bestrahlt Gewebe **72**, welches mikroblasenenthaltendes Gewebe **76** enthält, und verursacht Kavitation in dem Gewebe **76**.

**[0052]** Die Nadel **62** kann aus dem Katheter **60** und in das Gewebe **76** bewegt werden, um die Röhre **64** mit einer Mikroblasen enthaltenden Flüssigkeit unter Druck zu setzen. Mikroblasen, welche von Nadel **62** ausgestoßen werden, wenn Nadel **62** sich nicht im Gewebe **76** befindet, werden von dem Blutstrom fortgetragen. Alternativ dazu kann Nadel **62** vor- und zurückgedrängt werden mit Hilfe einer Führung **66**. Bevorzugt ist die Führung **66** hohl, so daß Mikrobläschen durch die Führung **66** transportiert werden können.

**[0053]** [Fig. 2](#) beleuchtet ein offenbartes Verfahren der mikroblasenunterstützten Exkavation, in dem Mikroblasen **84** zu einem zu zerstörenden Gewebeteil **80** mittels der Kapillaren **86** in dem Gewebe **80** befördert werden. Katheter **60** injiziert bevorzugt ohne eine Injektionsnadel, wie in [Fig. 1C](#) gezeigt, Mikroblasen **84** in eine Arterie **82**, welche zu den Kapillaren **86** führt. Die Arterie ist so gewählt, daß das Ausmaß des Gewebes **80** gleich dem Bereich ist, der von dem Gefäß **82** durchblutet wird. Die Größe und die Stelle des Gewebes **80** kann durch Wählen einer unterschiedlichen Arterie **82** kontrolliert werden. Es ist zu beachten, daß wenn auf dem Katheter **60** ein Positionssensor **26** angebracht ist, es relativ leicht ist, zu einem speziellen Gefäß **82** zu navigieren, und hierzu nicht der Einsatz eines Fluoroscops benötigt wird. Wenn das freizulegende Gewebe krebsartiges Gewebe ist, besteht ein zusätzlicher Vorteil. Wie oben beschrieben, sind Kapillaren in krebsartigem Gewebe durchlässig für Mikroblasen, während Kapillaren in normalem Gewebe dies nicht sind. Als Folge davon sammeln sich die Mikroblasen in dem krebsartigen Gewebe und nicht nur in den Kapillaren, wodurch die relative Sensitivität des krebsartigen Gewebes weiter erhöht wird.

**[0054]** Ein Vorteil davon, Mikroblasen durch die Kapillaren eindringen zu lassen, besteht darin, daß die Mikroblasen das Gewebe **80** nach einer kurzen Weile verlassen. Der Fluß in den Kapillaren ist relativ langsam, so daß eine wesentliche Zeitperiode besteht, während der die Kapillaren **86** mit Mikroblasen gefüllt sind. Nach einer Weile jedoch sind die Kapillaren **86** frei. Größere Mikroblasen tendieren dazu, Kapillaren zuzusetzen, so daß die Zeitperiode, während der die Kapillaren **86** mit Mikroblasen gefüllt sind, durch Verwenden verschiedener Größen von Mikroblasen kontrolliert werden kann. Während des Betriebs setzt Katheter **60** Mikroblasen **84** in das Gefäß **84** frei. Der fokussierte Ultraschalltransmitter **74** bestrahlt einen Gewebeteil, welcher Gewebeteil **80** umfaßt. Bevorzugt wird die Existenz von Mikroblasen in dem Teil **80** mit Hilfe eines Ultraschallscanners **88** bestimmt. Alternativ dazu wird der Ultraschallbildgeber **28** auf dem Katheter **60** verwandt, um die Existenz von Mikroblasen in dem Gewebeteil **80** festzustellen.

**[0055]** Ein Problem mit fokussiertem Ultraschall besteht darin, daß der tatsächliche Fokuspunkt aufgrund von Nichtgleichförmigkeiten der Schallgeschwindigkeit in Weichgewebe von dem geplanten Fokuspunkt unterschiedlich sein kann.

**[0056]** Des weiteren ist das Verwenden des Ultraschallbildgebers **28** offenbart, der auf Katheter **60** angebracht ist, um die Amplitude und/oder Phase des fokussierten Ultraschalls zu bestimmen.

**[0057]** Eine Sonde, wie zum Beispiel Nadel **62** ([Fig. 1B](#)), kann genutzt werden, um Ultraschallenergie von der Region, die exkaviert werden soll, auf den Ultraschallbildgeber **28** zu übertragen.

**[0058]** [Fig. 3](#) beleuchtet ein offenbartes Verfahren zur Ziellenkung eines fokussierten Ultraschallstrahls. Transmitter **74** überträgt einen Ultraschallstrahl, welcher einen inneren Teil **90** aufweist, der, zum Beispiel in der Frequenz, von einem äußeren Teil **92** des Strahls unterscheidbar ist. Der Katheter **60** wird in eine Region **94** gebracht, welche der geplante Fokuspunkt des Transmitters **74** ist und ermittelt mit Hilfe des Bildgebers **28**, ob der fokussierte Ultraschallstrahl korrekt gerichtet und fokussiert ist. Ein Controller (nicht gezeigt) kann verwendet werden, um die Fokussierung und Lokalisierung des fokussierten Ultraschallstrahls zu ändern, so daß er korrekt auf das Ziel gerichtet ist. Es ist zu beachten, daß Bildgeber **28** ein Ultraschallsensor anstelle eines Bildgebers sein kann.

