(19) Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2007 058 891 A1** 2008.06.12

(12) # Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2007 058 891.9**
(22) Anmeldetag: **05.12.2007**
(43) Offenlegungstag: **12.06.2008**

(51) Int Cl.[8]: ***A61B 8/00*** (2006.01)

(30) Unionspriorität:
11/567,285 06.12.2006 US

(71) Anmelder:
General Electric Co., Schenectady, N.Y., US

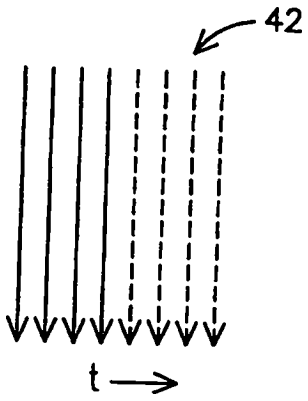
(74) Vertreter:
Rüger und Kollegen, 73728 Esslingen

(72) Erfinder:
Lin, Feng, Niskayuna, N.Y., US; Hazard, Christopher Robert, Niskayuna, N.Y., US; Seyed-Bolorforosh, Mirsaid, Guilderland, N.Y., US; Hiltawsky, Karsten, 58239 Schwerte, DE; Wu, Zhe, Waukesha, Wis., US

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Einrichtung, System und Verfahren zum adaptiven Steuern eines Frameintervalls zwischen Ultraschallscanframes für einen Ultraschallelastizitätsbildgebungsscan**

(57) Zusammenfassung: Vorrichtung (22), System (54) und Verfahren zum adaptiven Steuern eines Frameintervalls (24) zwischen Ultraschallscanframes (beispielsweise 26) eines Ultraschallelastizitätsbildgebungsscans. Das System enthält einen Sender, der dazu dient, während eines Ultraschallelastizitätsbildgebungsscans Ultraschallstrahlen an einen Patienten (bzw. eine Person) auszusenden, und einen Empfänger zum Aufnehmen von Ultraschallstrahlechos von dem auf die abgestrahlten Ultraschallstrahlen ansprechenden Patienten. Das System beinhaltet ferner einen Prozessor, der dazu dient, eine Vielzahl der Ultraschallstrahlechos zu verarbeiten, um eine Belastungsänderung des einer Belastung unterworfenen Gewebes zu ermitteln (beispielsweise 16), einen Wert für ein Ultraschallscanframeintervall zu berechnen, das dazu angepasst ist, Gewebe bildgebend aufzunehmen, das die ermittelte Belastungsänderung erfährt (beispielsweise 18), und den Wert des Ultraschallscanframeintervalls einzustellen, um Ultraschallelastizitätsbilder des Gewebes zu akquirieren, das die ermittelte Belastungsänderung erfährt (beispielsweise 20).



Beschreibung

GEBIET DER ERFINDUNG

[0001] Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung betreffen allgemein Bildgebungssysteme und speziell ein adaptives Steuern eines Frameintervalls zwischen Ultraschallscanframes für einen Ultraschallelastizitätsbildgebungsscan.

HINTERGRUND ZU DER ERFINDUNG

[0002] Ultraschallelastizitätsbildgebung ist nützlich, um Gewebe zu unterscheiden, die unterschiedliche elastische Eigenschaften aufweisen. Um Ultraschallelastizitätsbildgebung von einem Gewebe in einem gewünschten interessierenden Bereich (ROI) durchzuführen, wird das Gewebe durch eine externe Kraft, z.B. durch manuelles Beklopfen, durch Vibratorvorrichtungen und/oder mittels Ultraschallstrahlen, angeregt oder palpiert. In einer Abwandlung kann Gewebe durch innere Kräfte angeregt werden, z.B. Kräfte, die auf den Herzschlag oder auf einen Blutgefäßpulsschlag zurückzuführen sind. Eine aufgrund der Anregung hervorgerufene Gewebeverformung kann erfasst werden, indem Ultraschallstrahlen auf das angeregte Gewebe gerichtet werden, und während der Anregung zu unterschiedlichen Zeitpunkten Ultraschallpulsechos von dem Gewebe erfasst werden, um die Elastizität des Gewebes kennzeichnende Belastungsdaten zu erhalten. Da die Belastung eine Funktion einer Ableitung einer Verschiebung ist, werden für jede Belastungsberechnung mindestens zwei von dem verformten Gewebe her empfangene zeitlich getrennte Bildgebungsframes benötigt. Somit beruht die Elastizitätsbildgebung auf dem Erfassen einer Gewebeverformung zwischen zwei Bildgebungsframes, um Belastungsdaten zu erhalten.

[0003] In einer herkömmlichen Ultraschallelastizitätsbildgebung ist das Zeitintervall zwischen Bildgebungsframes, die zu vergleichen sind, um Belastungsdaten zu erhalten, gewöhnlich ein feststehender konstanter Wert. Das feste Zeitintervall wird gewöhnlich basierend auf einer bekannten ausgeübten Belastungskraft ausgewählt, beispielsweise anhand der Frequenz und/oder Amplitude der Kraft. Es können allerdings Zeiten während der Elastizitätsbildgebung vorhanden sein, in denen keine oder lediglich eine starre Verschiebung zwischen Frameintervallen auftritt. In der Folge werden Belastungsdaten möglicherweise nur schwer oder überhaupt nicht erlangt. Im Gegensatz dazu sind die sich ergebenden Echos im Falle einer zu großen Verformung während eines Frameintervalls möglicherweise nicht ausreichend korreliert, um eine verlässliche Belastungsberechnung durchzuführen.

KURZBESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

[0004] In einem Ausführungsbeispiel beinhaltet die Erfindung ein Verfahren zum adaptiven Steuern eines Frameintervalls zwischen Ultraschallscanframes eines Ultraschallelastizitätsbildgebungsscans, wobei jeder Frame viele Ultraschallstrahlen beinhaltet. Zu dem Verfahren gehören die Schritte, mehrere Ultraschallstrahlechos zu akquirieren, die von einem einer Belastung unterworfenen Gewebe ausgehen, und die akquirierten mehreren Ultraschallstrahlechos zu verarbeiten, um eine Belastungsänderung des einer Belastung unterworfenen Gewebes zu ermitteln. Das Verfahren beinhaltet ferner die Schritte: Berechnen eines Werts für ein Ultraschallscanframeintervall, das dazu angepasst ist, Gewebe bildgebend aufzunehmen, das die ermittelte Belastungsänderung erfährt, und Einstellen des Wertes des Ultraschallscanframeintervalls, um Ultraschallelastizitätsbilder des Gewebes zu akquirieren, das die ermittelte Belastungsänderung erfährt.

[0005] In einem anderen Ausführungsbeispiel beinhaltet die Erfindung ein Verfahren zum adaptiven Steuern eines Frameintervalls zwischen Ultraschallscanframes für einen Ultraschallelastizitätsbildgebungsscan. Zu dem Verfahren gehören die Schritte: Positionieren einer Quelle für Ultraschallstrahlen in unmittelbarer Nähe eines Patienten, um einen Ultraschallelastizitätsbildgebungsscan an dem einer Belastung unterworfenen Gewebe des Patienten durchzuführen, und Akquirieren mehrerer Ultraschallstrahlechos, die von dem Gewebe her empfangen werden. Das Verfahren beinhaltet den Schritt einer Verarbeitung der akquirierten mehreren Ultraschallstrahlechos, um basierend auf einem Abstand des Gewebes von der Quelle eine Belastungsänderung des einer Belastung unterworfenen Gewebes zu ermitteln. Das Verfahren beinhaltet ferner die Schritte: Berechnen eines Wertes für ein Ultraschallscanframeintervall, das dazu angepasst ist, Gewebe bildgebend aufzunehmen, das die ermittelte Belastungsänderung erfährt, und Einstellen des Wertes des Ultraschallscanframeintervalls, um Ultraschallelastizitätsbilder des Gewebes zu akquirieren, das die ermittelte Belastungsänderung erfährt.

