



(10) **DE 101 29 345 B4** 2011.04.07

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **101 29 345.3**
(22) Anmeldetag: **19.06.2001**
(43) Offenlegungstag: **07.03.2002**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **07.04.2011**

(51) Int Cl.⁸: **A61B 8/06 (2006.01)**

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität:
09/597,603 20.06.2000 US

(73) Patentinhaber:
**GE Medical Systems Global Technology
Company, LLC, Waukesha, Wis., US**

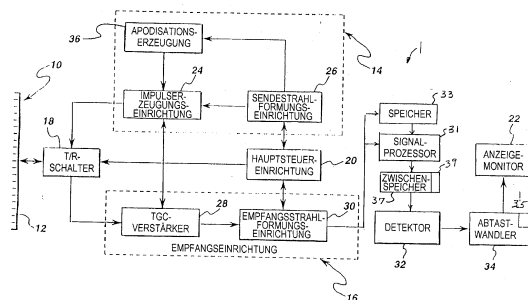
(74) Vertreter:
TBK-Patent, 80336 München

(72) Erfinder:
**Hamilton, James David, Pewaukee, Wis., US;
Mo, Larry Y.L., Waukesha, Wis., US; Bashford,
Gregory R., Menomonee Falls., Wis., US**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:
EP 00 19 793 A2

(54) Bezeichnung: **Ultraschallbasierte quantitative Bewegungsmessung unter Verwendung einer
Fleckgrössenschätzung**

(57) Hauptanspruch: Vorrichtung in einem Ultraschallsystem zur Abbildung eines untersuchten Objekts (S), zur Bestimmung einer quantitativen Bewegung einer ersten Materie (R1), die sich in Bezug auf eine zweite Materie (8) in einer ersten Richtung (F1) bewegt, mit:
einem Wandleraufbau (10), der zum Senden eines Strahls von Ultraschallwellen (B1) in das Objekt betreibbar ist, der eine vorbestimmte Größe aufweist und eine Vielzahl von Strahlpositionen (BP1, BP2) und eine in einer Abtastrichtung oder mehreren Abtastrichtungen (SD1) mit einer Abtastrichtungskomponente oder mehreren Abtastrichtungskomponenten parallel zu der ersten Richtung bewegte Strahlachse (A1) definiert, wobei der Wandleraufbau im Ansprechen auf die Strahlpositionen in der einen Abtastrichtung oder den mehreren Abtastrichtungen erste reflektierte Ultraschallwellen von der ersten Materie und zweite reflektierte Ultraschallwellen von der zweiten Materie empfängt;
einer Verarbeitungseinrichtung (20), die auf die ersten reflektierten Ultraschallwellen anspricht, um einen ersten Block von zumindest eine Komponente der Bewegung der ersten Materie mit Bezug auf die zweite Materie...



Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf Ultraschall und betrifft genauer die Bestimmung einer quantitativen Bewegung wie beispielsweise einer Flußgeschwindigkeit unter Verwendung von Ultraschall.

[0002] Derzeit tritt die meiste mit Ultraschall ausgeführte quantitative Flußmessung entlang der Abtastachse auf, d. h. in der Richtung normal zu der Wandlerfläche. Wenn ein Verfahren erdacht werden würde, das den Fluß parallel zu der Wandlerfläche messen würde, dann könnten die beiden zur Auflösung des zweidimensionalen Geschwindigkeitsvektors in der Abtastebene kombiniert werden. Dieses Konzept würde sich verglichen mit vorhandenen Meßverfahren für seitlichen Fluß (d. h. Bewegung parallel zu der Wandlerfläche) unterscheiden.

[0003] Ein von Newhouse und Reid beschriebenes Verfahren ("Invariance of Doppler bandwidth with flow axis displacement", IEEE Ultrasonics Symposium Proceedings, 1990, Seite 1533) mißt die Varianz der von einem seitlichen Fluß zurückkommenen Dopplersignale. Ein von M. Anderson entwickeltes Verfahren ("Multi-dimensional velocity estimation with ultrasound using spatial quadrature", IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control, Jahrgang 45, Nr. 3, Seiten 852–861) realisiert modifizierte Wandleraperturen, wobei Ultraschallstrahlen erzeugt werden, die modulierte Signale erzeugen, wenn Streuungen sich seitlich über den Strahl bewegen. Beide diese Verfahren verwenden keine Informationen von mehreren Ultraschallstrahlpositionen oder -abtastungen und unterscheiden sich daher von den in dieser Beschreibung beschriebenen Verfahren. Ein weiteres Verfahren für seitlichen Fluß, das die Richtung und Größe einer lokalen Blutfleckmusterverschiebung unter Verwendung aufeinanderfolgender, nachstehend als B-Mode-Bilder bezeichneter B-Betriebsart-Bilder (d. h. Graustufenbilder) mißt, wurde von Trahey, Allison und Von Ramm beschrieben (IEEE Transactions on Biomedical Engineering, Band BME-34, Nr. 12, Seiten 965–967). Dieses Verfahren erfordert mehrere Bilder und mißt im Gegensatz zu dem in dieser Beschreibung beschriebenen bevorzugten Ausführungsbeispiel, das keine derartigen zeitlichen Messungen erfordert und die Fleckgröße schätzt, Fleckpositionsänderungen.

[0004] Das bevorzugte Ausführungsbeispiel ist bei einem Ultraschallsystem zur Abbildung eines untersuchten Objekts einschließlich erster Materie und zweiter Materie verwendbar, wobei die erste Materie sich mit Bezug auf die zweite Materie in einer ersten Richtung bewegt. In einer derartigen Umgebung ermöglicht das bevorzugte Ausführungsbeispiel eine Bestimmung der quantitativen Bewegung der ersten Materie mit Bezug auf die zweite Materie durch ein Übertragen bzw. Senden eines Strahls von Ul-

traschallwellen in das Objekt, der eine vorbestimmte Größe aufweist und eine Vielzahl von Strahlpositionen und eine in einer Abtastrichtung oder mehreren Abtastrichtungen mit einer Abtastrichtungskomponente oder mehreren Abtastrichtungskomponenten parallel zu der ersten Richtung bewegte Strahlachse definiert. Im Ansprechen auf die Strahlpositionen in der einen Abtastrichtung oder den mehreren Abtastrichtungen werden erste reflektierte Ultraschallwellen von der ersten Materie empfangen, und zweite Ultraschallwellen werden von der zweiten Materie empfangen. Das Senden und Empfangen werden vorzugsweise mit einem Wandleraufbau ausgeführt. Ein erster Block von zumindest eine Komponente der Bewegung der ersten Materie mit Bezug auf die zweite Materie entlang einer der Abtastrichtungen darstellenden Daten wird im Ansprechen auf die ersten reflektierten Ultraschallwellen erzeugt. Ein zweiter Block von einem Teil der zweiten Materie darstellenden Daten wird im Ansprechen auf die reflektierten zweiten Ultraschallwellen erzeugt. Eine erste Analyse des ersten Blocks von Daten wird ausgeführt, um ein erstes Ergebnis zu erhalten; eine zweite Analyse des zweiten Blocks von Daten wird ausgeführt, um ein zweites Ergebnis zu erhalten; und eine dritte Analyse des ersten Ergebnisses und des zweiten Ergebnisses wird ausgeführt, um eine Bewegungseigenschaft oder mehrere Bewegungseigenschaften der ersten Materie zu bestimmen. Die Erzeugung der Blöcke von Daten und die Ausführung der Analysen wird vorzugsweise mit einer Verarbeitungseinrichtung ausgeführt. Die eine Bewegungseigenschaft oder die mehreren Bewegungseigenschaften werden angezeigt, vorzugsweise mit einer Anzeigeeinheit.

[0005] Unter Verwendung der vorstehenden Verfahren kann eine Bewegung durch Ultraschall mit einem vorher nicht verfügbaren Grad von Genauigkeit und Bequemlichkeit erfaßt werden.

[0006] [Fig. 1](#) zeigt ein schematisches Blockschaltbild eines bevorzugten Ausführungsbeispiels der vorliegenden Erfindung.