**[0059]** In einem weiteren offenbarten Verfahren wird ein Katheter auf minimal invasive Art hauptsächlich durch das Gefäßsystem zu einer Läsion gebracht. Wenn der Katheter in der Umgebung der Läsion ist, wird der Katheter durch die Wand des Blutgefäßes und in Richtung auf die Läsion gedrängt. Wie man er-

kennen kann, ist ein Positionierungssensor sehr hilfreich beim Navigieren außerhalb des Gefäßsystems. Ebenso ist ein nach vorne schauender Ultraschallbildgeber, wie zum Beispiel der Ultraschallbildgeber **28**, nützlich, um festzustellen, daß die vorwärts gerichtete Bewegung des Katheters nicht wichtige anatomische Strukturen beschädigen wird. Ultraschallbildgebung in Vorwärtsrichtung des Katheters kann ebenso genutzt werden, um den Katheter auf eine spezifische Läsion hin zu navigieren.

**[0060]** Eine Art des Tunnelns durch Gewebe besteht darin, den Katheter einfach vorwärts zu zwingen, und das Lenken wird bevorzugt durch Ändern der Orientierung der Katheterspitze bewerkstelligt. Es ist zu beachten, daß die meisten Teile des Körpers nicht mehr als 2 oder 3 cm von einem Blutgefäß oder Blutkavität mit einem Durchmesser von 3 oder 4 mm (d.h. groß genug zur Katheterisierung) liegen. Beim Katheterisieren des Gehirns ist es wichtig, zu beachten, daß die kürzeste Strecke zwischen zwei Punkten durch einen besonders wichtigen Teil des Gehirns laufen kann. Daher hängt der tatsächliche Weg, entlang dem der Katheter gezwängt wird, in großem Ausmaß von der Stelle der Läsion relativ zu wichtigen Gehirnstrukturen ab.

**[0061]** Eine weitere Art des Tunnelns durch Gewebe besteht darin, den Katheter mit einer bevorzugt einziehbaren Schneidspitze auszustatten, welche durch Fleisch schneidet. Bevorzugt wird der Ultraschallgeber **28** benutzt, um die Orientierung und Gewebefasern in der Umgebung der Spitze des Katheters zu bestimmen. Der Katheter wird dann rotiert, so daß die Schneidspitze parallel zu den Gewebefasern und nicht quer dazu schneidet. Dies ist insbesondere dann wichtig, wenn durch Muskelgewebe geschnitten wird, da parallele Schnitte viel schneller heilen als Schnitte in Querrichtung.

**[0062]** Eine noch weitere Art des Tunnelns durch Gewebe besteht darin, gewebeauflösende Chemikalien in das Gewebe in der Umgebung der Spitze des Katheters zu injizieren. Gewebelösemittel können von einer Art, welche Gewebe zerstört, oder, stärker bevorzugt, von einer Art sein, welche nur Bindegewebe auflöst. Bevorzugt wird das Gewebelösemittel mit einer kleinen Menge Mikroblasen gemischt, so daß Ultraschallbildgeber **28** bestimmen kann, daß das Gewebelösemittel in den richtigen Bereich injiziert wurde.

**[0063]** Zusätzlich kann Tunneln durch Gewebe durch Exkavation von Gewebe in der Umgebung der Katheterspitze erreicht werden, wie oben beschrieben.

**[0064]** Es sollte ersichtlich sein, daß die Vorrichtungen und Verfahren, wie sie vorangehend beschrieben wurden, verwandt werden können, um therapeu-



tische Mittel an beliebigen Stellen im Körper zu injizieren. Es sollte weiterhin ersichtlich sein, daß ein Katheter, welcher eine Positionsermittlungsvorrichtung aufweist, mit Hilfe eines Echtzeit-Referenzbildes (welches den Katheter zeigen kann oder nicht), eines vorher aufgenommen Referenzbildes oder sogar ohne Referenzbild gesteuert werden kann.

**[0065]** Eine Leberabzweigoperation, welches die oben beschriebenen Verfahren und die Vorrichtung verwendet, umfaßt:

- (a) Einbringen eines ersten Katheters in die Lebervene;
- (b) Bestimmen der Lage der Pfortader, entweder mit Hilfe von Ultraschall;
- (c) Tunneln von der Lebervene zu der Pfortader, entweder durch Zwängen des Katheters durch dazwischenliegendes Gewebe oder durch Zerstören des dazwischenliegenden Gewebes mit Hilfe eines Lasers von mikroblasenunterstütztem fokussiertem Ultraschall; und
- (d) Installieren eines Stents zwischen den beiden Adern.