[0006] In einem anderen Ausführungsbeispiel beinhaltet die Erfindung eine Vorrichtung zum adaptiven Steuern eines Frameintervalls zwischen Ultraschallscanframes eines Ultraschallelastizitätsbildgebungsscans. Die Vorrichtung enthält ein erstes Modul, um mehrere Ultraschallstrahlechos zu akquirieren, die von einem einer Belastung unterworfenen Gewebe ausgehen, und ein zweites Modul, um die akquirierten mehreren Ultraschallstrahlechos zu verarbeiten, um eine Belastungsänderung des einer Belastung unterworfenen Gewebes zu ermitteln. Die Erfindung beinhaltet ferner ein drittes Modul zum Berechnen eines Wertes für ein Ultraschallscanframein-

tervall, das dazu angepasst ist, Gewebe bildgebend aufzunehmen, das die ermittelte Belastungsänderung erfährt, und ein viertes Modul zum Einstellen des Wertes des Ultraschallscanframeintervalls, um Ultraschallelastizitätsbilder des Gewebes zu akquirieren, das die ermittelte Belastungsänderung erfährt.

[0007] In einem anderen Ausführungsbeispiel beinhaltet die Erfindung ein System zum adaptiven Steuern eines Frameintervalls zwischen Ultraschallscanframes eines Ultraschallelastizitätsbildgebungsscans. Das System enthält einen Sender zum Aussenden von Ultraschallstrahlen an einen Patienten während eines Ultraschallelastizitätsbildgebungsscans und einen Empfänger zum Aufnehmen von Ultraschallstrahlechos, die von dem auf abgestrahlte Ultraschallstrahlen ansprechenden Patienten ausgehen. Die Erfindung enthält ferner einen Prozessor, der dazu dient, eine Anzahl der Ultraschallstrahlechos zu verarbeiten, um eine Belastungsänderung des einer Belastung unterworfenen Gewebes zu ermitteln, einen Wert für ein Ultraschallscanframeintervall zu berechnen, das dazu angepasst ist, das der ermittelten Belastungsänderung unterworfene Gewebe bildgebend aufzunehmen, und den Wert des Ultraschallscanframeintervalls einzustellen, um Ultraschallelastizitätsbilder des Gewebes zu akquirieren, das die ermittelte Belastungsänderung erfährt.

[0008] In einem anderen Ausführungsbeispiel gehört zu der Erfindung ein von einem Rechner auslesbares Medien, das Programmanweisungen zum adaptiven Steuern eines Frameintervalls zwischen Ultraschallscanframes eines Ultraschallelastizitätsbildgebungsscans enthält. Das von einem Rechner auslesbare Medium enthält einen Computerprogammcode, um mehrere Ultraschallstrahlechos zu akquirieren, die von einem einer Belastung unterworfenen Gewebe ausgehen, und einen Computerprogammcode zum Verarbeiten der akquirierten mehreren Ultraschallstrahlechos, um eine Belastungsänderung des einer Belastung unterworfenen Gewebes zu ermitteln. Das von einem Rechner auslesbare Medien enthält ferner einen Computerprogammcode zum Berechnen eines Wertes für ein Ultraschallscanframeintervall, das dazu angepasst ist, Gewebe, bildgebend aufzunehmen das die ermittelte Belastungsänderung erfährt, und einen Computerprogammcode zum Einstellen des Wertes des Ultraschallscanframeintervalls, um Ultraschallelastizitätsbilder des Gewebes zu akquirieren, das die ermittelte Belastungsänderung erfährt.

KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0009] Fig. 1 zeigt ein Blockdiagramm eines exemplarischen Verfahrens zum adaptiven Steuern eines Frameintervalls zwischen Ultraschallscanframes für einen Ultraschallelastizitätsbildgebungsscan.

[0010] Fig. 2 zeigt ein schematisches Zeitsteuerdiagramm, das ein exemplarisches Frameintervall zwischen zwei Ultraschallscanframes veranschaulicht.

[0011] Fig. 3 zeigt eine exemplarische Scansequenz für einen Ultraschallelastizitätsscan gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung.

[0012] Fig. 4 zeigt eine exemplarische Scansequenz für einen Ultraschallelastizitätsscan gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der Erfindung.

[0013] Fig. 5 zeigt eine exemplarische Scansequenz für einen Ultraschallelastizitätsscan gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der Erfindung.

[0014] Fig. 6 zeigt eine exemplarische Scansequenz für einen Ultraschallscan gemäß noch einem Ausführungsbeispiel der Erfindung.

[0015] Fig. 7 zeigt eine exemplarische Scansequenz für einen Ultraschallelastizitätsscan für unterschiedliche Gewebetiefen gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung.

[0016] Fig. 8 zeigt ein Blockschaltbild eines exemplarischen Systems zum Durchführen einer Scansequenz für einen Ultraschallelastizitätsscan gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung.

[0017] Fig. 9 zeigt ein Blockschaltbild einer exemplarischen Vorrichtung zum Durchführen einer Scansequenz für einen Ultraschallelastizitätsscan gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

[0018] Die Erfinder haben entdeckt, dass sich eine verbesserte Elastizitätsbildgebung erzielen lässt, indem ein Ultraschallelastizitätsbildgebungsframeintervall in Abhängigkeit von einer Belastungsänderung eines einer Bildgebung unterworfenen Gewebes adaptiv angepasst wird. Fig. 1 zeigt ein Blockdiagramm **10** eines exemplarischen Verfahrens zum adaptiven Steuern eines Frameintervalls zwischen Ultraschallscanframes für einen Ultraschallelastizitätsbildgebungsscan. Zu dem Verfahren kann der Schritt gehören, eine Ultraschallstrahlenquelle in unmittelbarer Nähe eines Patienten zu positionieren, um einen Ultraschallelastizitätsbildgebungsscan an einem einer Belastung unterworfenen Gewebe des Patienten durchzuführen **12**. Das Verfahren kann anschließend den Schritt beinhalten, beispielsweise für mindestens zwei Ultraschallscanframes mehrere Ultraschallstrahlechos zu akquirieren, die von einem einer Belastung unterworfenen Gewebe ausgehen **14**.

[0019] Fig. 2 zeigt ein zur Erläuterung gewisser Aspekte der Erfindung dienendes schematisches Zeit-

steuerdiagramm **22**, das ein exemplarisches Frameintervall **24** zwischen zwei Ultraschallscanframes **26**, **28** mit einer Framelänge **38** zeigt. Jeder Ultraschallscanframe **26**, **28** kann eine Anzahl von Ultraschallscanstrahlen **30**, **32** umfassen, die während des Frames **26**, **28** entsprechend einer gewünschten Scansequenz abgegeben werden. In einem Ausführungsbeispiel kann während eines Verfahrens zur Bestimmung einer Belastungsänderung beispielsweise unabhängig von für normale Bildgebung verwendeten Strahlscanframes eine Anzahl von Ultraschallstrahlen, d.h. Detektionsstrahlen **34**, **35**, **36**, verwendet werden, die im Verhältnis zu einer normalerweise für Ultraschallscannen eingesetzten Anzahl reduziert ist. Die Detektionsstrahlen **34**, **35**, **36** können zeitlich gleichmäßig beabstandet sein und ein Impulswiederholungsintervall (PRI = Pulse Repetition Interval) aufweisen, das sich von einem für normale Scanframes, z.B. Scanframes **26**, **28**, verwendeten PRI unterscheidet. Die Detektionsstrahlen **34**, **35**, **36** können innerhalb eines Frames verschachtelt sein oder können in einer Zwischenframeregion **25** verwendet werden. In einem Ausführungsbeispiel können die Detektionsstrahlen **34**, **35**, **36** hinsichtlich normaler Scanframes asynchron sein.