[0007] [Fig. 2](#) zeigt ein schematisches Blockschaltbild des in [Fig. 1](#) dargestellten Ultraschallwandlers, das eine bevorzugte Form von manueller Handhabung des Wandlers gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung zur Definition von Zeilen von Daten in einem Bereich von Interesse veranschaulicht.

[0008] [Fig. 3](#) zeigt ein schematisches Blockschaltbild des in [Fig. 2](#) dargestellten Wandlers, das eine bevorzugte Form von elektronischer Strahlformung gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung zur Definition von Zeilen von Daten in einem Bereich von Interesse veranschaulicht.

[0009] Fig. 4 zeigt einen Funktionsverlauf, der für eine der in Fig. 2 oder Fig. 3 veranschaulichten Zeilen die Intensität gegen die Bildelementposition veranschaulicht.

[0010] Fig. 5 zeigt einen Funktionsverlauf, der für die in Fig. 4 veranschaulichten Daten die Intensitätsenergie gegen die Maskenbildelementposition veranschaulicht.

[0011] Das bevorzugte Ausführungsbeispiel mißt die Ultraschallfleckgröße und bezieht sie auf die Gewebebewegung. Der durch kohärente Tonwellen, die in einer Auflösungszelle des Abbildungssystems einer mehrfachen Streuung unterzogen werden, erzeugte Fleck ändert seine Größe seitlich abhängig von der Gewebebewegung und der Rate, mit der das Objekt durch den Ultraschallstrahl abgetastet wird.

[0012] Unter Bezugnahme auf Fig. 1 umfaßt eine erfindungsgemäß ausgebildete bevorzugte Form eines Ultraschallsystems 1 eine regelmäßige Anordnung von Wandlern 10 einschließlich einer Vielzahl von getrennt angesteuerten Wandlerelementen 12, die jeweils einen Burst von Ultraschallenergie erzeugen, wenn sie durch einen von einer Sendeeinrichtung 14 erzeugten gepulsten oder codierten Signalverlauf erregt werden. Die von dem untersuchten Objekt zurück zu der regelmäßigen Anordnung von Wandlern 10 reflektierte Ultraschallenergie wird von jedem empfangenden Wandlerelement 12 in ein elektrisches Signal gewandelt und durch einen Satz von Sende-/Empfangsschaltern (T/R-Schaltern) 18 getrennt an eine Empfangseinrichtung 16 angelegt. Bei den T/R-Schaltern 18 handelt es sich typischerweise um Dioden, die die Empfangselektronik vor den durch die Sende-elektronik erzeugten hohen Spannungen schützen. Das Sendesignal veranlaßt die Dioden zur Absperrung oder Begrenzung des Signals an die Empfangseinrichtung. Die Sendeeinrichtung 14 und die Empfangseinrichtung 16 werden unter der Steuerung einer auf Befehle von einer menschlichen Bedienungsperson ansprechenden Hauptsteuereinrichtung oder Verarbeitungseinrichtung 20 betrieben. Die Verarbeitungseinrichtung 20 kann eine Vielfalt von Prozessoren wie beispielsweise einen Mikroprozessor, einen digitalen Signalprozessor oder einen zu logischen und arithmetischen Operationen fähigen ASIC umfassen. Eine vollständige Abtastung wird ausgeführt, indem eine Folge von Echos erfaßt wird, bei denen die Sendeeinrichtung 14 zur Erregung jedes Wandlerelements 12 vorübergehend auf EIN aufgetastet ist, und die von jedem Wandlerelement 12 erzeugten nachfolgenden Echosignale an die Empfangseinrichtung 16 angelegt werden. Ein Kanal kann mit dem Empfangen beginnen, während ein weiterer Kanal noch sendet. Die Empfangseinrichtung 16 kombiniert die getrennten Echosignale von jedem Wandlerelement zur Erzeugung eines einzelnen Echosignals, das zur Erzeugung einer Li-

nie in einem Bild auf einem Anzeigemonitor 22 verwendet wird.

[0013] Unter der Führung der Hauptsteuereinrichtung 20 steuert die Sendeeinrichtung 14 die regelmäßige Anordnung von Wandlern 10 derart an, daß die Ultraschallenergie als ein gerichteter fokussierter Strahl gesendet wird. Um dies zu erreichen, werden einer Vielzahl von Impulserzeugungseinrichtungen 24 durch eine Sendestrahlformungseinrichtung 26 jeweilige Zeitverzögerungen zugewiesen. Die Hauptsteuereinrichtung 20 bestimmt die Bedingungen, unter denen die akustischen Impulse gesendet werden. Mit diesen Informationen bestimmt die Sendestrahlformungseinrichtung 26 den Zeitverlauf und die Amplituden jedes der gesendeten gepulsten oder codierten Signalverläufe, der von den Impulserzeugungseinrichtungen 24 zu erzeugen ist. Die Amplituden jedes Sendesignals werden von einer Überlappungsgewichtungserzeugungsschaltung bzw. Apodisationserzeugungsschaltung 36 erzeugt, bei der es sich um eine Hochspannungssteuereinrichtung handeln kann, die die Energieversorgungsspannung für jede Impulserzeugungseinrichtung einstellt. Die Impulserzeugungseinrichtungen 24 senden die Sendepulse der Reihe nach über die T/R-Schalter 18, die Zeitgewinnsterverstärker bzw. Time-Gain-Control-Verstärker (TGC-Verstärker) 28 vor den hohen Spannungen schützen, die bei der regelmäßigen Anordnung von Wandlern vorhanden sein können, zu jedem der Elemente 12 der regelmäßigen Anordnung von Wandlern 10. Gewichtungsfaktoren werden in der Apodisationserzeugungsschaltung 36 erzeugt, die einen Satz von Digital-Analog-Wandlern umfassen kann, die die Gewichtsdaten von der Sendestrahlformungseinrichtung 26 nehmen und sie auf die Impulserzeugungseinrichtungen 24 anwenden. Durch eine geeignete Einstellung der Sendefokuszeitverzögerungen auf eine bekannte Art und Weise und auch eine Einstellung der Sendeapodisationsgewichtungsfaktoren kann ein Ultraschallstrahl zur Formung eines Sendestrahls gerichtet und fokussiert werden.

[0014] Die durch jeden Burst von Ultraschallenergie erzeugten Echosignale werden von Objekten reflektiert, die sich entlang jedem Sendestrahls in aufeinanderfolgenden Entfernungen befinden. Die Echosignale werden von jedem Wandlerelement 12 getrennt erfaßt, und ein Abtastwert von der Größe des Echosignals an einem speziellen Punkt in der Zeit stellt das in einer spezifischen Entfernung auftretende Ausmaß von Reflexion dar. Verursacht durch Unterschiede bei den Übertragungspfaden zwischen einem reflektierenden Punkt und jedem Wandlerelement 12 werden die Echosignale nicht gleichzeitig erfaßt, und ihre Amplituden sind nicht gleich. Die Empfangseinrichtung 16 verstärkt die getrennten Echosignale über einen jeweiligen TGC-Verstärker 28 in jedem Empfangskanal. Das durch die TGC-Verstärker bereitge-

stellte Ausmaß von Verstärkung wird durch einen (nicht gezeigten) Steuerpfad gesteuert, der durch eine (nicht gezeigte) TGC-Schaltung angesteuert wird, wobei letztere durch die Hauptsteuereinrichtung und eine Handbetätigung von Potentiometern eingestellt wird. Die verstärkten Echosignale werden daraufhin einer Empfangsstrahlformungseinrichtung **30** zugeführt. Jeder Empfangskanal der Empfangsstrahlformungseinrichtung ist durch einen jeweiligen TGC-Verstärker **28** mit einem jeweiligen Wandlerelement der Wandlerelemente **12** gekoppelt.