**[0066]** Eine Läsion an praktisch jedem Ort im Körper, wie zum Beispiel ein Tumor oder eine Zyste, kann dadurch entfernt werden, daß der Katheter zu der Läsion gebracht und diese wie oben beschrieben exkaviert wird. Bevorzugt werden Ablagerungen aus dem Körper durch den Katheter entfernt.

**[0067]** Obwohl die obigen Verfahren und die Vorrichtung hauptsächlich so beschrieben wurden, daß sie in und durch das Gefäßsystem hindurch wirken, können die Verfahren und die Vorrichtungen in jeglicher Körperkavität verwandt werden, wie zum Beispiel dem Verdauungssystem und dem Atmungssystem. Zusätzlich kann ein Katheter unmittelbar in das Körpergewebe eingeführt werden, wie ein Laproskop.

**[0068]** In vielen Fällen ist es nicht angebracht, Katheter zu verwenden, welche mehrere verschiedene Werkzeuge an ihren Spitzen aufweisen. Ein Grund hierfür besteht in den hohen Kosten komplexer Katheter; ein weiterer Grund besteht darin, daß einige Werkzeuge den Betrieb anderer Werkzeuge stören; und ein weiterer Grund besteht darin, daß Katheter mit einer Vielzahl von Werkzeugen im allgemeinen einen größeren Durchmesser als Katheter mit einem einzelnen Werkzeug aufweisen, und als solches in ihrer Reichweite und Flexibilität stärker eingeschränkt sind. Eine gemeinsame Lösung besteht darin, einen Katheter mit einem Lumen zu versehen. Ein einzelnes Werkzeug wird dabei durch das Lumen zu der Spitze des Katheters geführt, und wenn ein anderes Werkzeug benötigt wird, wird das Werkzeug ersetzt.

**[0069]** Mehrere Katheter mit einem einzigen Werk-

zeug können durch Verwenden von Positionssensoren, die auf wenigstens einigen der Katheter angebracht sind, koordiniert werden. **Fig. 4A** zeigt einen Katheter **90**, der an einer Stelle **92** exkaviert, und einen Ultraschallbildgebenden Katheter **94**, welcher auf die Stelle **92** schaut. Bevorzugt steuert ein Controller **96** die Blickrichtung des Katheters **94**, so daß dieser immer die Stelle **92** und/oder Katheter **90** betrachtet.

**[0070]** Es ist zu beachten, daß in vielen Fällen nicht die exakte Position der Katheter, sondern deren relative Position wichtig ist. Zum Beispiel ist die exakte Position von Kathetern, welche sich in dem Herzen befinden, fast nie von Bedeutung, da das Herz fast kontinuierlich in Bewegung ist.

**[0071]** **Fig. 4B** zeigt einen Katheter **98**, welcher Ultraschallsignale an eine Stelle **100** überträgt, so daß ein Katheter **102**, welcher Ultraschallsignale empfängt, die Stelle **100** betrachten kann.

**[0072]** **Fig. 4C** zeigt ein Vier-Katheter-Szenario, in welchem ein Katheter **104** an einer Stelle **106** exkaviert, ein Katheter **108** die Ablagerungen entfernt, ein Katheter **110** das Gewebe, welches die Stelle **106** umgibt, betrachtet und ein Katheter **112** Mikroblasen in das Gefäßbett der Stelle **106** injiziert, um den Kontrast zwischen verschiedenen Gewebearten an der Stelle **106** zu verstärken.

**[0073]** Die Erfindung wurde bislang mit Hilfe von nicht einschränkenden Beispielen illustriert. Für einen Fachmann ist ersichtlich, daß die vorliegende Erfindung nicht auf das Beschriebene beschränkt ist. Insbesondere sind vielfache Variationen der beschriebenen Vorrichtung im Bereich der Erfindung praktikabel, der nur durch die folgenden Ansprüche beschränkt ist.

## Patentansprüche

1. Exkavationssonde (**60**), welche umfaßt:
  - a) einen Sondenkörper, der eine distale Spitze aufweist;
  - b) einen Positionssensor (**26**) nahe der distalen Spitze, wobei der Positionssensor ein Magnetfeldempfänger ist, welcher die Position der Spitze durch Erfassen der augenblicklichen Position der Spitze aus einem erzeugten Magnetfeld bestimmt, und dadurch charakterisiert ist, daß die Sonde des weiteren umfaßt:
  - c) eine Quelle (**62, 68, 70**) für Mikroblasen (**84**) an der Spitze.
2. Sonde nach Anspruch 1, wobei die Quelle für Mikroblasen eine Hohnadel (**62**) umfaßt, welche die Mikroblasen (**84**) in das die Spitze umgebende Gewebe injiziert.

3. Sonde nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, welche einen Ultraschallbildgeber (**28**), der Regionen nahe der Spitze betrachtet, umfaßt.

4. Sonde nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei der Positionssensor (**26**) einen Orientierungssensor, der die Orientierung der Spitze der Sonde bestimmt, umfaßt.