[0020] Mit weiterem Bezug auf Fig. 1 können die in Schritt **14** akquirierten Ultraschallechostrahlen auf Detektionsstrahlen, wie den Detektionsstrahlen **34**, **35**, **36**, ansprechen, die auf das Gewebe gerichtet sind, das einer Belastung unterworfen ist. Die Detektionsstrahlen, z.B. die Detektionsstrahlen **34**, **35**, **36**, können an vorgegebenen Positionen in einem ROI eines Patienten festgelegt sein. In einem Ausführungsbeispiel können die Detektionsstrahlen dazu eingerichtet sein, in einem ROI gleichmäßig verteilt zu sein. In noch einem Ausführungsbeispiel kann ein Zeitintervall zwischen den Detektionsstrahlen **34**, **35**, **36** vorbestimmt werden. Durch Beschränken einer Anzahl von Strahlen, die verwendet werden, um die Ultraschallstrahlechos in Schritt **14** zu akquirieren, können eine Verarbeitungsanforderung und eine entsprechende Verarbeitungszeit im Vergleich zu einem normalen Scanframe, bei dem sämtliche Strahlen zu verarbeiten sind, verringert sein.

[0021] Nachdem die beispielsweise von mindestens zwei Detektionsstrahlen stammenden Strahlenechos für wenigstens zwei Frames akquiriert sind, kann das Verfahren den Schritt beinhalten, die akquirierten mehreren Ultraschallstrahlechos zu verarbeiten, um eine Belastungsänderung des einer Belastung unterworfenen Gewebes zu ermitteln **16**. In einem Ausführungsbeispiel kann eine mittlere Belastung zwischen Frames ermittelt werden, um als ein Schätzwert für eine Belastungsänderung verwendet zu werden. Eine mittlere Belastung kann als Funktion einer Gewebetiefe mittels bekannter Techniken, z.B. einer unmittelbaren Berechnung der Belastung und einer anschließenden Mittelwertbildung der Belastung längs der Tiefe, berechnet werden. In einem anderen Ausführungsbeispiel können Verschiebungen in gewissen Tiefen beispielsweise mittels eines bekannten Kreuzkorrelationsverfahrens berechnet werden. Die entsprechenden Belastungen können in diesem Fall durch Dividieren der Verschiebungen durch die entsprechenden Tiefen und Bildung des Mittelwerts der sich ergebenden Belastungen berechnet werden.

[0022] Nach dem Schritt der Ermittlung einer Belastungsänderung kann das Verfahren den Schritt einer Berechnung eines Werts für ein Ultraschallscanframeintervall beinhalten, das für die Bildgebung an dem Gewebe angepasst ist, das die ermittelte Belastungsänderung erfährt **18**. In einem Aspekt der Erfindung kann die Berechnung dieses Werts basierend auf mindestens der ermittelten Belastungsänderung, dem vorgegebenen Zeitintervall von Detektionsstrahlen und/oder einem gewünschten Grad der Belastung, z.B. einem optimalen Belastungsgrad, ausgeführt werden. Ein optimierter Wert des Ultraschallscanframeintervalls kann einem Akquirieren von Strahlenechos in Zeitintervallen entsprechen, in denen die Belastung ein gewünschtes Profil, beispielsweise eine gewünschte mittlere Belastung, aufweist.

[0023] Die Strategie der Berechnung eines Werts eines Frameintervalls kann in Abhängigkeit von der Art und Weise, in der während des Elastizitätsscannens eine externe Kraft ausgeübt wird, unterschiedlich sein. Beispielsweise ist die Belastungsänderung im Falle der Verwendung einer freihändigen Palpation möglicherweise verhältnismäßig langsam, so dass sich ein gewünschter Wert eines Frameintervalls unmittelbar von einem Mittelwert einer erfassten Belastungsänderung ableiten lässt. Dementsprechend lässt sich ein Frameintervall anhand von Gleichung 1 berechnen:

$$1) \qquad T = \frac{St}{s}$$

mit s gleich der mittleren Belastung, t gleich einem vorgegebenen Zeitintervall von Detektionsstrahlen, S gleich einer einem bevorzugten Belastungsprofil entsprechenden Belastungsänderung, und T gleich dem gewünschten Ultraschallscanframeintervall.

[0024] Im Falle der Verwendung einer Vibratorvorrichtung zur Ausübung einer externen Kraft ist die sich ergebende Belastungsänderung gewöhnlich periodisch. Daher ist es möglich, eine Vorgeschichte der mittleren Belastung zu nutzen, um eine Periode und eine Phase der Veränderung zu berechnen. Ein gewünschtes Ultraschallscanframeintervall kann ausgewählt werden, um die Strahlenechoerfassung mit der periodischen Belastungsänderung zu synchronisieren.

[0025] Nach dem Schritt der Berechnung eines Werts für ein Frameintervall kann das Verfahren den Schritt beinhalten, den Wert des Ultraschallscanframeintervalls zum Akquirieren von Ultraschallelastizitätsbildern des Gewebes, das die ermittelte Belastungsänderung erfährt, einzustellen **20**. In einem Aspekt der Erfindung können die Schritte **14**-**20** während der Durchführung einer Bildgebung an dem einer Belastung unterworfenen Gewebe sequentiell wiederholt werden, so dass das Frameintervall beispielsweise in Echtzeit oder in nahezu Echtzeit dynamisch angepasst wird, um zu gewährleisten, dass Strahlenechos in einem Frameintervall akquiriert werden, das gewünscht ist, so dass eine Elastizitätsbildgebung erzielt wird, die im Vergleich zu einem unveränderlichen Frameintervall verbessert ist.

[0026] In einem Aspekt der Erfindung kann die ermittelte Belastungsänderung die in dem Frame zur Akquisition von Elastizitätsbildern verwendete Framelänge und/oder eine Scansequenz beeinflussen. Eine nominale Framelänge kann durch eine Anzahl von Strahlen in einem Gewebe-ROI und durch ein zulässiges minimales Zeitintervall zwischen Ultraschallstrahlen bestimmt sein. Das minimale Zeitintervall zwischen Ultraschallstrahlen kann durch den Abstand zwischen einer Quelle für von dem Gewebe-ROI ausgehenden Ultraschallstrahlen und durch eine akustische Dämpfung des Gewebes beschränkt sein. Falls ein Wert eines Frameintervalls **24** eine Framelänge **38** eines Ultraschallscanframes überschreitet, kann, wie beispielsweise in Fig. 3 mit Bezug auf Fig. 2 gezeigt, zwischen den Ultraschallscanframes **26**, **28** ein leeres Intervall **40** eingefügt werden.