[0015] Unter der Führung der Hauptsteuereinrichtung **20** verfolgt die Empfangsstrahlformungseinrichtung **30** die Richtung des gesendeten Strahls. Die Empfangsstrahlformungseinrichtung **30** weist jedem verstärkten Echosignal die richtigen Zeitverzögerungen und Empfangsapodisationsgewichtsfaktoren zu und summiert sie zur Bereitstellung eines Echosignals, das die von einem sich in einer speziellen Entfernung entlang einem Ultraschallstrahl befindenden Punkt reflektierte gesamte Ultraschallenergie genau angibt. Die Empfangsfokuszeitverzögerungen werden unter Verwendung spezialisierter Hardware in Echtzeit berechnet oder werden aus einer Nachschlagetabelle gelesen. Die Empfangskanäle weisen ferner Schaltungen zur Filterung der empfangenen Impulse auf. Die zeitverzögerten Empfangssignale werden daraufhin summiert und einer Signalverarbeitungseinrichtung **31** sowie einem Speicher **33** zugeführt. Die Signalverarbeitungseinrichtung **31** kann von der Hauptsteuereinrichtung **20** gesteuert werden und filtert summierte Echosignale, wobei Störungen und unerwünschte Signalkomponenten entfernt werden. Darüber hinaus kann von der Signalverarbeitungseinrichtung **31** eine Decodierung von codierten Signalverläufen ausgeführt werden. Für beide Funktionen können gespeicherte Echosignale aus dem Speicher **33** verwendet werden. Die verarbeiteten Signale werden einem Speicherpuffer bzw. Zwischenspeicher **37** zugeführt, der Segmenten von oder gesamten Bildeinstellungen bzw. Bildern entsprechende Echolinien speichert. Ein Detektor **32** wandelt die Empfangssignale in Anzeigedaten. In der nachstehend als B-Mode bezeichneten B-Betriebsart (Graustufe) handelt es sich dabei um die Hüllkurve des Signals mit einiger zusätzlicher Verarbeitung wie beispielsweise einer Eckenverstärkung und logarithmischen Komprimierung. Ein Abtastwandler **34** empfängt die Anzeigedaten von dem Detektor **32** und wandelt die Daten in das gewünschte Bild zur Anzeige. Insbesondere wandelt der Abtastwandler **34** die akustischen Bilddaten aus einem Polarkoordinatenabschnittsformat (R- θ -Abschnittsformat) oder einer linearen regelmäßigen Anordnung von kartesischen Koordinaten in geeignet skalierte Anzeigebildelementdaten von kartesischen Koordinaten bei der Videorate. Diese abtastgewandelten akustischen Daten werden daraufhin zur Anzeige auf dem Anzeigemonitor **22** bereitgestellt, der die zeitabhängige Am-

plitude der Signalhüllkurve als eine Graustufe darstellt. Eine jeweilige Abtastlinie wird für jeden Sendestrahl angezeigt.

[0016] Im Allgemeinen mißt das bevorzugte Ausführungsbeispiel die einer relativen Bewegung von Materie in einem untersuchten Objekt wie beispielsweise einem Blutfluß oder einer Gewebebewegung entsprechende seitliche Größe des Flecks. Abhängig von der Abtastsequenzrichtung wird sich ein sich bewegenden Zielen oder sich bewegend Materie entsprechender Fleck in der Richtung der Bewegung entweder ausweiten oder zusammenziehen. Ein Vergleich der ausgeweiteten/komprimierten Größe relativ zu einem stationären Zielen entsprechenden Fleck ermöglicht eine quantitative Messung des seitlichen Flusses durch eine Übertragungsfunktion, die von Fachleuten auf dem Gebiet des Ultraschalls experimentell erhalten werden kann.

[0017] Gemäß einem gemäß dem bevorzugten Ausführungsbeispiel ausgebildeten Algorithmus wird der dem Fluß entsprechende Fleck zuerst unter Verwendung der vorstehend beschriebenen und in der am 23. April 1998 im Namen von Richard Chiao et al. eingereichten US-Anmeldung mit der Serien-Nr. 09/065, 212 (nachstehend die "212-Anmeldung", eine Teilfortführung bzw. Continuation-In-Part der Anmeldung mit der Serien-Nr. 09/052,789, am 31. März 1998 eingereicht, nun fallengelassen), die an die Muttergesellschaft der Anspruchsberechtigten der vorliegenden Anmeldung abgetreten ist, ausführlicher beschrieben "B-Fluß"-Verfahren verstärkt. Die Vorrichtung gemäß [Fig. 1](#) kann wie in der '212-Anmeldung gelehrt modifiziert werden, und die in der '212-Anmeldung gelehrt B-Fluß-Verfahren können zur weiteren Verstärkung der unter Verwendung der modifizierten Vorrichtung erhaltenen Fleckdaten verwendet werden; alternativ kann ein ähnliches Verfahren zur Verstärkung der Fleckdaten verwendet werden.

[0018] [Fig. 2](#) veranschaulicht eine manuelle Handhabung des Wandleraufbaus **10** zur Führung von Strahlen von Ultraschallwellen in ein Objekt S mit einer Oberfläche **9**. Der Wandler kann bei einer auf der Oberfläche **9** ruhenden Position P1 beginnen und kann einen Strahl von Ultraschallwellen B1 erzeugen, der eine Strahlachse A1 und eine Strahlposition BP1 definiert. Der Strahl B1 kann von der Hauptsteuereinrichtung **20** und den Impulserzeugungseinrichtungen **24** gemäß allgemein bekannten Verfahren in Größe, Form und Frequenz verändert werden. Der Strahl B1 ist entlang der Achse A1 in eine Richtung D1 gerichtet.

[0019] Nach wie vor unter Bezugnahme auf [Fig. 2](#) wird der Wandler **10** in einer Abtastrichtung SD1 entlang der Oberfläche **9** manuell bewegt, so daß Strahlen entlang einer Vielzahl von Positionen zwischen der Position P1 und einer weiteren Position P2, die

Strahlpositionen BP1 bzw. BP2 definieren, in das Objekt S gesendet werden. Bei diesen Zwischenpositionen gesendete Strahlen können wie von der Hauptsteuereinrichtung 20 und den Impulserzeugungseinrichtungen 24 gemäß allgemein bekannten Verfahren eingestellt in Größe, Form, Frequenz und Richtung variieren. Bei der Position P2 erzeugt der Wandler einen Strahl B2, der eine Strahlachse A2 bei der Strahlposition BP2 definiert. Der Strahl B2 kann von der Hauptsteuereinrichtung 20 und den Impulserzeugungseinrichtungen 24 in Größe, Form und Frequenz variiert werden. Der Strahl B2 ist entlang der Achse A2 in eine Richtung D2 gerichtet. Die Strahlen B1 und B2 (sowie zwischen den Positionen P1 und P2 dazwischenliegend erzeugte Strahlen) werden zu mehreren Bereichen in dem Objekt S gesendet, wie beispielsweise Bereichen R1–R3, die einem Stoff wie beispielsweise Blut entsprechen können, der sich in einer Flußrichtung F1 bewegt oder in ihr fließt. Die Bereiche R1–R3 können auch Zeilen von sich bewegender Materie in dem Objekt S entsprechen. Der Fluß kann auf die Wände einer Arterie wie beispielsweise eine in dem Querschnitt gemäß Fig. 2 gezeigte Wand 8 begrenzt sein. Die Abtastrichtung SD1 weist eine Komponente parallel zu der Richtung F1 auf.

[0020] Fig. 3 veranschaulicht die Erzeugung der Strahlen B1 und B2 durch eine elektronische Strahlformung in Verbindung mit dem Wandler 10. Die Strahlformung kann z. B. auf die in dem am 14. März 1995 im Namen von Anne L. Hall et al. erteilten US-Patent mit der Nr. 5,398,216, das an eine Muttergesellschaft der Anspruchsberechtigten der vorliegenden Anmeldung abgetreten ist, beschriebene Art und Weise durchgeführt werden. Gemäß dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 3 verbleibt der Wandler 10 in der Position P1 und Strahlen mit Endpunkten B1 und B2, die sich in Richtungen D1 und D2 erstrecken, werden durch eine Abtastrichtung SD2 bewegt, die wie gezeigt einen Kreisbogen mit Endstrahlpositionen BP1 und BP2 sowie dazwischenliegenden Strahlpositionen bildet. Die Abtastrichtung SD2 weist Komponenten parallel zu der Richtung F1 auf.