Es folgen 8 Blatt Zeichnungen

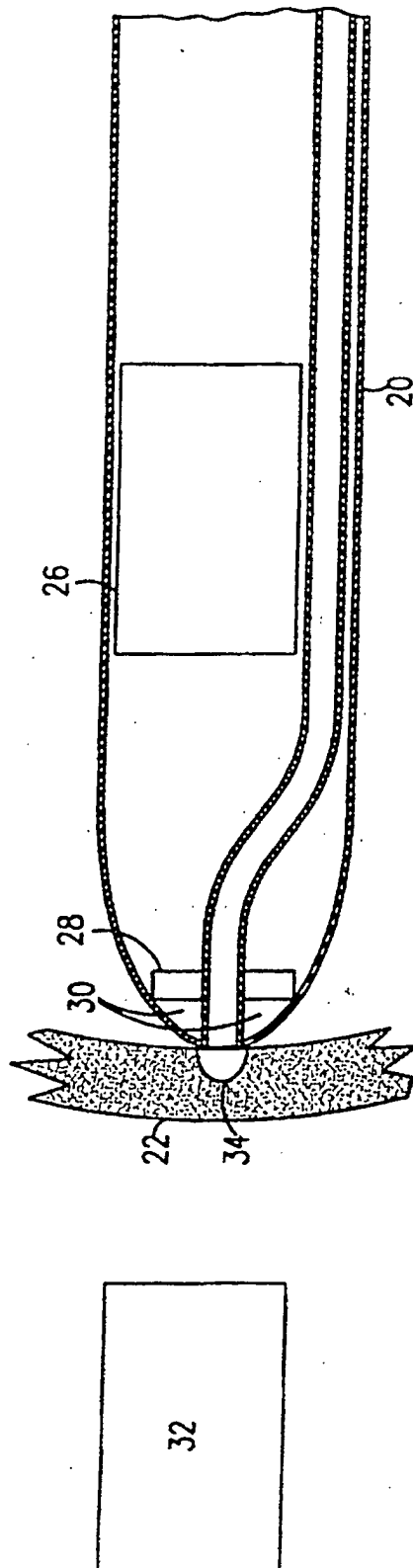


FIG. 1A