[0027] Falls der Wert des Ultraschallscanframeintervalls **24** kleiner als eine Länge **38** eines Ultraschallscanframes sein muss, müssen die Scansequenzen der Strahlen **30**, **32** allerdings möglicherweise modifiziert werden, um ein Frameintervall **24** aufzunehmen, das kleiner als eine Framelänge **38** ist. Beispielsweise kann eine Anzahl von Strahlen in einem Frame reduziert werden, um in eine Framelänge **38** zu passen, die kleiner oder gleich einem Frameintervall **24** ist. Ein Reduzieren der Anzahl von Strahlen, so dass diese in ein Frameintervall **24** passen, kann ein Beschneiden mindestens eines der Strahlen in mindestens einem von zwei Frames und ein anschließendes Verketten der übrigen Strahlen der beiden Frames beinhalten, so dass zumindest einige Strahlen von jedem der beiden Frames während des Frameintervalls **24** abgetastet werden. Wie in Fig. 4 gezeigt, werden von einem Frame stammende (durch mit Volllinie gezeichnete Pfeile dargestellte) Strahlen **30** und von einem weiteren Frame **32** stammende (durch gestrichelt gezeichnete Pfeile dargestellte) Strahlen in einem einzigen Frame **42** zusammengefasst.

[0028] In einem anderen Ausführungsbeispiel kann ein Verschachteln von Strahlen eingesetzt werden, um zu gewährleisten, dass Strahlen von verschiedenen Frames in einer Framelänge **38** Platz finden, die kleiner oder gleich einem Frameintervall **24** ist, z.B. indem Strahlen eines ersten Frames mit Strahlen eines zweiten Frames verschachtelt werden, so dass während eines Frameintervalls **24** zumindest einige Strahlen sowohl des ersten als auch des zweiten Frames abgetastet werden. Ein Verschachteln kann ein Gruppieren von Strahlen aus jedem der Frames in entsprechende Strahlengruppen und ein anschließendes Einstreuen der Strahlengruppen des ersten Frames zwischen Strahlengruppen des zweiten Frames beinhalten. Wie in Fig. 5 gezeigt, sind eine Gruppe von (durch mit Volllinie gezeichnete Pfeile dargestellten) Strahlen **30** aus einem Frame und eine Gruppe von (durch gestrichelt gezeichnete Pfeile angezeigte) Strahlen **32** aus einem weiteren Frame verschachtelt, so dass während eines Frameintervalls **24** Strahlen aus beiden Frames abgetastet werden.

[0029] In einem anderen Ausführungsbeispiel kann ein ebenmäßiges Verschachtelungsschema genutzt werden, um Bewegungsartefakte im Vergleich zu einer Gruppenverschachtelung zu reduzieren. Wie in Fig. 6 gezeigt, können (durch mit Volllinie gezeichnete Pfeile dargestellte) Strahlen **30** eines ersten Frames mit (durch gestrichelt gezeichnete Pfeile dargestellten) Strahlen **32** eines zweiten Frames verschachtelt sein, so dass während eines Frameintervalls **24** zumindest einige Strahlen sowohl des ersten als auch des zweiten Frames abgetastet werden. Eine Verschachtelung dieser Art kann erreicht werden, indem Strahlen **30** aus dem ersten Frame zwischen Strahlen **32** des zweiten Frames eingestreut werden.

[0030] In einem weiteren Aspekt der Erfindung kann die Verarbeitung der akquirierten mehreren Ultraschallstrahlechos zur Ermittlung einer Belastungsänderung des einer Belastung unterworfenen Gewebes auf einem Abstand des Gewebes von einer Ultraschallquelle basieren. Beispielsweise kann ein Abstandswert (d), wie in Fig. 8 gezeigt, eine Tiefe des Gewebes **61** von einer Ultraschallsonde **66** beinhalten, die auf einer Oberfläche **45** eines Patienten **60** angelegt ist, an dem ein Ultraschallelastizitätsscan ausgeführt wird. Der Grad der für eine Belastungsberechnung erforderlichen Verformung kann für ein Gewebe, das sich verhältnismäßig nahe der Sonde **66**, beispielsweise weniger als etwa 2 Zentimeter (cm) (d.h. in einem Nahfeld) von dieser entfernt befindet, im Vergleich zu einem Gewebe, das sich von der Sonde **66** verhältnismäßig weit, beispielsweise mehr als etwa 2 cm (d.h. in einem Fernfeld) beabstandet ist, unterscheiden. Für aus Fernfeldgewebe stammende Ultraschallechos besteht eine größere Wahrscheinlichkeit, dekorreliert zu sein, da der durch das verformte Gewebe verlaufende Ausbreitungspfad

wesentlich länger ist als im Falle von Ultraschallechosignalen, die von Nahfeldgewebe stammen. Folglich kann die Belastung eine unterschiedliche Qualität aufweisen, falls dasselbe Frameintervall für Signale an dem Nahfeld und an dem Fernfeld verwendet wird.

[0031] Dementsprechend lässt sich ein gewünschter Scanwert basierend auf einer Gewebetiefe ermitteln. Regionen verschiedener Tiefe, z.B. Nahfeld- und Fernfeldregionen, kann ein erwarteter Belastungs- und/oder Verschiebungswert zugewiesen werden. Das Frameintervall für eine gewünschte Belastung/Verschiebung kann für jede Region unabhängig basierend auf ihrem zugeordneten Belastungs- oder Verschiebungswert berechnet werden. Weiter kann in einigen Elastizitätsbildgebungssituationen, z.B. wenn Scannen mit manueller Kompression eingesetzt wird, die optimale Belastung/Verschiebung für verschiedene Gewebetiefen zu unterschiedlichen Zeitpunkten auftreten. Anstatt zu warten, bis eine mittlere Belastung und/oder Verschiebung auftritt, können Bilder bei jeder Tiefe unabhängig aktualisiert werden, um eine raschere Frameratenaufnahme zu erreichen. Folglich können in Abhängigkeit von der Gewebetiefe unterschiedliche Impulswiederholungsintervalle zwischen Strahlen unterschiedlicher Frames verwendet werden. Beispielsweise können Strahlenechos im Falle eines Gewebe, das bei einer geringeren Tiefe abgebildet wird, bei einem längeren Impulswiederholungsintervall der Strahlen verarbeitet werden als im Falle eines Gewebes, das bei einer größeren Tiefe abgebildet wird. Im Gegensatz dazu können Strahlenechos im Falles eines bei einer geringeren Tiefe abgebildeten Gewebes bei einem kürzeren Impulswiederholungsintervall verarbeitet werden als im Falle eines bei geringerer Tiefe abgebildeten Gewebes.

[0032] Fig. 7 zeigt exemplarische Strahlscansequenzen, die verwendet werden können, um eine auf der Tiefe des Gewebes basierende Belastungsänderungsberechnung durchzuführen. Wie in Fig. 7 gezeigt, kann die Belastung in dem Nahfeld **44** erfasst werden, indem Strahlenechos, die von mit durchgezogener Linie gezeichneten Strahlen **30** stammen, mit Strahlenechos, die von strichpunktiert gezeichneten Strahlen **48** stammen, beispielsweise mit einem Impulswiederholungsintervall **50** von vierzehn verglichen werden. Eine Belastung im Fernfeld **46** kann ermittelt werden, indem Strahlenechos, die von gestrichelt gezeichneten Strahlen **32** stammen mit Strahlenechos, die von strichpunktiert gezeichneten Strahlen **48** stammen, bei einem Impulswiederholungsintervall **52** von beispielsweise sieben verglichen werden. Daher lassen sich Fernfeldberechnungswerte rascher erhalten als Nahfeldberechnungswerte.