[0021] Der Wandler 10 empfängt von Bereichen R1–R3 reflektierte erste Ultraschallwellen und erzeugt auf eine allgemein bekannte Art und Weise entsprechende erste Wandlersignale. Der Wandler 10 empfängt ebenfalls von einer Wand 8 reflektierte zweite Ultraschallwellen und erzeugt entsprechende zweite Wandlersignale. Die ersten und zweiten Wandlersignale werden zur Erzeugung entsprechender erster und zweiter B-Fluß-Daten verwendet, die auf die in der '212-Anmeldung beschriebene Art und Weise verstärkt werden. Die verstärkten Daten werden in einem Speicher 35 gespeichert, bei dem es sich um einen Teil des Abtastwandlers 34 handeln kann. Die Daten werden in einer Anzeige des B-Mode-Typs auf dem Anzeigemonitor 22 angezeigt.

[0022] Unter Verwendung des Bilds auf dem Anzeigemonitor 22 wählt ein Benutzer des Wandlers 10 einen sich bewegender Materie, sich bewegendem Gewebe oder sich bewegendem Blut entsprechenden Bereich von Interesse (ROI) aus. Der Bereich von Interesse kann Bereiche R1–R3 umfassen. Die dem ROI entsprechenden Daten können als Intensitätsbild zu dem Speicher 35 übertragen und darin gespeichert werden oder als Vorerfassungsechodaten zu einem Speicher 39 übertragen und darin gespeichert werden. Zur Veranschaulichung der Bewegungsschätzungsprozedur werden Intensitätsbilddaten betrachtet, es kann jedoch eine ähnliche Verarbeitung zur Analyse von Vorerfassungsechosignalen verwendet werden. Jede Zeile in diesem Bild (z. B. Zeilen R1–R3) wird durch Pakete von Daten dargestellt, die einem eindimensionalen seitlichen Flecksignal entsprechen. Für jede Zeile wird die Volle-Breite-Halbes-Maximum (FWHM) der Autokovarianzfunktion (ACVF) der Daten entsprechend der Zeile oder Segmenten der Zeile aus dem entsprechenden Paket von Daten gemessen. Die FWHM-ACVF für die Bildzeilen oder Bildzeilensegmente können abhängig von der Anwendung auf verschiedene Weise kombiniert werden, z. B. eine Durchschnittsbildung, um eine die Fleckgröße in dem ROI darstellende eindimensionale oder zweidimensionale Karte von FWHM-ACVF zu erhalten.

[0023] Bei jedem Wert der FWHM-ACVF handelt es sich um die Eingabe für eine Übertragungsfunktion, deren Ausgabe die geschätzte Geschwindigkeit ist. Bei der Übertragungsfunktion kann es sich um eine einfache lineare Beziehung mit der Geschwindigkeit handeln, oder es kann sich um eine kompliziertere nichtlineare Funktion handeln. Ein weiterer Parameter für die Übertragungsfunktion kann die FWHM-ACVF eines stationären Zielen entsprechenden Flecks wie beispielsweise der sich aus der Wand 8 ergebenden Daten sein.

[0024] Darüber hinaus bestimmt die Abtastsequenzrichtung (z. B. SD1 oder SD2) relativ zu der Flußrichtung (z. B. F1), ob der Fleck ausgeweitet oder komprimiert wird. Falls die Abtastsequenzrichtung gleich der Richtung des seitlichen Flusses ist, weitet sich der Fleck mehr aus oder "verwischt" mehr, während sich die Geschwindigkeit der Abtastrate annähert, die als die Geschwindigkeit definiert ist, mit der der Strahl durch das Objekt bewegt wird. Aus diesem Grund sollte die Abtastrate basierend auf dem zu messenden gewünschten Geschwindigkeitsbereich gesteuert werden. Beispielsweise wäre mit Bezug auf Fig. 2 die durchschnittliche Abtastrate die durch die Zeit zur Erfassung aller Strahlen geteilte Differenz zwischen den Strahlpositionen BP1 und BP2. Es tritt keine Fleckausweitung auf, falls die Abtastrichtung dem Fluß entgegengesetzt ist, und daher kann zur Sicherstellung, daß geeignete Daten (z. B. ein ausgeweiteter Fleck, der eine Geschwindigkeitsschätzung be-

reitestellt) erfaßt werden, die FWHM-ACVF in dem ROI zweimal gemessen werden; einmal für jede Abtastsequenzrichtung. Die drei Parameter (alle FWHM-ACVF; eine mit der Abtastsequenzrichtung mit dem Fluß, eine mit der Abtastsequenzrichtung gegen den Fluß und eine mit einem stationären Fleck) können zur Bestimmung der Größe und Richtung der Geschwindigkeit in eine nichtlineare Übertragungsfunktion oder eine Nachschlagetabelle eingegeben werden.

[0025] Fig. 4 veranschaulicht einen Signalverlauf von aus der Zeile R1 gemäß Fig. 2 oder Fig. 3 erhaltenen beispielhaften Daten. Die vertikale Achse oder y-Achse stellt die Intensität des Flecksignals dar, und die horizontale Achse oder x-Achse stellt die Position der Intensität entlang der Zeile R1 dar, wie sie in Fig. 2 oder Fig. 3 gezeigt ist. Die Autokovarianzfunktion von $x(t)$ kann geschätzt werden als:

$$R(\tau) = \int \tilde{x}(t) \tilde{x}(t + \tau) dt,$$

wobei es sich bei $\tilde{x}(t)$ um $x(t)$ mit daraus entferntem Mittelwert handelt. Falls $x(t)$ komplex ist (d. h. Real- und Imaginärteile), wie es mit Echodaten vor der Erfassung der Fall sein kann, kann die Autokovarianz ferner geschrieben werden als:

$$R(\tau) = \int \tilde{x}(t) \tilde{x}^*(t + \tau) dt,$$

wobei * eine komplexe Konjugation bezeichnet. Unter Verwendung des in Fig. 4 als $x(t)$ gezeigten vorstehenden seitlichen Flecksignals kann der Zentralteil der Autokovarianzfunktion wie in Fig. 5 gezeigt grafisch dargestellt werden.

[0026] Die Funktion kann analog zu einem Prozeß der Anordnung zweier Masken aufgefaßt werden, die jeweils den in Fig. 4 grafisch dargestellten Daten entsprechen, wobei die Masken relativ zueinander in einer horizontalen Richtung gemäß den in Fig. 5 auf der x-Achse dargestellten Bildelementpositionen verschoben werden, die sich ergebenden Werte multipliziert werden und das Produkt grafisch dargestellt wird. Selbstverständlich muß das Produkt nicht tatsächlich grafisch dargestellt werden, um die Korrelationsfunktion für Zwecke des bevorzugten Ausführungsbeispiels darzustellen. Die Funktion ist jedoch auf die in Fig. 5 gezeigte Art und Weise grafisch darstellbar. Fachleute erkennen, wie verwendbare Ergebnisse aus einer Korrelationsfunktion erhalten werden können, ohne die Funktion tatsächlich grafisch darzustellen.

[0027] Bei dem Parameter von Interesse in Verbindung mit Fig. 5 handelt es sich um die FWHM dieser Korrelationsfunktion. In der Praxis können auch Breiten bei anderen Bruchteilen des Maximums oder andere Eigenschaften der Korrelationsfunktion (z. B. Ableitung, Varianz, Integral) verwendet werden. Für

die grafische Darstellung gemäß Fig. 5 beträgt die FWHM 10,4 Einheiten, was einer räumlichen Metrik (z. B. Fleckgröße) entspricht. Dabei handelt es sich um das erste durch den Algorithmus erhaltene Ergebnis. Ein zweites Ergebnis wird erhalten, wenn die FWHM-ACVF eines stationären Zielen in dem gleichen Bild (z. B. Wand 8) entsprechenden Flecksignals auf die gleiche Art und Weise berechnet wird, was einen Parameter von 5,0 Einheiten ergibt. Dieses zweite Ergebnis zeigt, daß der Fleck sich in der Richtung des Flusses F1 "ausgedehnt" hat.