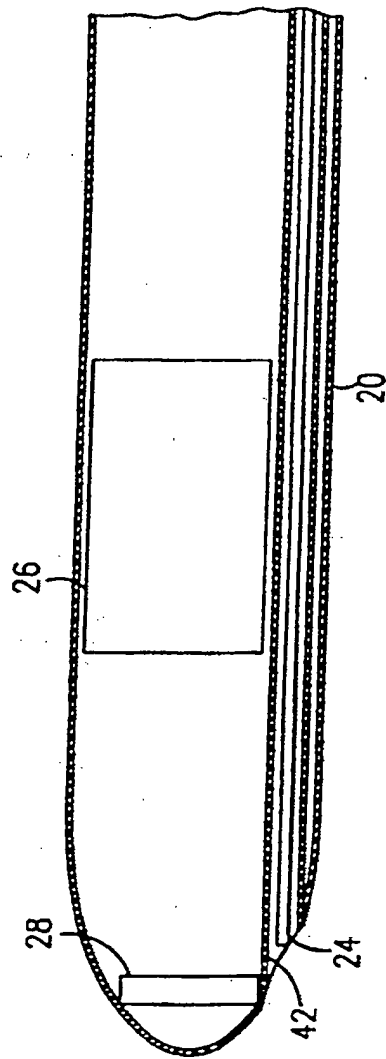


FIG. 1B

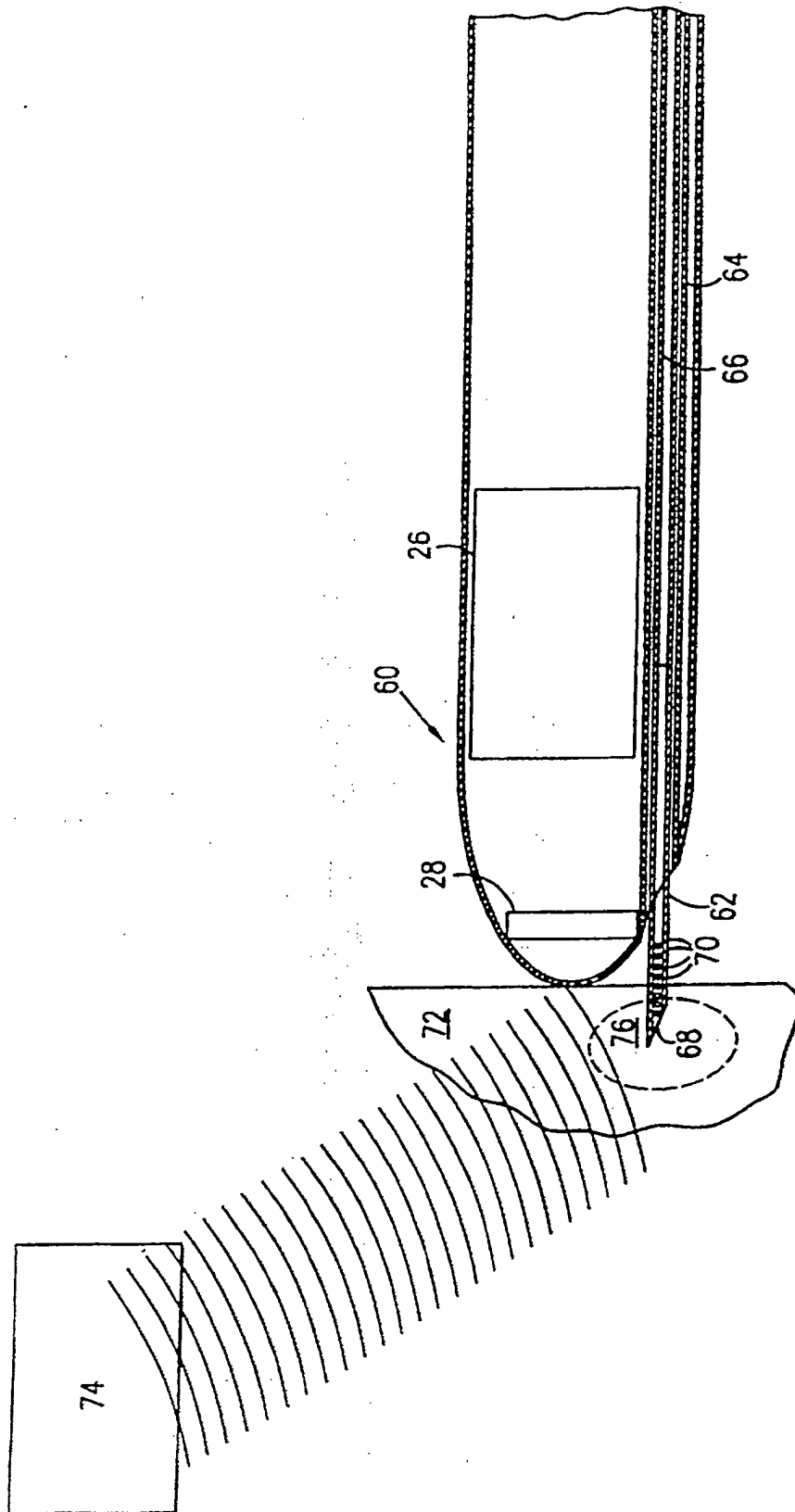