[0033] Fig. 8 zeigt ein System **54** zum Durchführen einer Scansequenz für einen Ultraschallscan, beispielsweise eine oder mehrere exemplarische Scansequenzen, wie sie oben beschrieben sind. Das System **54** kann einen Sender **56** enthalten, der dazu dient, während eines Ultraschallscans Ultraschallstrahlen **58** auf Gewebe **61** eines Patienten **60** abzugeben. Das System **54** kann ferner einen Empfänger **62** enthalten, der dazu dient, Strahlenechos **64** von dem auf die abgestrahlten Ultraschallstrahlen **58** ansprechenden Patienten **60** aufzunehmen. Eine Ultraschallsonde **66** kann dazu eingerichtet sein, die von dem Sender **56** ausgehenden Ultraschallstrahlen **58** aufzunehmen und von dem Patienten **60** zu dem Empfänger **62** verlaufende Strahlenechos **64** zu erzeugen.

[0034] Das System **54** kann ferner einen Prozessor **68** enthalten, der dazu dient viele der Echosignale **64** zu verarbeiten, um eine Belastungsänderung des Gewebes **61** zu ermitteln, das beispielsweise aufgrund einer Kraft **63** einer Belastung unterworfen ist, einen Wert für ein Ultraschallscanframeintervall zu berechnen, das für eine Bildgebung an dem Gewebe **61** angepasst ist, das die ermittelte Belastungsänderung erfährt, und den Wert des Ultraschallscanframeintervalls einzustellen, um Ultraschallelastizitätsbilder des Gewebes **61** zu akquirieren, das die ermittelte Belastungsänderung erfährt. Das System kann ferner einen Controller **70** enthalten, der mit dem Prozessor **68** Daten austauscht, um einen Betrieb des Senders in Abhängigkeit von dem Wert des Ultraschallscanframes zu steuern. Der Controller **70** kann mit dem Sender **56** Daten austauschen, um den Sender **56** zu veranlassen, in Abhängigkeit von einem gewünschten Frameintervall und/oder einer gewünschten Strahlscansequenz Strahlen auszusenden. Der Controller **70** kann außerdem mit dem Empfänger **62** in Verbindung stehen, um empfangene Strahlenechos **64** in Abhängigkeit von einem Frameintervall und/oder einer Scansequenz zu verarbeiten.

[0035] Fig. 9 zeigt eine exemplarische Vorrichtung **72** zum adaptiven Steuern eines Frameintervalls zwischen Ultraschallscanframes eines Ultraschallelastizitätsbildgebungsscans. Die Vorrichtung kann ein erstes Modul **74** zur Akquisition mehrerer Ultraschallstrahlechos, die von einem einer Belastung unterworfenen Gewebe ausgehen, und ein zweites Modul **76** enthalten, das die akquirierten mehreren Ultraschallstrahlechos verarbeitet, um eine Belastungsänderung des einer Belastung unterworfenen Gewebes zu ermitteln. Die Vorrichtung kann ferner ein drittes Modul **78** zum Berechnen eines Werts für ein Ultraschallscanframeintervall, das dazu angepasst ist, das Gewebe bildgebend aufzunehmen, das die ermittelte Belastungsänderung erfährt, und eine viertes Modul **80** zum Einstellen des Werts des Ultraschallscanframeintervalls enthalten, um Ultraschallelastizitätsbilder des Gewebes zu akquirieren, das die ermittelte Belastungsänderung erfährt. Der Wert des Fra-

meintervalls kann dann zur Durchführung eines Ultraschallscans genutzt werden, um verbesserte Ergebnisse einer Ultraschallelastizitätsbildgebung zu erreichen. Die Vorrichtung **72** kann außerdem ein fünftes Modul **82** enthalten, das dazu dient, an das zweite Modul **76** Gewebetiefendaten auszugeben, die für eine Verarbeitung der akquirierten mehreren Ultraschallstrahlechos genutzt werden.

[0036] Auf der Grundlage der obigen Beschreibung kann die Erfindung mittels Computerprogrammierungs- oder Konstruktionstechniken, beispielsweise Computersoftware, Firmware, Hardware oder eine beliebige Kombination oder Teilmenge davon, verwirklicht werden, wobei der technische Effekt darauf basiert, ein zwischen Ultraschallscanframes eines Ultraschallelastizitätsbildgebungsscans vorhandenes Frameintervall adaptiv zu steuern. Jedes sich daraus ergebende Programm, das von einem Computer auslesbare Programmkodemittel aufweist, kann in einem oder mehreren von einem Computer auslesbaren Medien ausgeführt oder vorgesehen sein, so dass ein erfindungsgemäßes Softwareprodukt, d.h. ein Industrieartikel, hervorgebracht wird. Das von einem Rechner auslesbare Medium kann beispielsweise ein fest eingebautes (Festplatten-) Laufwerk, eine Diskette, eine optische Platte, ein Magnetband, ein Halbleiterspeicher, beispielsweise ein Nur-Lese-Speicher (ROM), usw. oder ein beliebiges Übertragungs-/Empfangsmedium, wie das Internet, oder ein sonstiges Kommunikationsnetzwerk oder Verbindungselement sein. Der Industrieartikel, der den Rechnerprogrammkode enthält, kann durch unmittelbare Ausführung des Codes ausgehend von einem Medium, durch Kopieren des Codes von einem Medium auf ein anderes Medium oder durch Übertragung des Codes über ein Netzwerk erzeugt und/oder verwendet werden.

[0037] Ein auf dem Gebiet der Computerwissenschaft bewanderter Fachmann wird ohne weiteres in der Lage sein, die gemäß der Beschreibung geschaffene Software mit geeigneter universeller oder mit speziell angepasster Computerhardware, z.B. einem Mikroprozessor, zu kombinieren, um ein Computersystem oder Computersubsystem zu erzeugen, das das Verfahren der Erfindung verwirklicht. Eine Vorrichtung zum Herstellen, Nutzen oder Vermarkten der Erfindung kann auf einem oder mehreren Verarbeitungssystemen basieren, zu denen, jedoch ohne darauf beschränken zu wollen, eine Zentraleinheit (CPU), ein Arbeitsspeicher, Speichervorrichtungen, Kommunikationsverbindungen und -vorrichtungen, Server, Eingabe-Ausgabe-Vorrichtungen oder beliebige Unterkomponenten eines oder mehrerer Verarbeitungssysteme, einschließlich Software, Firmware, Hardware oder eine beliebige Kombination oder Teilmenge davon, gehören, die die Erfindung verwirklichen.

[0038] Während im Vorausgehenden spezielle Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung gezeigt und beschrieben wurden, sind solche Ausführungsbeispiele lediglich als Beispiele unterbreitet. Zahlreiche Abwandlungen, Änderungen und Substitutionen werden dem Fachmann einfallen, ohne von dem Schutzumfang abzuweichen. Dementsprechend ist beabsichtigt, dass die Erfindung lediglich durch den Gegenstand der beigefügten Patentansprüche beschränkt sein soll.