[0028] Die die relativen Geschwindigkeitsschätzungen aus der vorstehend beschriebenen Korrelationsverarbeitung von Ultraschallfleckdaten erzeugende Übertragungsfunktion hängt von den Ultraschallstrahleigenschaften wie beispielsweise Größe, Form und Frequenz ab. Diese bestimmen den Charakter eines stationären Flecks. Darüber hinaus stellt die Strahlabtastrate das Fleckausdehnungsverhalten von sich bewegendem Gewebe oder Blut ein. Die Feststellung der tatsächlichen Übertragungsfunktion erfordert ein Experimentieren und eine Modellierung dieser Faktoren. Fachleute wissen, wie eine tatsächliche Übertragungsfunktion durch eine Durchführung allgemein bekannter Experimente abhängig von den Abbildungseigenschaften des Ultraschallsystems zu erhalten ist. Beispielsweise würden die Ergebnisse der in Fig. 5 grafisch dargestellten Daten mit den Ergebnissen einer Analyse der von stationärer Materie wie beispielsweise der Wand 8 erhaltenen Daten verglichen werden, und die beiden Ergebnisse würden mit einem von einer unabhängigen Quelle gemessenen bekannten Wert der Geschwindigkeit verglichen werden. Eine Nachschlagetabelle könnte aus den Ergebnissen von Messungen bei verschiedenen bekannten Geschwindigkeiten vorbereitet werden, um eine Übertragungsfunktion zu erhalten.

[0029] Ein Ultraschallsystem bestimmt die relative Bewegung in einer ersten Richtung (F1) von erster Materie wie beispielsweise einem Blutfluß und zweiter Materie wie beispielsweise einer Arterienwand in einem untersuchten Objekt (S). Ein eine Vielzahl von Strahlpositionen (BP1 und BP2) definierender Strahl (B1) von Ultraschallwellen und Strahlachsen (A1 und A2) werden in Abtastrichtungen mit Komponenten parallel zu der Richtung F1 bewegt. Erste und zweite Blöcke von Daten, die die erste bzw. zweite Materie darstellen, werden erzeugt. Eine Verarbeitungseinrichtung (20) führt eine Schätzung einer Fleckgröße bei ersten Daten aus, um ein erstes Ergebnis zu erhalten, und führt eine Analyse des zweiten Blocks von Daten aus, um ein zweites Ergebnis zu erhalten. Die beiden Ergebnisse werden analysiert, um ein Maß für die relative Bewegung der ersten und zweiten Materie zu erhalten.

Patentansprüche

1. Vorrichtung in einem Ultraschallsystem zur Abbildung eines untersuchten Objekts (S), zur Bestimmung einer quantitativen Bewegung einer ersten Materie (R1), die sich in Bezug auf eine zweite Materie (8) in einer ersten Richtung (F1) bewegt, mit:
 einem Wandleraufbau (10), der zum Senden eines Strahls von Ultraschallwellen (B1) in das Objekt betreibbar ist, der eine vorbestimmte Größe aufweist und eine Vielzahl von Strahlpositionen (BP1, BP2) und eine in einer Abtastrichtung oder mehreren Abtastrichtungen (SD1) mit einer Abtastrichtungskomponente oder mehreren Abtastrichtungskomponenten parallel zu der ersten Richtung bewegte Strahlachse (A1) definiert, wobei der Wandleraufbau im Ansprechen auf die Strahlpositionen in der einen Abtastrichtung oder den mehreren Abtastrichtungen erste reflektierte Ultraschallwellen von der ersten Materie und zweite reflektierte Ultraschallwellen von der zweiten Materie empfängt;
 einer Verarbeitungseinrichtung (20), die auf die ersten reflektierten Ultraschallwellen anspricht, um einen ersten Block von zumindest eine Komponente der Bewegung der ersten Materie mit Bezug auf die zweite Materie entlang einer der Abtastrichtungen darstellenden Daten zu erzeugen, auf die reflektierten zweiten Ultraschallwellen anspricht, um einen zweiten Block von einem Teil der zweiten Materie darstellenden Daten zu erzeugen, eine erste Analyse des ersten Blocks von Daten auszuführen, um ein erstes Ergebnis (FWHM gemäß Fig. 5) zu erhalten, eine zweite Analyse des zweiten Blocks von Daten auszuführen, um ein zweites Ergebnis (FWHM der Wand 8) zu erhalten, eine dritte Analyse des ersten Ergebnisses und des zweiten Ergebnisses auszuführen, um eine Bewegungseigenschaft oder mehrere Bewegungseigenschaften der ersten Materie (Übertragungsfunktion verkörpernde Nachschlagetabelle) zu bestimmen; und
 einer Anzeige (22) zur Anzeige der einen Bewegungseigenschaft oder der mehreren Bewegungseigenschaften der ersten Materie.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei der Wandleraufbau zur Bewegung des Strahls in der einen Abtastrichtung oder den mehreren Abtastrichtungen manuell bewegbar ist.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei es sich bei dem Wandleraufbau um eine regelmäßige Anordnung von Wandlerelementen handelt, die zum Senden und Empfangen von Ultraschallwellen unter Verwendung einer elektronischen Strahlformung zur Erzeugung zeitverzögerter Ultraschallimpulse zur Bewegung des Strahls in der einen Abtastrichtung oder den mehreren Abtastrichtungen in der Lage ist.

4. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei der erste Block von Daten eine Signalintensitätskarte der ersten reflektierten Ultraschallwellen darstellt.

5. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei die erste Materie Bereiche an einer Vielzahl von Orten (R1–R3) in dem Objekt umfaßt und wobei der erste Block von Daten getrennte Pakete von die Bereiche darstellenden Daten umfaßt.

6. Vorrichtung nach Anspruch 5, wobei die Analyse des ersten Blocks von Daten eine getrennte Analyse bei jedem der Pakete von Daten umfaßt.

7. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei die erste Analyse eine Korrelationsanalyse von reflektierte Ultraschallwellen darstellenden Signalen umfaßt, die ein als ein Funktionsverlauf grafisch darstellbares Ergebnis aufweist.

8. Vorrichtung nach Anspruch 7, wobei die Korrelationsanalyse entlang der Abtastrichtung ausgeführt wird.

9. Vorrichtung nach Anspruch 7, wobei es sich bei der Korrelationsanalyse um eine Berechnung der Autokorrelationsfunktion von reflektierte Ultraschallwellen darstellenden Signalen handelt.

10. Vorrichtung nach Anspruch 9, wobei die erste Analyse ferner eine bei der Breite eines vorbestimmten Teils des als ein Funktionsverlauf grafisch darstellbaren Ergebnisses ausführbare Analyse umfaßt.

11. Vorrichtung nach Anspruch 10, wobei der vorbestimmte Teil den halben Maximalwert des Funktionsverlaufs umfaßt.

12. Vorrichtung nach Anspruch 11, wobei die zweite Analyse eine Korrelationsanalyse mit einem als ein zweiter Funktionsverlauf grafisch darstellbaren Ergebnis umfaßt und ferner eine Analyse der Breite des halben Maximalwerts des zweiten Funktionsverlaufs umfaßt.

13. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei die eine Abtastrichtungskomponente oder die mehreren Abtastrichtungskomponenten sich in der ersten Richtung erstreckende Komponenten und sich der ersten Richtung entgegengesetzt erstreckende Komponenten umfassen.

14. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei die dritte Analyse eine Ausführung einer Übertragungsfunktion zur Bestimmung einer Geschwindigkeit zumindest eines Teils der ersten Materie mit Bezug auf die zweite Materie umfaßt.