FIG. 1C



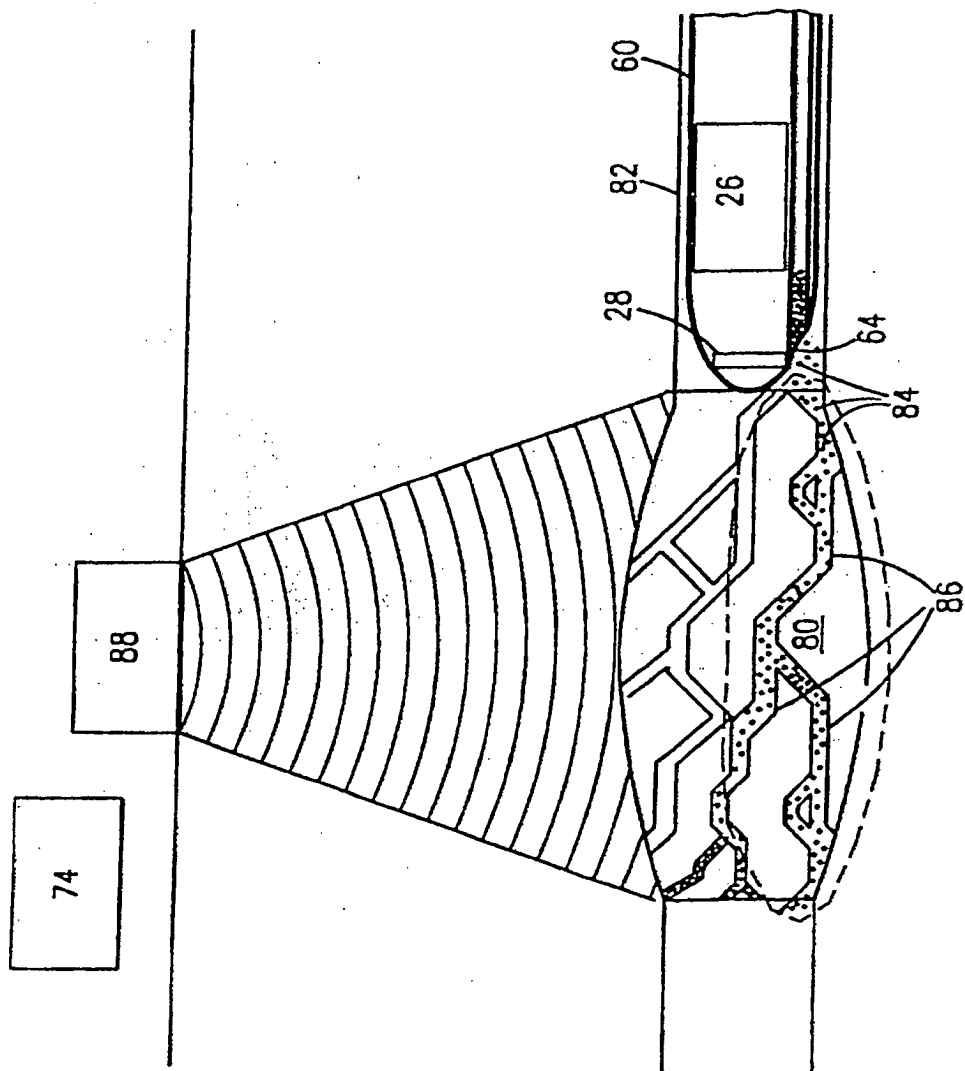


FIG. 2

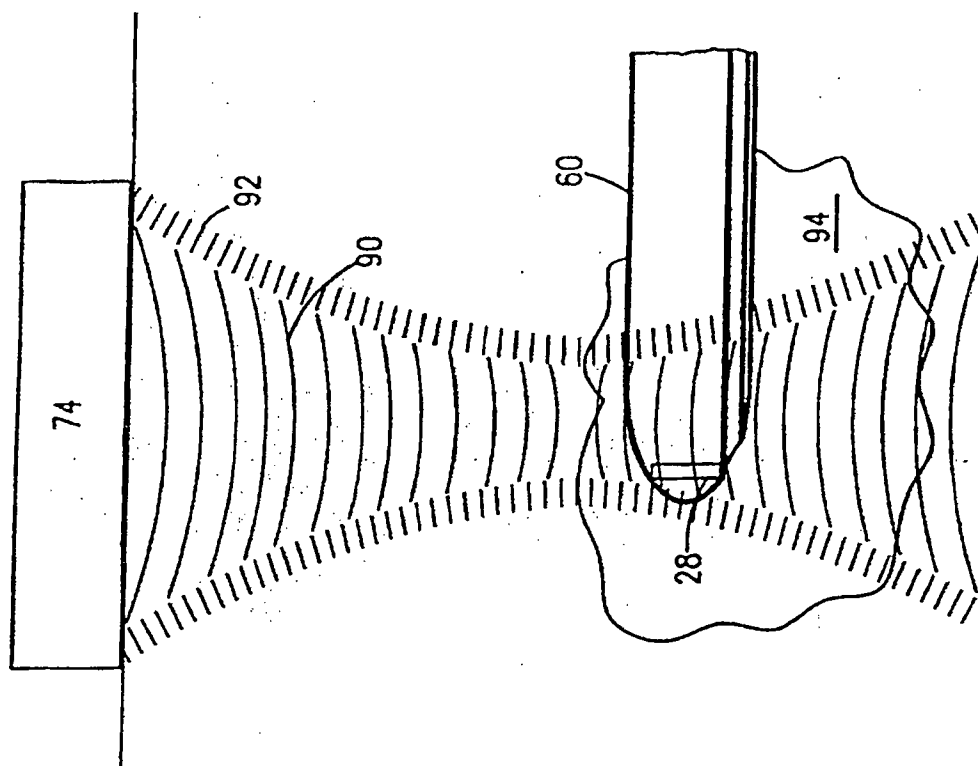