[0039] Vorrichtung **22**, System **54** und Verfahren zum adaptiven Steuern eines Frameintervalls **24** zwischen Ultraschallscanframes (beispielsweise **26**) eines Ultraschallelastizitätsbildgebungsscans. Das System enthält einen Sender, der dazu dient, während eines Ultraschallelastizitätsbildgebungsscans Ultraschallstrahlen an einen Patienten (bzw. eine Person) auszusenden, und einen Empfänger zum Aufnehmen von Ultraschallstrahlechos von dem auf die abgestrahlten Ultraschallstrahlen ansprechenden Patienten. Das System beinhaltet ferner einen Prozessor, der dazu dient, eine Vielzahl der Ultraschallstrahlechos zu verarbeiten, um eine Belastungsänderung des einer Belastung unterworfenen Gewebes zu ermitteln (beispielsweise **16**), einen Wert für ein Ultraschallscanframeintervall zu berechnen, das dazu angepasst ist, Gewebe bildgebend aufzunehmen, das die ermittelte Belastungsänderung erfährt (beispielsweise **18**), und den Wert des Ultraschallscanframeintervalls einzustellen, um Ultraschallelastizitätsbilder des Gewebes zu akquirieren, das die ermittelte Belastungsänderung erfährt (beispielsweise **20**)

Bezugszeichenliste

10	Blockschaltbild
12	Positionieren einer Ultraschallstrahlenquelle in Nähe eines Patienten, um einen Ultraschallelastizitätsbildgebungsscan an einem Gewebe des einer Belastung unterworfenen Patienten durchzuführen
14	Akquirieren mehrerer Ultraschallstrahlechos, die von einem einer Belastung unterworfenen Gewebe ausgehen
16	Verarbeiten der akquirierten mehreren Ultraschallstrahlechos, um eine Belastungsänderung des einer Belastung unterworfenen Gewebes zu ermitteln
18	Berechnen eines Wertes für ein Ultraschallscanframeintervall, das angepasst ist, um eine Bildgebung an dem die ermittelte Belastungsänderung erfahrenden Gewebe durchzuführen
20	Einstellen des Wertes des Ultraschallscanframeintervalls, um Ultraschallelastizitätsbilder des Gewebes zu akquirieren, das die ermittelte Belastungsänderung erfährt

22	schematisches Zeitsteuerdiagramm
24	exemplarisches Frameintervall
25	Zwischenframeregion
26,28	Ultraschallscanframes
30, 32	Ultraschallscanstrahlen
34, 35, 36	Detektionsstrahlen
38	Framelänge
40	leeres Intervall
42	einzelner Frame
44	Nahfeld
45	Fläche
48	strichpunktiert gezeichnete Strahlen
50	Impulswiederholungsintervall
52	Impulswiederholungsintervall
54	System
56	Sender
58	Ultraschallstrahlen
60	Patient
61	Gewebe
62	Empfänger
63	Kraft
64	Strahlenechos
66	Ultraschallsonde
68	Prozessor
70	Controller
72	exemplarische Vorrichtung
74	erstes Modul
76	zweites Modul
78	drittes Modul
80	viertes Modul
82	fünftes Modul

Patentansprüche

1. Verfahren zum adaptiven Steuern eines Frameintervalls (**24**) zwischen Ultraschallscanframes (beispielsweise **26**) eines Ultraschallelastizitätsbildgebungsscans, wobei zu jedem Frame (beispielsweise **26**) mehrere Ultraschallstrahlen (beispielsweise **30**) gehören, wobei das Verfahren die Schritte aufweist:
Akquirieren mehrerer Ultraschallstrahlechos (**64**), die von einem einer Belastung unterworfenen Gewebe (**61**) ausgehen;
Verarbeiten der akquirierten mehreren Ultraschallstrahlechos (**64**), um eine Belastungsänderung des einer Belastung unterworfenen Gewebes (**61**) zu ermitteln (**16**);
Berechnen eines Wertes für ein Ultraschallscanframeintervall (beispielsweise **24**), das dazu eingerichtet ist, das Gewebe (**61**) bildgebend aufzunehmen, das die ermittelte Belastungsänderung erfährt (**18**); und
Einstellen des Werts des Ultraschallscanframeintervalls, um Ultraschallelastizitätsbilder des Gewebes (**61**) zu akquirieren, das die ermittelte Belastungsänderung erfährt (**20**)

2. Verfahren nach Anspruch 1, ferner mit dem Schritt eines sequentiellen Wiederholens der Schritte nach Anspruch 1 während das einer Belastung unterworfene Gewebe (**61**) bildgebend aufgenommen wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Verfahren ferner beinhaltet, dass zur Erzeugung der Strahlenechos (**64**) eine im Verhältnis zu einer normalerweise für einen Ultraschallelastizitätsbildgebungsscan verwendeten Anzahl reduzierte Anzahl von Ultraschallstrahlen (beispielsweise **30**) auf das einer Belastung unterworfene Gewebe (**61**) gerichtet wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3 ferner mit dem Schritt, die reduzierte Anzahl von Ultraschallstrahlen (beispielsweise **30**) in einem vorgegebenen Zeitintervall zwischen die reduzierte Anzahl von Ultraschallstrahlen (beispielsweise **30**) zu lenken.

5. Verfahren nach Anspruch 4, wobei die Berechnung des Wertes mindestens basierend auf einer ermittelten Belastungsänderung, dem zwischen der reduzierten Anzahl von Ultraschallstrahlen (beispielsweise **30**) vorgegebenen Zeitintervall; und/oder einer gewünschten Belastungsänderung durchgeführt wird.

6. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Verfahren, wenn der Wert des Ultraschallscanframeintervalls (beispielsweise **24**) kleiner ist als eine vorbestimmte Länge eines Ultraschallscanframes (beispielsweise **26**) des Ultraschallelastizitätsbildgebungsscans, ferner die Schritte aufweist:
Beschneiden wenigstens eines Ultraschallstrahls (beispielsweise **30**) in mindestens einem von zwei Frames (beispielsweise **26**); und
Verketten der beiden Frames (beispielsweise **26**, **28**), so dass zumindest einige Ultraschallstrahlen (beispielsweise **30**) jeder der beiden Frames (beispielsweise **26**, **28**) während des Frameintervalls (**24**) abgetastet werden.

7. Verfahren nach Anspruch 1, zu dem ferner der Schritt gehört, dass, wenn der Wert des Ultraschallscanframeintervalls (beispielsweise **24**) kleiner als eine vorbestimmte Länge eines Ultraschallscanframes (beispielsweise **26**) des Ultraschallelastizitätsbildgebungsscans ist, Ultraschallstrahlen (beispielsweise **30**) eines ersten Frames (beispielsweise **26**) mit Ultraschallstrahlen eines zweiten Frames (beispielsweise **28**) verschachtelt werden, so dass zumindest einige Ultraschallstrahlen (beispielsweise **30**) sowohl des ersten (beispielsweise **24**) als auch des zweiten (beispielsweise **28**) Frames während des Frameintervalls (beispielsweise **24**) abgetastet werden.

8. Verfahren nach Anspruch 7, wobei der Schritt des Verschachtelns beinhaltet:
Gruppieren von Ultraschallstrahlen (beispielsweise

30) sämtlicher Frames (beispielsweise **26**, **28**) in entsprechende Strahlengruppen; und
Einstreuen der Strahlengruppen des ersten Frames (beispielsweise **26**) zwischen Strahlengruppen des zweiten Frames (beispielsweise **28**).

9. Verfahren nach Anspruch 7, wobei der Schritt des Verschachtelns ein Einstreuen von Ultraschallstrahlen (beispielsweise **30**), die von dem ersten Frame (beispielsweise **26**) stammen, zwischen Ultraschallstrahlen des zweiten Frames (beispielsweise **28**) beinhaltet.