15. Vorrichtung nach Anspruch 14, wobei die eine Komponente der Bewegung Bereiche der ersten Ma-

terie an einer Vielzahl von Orten in dem Objekt (R1–R3) darstellt und wobei der erste Block von Daten getrennte Pakete von die Bereiche darstellenden Daten umfaßt und wobei die Übertragungsfunktion die Geschwindigkeiten der ersten Materie in den Bereichen getrennt bestimmt.

16. Verfahren mit einem Ultraschallsystem zur Abbildung eines untersuchten Objekts (S), zur Bestimmung einer quantitativen Bewegung einer ersten Materie (R1), die sich in Bezug auf eine zweite Materie (8) in einer ersten Richtung (F1) bewegt, mit:
Senden eines Strahls von Ultraschallwellen (B1) in das Objekt, der eine vorbestimmte Größe aufweist und eine Vielzahl von Strahlpositionen (BP1, BP2) und eine in einer Abtastrichtung oder mehreren Abtastrichtungen (SD1) mit einer Abtastrichtungskomponente oder mehreren Abtastrichtungskomponenten parallel zu der ersten Richtung bewegte Strahlachse (A1) definiert;
Empfangen erster reflektierter Ultraschallwellen von der ersten Materie und zweiter reflektierter Ultraschallwellen von der zweiten Materie im Ansprechen auf die Strahlpositionen in der einen Abtastrichtung oder den mehreren Abtastrichtungen;
Erzeugen eines ersten Blocks von zumindest eine Komponente der Bewegung der ersten Materie mit Bezug auf die zweite Materie entlang einer der Abtastrichtungen darstellenden Daten im Ansprechen auf die ersten reflektierten Ultraschallwellen;
Erzeugen eines zweiten Blocks von einem Teil der zweiten Materie darstellenden Daten im, Ansprechen auf die zweiten reflektierten Ultraschallwellen;
Ausführen einer ersten Analyse des ersten Blocks von Daten zum Erhalten eines ersten Ergebnisses;
Ausführen einer zweiten Analyse des zweiten Blocks von Daten zum Erhalten eines zweiten Ergebnisses;
Ausführen einer dritten Analyse, des ersten Ergebnisses und des zweiten Ergebnisses zum Bestimmen einer Bewegungseigenschaft oder mehrerer Bewegungseigenschaften der ersten Materie; und
Anzeigen der einen Bewegungseigenschaft oder der mehreren Bewegungseigenschaften der ersten Materie.

17. Verfahren nach Anspruch 16, wobei das Senden eine manuelle Bewegung zur Bewegung des Strahls in die Vielzahl von Positionen und der einen Abtastrichtung oder den mehreren Abtastrichtungen umfaßt.

18. Verfahren nach Anspruch 16, wobei das Senden eine elektronische Strahlformung zur Erzeugung zeitverzögerter Ultraschallimpulse zur Bewegung des Strahls in der einen Abtastrichtung oder den mehreren Abtastrichtungen umfaßt.

19. Verfahren nach Anspruch 16, wobei der erste Block von Daten eine Signalintensitätskarte der ersten reflektierten Ultraschallwellen darstellt.

20. Verfahren nach Anspruch 16, wobei die erste Materie Bereiche an einer Vielzahl von Orten in dem Objekt umfaßt und wobei der erste Block von Daten getrennte Pakete von die Bereiche darstellenden Daten umfaßt.

21. Verfahren nach Anspruch 20, wobei die Analyse des ersten Blocks von Daten eine getrennte Analyse bei jedem der Pakete von Daten umfaßt.

22. Verfahren nach Anspruch 16, wobei die erste Analyse eine Korrelationsanalyse von reflektierte Ultraschallwellen darstellenden Signalen umfaßt, die ein als ein Funktionsverlauf grafisch darstellbares Ergebnis aufweist.

23. Verfahren nach Anspruch 22, wobei die Korrelationsanalyse entlang der Abtastrichtung ausgeführt wird.

24. Verfahren nach Anspruch 22, wobei es sich bei der Korrelationsanalyse um eine Berechnung der Autokorrelationsfunktion von reflektierte Ultraschallwellen darstellenden Signalen handelt.

25. Verfahren nach Anspruch 24, wobei die erste Analyse ferner eine bei der Breite eines vorbestimmten Teils des als ein Funktionsverlauf grafisch darstellbaren Ergebnisses ausführbare Analyse umfaßt.

26. Verfahren nach Anspruch 25, wobei der vorbestimmte Teil den halben Maximalwert des Funktionsverlaufs umfaßt.

27. Verfahren nach Anspruch 26, wobei die zweite Analyse eine Korrelationsanalyse mit einem als ein zweiter Funktionsverlauf grafisch darstellbaren Ergebnis umfaßt und ferner eine Analyse der Breite des halben Maximalwerts des zweiten Funktionsverlaufs umfaßt.

28. Verfahren nach Anspruch 16, wobei die eine Abtastrichtungskomponente oder die mehreren Abtastrichtungskomponenten sich in der ersten Richtung erstreckende Komponenten und sich der ersten Richtung entgegengesetzt erstreckende Komponenten umfassen.

29. Verfahren nach Anspruch 16, wobei die dritte Analyse eine Ausführung einer Übertragungsfunktion zur Bestimmung einer Geschwindigkeit zumindest eines Teils der ersten Materie mit Bezug auf die zweite Materie umfaßt.

30. Verfahren nach Anspruch 29, wobei die eine Komponente der Bewegung Bereiche der ersten Materie an einer Vielzahl von Orten in dem Objekt darstellt und wobei der erste Block von Daten getrennte Pakete von die Bereiche darstellenden Daten umfaßt und wobei die Übertragungsfunktion die Geschwin-

digkeiten der ersten Materie in den Bereichen getrennt bestimmt.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