FIG. 3

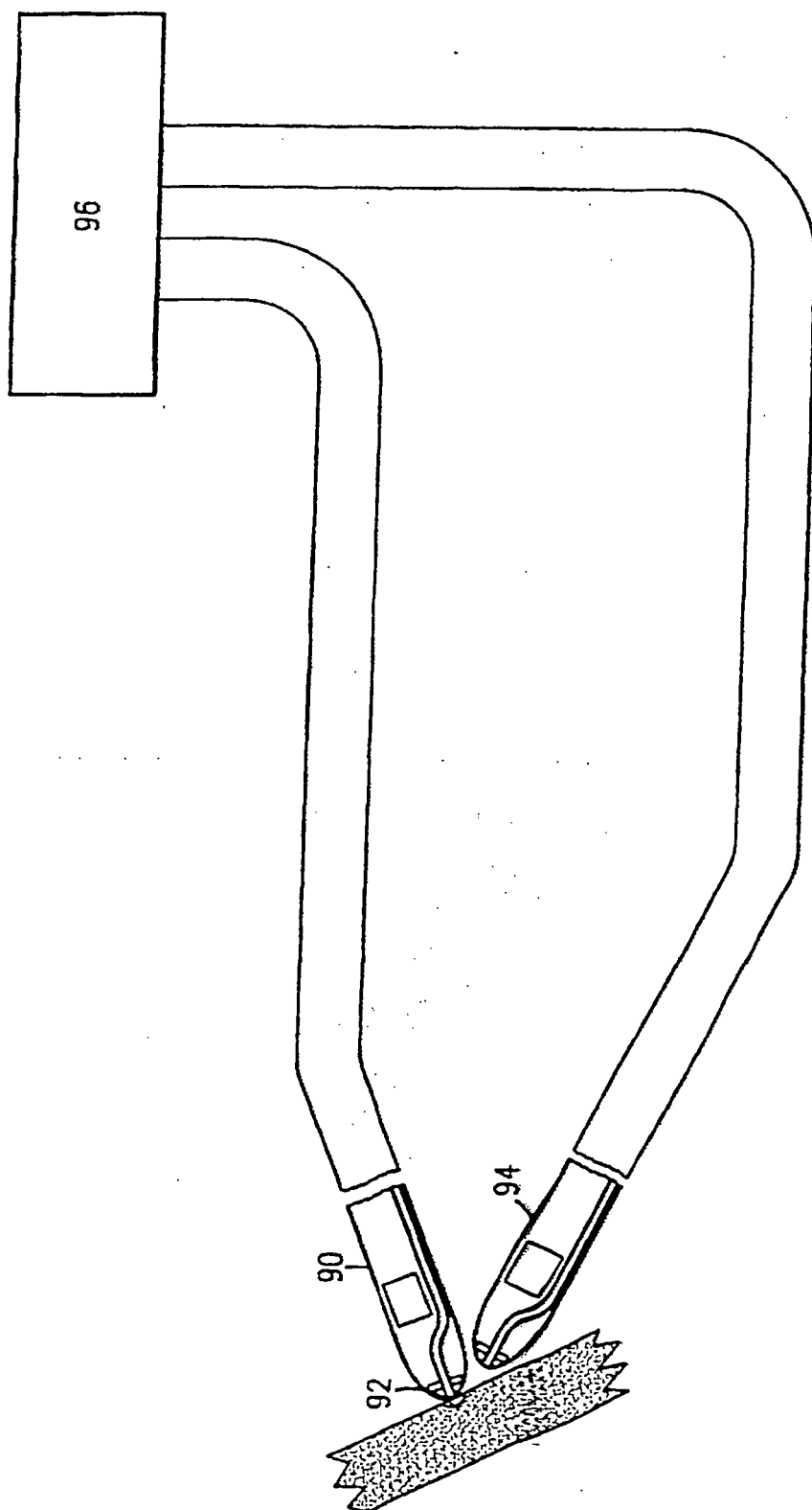


FIG. 4A