10. Verfahren nach Anspruch 1, zu dem ferner die Schritte gehören:
Positionieren einer Quelle (**56**) von Ultraschallstrahlen (**30**) in unmittelbarer Nähe eines Patienten (**60**), um an dem einer Belastung unterworfenen Gewebe des Patienten einen Ultraschallelastizitätsbildgebungsscan durchzuführen (**12**); und
Verarbeiten der akquirierten mehreren Ultraschallstrahlechos basierend auf einem Abstand des Gewebes (**61**) von der Quelle (**56**) der Ultraschallstrahlen (beispielsweise **30**).

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

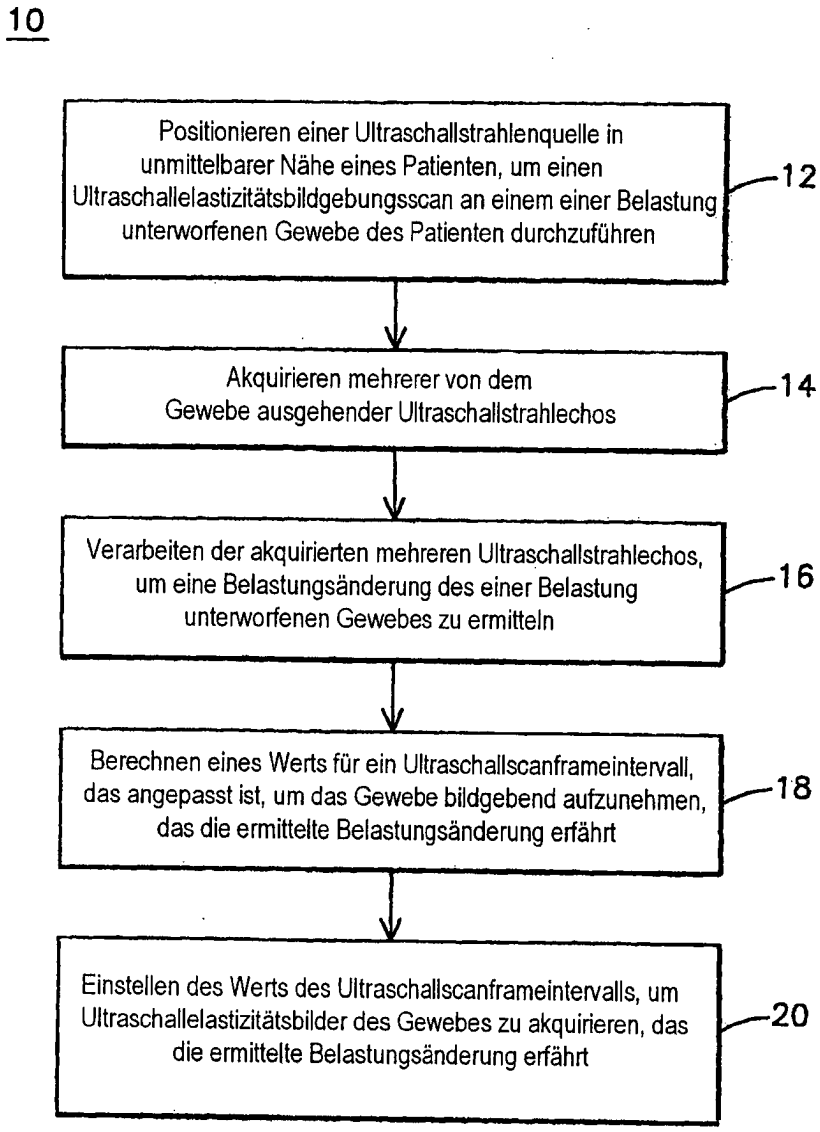


FIG. 1

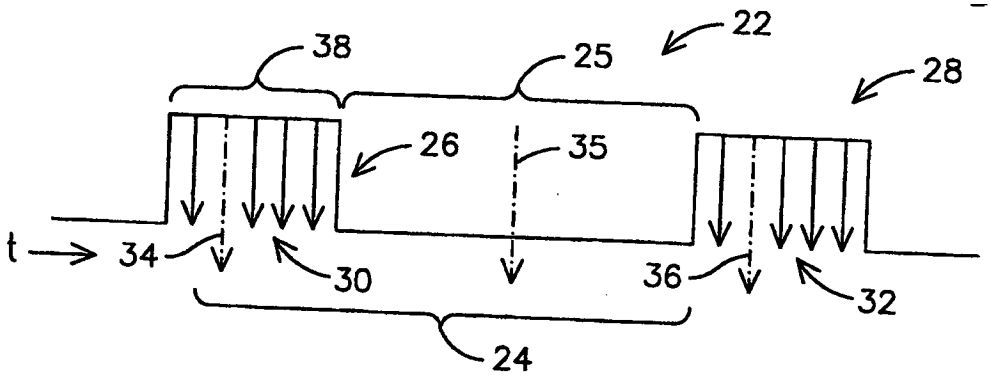


FIG. 2

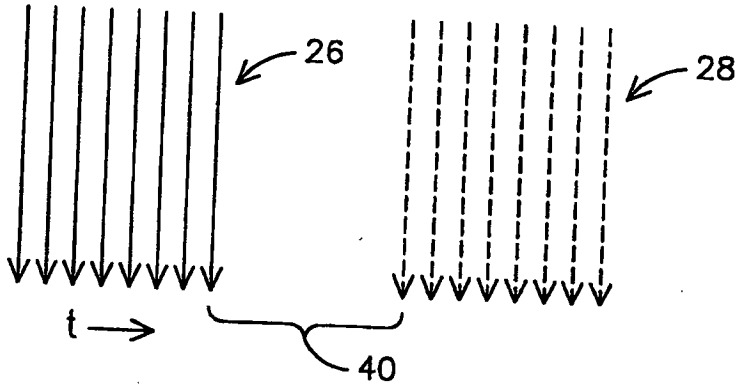


FIG. 3

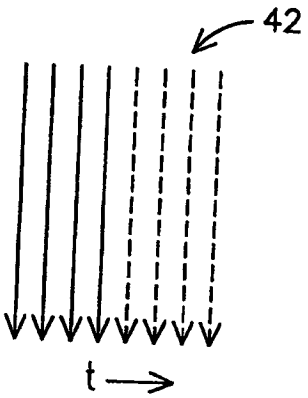


FIG. 4