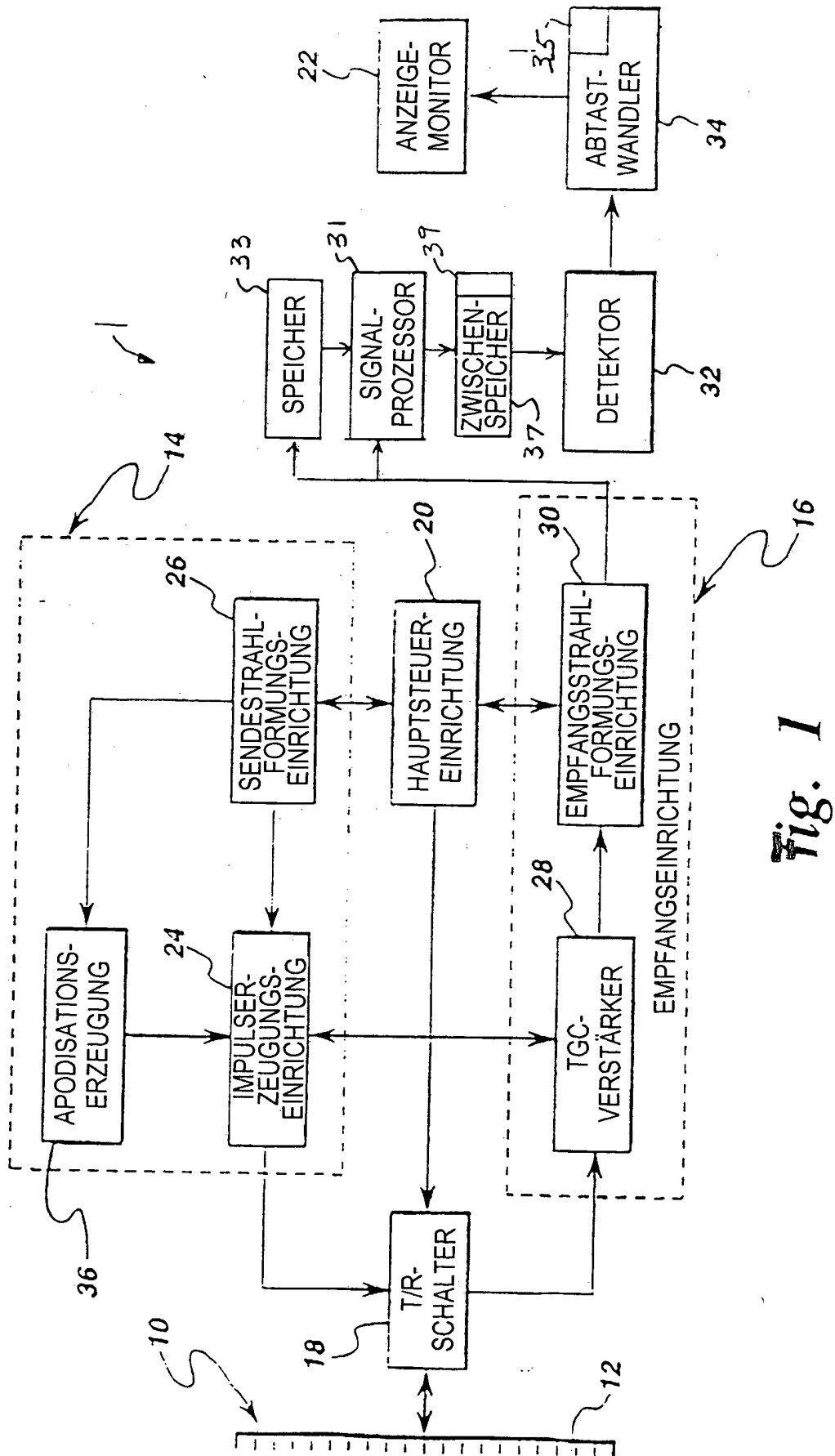


Fig. 1

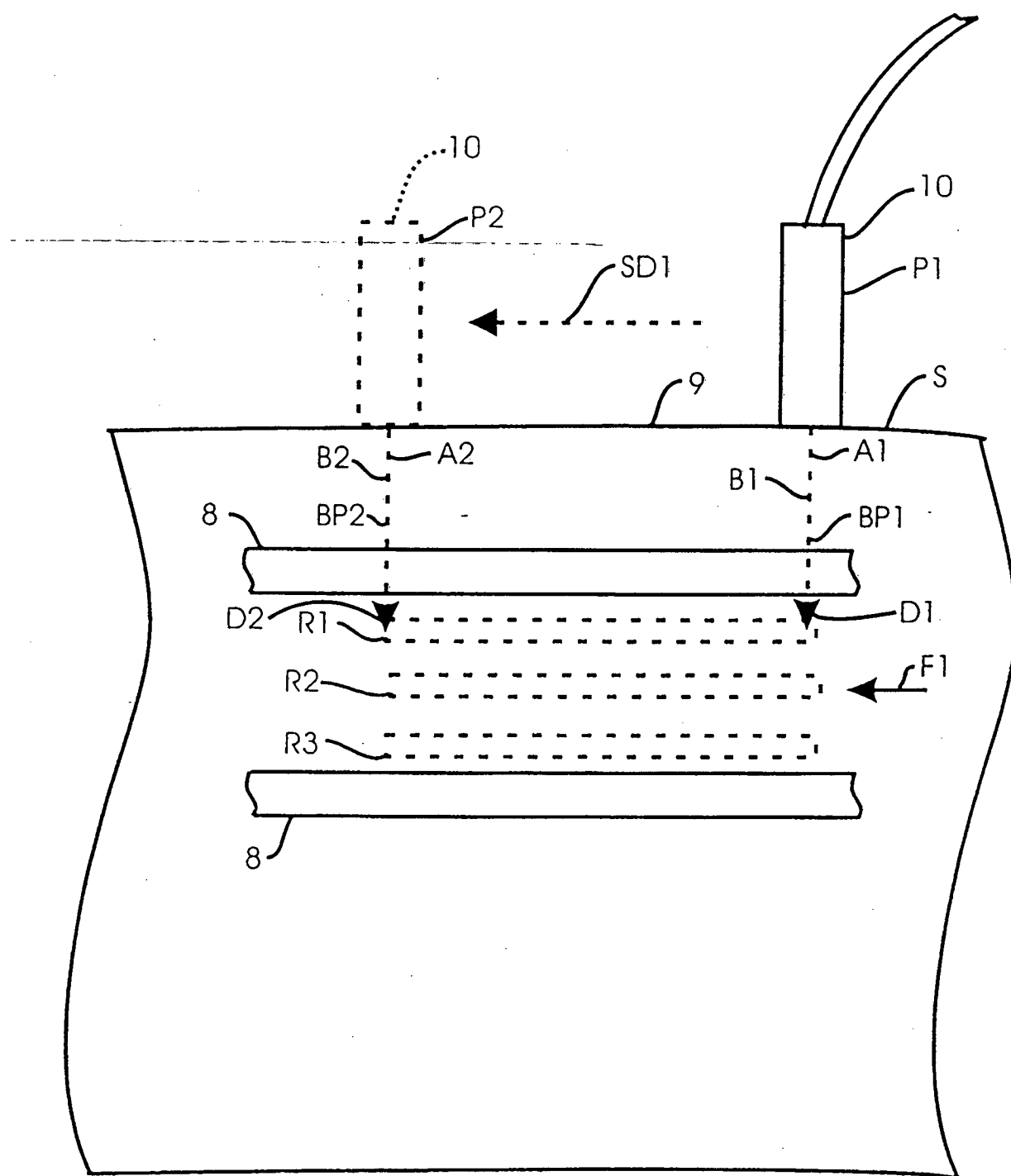


FIG. 2

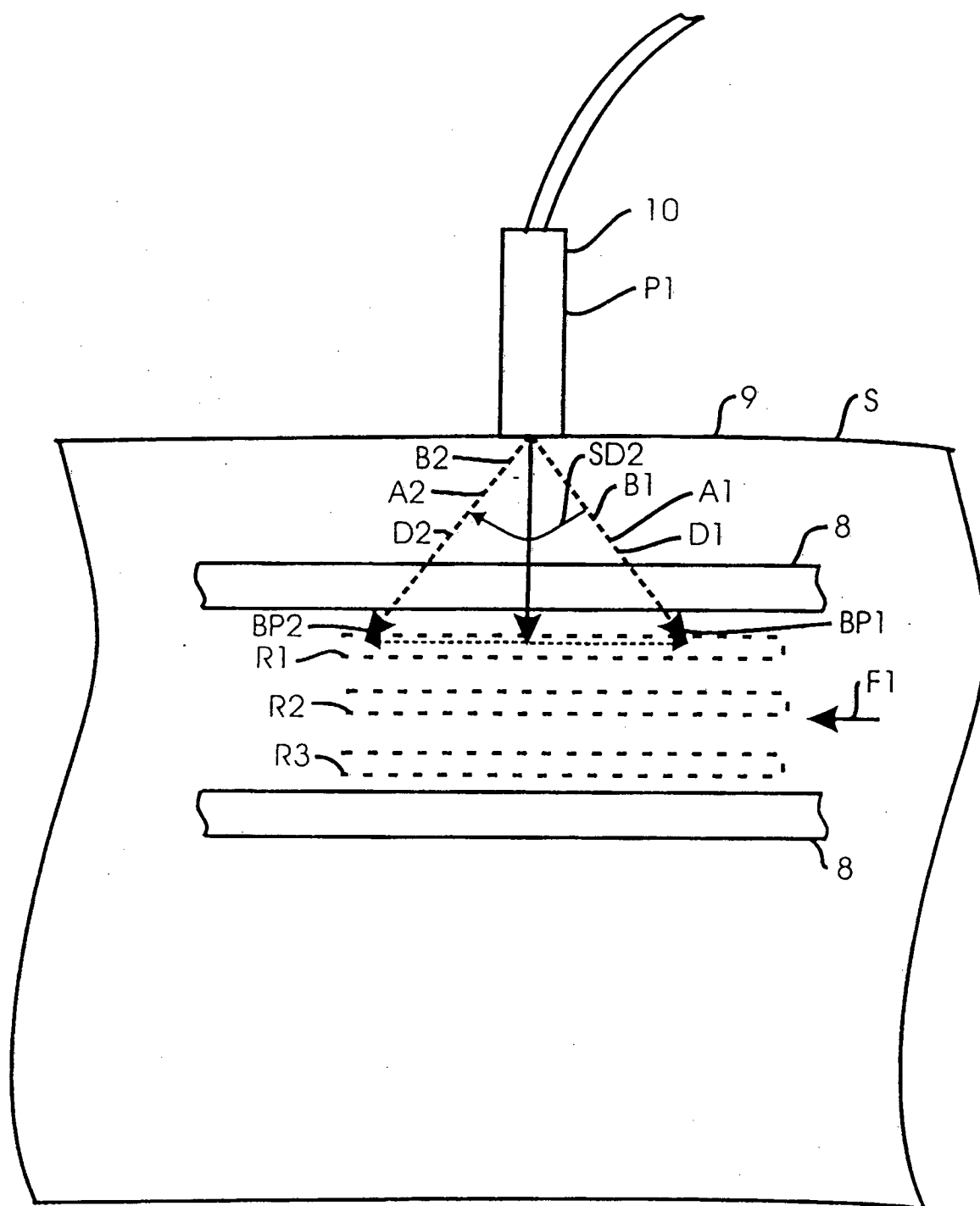