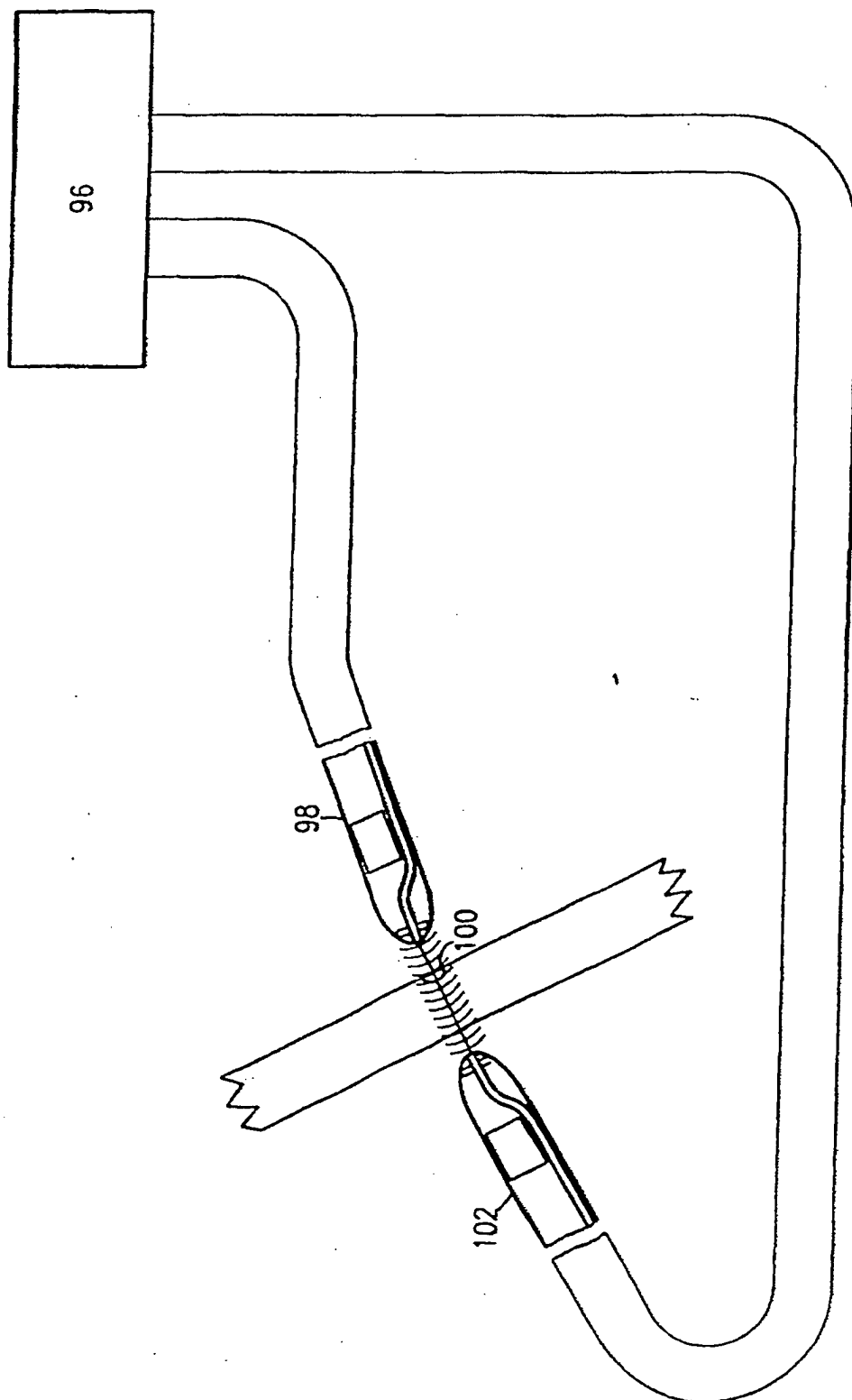


FIG. 4B

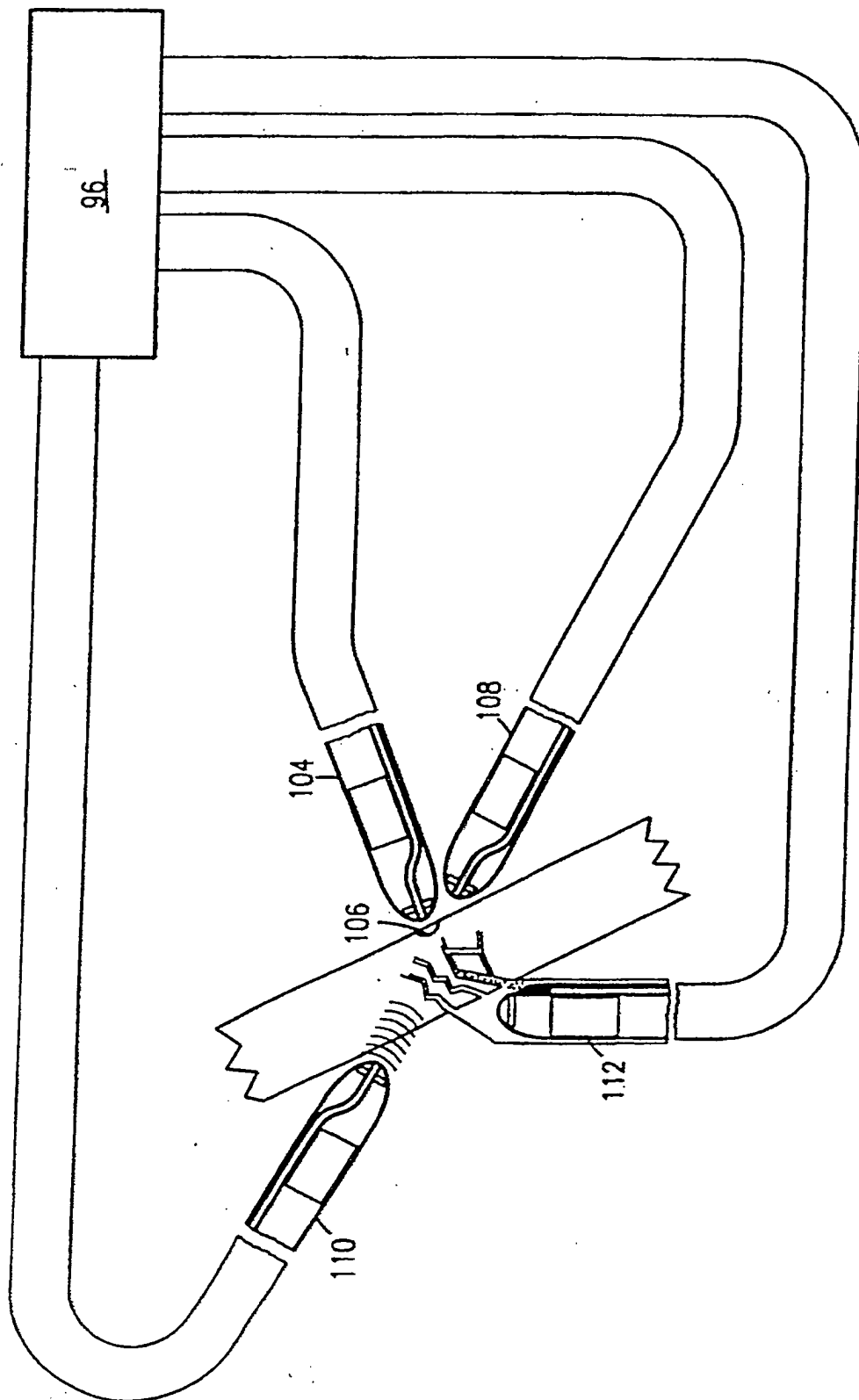


FIG. 4C