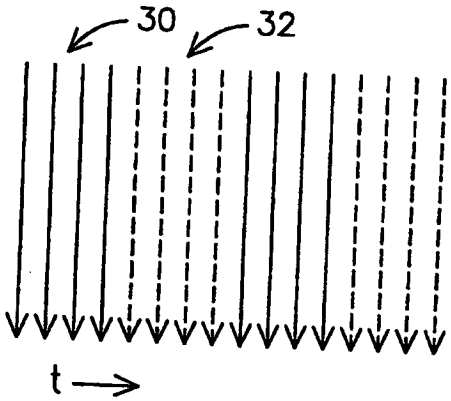


FIG. 5

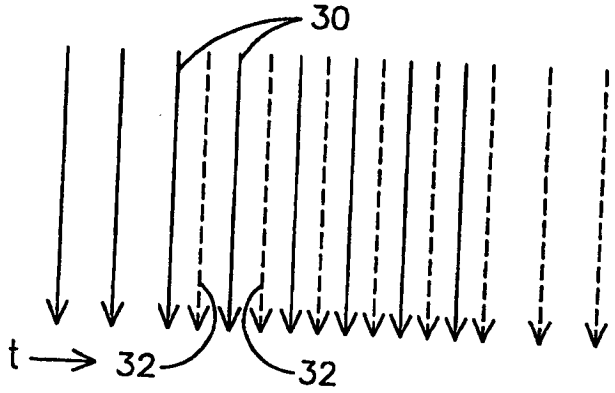


FIG. 6

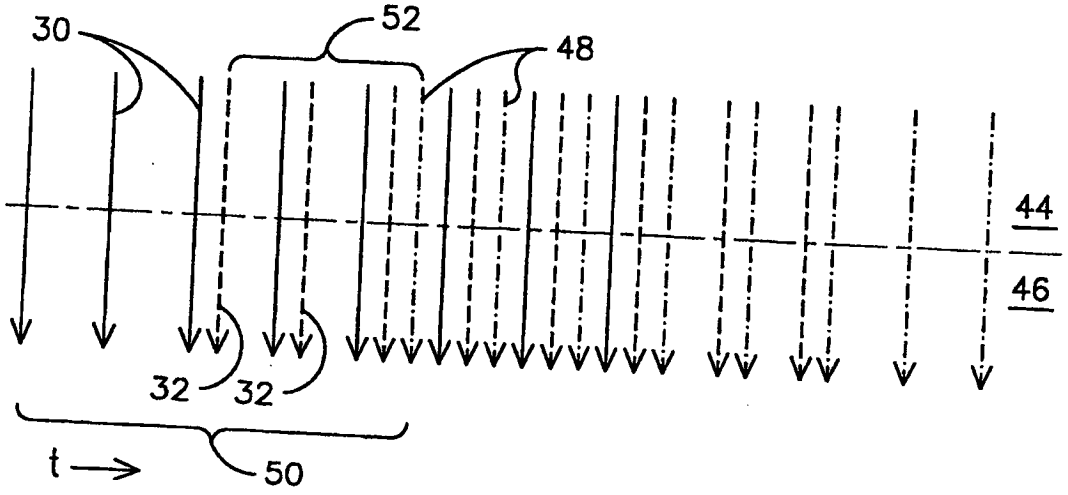


FIG. 7

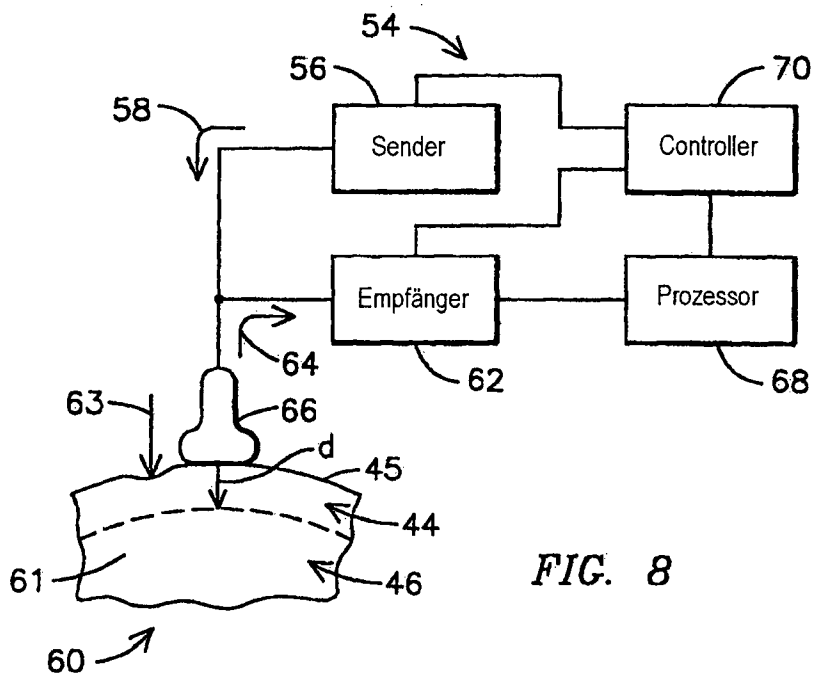

54
56
58
Sender
Controller
70
Empfänger
Prozessor
64
62
68
63
66
d
45
44
61
46
60

FIG. 8

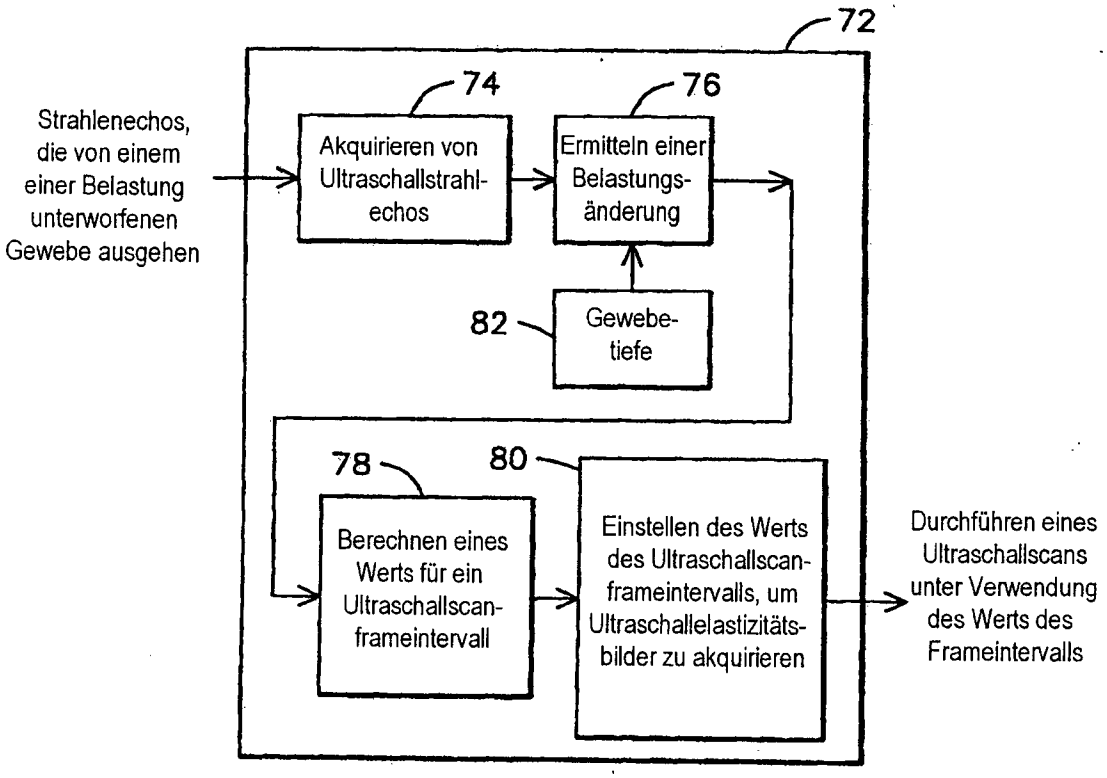

72
74
76
Strahlenechos, die von einem einer Belastung unterworfenen Gewebe ausgehen
Akquirieren von Ultraschallstrahl-echos
Ermitteln einer Belastungs-änderung
82
Gewebe-tiefe
78
80
Berechnen eines Werts für ein Ultraschallscan-frameintervall
Einstellen des Werts des Ultraschallscan-frameintervalls, um Ultraschallelastizitäts-bilder zu akquirieren
Durchführen eines Ultraschallscans unter Verwendung des Werts des Frameintervalls

FIG. 9