FIG. 3

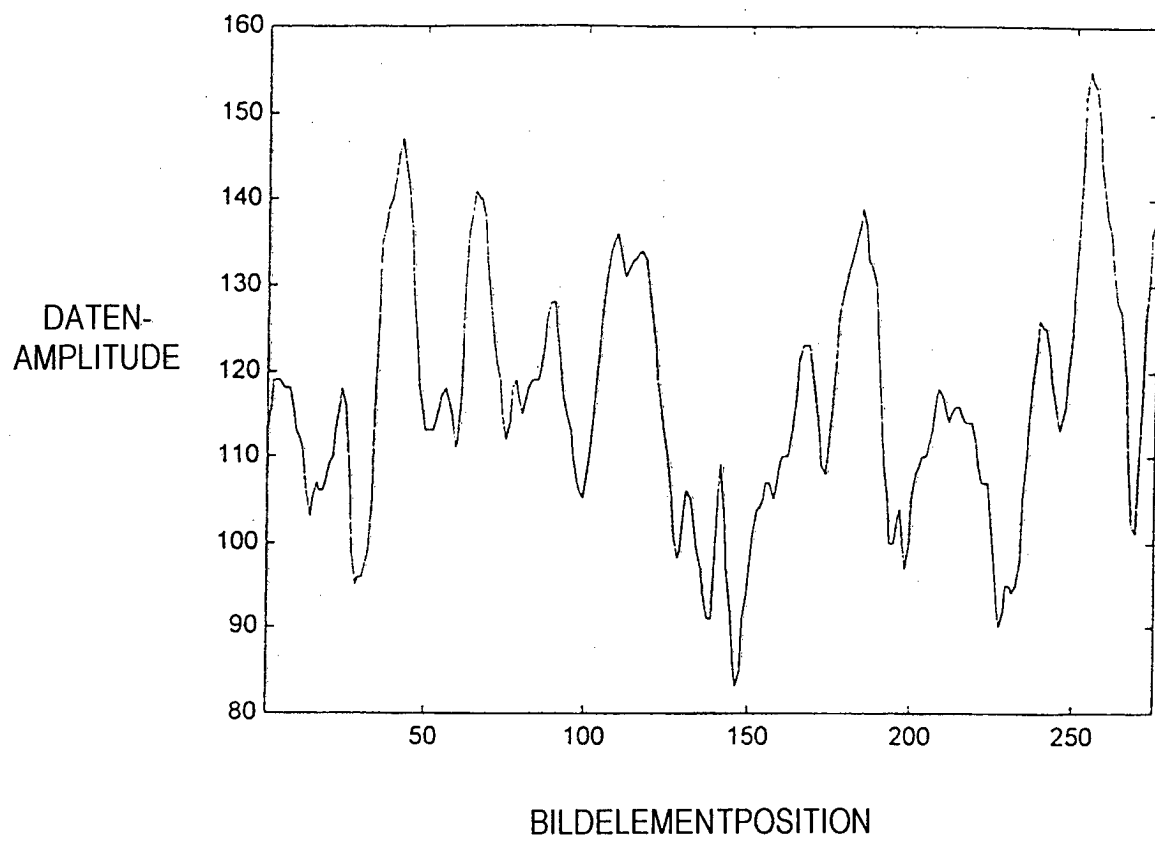


FIG. 4

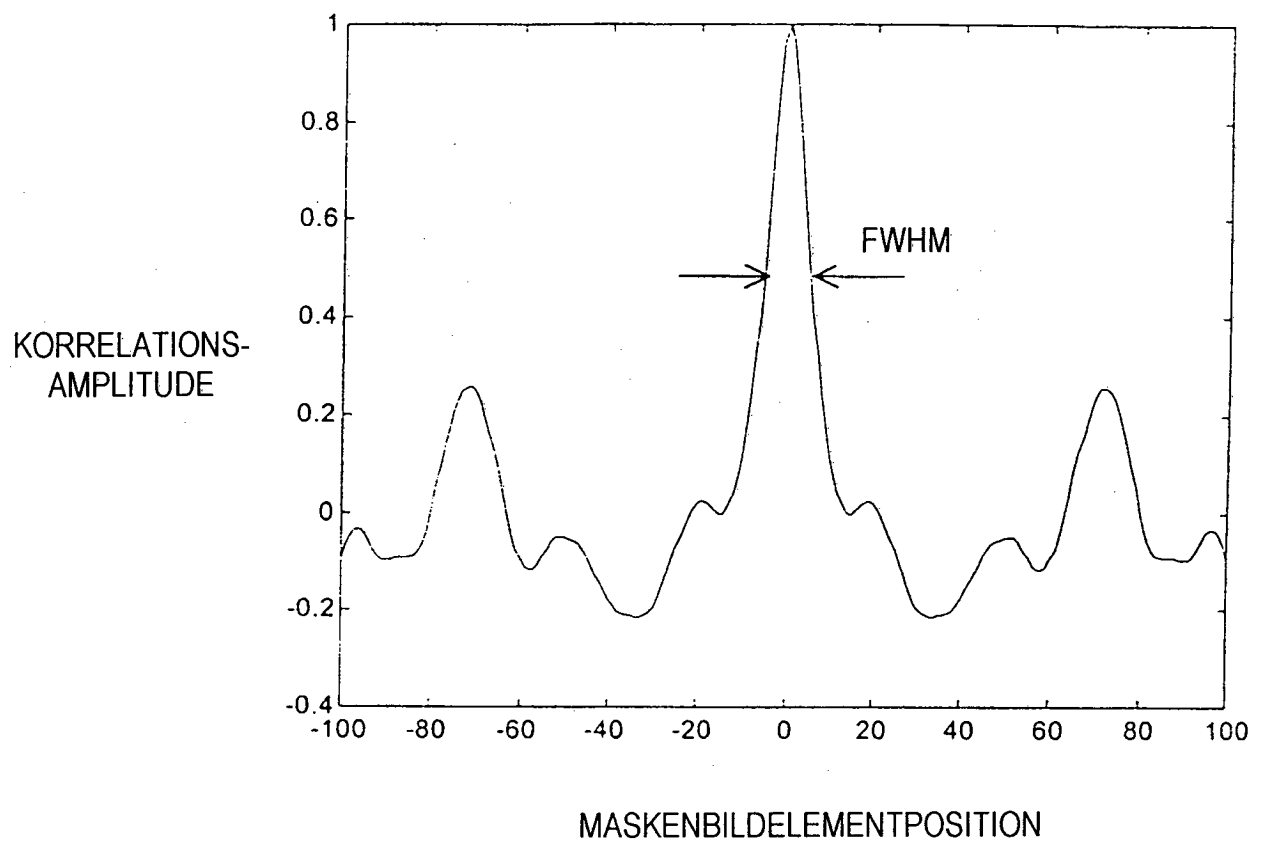


FIG. 5